

Karaçam



Editörler

Prof. Dr. Orhan SEVGİ

Prof .Dr. H. Barış TECİMEN

Doç. Dr. Taner OKAN

Türkiye Ormancılar Derneği
(The Foresters' Association of Turkey)
Tuna Caddesi No: 5/8 Kızılay-Ankara
Tel-Faks: 0312 4338413 - 4332664
e-posta: tod1924@ormancilardernegi.org
www.ormancilardernegi.org

Karaçam
Ankara, 2022

TOD Yayın No: E/22/62

ISBN: 978-605-71791-2-8

© Bütün hakları saklıdır. Türkiye Ormancılar Derneği'nin ve yazarın yazılı izni olmaksızın kitabın tümünün ya da bir kısmının elektronik, mekanik veya fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz. Bilimsel kurallar çerçevesinde kaynak gösterilmek suretiyle atıf yapılabilir.



KARAÇAM

Editörler

Prof. Dr. Orhan SEVGİ

Prof. Dr. H. Barış TECİMEN

Doç. Dr. Taner OKAN

2022

Karaçam Kitabı Karaçam Bilgi Birikimine Katkı Sağlayan
Hocalarımıza ve Meslek Büyüklerimize
İthaf Edilmiştir.

SUNUŞ

Türkiye Ormancılar Derneği (TOD); kuruluşundan günümüze, tüzüğünün başlanđıcısında “Cumhuriyet devriminin kazanımlarını savunur. Anayasaya, Atatürk devrim ve ilkelerine bağlıdır. Bu temel ilkeler ve tarihten gelen Cumhuriyetçi gelenekler ışığında ülke ormancılığının ulusal çıkarlara, akla ve bilime uygun olarak yeniden yapılandırılması, kamu yararı ilkesi doğrultusunda doğanın, çevrenin ve ormanların korunması ve doğal varlıkların çoğaltılması için her türlü çabayı destekler. Doğanın, çevrenin ve ormanların tahribine yönelik her türlü tehdide karşı mücadele eder.” şeklinde belirlediği ilkeler çerçevesinde faaliyet gösteren bir sivil toplum örgütüdür.

Derneğimiz; amaçları doğrultusunda üniversiteler ve bilim insanları ile iş birliği yaparak ülke ormancılığına teknik ve bilimsel katkı sağlayacak çalışmalarını doğrudan gerçekleştirmekte ya da yapılanlara destek vermektedir. Bu kapsamda, Türkiye'nin en önemli orman ağacı türlerinden biri olan karaçamla ilgili bilgi birikimini paylaşmak için 24-26 Kasım 2020 tarihlerinde İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi tarafından çevrimiçi olarak düzenlenen “Karaçam Çalıştayını” adlı etkinliğe de katkılar sağlamıştır.

Bu çalıştay sonrasında karaçamın bütün yönleriyle ele alındığı bir kitap hazırlama önerisi ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin önemli bir türü olan karaçama ait bilimsel birikimin disiplinler arası bir bakış açısıyla ortaya çıkarılmasına yönelik çabaların desteklenmesi ve bir kitaba dönüştürülmesi Derneğimizin amaçlarıyla örtüşmektedir. Söz konusu kitap; ormancılığın farklı konularında uzmanlaşmış ve çok sayıda üyemizin de içinde yer aldığı bilim insanlarının ortak çabası ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya Dernek olarak katkı vermemiz; ormancılık bilim ve tekniğinin ilerlemesi ile kültür ve eğitiminin güçlenmesine katkı sağlama konusundaki güçlü yönümüzü bir kez daha göstermiştir.

Farklı 9 üniversiteden 44 bilim insanının emekleriyle hazırlanan kitap, karaçama ait konuları içeren otuz beş ayrı bölümden oluşmaktadır. Bu kitabın ortaya çıkmasında emeklerini ortaya koyan, başta editörler olmak üzere, tüm yazarlara TOD Yönetim Kurulu olarak teşekkürlerimizi sunarız.

2023 yılında Cumhuriyetimizin, 2024 yılında ise Derneğimizin 100'üncü yılını kutlayacağız. TOD Yönetim Kurulu olarak, hazırlanan bu kitabın tüm meslek camiamıza ve ilgili tüm kesimlere yararlı olmasını dileriz.

Ahmet Hüsrev ÖZKARA
TOD Genel Başkanı

ÖNSÖZ

Ülkemizde ormancılık alanında yapılan bilimsel çalışmalar ile önemli bir bilgi birikiminin oluşturulduğu ve bu birikimin bir kısmının Türkiye’de önemli yayılış yapan türler başlığı altında yayınlandığı görülmektedir. Ormancılık Araştırma Enstitüleri tarafından yayınlanmış olan Kayın (1985), Kızılçam (1987), Doğu Ladini (1989), Sedir (1994) ve Sarıçam (1994) isimli türe özgü çalışmalar söz konusu yayınların başlıca örnekleridir. Bunun yanı sıra 22-27 Ekim 1990 tarihinde Uluslararası Sedir Sempozyumu, 18-23 Ekim 1993 tarihinde Uluslararası Kızılçam Sempozyumu düzenlenerek iki türle ilgili birikimler ayrıca değerlendirilmiştir. Bu iki örneğin dışında yapılmış sempozyum veya çalıştaylar ya da türün bir kısım özellikleri üzerine odaklanmış yayınlar da yapılmıştır. Ayrıca, Prof. Dr. Melih Boydak ve Dr. Mehmet Çalikoğlu tarafından 2006 yılında Kızılçam ve 2008 yılında ise Sedir kitapları yayınlanmıştır. Türe özgü bir diğer çalışma ise Dr. Muhammed Kılıcı ve arkadaşları tarafından 2014 yılında yayınlanan Fıstık Çamı kitabıdır.

Ülkemiz açısından önem taşıyan ve geniş yayılış gösterdiği kabul edilen türlerin tamamı, türün tüm özelliklerini kapsayacak şekilde ele alınamamıştır. Ayrıca, mevcut eserlerin, yazılmasından günümüze kadar geçen sürede elde edilen bilgiler düşünüldüğünde tekrar yazılmaları gündeme gelebilir. Türkiye’nin önemli ağaç türlerinden biri olan Karaçam açısından tüm boyutların ele alındığı bir bilimsel eserin oluşturulması noktasında çok geç kalmış olduğu düşünülmektedir. Hatta daha açık ifade ile bu durum ormancılığımızın bir eksiği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Söz konusu bu eksikliğin giderilmesine yönelik ilk düşüncelerimiz 2004 yılında başladığımız ve 2010 yılında tamamladığımız Alaçam Dağları’nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiyeye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odunun Teknolojik Özellikleri isimli çalışma esnasında oluşmuştur. Alaçam Dağları’nın Orman Fakültesi öğretim üyeleri için çok önemli olduğu, Alaçam Dağları ile ilgili çalışmalar incelendiğinde anlaşılmaktadır. Merhum Prof. Dr. Besalet Pamay ve Prof. Dr. Mehmet Sevim 1950’li yıllarda, Prof. Dr. Ertan Eruz ise 1980’li yıllarda Alaçam Dağları’nda çalışmalar yapmışlardır. Bura-

da andığımız değerli hocalarımızın dışında, kitapta çok daha ayrıntılı olarak göreceğiniz birçok hocamız, öğretim üyeleri ve meslektaşlarımız karaçamın okulu olan Alaçam Dağları'na emek harcamıştır. Dolayısıyla Alaçam Dağları'nda bulunan karaçam ormanları, sadece mesleki olarak değil aynı zamanda düşünsel açıdan da bizleri derinden etkilemiş ve bizleri karaçam üzerine daha da fazla çalışmaya sevk etmiştir.

Karaçam türünün Alaçam Dağları'nın dışında ülkemizin önemli bir kısmında yayılış yaptığı bilinmektedir. Dolayısıyla ormancılığı meslek olarak seçenlerin yolu bir şekilde karaçamla kesişmiştir. Bazılarımızın karaçamla ilişkisi sınırlı olmuş, başta bu kitap yazarları olmak üzere, bir kısmının da kalıcı olmuştur. Orman fakültelerindeki akademisyenler akademik yükseltirmede, ormancılık kurumlarında çalışanlar ise idari yükseltmelerinde karaçam ile ilgili çalışmalarından yararlanmışlardır. Dolayısıyla, gerek akademik gerekse orman idaresi çalışanlarının karaçam türüne olan vicdani borcunu bir nebze olsun ödemek için karaçam kitabının yazılması gerekliliği oluşmuştur. Bu konudaki en son teşvik ise yine 2017 yılında Alaçam Dağları'na Prof. Dr. Ünal Akkemik ve Dr. Hüseyin Akkılıç ile birlikte yapılan seyahat sırasında gerçekleşmiştir. Karaçam kitabını yazma konusu artık içimizde oluşan bir talepten ziyade gerçekleştirmemiz gereken bir göreve ve sorumluluğa dönüşmüştür.

Karaçam kitabının yazımının nasıl yapılması gerektiği konusunda kabul ettiğimiz ilkelerden bir tanesi kitabı sınırlı sayıda öğretim üyesiyle yazmamaktır. Öncelikle karaçam konusunda var olan bilgi birikimi, söz konusu kitabın birkaç kişiyle yazılamayacağını bize göstermiştir. Ayrıca bu tür kapsamlı çalışmaların sınırlı kişiyle yapılması çalışmanın değerini de düşürmektedir. Diğer bir ilkemiz ise, bu kitap ile Türkiye'nin karaçam ormanları üzerine yapılan bilgi birikimini ortaya çıkarmaktır. Böylece karaçamın bütün yönlerini daha fazla sayıda uzmanla ve daha ayrıntılı olarak ortaya koymayı hedefledik. Bu hedef aşmamız gereken bazı sorunları da beraberinde getirdi. Karaçamın hangi konuları yazılmalı ve kimler yazmalıydı? Bu sorunların ilki için karaçamın kaynakçasını oluşturarak konuları listeledik. Kimlerin yazacağını ise; karaçam üzerine yüksek lisans ve doktora yapmış, ya da düzenli olarak karaçam üzerine yayınlar yapmış olma ölçütlerine göre belirledik. Mümkün olduğu kadar karaçam üzerinde çalışan herkesin birikiminin kitaba yansımaları arzuladık. Bunu ne ölçüde başara bildiğimizin takdiri okuyuculara aittir. Karaçam türü üzerine oluşturulan bütün birikimler kitabın bünyesinde toplanmaya çalışılsa da bazı konularda bunu yapabilmeyi mümkün olmadığını açıkça belirtmek isteriz. Bu açıdan karaçam ormanlarında rastlanan kurumalar, rüzgâr zararları, karaçam ağaç-

landırmalarında dikim aralıkları, karaçam odunun standartları gibi konular metinde yer almamıştır. Ayrıca karaçam ormanlarıyla ilgili tohum meşcereleri ve tohum bahçeleri gibi liste dökümlerine de yer verilmemiştir. Orman Genel Müdürlüğü desteği ile Marmara Ormanlık Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Türker Dünder'in bilimsel danışmanlığında yürütülen projenin sonuçlarına da kitapta yer verilememiştir. Söz konusu çalışmanın önemli çıktısı Karaçamın uluslararası ahşap yapı yönetmeliklerine göre bütün dünyada ahşap yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılabilmesinin önünü açan Avrupa Standartlar Komitesi (CEN) tarafından EN 1912 standardına Anadolu Karaçamı adı tescil edilerek işlenmesi gibi hususlarda kitap hazırlık sürecinde henüz sonuçlanmadığı için kitap içerisinde yer verilememiştir.

Kitabın yazımı için öncelikle bir çalıştay düzenlemeyi hedefledik. Yukarıda belirttiğimiz ilkeler kapsamında tarafımızdan belirlenen konularda davet edilen uzmanlarla 24-26 Kasım 2020 tarihinde çevrimiçi çalıştay salgın koşullarında (Kovid 19 kökenli) gerçekleştirdik ve Çalıştay Sonuç Bildirgesini kamuoyuyla paylaştık. Türkiye'deki karaçam ormanları ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların sonuçlarını tartışarak karaçam kitabına giden yolda önemli bir mesafe aldık. Çevrimiçi Karaçam Çalıştay sayesinde, kitapta yer alacak bölümler ve bölümlerin içeriklerini hem yazarlar açısından hem de bizim açımızdan tekrar tekrar gözden geçirme fırsatı bulduk. Açıkça belirtmek isteriz ki, karaçam üzerine çalışan bilim insanlarının tıpkı karaçam gibi bütün koşullarda üretim yapmayı hedeflemeleri, bilimsel hassasiyetleri ve karaçam gibi sessiz ve sakince işlerini yapan vakur tavırları dikkatimizi çekti.

Kitabın yazım kuralları konusunda oldukça esnek davrandık. Yazarlara önerilerde bulunmakla birlikte kitapta yer alan bölümlerin bilimsel ve etik sorumluluğu bölüm yazarlarına aittir. Bununla birlikte birçok hususta hemfikir olmakla birlikte bazı değerlendirmelerde uzmanlık alanına saygı duyularak öneriler konusunda ısrarcı olunmamıştır.

Kitap, karaçam türünün özelliklerini ortaya koyan 35 ayrı bölümden oluşmaktadır. Bölümlerin önemli kısmının bir ağaç türü için ilk defa yazıldığını söylemek mümkündür. Karaçam kitabı 9 üniversite, 9 fakülte, 2 yüksekokul ve 4 araştırma enstitüsünden 44 kişinin katılımıyla hazırlanmıştır. Bu kitap, karaçam ile ilgili bilgi birikiminin gelişimi bağlamında ilk adım olarak düşünülmektedir.

Kitabın yazımı, yayına hazırlanması ve basımı aşamasında çeşitli bilim insanlarından destek ve katkı aldığımızı belirtmek isteriz. Öncelikle İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Turgay Akbulut'a teşviklerinden dolayı teşekkür ederiz. Bazı metinlerin okunması başta

olmak üzere, bilimsel sorunların çözümü, tasarım gibi çeşitli konularda katkı ve yardımlarını gördüğümüz Prof. Dr. Ünal Akkemik, Doç. Dr. Hatice Yılmaz, Doç. Dr. Ece Sevgi, Doç. Dr. Serdar Akburak, Prof. Dr. Ömer Kara, Doç. Dr. Mert Ekşi ve Arş. Gör. Ferdi Akarsu'ya teşekkür ederiz.

Karaçama olan borcumuzu bir nebze de olsa bu eserle ödeyebilmemize kitabı yayımlayarak imkân sağlayan Türkiye Ormancılar Derneği'ne minnettarlığımızı bildiririz.

Prof. Dr. Orhan SEVGİ
Prof. Dr. H. Barış TECİMEN
Doç. Dr. Taner OKAN

Bahçeköy, 2022

ÖNSÖZ

İÇİNDEKİLER

1. Türkiye'nin Karaçam Bilgi Birikimi 2 - 30
Orhan SEVGİ

2. Karaçamın (*Pinus nigra* J. F. Arnold) Sistematigi Üzerine
Tartışmalar..... 32 - 48
Hatice YILMAZ

3. Karaçam Populasyonlarında Genetik Çalışmalar 50 - 64
Burcu ÇENGEL ve Zeki KAYA

KARAÇAM EKOLOJİSİ

4. Karaçam Ormanlarının Yayılışı 68 - 90
Orhan SEVGİ ve O. Yalçın YILMAZ

5. Ebe Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) ve Ehrami
Karaçam'ın (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*) Ekolojisi 92 - 114
Ersin YÜCEL

6. Alaçam Dağları (Balıkesir)'nin İki Katlı Saf Karaçam Meşcereleri
ve Yetiştirme Ortamı Özellikleri 116 - 130
Orhan SEVGİ, O. Yalçın YILMAZ, Ali KAVGACI,
H. Barış TECİMEN, Serdar CARUS

7. Karaçam Meşcerelerinin Mekansal Nokta Desen Analizi 132 - 143
O. Yalçın YILMAZ, Orhan SEVGİ, Ramazan ERDEM,
Serdar CARUS

8. Anadolu Karaçamı Odunlarında Yükseltiyeye Bağlı Değişimler 146 - 164
Yağmur BİRİCİK ve Ünal AKKEMİK

KARAÇAM EKOSİSTEMLERİ

9. Karaçam Ormanlarında Besin Maddesi Döngüleri 168 - 188
H. Barış TECİMEN ve Orhan SEVGİ

10. Karaçam Ağaçlandırmalarının Karbon Bütçesi 190 - 208
Aydın ÇÖMEZ ve Şükrü Teoman GÜNER

11. Karaçam Doğal Ormanlarının Toprak Özellikleri 210 - 234
Orhan SEVGİ ve H. Barış TECİMEN

12. Karaçam Ormanlarında Toprak Solunumu 236 - 250
Serdar AKBURAK

13. Karaçam Ekosistemlerinde Orman Yangınlarının Ekolojik Rolü 252 - 272
Yetkin USTA, Ertuğrul BİLGİLİ, Kadir Alperen COŞKUNER

KARAÇAMIN SİLVİKÜLTÜRÜ

14. Karaçamda Doğal Gençleştirme 276 - 304
Metin KARADAĞ

15. Karaçam Ormanlarında Bakım Çalışmaları 306 - 320
Aytekin ERTAŞ ve Adil ÇALIŞKAN

16. Karaçam Üzerine Yapılan Genetik Islah Çalışmaları:
Orijin Denemeleri ve Tohum Bahçeleri..... 322 - 338
Murat ALAN

17. Karaçam Fidan Üretimi 340 - 364
Ayşe DELİGÖZ

18. Karaçamda Tohum Oluşumu ve Gelişim Süreci 366 - 380
Adil ÇALIŞKAN

KARAÇAMIN BÜYÜMESİ ve GELİŞMESİ

19. Türkiye’de Karaçamın Yıllık Halka Gelişimi ve
Dendrokronolojik Potansiyeli 384 - 398
Nesibe KÖSE, Ünal AKKEMİK, H. Tuncay GÜNER

20. Doğal Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Tek
Ağaç Çap Artım Modeli: Alaçam Dağları Örneği 400 - 416
Serdar CARUS, Orhan SEVGİ, O. Yalçın YILMAZ,
H. Barış TECİMEN, Serdar AKBURAK

21. Karaçam Ağaçlandırmalarının Hasılatı 418 - 442
Mehmet MISIR, Nuray MISIR, Hakkı YAVUZ

22. Doğal, Aynı Yaşlı ve Saf Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ormanlarında
Büyüme Özellikleri: Alaçam Dağları Örneği 444 - 466
Serdar Carus, Orhan SEVGİ, H. Barış TECİMEN,
O. Yalçın YILMAZ

23. Karaçam Ağaçlandırmalarının Verimliliğini Etkileyen Etmenler 468 - 482
Şükrü Teoman GÜNER, Aydın ÇÖMEZ, Kürşad ÖZKAN

KARAÇAM EKOSİSTEMLERİNİN CANLILARI

24. Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Ormanlarının
Vejetasyon Yapısı..... 486 - 496
Ali KAVGACI
25. Karaçam Ekosistemlerinde Toprak Mikromantar Toplulukları 498 - 516
Ömer KARA
26. Karaçam Ormanlarının Toprak Faunası 518 - 536
Meriç ÇAKIR
27. Karaçam Kabuk Likenleri 538 - 562
Ece SEVGİ
28. Karaçam Ormanlarının Kuşları 564 - 574
Zeynel ARSLANGÜNDOĞDU, Ergün BACAK, Umut GÜNGÖR
29. Karaçamın Önemli Hastalıkları ve Odununda
Görülen Funguslar 576 - 598
Funda OSKAY, Coşkun KÖSE, Asko LEHTİJÄRVİ,
H. Tuğba DOĞMUŞ-LEHTİJÄRVİ
30. Karaçam Ormanlarının Böcekleri 600 - 610
Erdem HIZAL

KARAÇAM ORMANLARINDAN FAYDALANMA

31. Karaçam (*Pinus nigra* Arn.) Odununun Fiziksel ve Mekanik
Özellikleri 614 - 628
Türker DÜNDAR
32. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) İbre, Odun, Kozalak ve
Kabuğunun Kimyasal Bileşimi 630 - 640
Mualla BALABAN UÇAR ve Oktay GÖNÜLTAŞ
33. Karaçamın Geleneksel Kullanımı 642 - 654
Çağla KIZILARSLAN HANÇER ve Ece SEVGİ
34. Türkiye’de Karaçam Odununun Arz-Talep Durumu 656 - 668
Taner OKAN ve Tuğba DENİZ
35. Türkiye Karaçam Kaynakçası 670 - 725
Orhan SEVGİ





Alaçam Dağları, 2008
Orhan SEVGİ

1

TÜRKİYE’NİN KARAÇAM BİLGİ BİRİKİMİ

1. Birikimin Başlangıcı; Tür İsmi

Ormancılık faaliyetlerinin yapılması amacıyla bilgilerin edinilmesi geleneksel veya bilimsel bilgi yoluyla olmaktadır. Bilimsel bilgi daha çok bir eğitim kurumuna bağlı bilim insanları tarafından gerçekleştirilmektedir. Oysa geleneksel bilgi bir toplumun bilgi oluşturacağı nesneyle karşılaşmasıyla başlar. Karaçam geleneksel bilgisi de benzer şekilde insanların karaçamları kullanmasıyla birlikte başlamıştır. Geleneksel bilginin yansıdığı alanlardan biri de dildir.

Türkiye Ormancılık Terimleri Komitesi’nin 1960’lı yıllarda önemli çalışmalarının başında geleneksel ormancılık terimlerini halk ağzından toplayarak gerçekleştirdiği örnek bir çalışma gelmektedir (Sevgi, 2015). Söz konusu çalışmada Türkçede *Pinus nigra* Arnold türünün karşılığı olarak “Akçam” teriminin Ödemiş, Muğla, Ermenek, Bayramiç, Ayvacık - Küçükkuşu, Burdur, Isparta, Antalya köylerinde kullanıldığı derlenmiştir (Sevgi, 2015). Antalya civarında *P. nigra* için “Yayla çamı” terimi kullanılmaktadır (Sevgi, 2015). Ayrıca karaçamın yayılış yaptığı alanlarda “Alaçam” sözcüğü de kullanılmaktadır. Bununla birlikte Alaçam veya Ala çam sözcükleri Türkiye’de doğal yayılış göstermeyen *Picea excelsa* (Lam.) Link¹ türü için Türkçe karşılık olarak yazıldığı da görülmektedir² (Kubbealtı Lügâtı, 2011; 90). Oysa Kubbealtı Sözlüğünde Köroğlu’na ait bir mısra “Ala çamın boz meşenin dibine / Silah çatıp yatmamıza ne kaldı” şeklinde verilmektedir. Bu mısraya göre Alaçam sözcüğünün 16. yüzyıldan itibaren kullanıldığı görülmektedir.

Karaçam sözcüğü ise dikkat çekici şekilde; Burdur, Isparta, Antalya ili köyleri, Bayramiç, Ayvacık ilçesi ile Ermenek’te kızılçam olarak bilinen *Pinus brutia* Ten. türü için kullanılmaktadır (Sevgi, 2015).

Pinus nigra Arnold. tür isminde kullanılan “*Pinus*” çam ve “*nigra*” kara

¹⁾ Uzmanlar tarafından bitkilerin Türkçe isimlerinin verilmesinde geleneksel isimlendirme kültürünün dikkate alınmamasına güzel bir örnek olması çalışmanın kapsamı dışında olduğundan değerlendirilmemiştir. Bu konu ile ilgili olarak Sevgi ve Akkemik, 2014a; b; Güner ve ark., 2014; Şahin, 2016’ya bakılabilir.

²⁾ <https://sozluk.gov.tr/> Erişim Tarihi: 26.03.2021

anlamına gelmektedir. Ayrıca İngilizcesinin “*black pine*” Almancasının “*Schwarze Kiefer*” olması Türkçesinin karaçam olarak kullanılmasını teşvik etmiş olabilir. Orman Fakültesi’nde verilen eğitimlerde bu türün isminin karaçam olarak kullanılması Türkiye genelinde de kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. Türkiye’de çam türleri arasındaki ayrımında karaçam ismi kullanılmakla birlikte aslında *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe alt türü ifade edilmektedir. Günümüzde ise *P. nigra* subsp. *pallasiana* alttürü için karaçamın alt türleri arasındaki ayrıma vurgu yapılmak amacıyla karaçam yerine Anadolu karaçamı isminin kullanımı tercih edilmektedir. Daha önceki metinlerde de alt türü ayırmak için Toros Karaçamı isminin kullanıldığı bilinmektedir (Pamay, 1960). Özellikle gündelik dilde ve ormancılık dilinde karaçam ve bilimsel metinlerde alt tür öne çıkıyorsa Anadolu Karaçamı tercih edildiği görülmektedir.

Türkiye’de bulunan ormanlar üzerine sistematik çalışmalar Orman Fakültesi’nin kurulduğu 17 Kasım 1857’e kadar götürülse de esas çalışmaların Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü’nün kurulması ve Orman Fakültesi’nin bünyesine katıldığı 1934 (Sevgi, 2021) yıllarından itibaren başladığı kabul edilebilir. Osmanlı Devleti’nin orman varlığının değerlendirilmesi için 1850’li yıllarda davet edilen yabancı uzmanlar hem Orman Genel Müdürlüğü’nün hem de Orman Fakültesi’nin kurulması gerekliliğini belirtmiştir (Eraslan, 1989). Bu dönemde çeşitli Avrupalı uzmanlar orman alanlarının büyüklüğü, tür birleşimi ve orman ürünleri hakkında raporlar düzenlemişlerdir (Özdönmez ve Ekizoğlu, 1993). Ormancılık kurumlarının kurulmasına yönelik bu raporlar ormancılık çalışmalarının düzenli yapılmasının önünü açmıştır.

2. Kapsam ve Yaklaşım

Geniş alanlarda yayılış yapan ve insanlar tarafından yaygın kullanılan türler için bilgi birikiminin belirlenmesi bazı kısıtları içermektedir. Özellikle Türkiye’de söz konusu yaygın türlerin başında karaçam gelmektedir. Karaçam türene ait bilgi birikiminin kapsam ve sınırlarının ortaya konulmasında da bu kısıtlar geçerlidir. Karaçamın yaygınlığı ve buna bağlı kullanımı ülkenin farklı bölgelerinde birçok kişinin bu türle ilgili bilgilerinin oluşmasına neden olmuştur. Bu durum karaçamı sadece orman ağacı olmaktan çıkarıp, bazen ilaca, kozmetiğe, bazen çocukların oyuncasına bazen de bozkırın ortasında bulunan yaşlı bir ağaç ile birçok kişinin iç dünyasını harekete geçiren simgesel değere dönüştürmektedir. Dolayısıyla birçok yaygın türde olduğu gibi, karaçamın da; insan toplumu için tıbbi, dini, edebi, sanatsal ve ekonomi gibi birçok alanda kullanımı bulunmaktadır. Dolayısıyla ormancılık bilimlerinde karaçam bilgi birikiminin nasıl sınırlanacağı sorun teşkil etmektedir. Bu sorunun kaynağı da bilgi birikimini

ortaya koyacak olanların uzmanlık alanlarının birer sınır teşkil etmesidir.

Bu çalışmanın kapsamında karaçamın bilgi birikiminin değerlendirilmesi ormancılık bilimleri açısından ele alınarak bir sınırlamaya gidilmiştir. Çalışmanın zamansal sınırlaması olarak Orman Mektebi'nin 1934 yılında Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü (YZE)'ne bağlanması (Sevgi, 2021) esas alınmış ve 2020 yılı dahil olmak üzere çalışmalar değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar; Türkçe yazılan, Türkiye kökenli veya Türkçeye çevrilmiş karaçam yayınlarıdır. Karaçamın dini, edebiyat, sanat ve tıp alanlarında kullanılmasına yönelik bilgi birikimleri değerlendirme dışı bırakılmıştır. Bununla birlikte, anıt ağaçlar gibi kültürel yönü olan eserlerden ise ormancıların yaptığı çalışmalar değerlendirmeye dahil edilmiştir. Böylece çalışmada karaçam bilgi birikiminin belirlenmesinde ormancılık bilimlerince oluşturulan birikimler temel alınmıştır. Bununla birlikte burada uygulanan yaklaşımla derlenen bilgi birikiminin, karaçamın diğer alanlarını kapsayacak birikimin ortaya konulmasının bir başlangıcı olacağı düşünülmektedir.

Ormancılık bilimlerinde karaçam üzerine yazılan metinlerin dökümünün yapılması için çeşitli kaynakçalardan ve arama motorlarından faydalanılmıştır. Söz konusu karaçam yayın dökümü için; Orman Fakültesi kaynakçaları (Çepel, 1988; Çepel ve Karaöz, 1998) ve Araştırma Enstitüleri'nin kaynakçası (Anonim, 1995) taranmış, Google akademide³, tez tarama⁴, proje tarama⁵ ve Dergipark⁶'ta karaçam ve *Pinus nigra* anahtar kelimeleri ile tarama yapılmış ve elde edilen yayınların dökümü hazırlanmıştır. Bunların dışında ormancılık bilimleri dergilerinde de tarama yapılmıştır. Ayrıca ulaşılan yayınların kaynakları incelenerek çapraz tarama yapılmış ve karaçam yayın dökümünün son şekli 15 Kasım 2020'de verilmiştir. Daha sonra ulaşılan sınırlı sayıdaki karaçam yayını bu metne dâhil edilmemiştir. Söz konusu yayınların dökümü 35. Bölümde Türkiye Karaçam Kaynakçası başlığıyla verilmiştir.

Bu şekilde belirlenen ve toplanan karaçam yayınlarının hangi alanda katkı yaptığının belirlenmesi öncesinde kaynaklar sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma; 1) Doğrudan karaçam odaklı ve başlıkta ismi geçen yayınlar, 2) Başlıkta geçmeyen ama karaçam üzerine yapılan yayınlar, 3) Metin içinde karaçam ismi atıf yaparak bilgi veren temel yayınlar, 4) Karaçam ismi geçen ormancılık bilimleri dışındaki yayınlar ve 5) Karaçam ismi geçmeyen yayınlar şeklinde yapılmıştır (Çizelge 1). Çalışma esas olarak, 1. ve 2. sınıflar üzerinde yapılmış nadir de olsa 3. sınıftaki çalışmalarda kullanılmıştır. Bu sınıflandırma kapsamında toplam 719 yayın belirlenmiştir. Bu yayınların 40'a yakınına ulaşılamadığından sadece başlıklarından hangi sınıfta olduğu belirlenmiştir. Tam metnine ulaşılan yayınların hangi sınıfta yer aldığı ise metin içeriğine göre değerlendirilmiştir.

³ <https://scholar.google.com/schhp?hl=tr> Erişim Tarihi; 25 Ekim 2020

⁴ <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> Erişim Tarihi; 20 Ekim 2020

⁵ <https://app.trdizin.gov.tr> Erişim Tarihi; 3 Kasım 2020

⁶ <https://dergipark.org.tr/tr/> Erişim Tarihi; 1 Kasım 2020

Çizelge 1. Karaçam içeren yayınların sınıflandırması.

Sınıf	Örnek Yayın	Çalışmada Kullanılması	Yayın Yeri
1. Doğrudan karaçam odaklı ve başlıkta ismi geçen yayınlar	Acatay, A., 1956. Ehrami Karaçam (<i>Pinus nigra</i> var. <i>pyramidata</i>).	Tamamı	Başlık
2. Başlıkta geçmeyen ama karaçam üzerine yapılan yayınlar	Sevim, M., 1951. Alaçam (Dursunbey) Ormanında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar.	Tamamı	Metin
3. Karaçam yayınlarına atıf yaparak bilgi veren temel yayınlar	Saatçioğlu, F., 1971. Orman Bakımı.	Sınırlı Sayıda	
4. Metin içinde karaçam ismi geçen fakat ormancılık bilimleri dışındaki yayınlar	Uludağ Ormanlarının Likenleri	Kullanılmadı	
5. Karaçam ismi geçmeyen yayınlar	Diğerleri	Kullanılmadı	

Ayrıca Karaçam birikimini oluşturan yayınlar; Kitap, Bildiri, Makale, Yüksek Lisans Tezi, Doktora Tezi, Proje ve Teknik Yayın şeklinde de gruplandırılmıştır. Makaleler araştırma makalesi, derleme ve meta analiz olarak ayrılmadan incelenmiştir. Doçentlik Tezi olarak yapılan çalışmalar kitap olarak kabul edilmiştir. Sınırlı sayıda yayında ise; 1983'ten önce doktora tezlerinin kitap olarak basılması, ya da bazı tezlerin aynı zamanda TÜBİTAK projesi olması, Ormancılık Araştırma Enstitüleri'nde yapılan lisansüstü tezlerin aynı zamanda enstitünün yayını olarak basılması gibi durumlar incelenmiş ve ayrı çalışmalar olarak değerlendirilmiştir. Daha yaygın bir yaklaşım olan lisansüstü tezlerle aynı ismi taşıyan makaleler de ayrı yayınlar olarak kabul edilmiştir. Çünkü proje ve tezlerin içeriği ile aynı çalışmanın makalesinin içeriğinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Tezlerde daha ayrıntılı bilgiler verildiği, bazen de makalelerde tartışma ve sonuç kısmının tezlere göre bazı konuların daha öne çıkarıldığına rastlanılmıştır. Ormancılık Araştırma Enstitüleri'nin yayın türleri çeşitli isimlerde yayınlanmıştır. Örneğin; muhtelif yayınlar, teknik rapor, makale gibi türlerle yayın yapılmıştır. Söz konusu Ormancılık Araştırma Enstitüleri yayınları teknik yayın başlığı altında değerlendirmeye dâhil edilmiştir.

3. Karaçam Yayınları, Türleri ve Yıllara Göre Dağılımı

Değerlendirmeye konu karaçam yayınlarının sayısı 719 adet olup bunların 572 adetinde karaçam başlıkta yer almakta ve bu yayınlar doğrudan karaçam türü üzerinedir (Şekil 1). Karaçam ismi başlıkta geçmemekle birlikte karaçam üzerine yapılan bir çalışma olan veya karaçamla ilgili yayınlara atıf yaparak

bilgi veren yayın sayısı ise 147 adettir. Karaçamın başlıkta yer aldığı 572 yayın arasında 240 adet ile makale türü yayınların ilk sırada yer aldığı belirlenmiştir. Bunu sırasıyla yüksek lisans tezi 163 adet, bildiri 52 adet, teknik yayın 49 adet, doktora tezi 34 adet, doçentlik tezi 2 adet, proje 25 adet, kitap 6 adet (doktora ve doçentlik tezleri), 4'ü diğerleri ve rapor 3 adet izlemektedir. Teknik yayınlar Ormancılık Araştırma Enstitüleri ve Orman Toprakları ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü'nün çeşitli yayınlarını içermektedir. Karaçam ile ilgili mevcut kitaplar ise doktora veya doçentlik tezlerinin ayrıca kitap olarak basılması ile oluşturulmuştur. Bunun dışında doğrudan karaçama odaklanılmış bir kitap yayınlanmamıştır. Bununla birlikte Ehrami karaçama üzerine 23-25 Eylül 1999'da Kütahya'da sempozyum düzenlenmiş ve bildiri kitabı yayınlanmıştır⁷. Ayrıca karaçam üzerine 24-26 Kasım 2020 tarihleri arasında Çevrimiçi Karaçam Çalıştayı yapılmış ve çalıştay sonuç bildirgesi yayınlanmıştır⁸.

Karaçam odaklı yapılan yayınlar öncesinde de ormancılık bilimlerinin çeşitli alanlarındaki eserlerde karaçam ismi ve bilgileri kullanılmıştır. Söz konusu bu bilgilerin bir kısmı Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü Dergisi'nde, Orman Genel Müdürlüğü'nün yayınlarında ve Orman Fakültesi öğretim üyelerinin doğrudan yayınları veya çevirilerinde (kitap, makale veya konferanslar) yer almaktadır. Söz konusu dönemin yayın özelliği karaçam türü ile ilgili gözleme dayalı ve sınırlı bilgi vermesiyle öne çıkmaktadır. Karaçam ormanlarının gençleştirilmesi konusunda sınırlı da olsa bilgiler verilmiştir (Anonim, 1940). Karaçamın yayılışıyla ilgili bu dönemde ayrıntılı bilgiler bilinmektedir (Berker, 1945). Uludağ'da düşey orman kuşakları içinde de karaçamın düşey yayılışına yönelik bilgiler verilmiştir (Vural, 1946).

Karaçam üzerine yapılan ilk doktora çalışmaları aynı zamanda kendi alanlarında temel araştırmalar niteliğindedir. Prof. Dr. Mehmet Sevim⁹, karaçam orman toprakları üzerine Prof. Dr. Asaf Irmak danışmanlığında Alaçam Dağları'nda 1946 ve 1947 yıllarında arazi çalışması yapmış ve 1948 yılında tezini tamamlanmıştır (Sevim, 1954a). Bu çalışma Alaçam Dağları'nın ölü örtü (ve humus) formları, toprağın organik maddesi, azot miktarı ve besin maddesi ile toprak tepkimesi (pH'sı) ve toprak türü üzerine ayrıntılı bilgiler vermektedir (Sevim, 1954a). Toprak özelliklerinin oluşmasında anakayanın etkilerini ortaya koyması açısından da bu yayınlar son derece önemlidir. 1950'li yılların sonuna doğru Prof. Dr. Asaf Irmak danışmanlığında Prof. Dr. Necmettin Çepel karaçam ibrelerinde besin maddelerinin zamansal değişimini ortaya koymuştur (Çepel, 1958; Irmak ve Çepel, 1959).

⁷) Söz konusu Bildiri Kitabına ulaşmam konusunda yardımcı olan Sempozyumun düzenleyicileri arasında bulunan Sayın Hülya Ölçer hocamıza tekrar teşekkürlerimi sunarım.

⁸) <https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=karacam-calistayi-sonuc-rapor.pdf> Erişim tarihi; 03.12.2020

⁹) Karaçam üzerine doktora yapan Merhum Hocalarımızı ve günümüzdeki hocalarımızın son resmi unvanlarıyla yazılmıştır.

Karaçamın kimyasal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar ise 1950'li yıllardan yayınlanmıştır. Bu konuda ilk çalışma gövde odununun ham terebentin miktarı hakkındadır (Berkel ve Huş, 1951). Böylece karaçam odununun farklı açılardan ekonomiyeye dâhil edilmesi imkânı gündeme gelmiştir.

Türkiye'nin en büyük yangınlarından biri Alaçam Dağları'nda 1945 yılında 8 gün sürmüş ve Candere, Çalık ve Civana Orman İşletme Şefliklerinde yaklaşık 12.600 ha karaçam ormanı yanmıştır (Pamay, 1960). Prof. Dr. Besalet Pamay tarafından Prof. Dr. Fikret Saatçioğlu danışmanlığında yapılan doktora çalışmasında yangın sahalarında ne tür uygulamaların yapılacağı deneysel olarak ortaya konulmuş ve özellikle tohumluk ağacının olduğu meşcerelerde doğal gençleştirmenin nasıl yapılacağı aksi durumda dikimin nasıl yapılması gerektiğine dair sonuçlar elde edilmiştir (Pamay, 1953; 1959; 1960). Bu sonuçlar karaçam ormanlarında yangından sonra yapılacaklara günümüzde de yön verici niteliktedir.

Karaçam ormanlarının gençleştirme ve ağaçlandırması konularında anahtar konu olan tohum meselesi üzerine 1950'li yıllarda doktora tezi yapılmıştır. Bu çalışma Prof. Dr. Fikret Saatçioğlu danışmanlığında Prof. Dr. İbrahim Atay tarafından 1954'de tamamlanmıştır. Türkiye'de karaçamın hâkim yayılış yaptığı alanlardan alınan örnekler üzerine tohum özellikleri bin tane ağırlığı, fizyolojisi açısından belirlenmiş ve Bahçeköy fidanlığında da ölçümler yapılarak konu işlenmiştir (Atay, 1959).

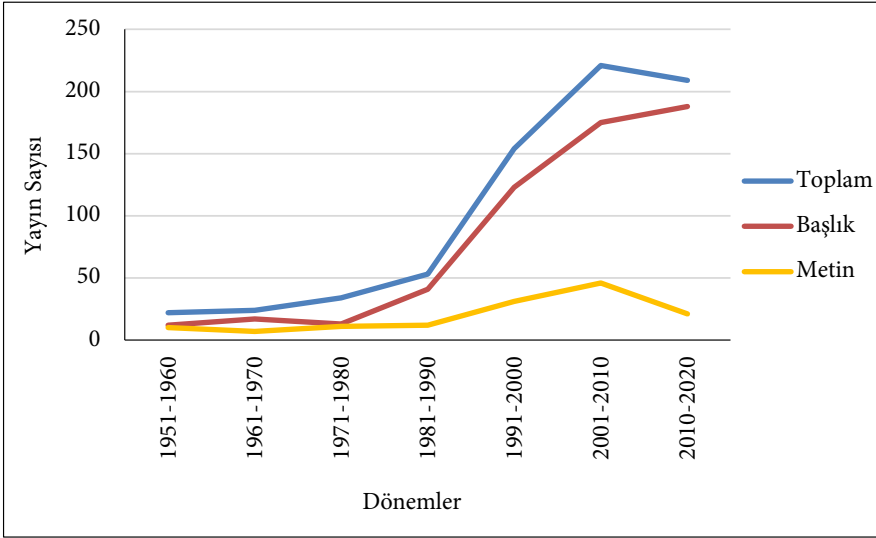
Karaçamın yetiştirme ortamı özellikleri ve ekolojisi üzerine yapılan çalışmaların yanısıra hasılat özellikleri de 1950'li yıllardan itibaren çalışılmıştır. Prof. Dr. Fehim Fırat'ın danışmanlığında Prof. Dr. İlhan Gülen tarafından karaçamın çap artımı ile hacim arasındaki ilişkileri 1952-1954 yılları arasında doktora tezi olarak ortaya konulmuştur (Gülen, 1965). Çalışmaya esas olan örnek ağaçları Dursunbey'den getirilmiş, ayrıca diğer bölgelerden kesilen ağaçlarda değerlendirmeye konu edilmiştir (Gülen, 1959; 1965). Belgrad Ormanı'nda karaçam ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada ise bir yıl içinde yapılan çap artımının nasıl gerçekleştiği konusu doktora tezi kapsamında Prof. Dr. Adnan Berkel danışmanlığında Prof. Dr. Yılmaz Bozkurt tarafından incelenmiştir (Bozkurt, 1961).

Karaçamın Türkiye'de yayılış gösteren varyeteleri 1950'li yıllardan itibaren bilinmekteydi. Bu yıllarda karaçamın iki varyetesi; var. *şeneriana* (Saatçioğlu, 1955) ve var. *pyramidata* (Acatay, 1956) tespit edilmiştir. Söz konusu taksonlar günümüzde de bilimsel sınıflandırmada güncelliğini korumaktadır. Acatay (1956)'da *Pinus nigra* var. *pyramidata* olarak isimlendirdiği türün Orman İşletme Müdürlüğü'nde sergilenen örneğinde isim olarak "servi çamı"nın yazıldığını belirtmiş olmakla birlikte bu karaçam varyetesinin serviye (*Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* (O.Targ.Tozz.) Nyman) benzemesinden dolayı 'Ehrami Karaçamı' ismi verilmiştir (Acatay, 1956).

Karaçam meşcerelerinin doğal yapısı ve verim güçleri 1955-1958 yılları arasında meşcerelerde yapılan ölçüm ve gözlemler içeren çalışma ile ortaya konul-

muştur (Kalıpsız, 1963). Söz konusu çalışma Prof. Dr. Abdülkadir Kalıpsız'ın doçentlik tezidir. Çalışmada karaçam ormanlarının verim gücü, onu etkileyen etkenler ayrıntılı olarak belirtilmiş, ormanların idare süresi üzerine bilgiler vermiş, günümüzde de geçerliliği olan hasılat tablosu hazırlamış ve deneme alanlarıyla ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmuştur (Kalıpsız, 1963).

Karaçam üzerine 1951-1960 yılları arasında yapılan yayınlar tür üzerine yapılan ilk doktora tezleri olması, temel konuları ele alması ve karaçamın yayılışını (veya önemli yayılış merkezini) belirlemesi açısından dikkat çekmektedir. 1961 ile 1990 yılları arasında da karaçam üzerine yapılan yayınlar çeşitlenerek devam etmiş ve 1991'den sonra karaçam üzerine yapılan çalışmalar hem çeşitlilik hem de sayı olarak artmıştır (Şekil 1). Söz konusu artışta yeni orman fakültelerinin açılmasının, Yükseköğretim de atama ve yükseltme kurallarında değişikliklerin ve Ormancılık Araştırma Enstitüleri'nde (Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü dâhil) yapılan çalışmaların katkısı olmuştur.

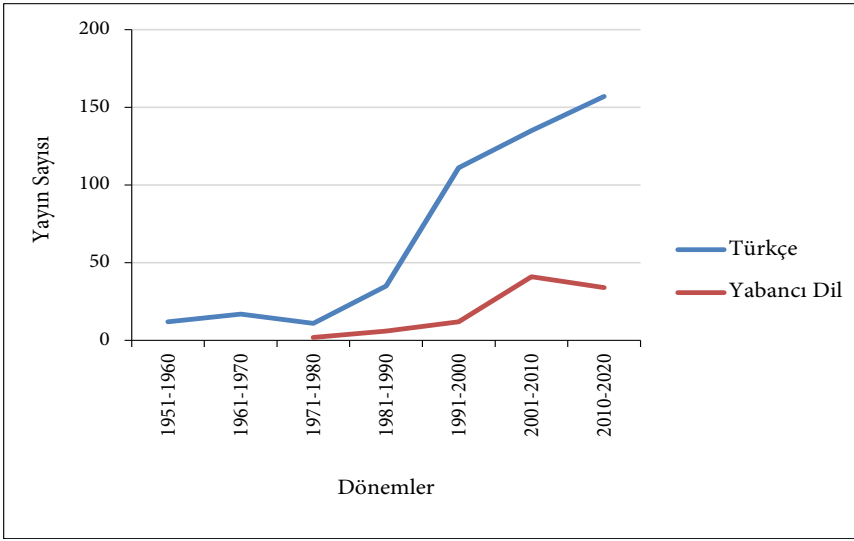


Şekil 1. Karaçam yayınlarının (başlık, metin ve toplam) dönemlere göre sayıları.

4. Karaçam Yayınlarında Kullanılan Dil

Karaçam üzerine yapılan 719 yayının 617 adeti Türkçe ve 98 adeti yabancı dilde yayınlanmıştır (Şekil 2). Karaçam yayınlarında kullanılan dilin Türkçe olması hem bilginin Türkiye'de yayılmasını hem de ileriki yıllar için kalıcılığını teminat altına almaktadır. Bu konuda yapılan 216 adet lisansüstü tezin katkısı da bulunmaktadır. Günümüzde yabancı dildeki yayınlarda İngilizcenin ağırlık kazanması gelecekte de böyle olacağına anlamına gelmemektedir. Bunun bir örneği olarak bahsedebileceğimiz bir çalışmada Türkiye'nin flora ve vejetasyonu üzerine yapılan çalışmalar yazılan dil açısından incelenmiş ve uzun

dönemde bilim dili olarak kullanılan yabancı dilde değişim olduğu belirlenmiştir (Sevgi, 2017). Türkçe yayınlar karaçam konusunda çok uzun dönemden beri bilgi birikiminin kalıcı olarak artmasını sağlamıştır. Bu açıdan Türkiye’de üretilen karaçam birikimi devamlılık arz etmektedir. Konu ile ilgili yapılan çevirilerde ayrıca bu birikimi desteklemektedir. Örneğin Gustav Gassner ve Fritz Christiansen-Weniger tarafından yapılan Anadolu çamlarının yıllık halkaları üzerine yapılan yabancı dildeki çalışma Kerim Ömer Çağlar tarafından 1948’de Türkçeye çevrilmiştir. Metin terim açısından değerli olduğu gibi, Ankara Yakupaptal Köyü’nün güney kısmında 1850 m civarlarında yaşlı karaçamlarının 1828’den beri yabancı dilde yazılan metinlerde yer alması itibarıyla değerlidir. (Gassner ve Christiansen-Weniger, 1948).

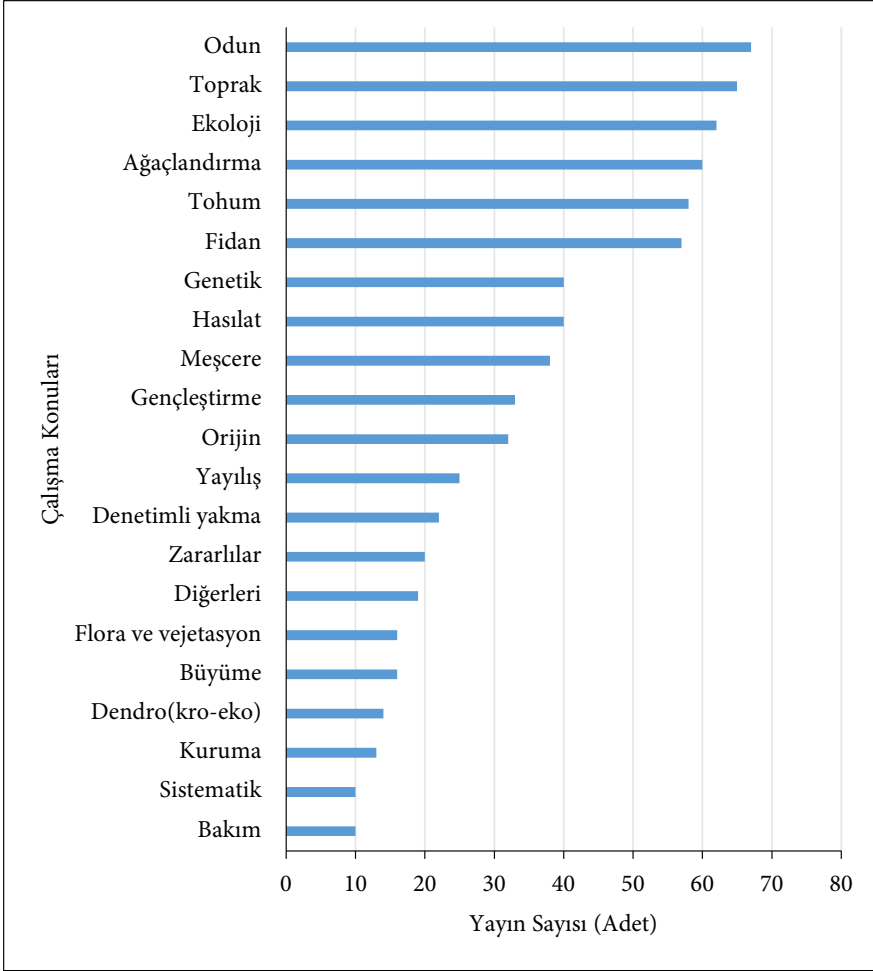


Şekil 2. Karaçam üzerine yapılan Türkiye kökenli Türkçe ve yabancı dil yayınlarının dönemlere göre yayın sayısı.

5. Karaçam Yayınlarının Konularına Göre Dağılım

Karaçam üzerine yapılan yayınlarda türün farklı yönleri ele alınmıştır. Bu yayınların konularına göre dağılımlarının belirlenmesi kapsamında bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Bazen çalışmalar tek bir konuya ayrılamayacak kadar birkaç alanla örtüşebilmekte ve hangi konuya girdiğinin belirlenmesinde güçlükler yaşanmasına neden olmaktadır. Ayrıca bazı yayınlar ise birkaç konuyu özellikle bir arada ele alabilmektedir. Bununla birlikte karaçam yayınlarının konularına göre dağılımları Şekil 3’de verilmiştir. Karaçam yayınlarının ele aldığı konulara göre sayıları sırasıyla; odun (68 adet), toprak (63 adet), ekoloji (62 adet), ağaçlandırma (61 adet), tohum (58 adet), fidan (58 adet), genetik (40 adet), hasılat (40 adet), meşçere (38 adet), gençleştirme (33 adet), orijin (32

adet), yayılış (25 adet), denetimli yakma (22 adet) ve zararlılar (21 adet) olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Karaçam yayınlarının konulara göre dağılımı.

Bu değerlendirme sonucunda karaçamın çeşitli konularının belirli ölçüde çalışıldığı anlaşılmakla birlikte karaçamın amenajmanı, ekonomi, yönetim ve politika açısından az sayıda olan istisna çalışmalar dışında çalışılmadığı görülmektedir. Karaçamın yayılış alanının 4 693 060 ha (Anonim, 2012) ve 2001 yılı itibarıyla ağaçlandırma alanı 540 495 ha'dır (Konukçu, 2001: 98). Dolayısıyla karaçam ormanlarının hem ormancılık bilimleri hem de ormancılık faaliyetleri açısından son derece önemli yeri bulunmaktadır. Bu sebeple amenajman, ekonomi, yönetim ve politika alanında yapılan mevcut karaçam çalışmalarının sayısının artırılması ormancılık faaliyetleri açısından oldukça önemlidir.

Aşağıda karaçam üzerine yapılan konu çeşitlenmesini gösteren bazı çalışmalara (doktora tezleri, makaleler gibi) yer verilmiştir.

Karaçam odunu üzerine yapılan çalışmaların; kimyası, fiziksel özellikleri ve korunması gibi alt başlıklarda toplanması mümkündür. Söz konusu çalışmalar çoğunlukla Orman Endüstrisi Bölümü bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Karaçamın odunu üzerine çalışmalar 1950'li yıllardan (Berkel ve Huş, 1951) itibaren günümüze kadar artarak gelmiştir. Karaçamın odunu üzerine odaklanmış dört adet, diğer türler ile birlikte çalışılan da iki adet olmak üzere toplam altı adet doktora tezi yapılmıştır. Bu konuda günümüzde de değerini koruyan öncü bir çalışma Dursunbey ve Elekdağ karaçamları üzerine yapılmıştır (Göker, 1969). Daha sonra ise Camiyanı karaçamının odun özellikleri ortaya konulmuştur (Gündüz, 1999). Karaçam varyetelerinin kimyasal özellikleri (Yılğör, 1999), karaçam odununa emprenye maddelerinin etkileri (Özalp, 2003), karaçam odunu yongalarının pişirilme teknikleri (Ateş, 2004) ve karaçam odunlarının işlenme özelliklerinin yüzey kalitelerine etkileri çalışılmıştır (Sofuoğlu, 2008). Ayrıca karaçam odunu üzerine 19 yüksek lisans tezi tamamlanmıştır¹⁰.

Karaçamın odun özütleri çalışmaları (Hafızoğlu, 1983; Uçar ve Balaban, 2001), karaçamlarda reçine üretimi (Önal, 1995) ve karaçam odununun fiziksel özellikleri (Özer, 2002) gibi konular ilgi odağı olmuştur. Karaçam odununun emprenye çalışmalarının öncü bilgileri ortaya konulmuştur (İlhan, 1973).

Karaçam toprakları üzerine yapılan çalışmalar 11. bölümde ayrıntılı verildiğinden burada ifade edilmeyecektir.

Ekoloji kavramının kuşatıcılığı yapılan çalışmaların konulara göre dağılımı zorlaştırmaktadır. Ekoloji kapsamında çalışılan birçok konu diğer başlıklarda değerlendirildiğinden ekoloji çalışmaları sayısının beklenenden daha az olmasına neden olmuştur. Üstelik bazı çalışmaların başlığında ekoloji terimi geçmesine rağmen diğer başlıklar altında değerlendirilmiştir. Örneğin Prof. Dr. Mehmet Sevim'in Alaçam çalışmasının başlığında ekoloji sözcüğü geçmesine rağmen ekoloji grubuna dahil edilmemiş, toprak konusunda değerlendirmeye konu edilmiştir. Onun için burada ekoloji çalışmaları başlığı altında çok sınırlı sayıda yayın verilmiştir.

Karaçamın ekolojisi çalışmaları öncelikle karaçam ekosistemlerinin anlaşılmasına (Sevgi ve ark., 2011; Tecimen ve ark., 2012; Sevgi ve ark., 2016), herhangi bir değişkene (veya etkiye) karşı gösterdikleri tepkiler (Koray ve ark., 2012) ve yetişme ortamıyla ilgili etkileşimler konusunda (Özkan ve Gülsoy, 2009; Kurt, 2010; Sevgi ve ark., 2010; Güner ve ark., 2011; Gulsoy ve ark., 2014) çalışmalar yapılmıştır.

Türkiye'de karaçam ağaçlandırmaları üzerine ilk yayınlar Alaçam Dağları'ndaki 1948'de çıkan yangından sonra başlamış günümüze kadar da artarak gelmektedir. Karaçam ağaçlandırmaları üzerine ilk deneme sonuçları 1950'li yıllarda yayınlanmıştır (Pamay, 1953). Karaçamın özellikle kurak alanlarda

¹⁰ <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> Erişim Tarihi; 13.04.2021

ağaçlandırma tekniği de ortaya konulmuştur (Büyükduman, 1977; Özdemir, 1980). Karaçam fidanlarının farklı yetiştirme ortamlarındaki başarısı ise Prof. Dr. Habil Çolakoğlu danışmanlığında Dr. Mehmet Sayman tarafından doktora tezi olarak çalışılmıştır (Sayman, 1996). Türkiye’de yapılan karaçam ağaçlandırmalarının önemli kısmını içeren ve büyüme modellerini ortaya koyan doktora tezi Prof. Dr. Hakkı Yavuz danışmanlığında Prof. Dr. Nuray Mısır tarafından 2003 yılında tamamlanmıştır (Mısır, 2003). Karaçamın yarı kurak sahalarda mikoriza aşılama çalışmalarının ağaçlandırmaya etkileri Prof. Dr. Oktay Yıldız danışmanlığında Doç. Dr. Bülent Toprak tarafından 2016 yılında doktora tezi olarak tamamlanmıştır (Toprak, 2016). Karaçam ağaçlandırma sahaları önemli karbon depolama alanlarıdır (Güner ve Çömez, 2014).

Karaçam ağaçlandırmaları yapılmadan önce ve ilk dönemlerde aynı zamanda karaçam tohumu, orijin ve fidan(lık) konuları da çalışılmıştır. Karaçamın tohum özellikleri üzerine yapılan ve günümüzde de geçerliliğini koruyan doktora tezi Prof. Dr. İbrahim Atay’a aittir (Atay, 1959). Özellikle beslenme koşullarının zor olduğu yetiştirme ortamlarında yapılacak çalışmalarda önemli olacak karaçam tohumlarına mikoriza aşılama çalışmaları 1960’lı yılların sonunda yapılmıştır (Özdemir, 1968). Karaçam tohumlarının olgunlaşma zamanı ve saklanma sorunlarının çözülmesi ağaçlandırma faaliyetleri için son derece önemlidir (Boydak, 1982). Ehrami karaçam tohumunun çimlenmesi üzerine tuzun etkileri belirlenmiştir (Yücel, 1994). Karaçam tohum meşcereleri, tohum ve kozalak özellikleri açısından kümelenmeleri ortaya konulmuştur (Deligöz ve Carus, 2006). Karaçamın Bartın tohum bahçesi üzerine Prof. Dr. Korhan Tunçtaner danışmanlığında Dr. Murat Ertekin tarafından ve Gönen karaçam tohum bahçesi üzerine Prof. Dr. Süleyman Gülcü danışmanlığında Sultan Çelik Uysal tarafından doktora tezleri yapılmıştır (Ertekin, 2006; Uysal, 2015).

Karaçamın tohum aktarım bölgelendirilmesi (transfer rejyonlaması) konusunda ilk değerlendirme bilgileri 1960’lı yıllarda verilmektedir (Ürgenç, 1967). 1960’lı yıllarda tohum nakilleri konusunda ilk haritalamalar yapılmıştır (Ürgenç, 1967). Söz konusu haritaların oluşturulmasında vejetasyon süreleri esas alınmış olmakla birlikte meteoroloji istasyon verilerinin yetersizliğine vurgu yapılmıştır (Ürgenç, 1967). 1970’li yıllarda aynı konuda bilgiler verilmekte (Atalay, 1977) ve daha da sonra ise bu bilgiler bir başka çalışmada tekrar edilmektedir (Atalay ve Efe, 2010). Belirtilen çalışmalar Ürgenç (1967)’in ortaya koyduğu ilkeler kapsamında yapılmıştır. Bununla birlikte karaçam tohum aktarım bölgelerinin belirlenmesinde Ürgenç (1967)’de belirtilen hususları da içeren, günümüz teknolojileriyle güncellenmesi karaçam ağaçlandırma çalışmalarının başarısını olumlu yönde etkileyecektir. Böylece Ürgenç (1967)’in belirttiği üzere; karaçamın farklı toprak ve iklim koşullarına uygun yetiştirme ortamı ırkları ve ekotiplerinin belirlenmesi tohum aktarım sorunlarına da çözüm getirecektir.

Karaçam fidanlarının porsüme nemleri toprak özelliklerine göre değişmek-

tedir (Sevim, 1954b). Karaçamın fidanlıklarda yetiştirme tekniği çeşitli dene- melere konu olmuştur (Özdemir, 1971). Karaçam fidanlıklarında fazla tuzlulu- ğun bitkilerde sararmaya neden olduğu Prof. Dr. Asaf Irmak danışmanlığında Dr. İlhan Efeoğlu'nun doktora tezinde belirlenmiştir (Efeoğlu, 1973). Kara- çam fidanlarının topraktan aldığı besinlerin belirlenmesi (Tacenur ve Efeoğ- lu, 1979) söz konusu besinlerin toprağa dahil edilmesini gündeme getirmiştir. Karaçamın temel morfolojik ve eko-fizyolojik özelliklerinin dikime etkileri ko- nusundaki doktora tezi de Prof. Dr. Musa Genç danışmanlığında Prof. Dr. Ayşe Deligöz tarafından gerçekleştirilmiştir (Deligöz, 2007). Karaçam fidan tazeliği (Dirik, 1994), fidanların yetiştirme sıklığı (Güner ve ark., 2008), karaçam fi- danlarının kalite sınıfı ortaya konulmuş (Kızmaz, 1993) ve kalite sınıfının ara- zideki ağaçlandırma başarısını etkilediği belirtilmiştir (Deligöz ve ark., 2009). Karaçam fidanları için sulama programı yapılabilmektedir (Deligöz, 2009). Ka- raçamın üretiminde doku kültürü de denenmiştir (Gökçe, 1993).

Türkiye'de bulunan karaçamların genetik özellikleriyle ilgili çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır. Türkiye kökenli çalışmalarda dönüm noktası olan ya- yın, Prof. Dr. Zeki Kaya ve arkadaşlarının çalışmasıdır (Kaya ve ark., 1985). Daha sonra karaçamın genetik çeşitlilikleri çalışılmıştır (Kaya, 1993). Kara- çamın genetik çeşitliliği bölgesel ve yöresel çalışmalarla ele alınmıştır. Bu kapsam- da İç Anadolu (Kaya ve Temerit, 1994), Kazdağları (Doğan ve ark., 1997; Çengel, 1998), İç Toroslar (Kaya ve Temerit, 1997) ve Bolkar Dağları (Gülbaba, 1998) çalışılmıştır. Göller Yöresi'nde bulunan karaçamların genetik çeşitliliği Prof. Dr. Ali Ömer Üçler danışmanlığında Prof. Dr. Süleyman Gülcü tarafından doktora tezi olarak çalışılmıştır (Gülcü, 2002). Karaçamın genetik çeşitliliği öncekiler- den farklı göstergelerle çalışılmıştır (Gülsoy ve ark., 2014; Aygün, 2018).

Karaçam hasılat çalışmaları 1950'li yıllardan itibaren günümüze kadar ele alınan konular arasında yer almaktadır (Gülen, 1959; 1965; Kalıpsız, 1959; 1963). Karaçamın hasılatı üzerine Prof. Dr. İlhan Gülen ve Prof. Dr. Abdülka- dir Kalıpsız'la ilgili bilgiler yukarıda verilmiştir. Karaçamın hasılatı konusunda Prof. Dr. Hakkı Yavuz doçentlik tezi kapsamında Taşköprü karaçam ormanla- rını ele almıştır¹¹. Doğal karaçam ormanlarında hasılat üzerine çalışmalar, Kas- tamonu-Taşköprü (Yavuz, 1999), Bolu-Mudurnu (Baynazoğlu, 2014), Yozgat (Özdal, 2014), Isparta (Carus ve ark., 2016) yörelerinde yapılmıştır. Karaçam ağaçlandırmalarında da hasılat çalışmaları Elazığ (Erkan, 1997) ve daha geniş ağaçlandırma alanında (Mısır, 2003) yapılmıştır.

Çalışmaların sınıflandırılmasında meşcere grubunda da ekoloji grubunda olduğu gibi kapsam sorunu yaşanmıştır. Çünkü karaçam ormanlarında yapılan çalışmaların çoğu aslında karaçam meşcerelerinde yapılmış olarak kabul edile- bilir. Dolayısıyla karaçam meşcereleri üzerine yapılan çalışmalar daha yüksek

¹¹ Söz konusu çalışma çeşitli kaynaklarda belirtilmekte fakat bu metnin yazarı tarafından metin görülmediği için sadece eserin başlığı kapsamında bilgi verilmiştir.

olduğu düşünülebilir. Meşcere çalışmalarında başlıkta meşcere ismi geçenlere öncelik verilmiştir. Karaçamın meşcere özellikleri konusunda kapsamlı bilgiler Prof. Dr. Abdülkadir Kalıpsız tarafından verilmiştir (Kalıpsız, 1963). Çeşitli yöresel hasılat çalışmalarıyla karaçam meşcerelerinin artım ve büyümeleri ortaya konulmuştur (Carus ve Çatal, 2007). Karaçam meşcerelerinin en dikkat çekici özelliklerinden biri de iki katlı saf meşcereler oluşturmasıdır (Umut ve ark., 1996). Kızılçam – Karaçam karışık meşcerelerde artım ve büyüme ilişkilerinin anlaşılması (Çatal, 2002) biyolojik bağımsızlığının belirlenmesi (Çatal ve ark., 2017) gençleştirme ve bakım çalışmalarına katkı sağlamaktadır. Ehrami karaçam meşcerelerinin özelliklerinin bilinmesi karaçam ormanlarının zenginliğini göstermektedir (Karadağ, 1993). Karaçamın karışıma girdiği meşcerelerin bulunduğu Büyükdüz Araştırma Ormanı'nda türlerin büyüme ilişkileri Prof. Dr. Ferhat Bozkuş danışmanlığında Dr. Rıdvan Çörtü tarafından doktora tezi olarak çalışılmıştır (Çörtü, 2008).

Karaçam ormanlarının gençleştirilmesi çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Karaçam gençleştirilmesi üzerine yapılan doktora tezi Prof. Dr. Tolga Odabaşı danışmanlığında Dr. Metin Karadağ tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada karaçam gençleştirme koşulları ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur (Karadağ, 1999). Karaçamın gençleştirilmesi çeşitli yetiştirme ortamlarında çalışılmış olup; Denizli-Acıpayam (Varol, 1968), Isparta-Sütçüler (Genç, 1985), Toroslarda karışık meşcerelerin gençleştirilmesi (Bozkuş, 1988), Afyon'da (Güner, 2001) gençleştirme çalışmaları yapılmıştır.

Karaçam orijinlerin büyümelerinin yöreler açısından karşılaştırmaları yapılmış olup Gemlik (Tunçtaner ve ark., 1996), Elazığ – Baskil – Kuşhan (Uğurlu, 1997) ve Akdeniz Bölgesi (Coşgun ve ark., 2007) çalışmalarının dışında Türkiye ölçeğinde de değerlendirmeler yapılmıştır (Gökdemir ve ark., 2012). Karaçamın orijinleri üzerine yapılan doktora tezleri ise iki adet olup ilki Prof. Dr. Melih Boydak danışmanlığında Dr. Mehmet Çalikoğlu, ikincisi ise Prof. Dr. Ünal Alptekin danışmanlığında Dr. Bora İmal tarafından gerçekleştirilerek, orijinlerin kuraklık ve dona dayanıklılıkları belirlenmiştir (Çalikoğlu, 2002; İmal, 2015). Burdur-Göhlisar yöresi karaçamlarının genetik parametreleri de Prof. Dr. Nebi Bilir danışmanlığında Dr. Mahmut Çerçioğlu tarafından 2018 yılında doktora tezi olarak tespit edilmiştir (Çerçioğlu, 2018).

Karaçamın yayılış ve sistematigi konularında yapılan çalışmalar 1950'li yıllardan günümüze kadar artarak devam etmektedir (Saatçioğlu, 1955; Acatay, 1956; Akkemik ve ark., 2011). Karaçamın coğrafi varyasyonları Prof. Dr. Suad Ürgenç danışmanlığında Prof. Dr. Ünal Alptekin tarafından doktora tezinde belirlenmiştir (Alptekin, 1986). Karaçamın polen özellikleri belirlenmiştir (Yaman ve Sarıbaş, 1999). Özellikle Ehrami karaçamının florası (Yücel, 1995; Küçükkaraca ve Tatlı, 1999), yanık karaçam ormanlarının florası (Öz, 2002) ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunun dışında karaçam ormanları çeşitli vejetas-

yon çalışmalarının birer parçası olmuştur (Mayer ve Aksoy, 1998). Ayrıca Alaçam Dağları karaçam ormanlarının vejetasyonu ortaya konulmuştur (Kavgacı ve ark., 2013). Ehrami karaçamının yayılış ve ekolojik özellikleri konusunda Prof. Dr. Münir Öztürk danışmanlığında Prof. Dr. Ersin Yücel doktora tezini gerçekleştirmiştir (Yücel, 1992). Daha sonraları ise Ehrami karaçamı ve Ebe karaçamının sistematik, flora, yayılış ve ekolojik özellikleri ortaya konulmuştur (Yücel, 2000a; b). Karaçam taksonlarının yayılışları çalışmalara konu olmuştur (Alptekin, 1987; Sivacıoğlu ve Ayan, 2008).

Karaçam türüne çeşitli böcek türleri zarar yapmaktadır (Elmas, 2010). Karaçam tohumunda mantar hastalıklarına karşı ilaçlamalar önerilmiştir (Özdemir, 1968). Mantarlar sadece tohumlara değil aynı zamanda karaçam gençliklerine zarar vermektedir (Oskay, 2013). Karaçam ormanlarında çeşitli nedenlere bağlanan orman zararları görülmektedir (Çepel ve Karaöz, 1989). Bunların yanı sıra başka zarar veren etkenlerde karaçam ormanlarında etkili olmaktadır.

Karaçam yangın ilişkilerinin geçmişi her ne kadar 1950'li yıllara dayansa da (Pamay, 1960) son yıllarda özellikle denetimli yakma çalışmalarıyla gündeme gelmiştir. Belki bu durumun dışında tutulacak istisnai çalışmalardan biri doğal yangından sonra toprak özelliklerindeki değişimlerinin Prof. Dr. Ayten Namlı danışmanlığında Aliye Sepken Kaptanoğlu Berber tarafından ortaya konulduğu doktora tezidir (Berber, 2014). Karaçam ormanlarında denetimli yakma çalışmaları konusunda belki de ilk doktora tezi Prof. Dr. Ertuğrul Bilgili danışmanlığında Prof. Dr. Ömer Küçük tarafından yapılmıştır (Küçük, 2006). Karaçamın yanıcı madde tipleri tanımlanmış (Bilgili ve Küçük, 2001), karaçam ölü örtüsünün yangın davranışı (Baysal, 2007), denetimli yakmaların kök canlı kütlesi ve toprak özelliklerine etkisi (Tüfekçioğlu ve ark., 2010) ortaya konulmuştur.

Çalışmalarda “karaçamın büyümesi” ifadesi çap ve boy artımı olarak kabul görmüş ve büyümenin açıklanması ise ekolojik değişkenlerle ilişkilendirilerek yapılmıştır. Karaçamın yıllık halka büyümesi (Bozkurt, 1961), ibre ve sürgünlerin mevsimsel büyümesi (Işık, 1990) çalışmaları türün büyümesiyle ilgili temel bilgileri ortaya koymuştur. Karaçamın büyümesi üzerine yapılan en kapsamlı çalışmalardan biri Prof. Dr. Ertan Eruz'un Dursunbey'de yaptığı çalışmadır. Söz konusu çalışmada boy gelişimi ekolojik değişkenlerle açıklanmıştır (Eruz, 1984). Kaz Dağları'ndaki karaçamların yükseltiye göre büyümeleri üzerine yapılan doktora çalışması Prof. Dr. M. Doğan Kantarcı danışmanlığında Prof. Dr. Orhan Sevgi tarafından gerçekleştirilmiştir (Sevgi, 2003).

Karaçamlarda kurumlara hem ağaçlandırma hem de doğal alanlarda 1970'li yıllarından beri rastlanmaktadır (Dündar, 1973). Karaçam kurumaları konusunda Ankara civarındaki kurumalar çalışmaların odak noktası olmuştur. Hatta Ankara civarındaki ağaçlandırmalarda görülen kurumalar Prof. Dr. Asaf Irmak danışmanlığında Prof. Dr. Münir Dündar tarafından doktora tezi olarak çalışılmıştır (Dündar, 1973). Karaçam ağaçlandırmalarında raporlara konu

olan diğer alanlar ise Edirne ve Kırklareli’de yapılan karaçam ağaçlandırma sahalarıdır (Akburak, 2017). Doğal karaçam ormanlarında da görülen kurumalar incelemelere konu olmuştur (Makineci ve Sevgi, 2005).

Bakım çalışmaları ormancılık faaliyetlerinin en önde gelen çalışmalarıdır. Karaçam ormanları da bu açıdan çalışmalara konu edilmiştir. Karaçam doğal alanlarında yapılan bakım çalışmalarının (İlter, 1989; Genç ve ark., 2012; Bayar ve Deligöz, 2019) yanı sıra karaçam ağaçlandırmalarında da bakım konusunda çalışmalar yapılmıştır (Çevik, 1983; İlter, 1989).

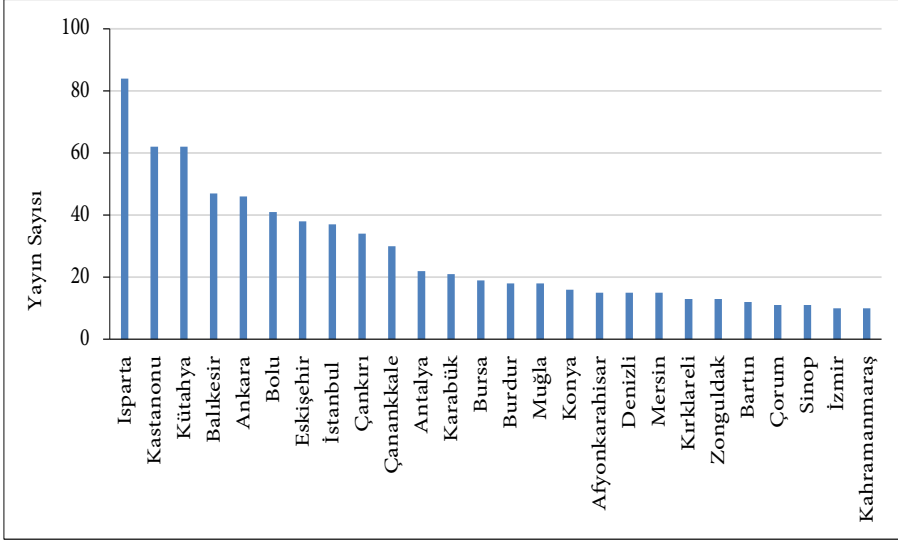
Karaçamın dendrokronoloji çalışmaları Gassner ve Christiansen-Weniger’in 1948’de çevrilen çalışması sayılmazsa son dönemlerde yayın yapılan konulardır. Bu konuda dönüm noktası olan çalışmaların başında Prof. Dr. Burhan Aytuğ’un danışmanlığında Prof. Dr. Ünal Akkemik’in 1997 yılında tamamladığı doktora tezidir (Akkemik, 1997). Kaz Dağları’nda bulunan karaçamların dendrokronolojisi (Dağdeviren, 2002), aynı dağın kuzey yamaçlarında bulunan karaçam yıllık halka genişliklerinin yükseltiye bağlı değişimi konulu çalışma yayınlanmıştır (Sevgi ve Akkemik, 2007). Batı Anadolu’da iklim değişikliği ve karaçam yıllık halka gelişimi üzerine doktora tezi Prof. Dr. Nesibe Köse tarafından Prof. Dr. Ünal Akkemik danışmanlığında 2007 yılında gerçekleştirilmiştir.

6. Karaçam Çalışmalarının İllere Göre Dağılımı

Karaçam üzerine yapılan yayınların illere göre dağılımı Şekil 4’te verilmiştir. Karaçam üzerine yapılan yayınlarda illeri belirtilen 680 çalışmada tekrarlı olmak üzere 798 adet il kaydı bulunmaktadır. Yayınlar göre 51 ilde çeşitli sayılarda karaçam yayını yapılmıştır. Karaçam yayınlarında en fazla yer alan il sayısının sırasıyla; Isparta (84 adet), Kastamonu (62 adet), Kütahya (62 adet), Balıkesir (47 adet), Ankara (45 adet), Bolu (41 adet), Eskişehir (38 adet), İstanbul (37 adet), Çankırı (34 adet) ve Çanakkale (30 adet) olduğu görülmektedir (Şekil 4). Karaçam yayınlarının türün doğal yayılış yaptığı illerde daha fazla olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yeni açılan orman fakültelerinin bulunduğu illerde de yayın sayısının yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4).

Isparta ilinde yayınları yüksek olmasında; hem karaçam orman alanlarının geniş yayılış yapması hem de ilde bulunan Orman Fakültesi’nin katkısı olabilir. Alaçam Dağları, karaçamın en önemli yayılış yaptığı yerlerden biri olması sebebiyle çalışmaların odaklandığı bir yere dönüşmüş ve Balıkesir ilinin yayın sayısında dördüncü sırada olmasına katkı yapmıştır. Alaçam Dağları’nın bir kısmını da Kütahya ilinde bulunmaktadır. Bu katkı Kütahya ilini de ikinci sıraya yerleştirmiştir. Bununla birlikte karaçamın doğal yayılışının bulunmadığı İstanbul ilinde yayınların yüksek olmasında Orman Fakültesi’nin etkisi bulunmaktadır. Orman Fakültesi öğretim üyeleri İstanbul’daki karaçam ağaçlandırmalarının

yanı sıra doğal karaçam alanlarında da çalışmalar yürütmüştür. Orman Fakültesi öğretim üyeleri Alaçam Dağları'nın karaçam ormanlarına diğer karaçam ormanlarından daha fazla ilgi göstermişlerdir (Sevim, 1951; 1954a; Pamay, 1953; 1959; 1960; Göker, 1969; 1977; Eruz, 1984; Boydak ve ark., 2002; Sevgi ve ark., 2010; Yılmaz ve ark., 2013; Sevgi ve ark., 2017; Tecimen ve ark., 2019).



Şekil 4. İllere göre karaçam yayın sayısının dağılımı.

7. Sonuçlar

Türkiye'de ağaç türlerine göre yayınların değerlendirilmesine sık rastlanılmamaktadır. Dolayısıyla ormancılık bilimlerinde türlere özgü bilimsel bilgi birikiminin hangi düzeyde olduğu, eksiklikleri ve türlerin hangi özelliklerine yönelmesi konusunda fikir edinilmesini zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte bu konuda 1952-1992 dönemi arasında eserlerin dökümünü yapan Araştırma Enstitülerinin kaynakçasında (Anonim, 1995) türlere göre yayın sayısında karaçam türü diğer türlere göre daha düşüktür. Bu çalışmada karaçam türüne yönelik yayınların değerlendirmesi yapılmıştır. Türkiye'de karaçam üzerine yapılan yayınların bilgi birikimini ortaya koymak sınırların belirlenmesi ve konu gruplarının oluşturulması açısından bazı kısıtlamalar içermektedir. Bununla birlikte bu çalışmada doğrudan karaçam üzerine yapılan, karaçamın başlıkta geçtiği veya metin içinde karaçam üzerine odaklanan yayınlar değerlendirilmeye dâhil edilmiştir.

Söz konusu ölçütlerle karaçam üzerine yapılan yayın sayısı 719 adet olup bunlardan 572'sinin başlığında karaçam ismi yer alırken, 147 adet yayında ise karaçam başlıkta yer almasa da metinde doğrudan karaçamla ilgili bilgiler ver-

mektedir. Karaçam üzerine odaklanan bu çalışmaların dışında karaçam bilgisini içeren çeşitli disiplinlere ait çalışmalarda bulunan bilgilerin de değerlendirilmeye konu edilmesi tür hakkındaki bilgileri artıracaktır.

Karaçam yayınlarının illere göre dağılımı incelendiğinde karaçam ormanlarının yaygınlığı ve ilde orman fakültesinin bulunması çalışma sayılarını artıran etkenler olarak görülmektedir. Hatta orman fakültesinin etkisi yakın illerde dahi görülebilmektedir. Bunun en güzel örneği Kırklareli ilindeki yayın sayısıdır.

Karaçam üzerine yapılan yayınların verdiği bilgiler gelecekte hem ölçek olarak hem de çeşitlenme konusunda daha sonra yapılacak çalışmalara temel oluşturmaktadır. Karaçamın çok geniş bir alanda bulunması ormancılık uygulamaları açısından önemli imkanlar sağlarken, yöresel çalışmaların yetersizliği yapılacak uygulama hatalarını arttırmaktadır. Dolayısıyla karaçam üzerine yapılacak çalışmalar hem yöresel hem de karaçamın tüm yayılışını gözetmelidir. Yöresel çalışmalar teşvik edilirken söz konusu yöresel çalışmaların ülke genelinde yapılan çalışmanın bir parçası olacak bütünlükçü yaklaşımı içermelidir.

Karaçam ormanları üzerine mevcut olan odun, ekoloji, toprak özellikleri, büyüme, tohum, orijin, fidan(lık), denetimli yakma, gençleştirme, bakım, meşcere özellikleri, hasılat, yayılış, sistematik, flora, vejetasyon, dendrokronoloji, genetik ve kuruma konularında yayınların daha da artacağı anlaşılmaktadır. Söz konusu konulardan bakım, gençleştirme, vejetasyon, büyüme konularında yöresel çalışma sayısının artırılması için ayrıca gayret gösterilmelidir. Özellikle odun kalitesi, yetişme ortamı ve bakım çalışmalarının birlikte değerlendirileceği çalışmalara öncelik verilmelidir. Bununla birlikte karaçam ormanlarının amenajmanı, ekonomisi, yönetimi ve uygulanacak siyaset konusunda çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Acatay, A., 1956. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* var. *pyramidata*). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6A (2): 92-99.
- Akburak, S., 2017. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Ormanlarında Görülen Kurumlar Üzerine Ön Çalışmalar. 7 sayfa Rapor.
- Akkemik, Ü., 1997. Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki *Pinus nigra* Arnold. ve *Abies cilicica* Carr Taksonlarında Dendrokronolojik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman: Burhan Aytuğ, 159 sayfa, İstanbul.
- Akkemik, Ü., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2011. Some Changes in Taxonomy of Pines (*Pinus* L.) Native to Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry, University of Istanbul*, 61:63-78.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Coğrafik Varyasyonları. İstanbul Üniversitesi Basılmamış Doktora Tezi, Danışman; Suad Ürgenç, 170 sayfa, İstanbul.

- Alptekin, Ü., 1987. *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *şeneriana* Saatçınin Yeni Bir Yayılış Alanı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37A (1): 100-106.
- Anonim, 1940. Meşcerelerin Tensil Ve İmarına Ait Pratik Silvikültür Esasları. Orman Genel Müdürlüğü Şube: 3, 44 sayfa, Ankara.
- Anonim, 1995. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayın Kataloğu*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi Nu:68, 151 sayfa, Ankara.
- Anonim, 2012. *Ormancılık İstatistikleri*. Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Başkanlığı, 162 sayfa, Ankara.
- Atalay, İ., 1977. Türkiye’de Çam Türlerinde Tohum Transfer Rejyonlaması (*P. silvestris* L., *P. nigra* var *caramanica*, *P. brutia* Ten.). Orman Bakanlığı O.G.M.
- Atalay, İ., Efe, R., 2010. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)’nın Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü, Bakanlık Yayın Nu: 424, Müdürlük Yayın Nu:37, 240 sayfa, Ankara.
- Atay, İ., 1959. Karaçamın Tohumu Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A (1): 48-96.
- Ateş, S., 2004. Kraft Yöntemi ile Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiiana*) Yongalarının Pişirilmesinde Kullanılan Farklı Deneme Desenleri Yardımıyla Elde Edilen Regresyon Modellerinin Karşılaştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Danışman; Hüseyin Kırıcı, 156 sayfa, Trabzon.
- Aygün, S., 2018. Genetic Composition of Four Marginally Located Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Populations Determined by SSR Markers. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 89 sayfa, Ankara.
- Bayar, E., Deligöz, A., 2019. Burdur Yöresi Doğal Anadolu Karaçamı Meşceresinde Sıklık Bakımının Üç Yıllık Sonuçları. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 18-27.
- Baynazoğlu, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, 55 sayfa, Çankırı.
- Baysal, İ., 2007. Karaçam Ölü Örtüsünde Yangın Büyüme ve Gelişimi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Süleyman Akbulut, 79 sayfa, Bolu.
- Berber, K. A. S., 2014. Karaçam ve Meşe Ormanında Yangın Sonrası Toprağın Bazı Özelliklerindeki Değişmeler. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ayten Namlı, 125 sayfa, Ankara.
- Berkel, A. ve Huş, S., 1951. Türkiye Çam Türlerinden Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Gövde Odunu İçerisinde Ham Terebantın Miktarı ve Yayılışı Hakkında Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1 (2): 68-83.

- Berker, A., 1945. *Silvikültür*. Cilt 1., Orman Umum Müdürlüğü Yayınları, 211 sayfa, Bursa.
- Bilgili, E., Küçük, O., 2001. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Yanıcı Madde Tipleri. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 22: 189-196.
- Boydak, M., 1982. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold var. *caramanica* (Loud.) (Rehd.) Tohumlarının Olgunlaşma Zamanı ve Saklama Süreleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32A (2):199-219.
- Boydak, M., Çalışkan, A., Bozkuş, H. F., 2002. Dursunbey – Alaçam Yöresi Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Tohum Verimi ve Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52A (2): 1-27.
- Bozkurt, Y., 1961. Belgrad Ormanında Önemli Bazı Ağaç Türlerinde Yıllık Halka Gelişimi Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11A: 29-56.
- Bozkuş, F. 1988. Sedir (*Cedrus libani* A.Rich) ve Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Lamb.)'ın Toros Göknaarı (*Abies cilicica* Carr.) ile karışık Meşcerelerinin Tabii Gençleştirme Sorunları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38A (2): 128-148.
- Büyükduman, M., 1977. Ankara Eymir Gölü Havzasında Ağaçlandırma Alanlarında Kurulan Teraslarda, Fidanların Dikileceği En Uygun Yerlerin Seçimine Esas Olmak Üzere Nem Profillerinin Saptanması. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi Nu: 90, 101 sayfa.
- Carus, S., Çatal, Y., 2007. Isparta Yöresi Anadolu Karaçamı *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Meşcerelerinde Büyüme Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 2(1): 1-10.
- Carus, S., İdris, M., Kündü, K., Alem, Ö., 2016. Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı Karaçam *Pinus nigra* Arnold Ağaçlandırması için Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. *Türkiye Ormançılık Dergisi*, 17: 37-42.
- Coşgun, S., Sabuncu R., Cengiz, Y., 2007. Akdeniz Bölgesinde Anadolu Karaçamı *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* lamb. Holmboe Orijin Denemelerinin 21. Yıl Sonuçları. *Batı Akdeniz Ormançılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 8 (1): 1-26.
- Çalikoğlu, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Melih Boydak, 98 sayfa, İstanbul.
- Çatal, Y., 2002. Isparta Bölgesi Doğal Kızılçam (*Pinus brutia* ten.)-Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. var. *pallasiana* (Lamb.) holmboe) Karışık Meşcerelerinde Artım ve Büyüme İlişkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman Serdar Carus, 111 sayfa, Isparta.
- Çatal, Y., Güzel, B., Genç, M., 2017. Kızılçam-Anadolu Karaçamı Doğal Karışık Meşcereleri İçin Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Belirlenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(2): 145-154.
- Çengel, B., 1998. Kazdağı'ndan Örneklenen Karaçamı (*Pinus nigra* subspecies *pallasiana*) Populasyonlarında Genetik Çeşitliliğin Boyutu ve Yapılanması.

- Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İngilizce, Danışman; Zeki Kaya, 76 sayfa, Ankara.
- Çepel, N., 1958. Kayın, Meşe, Karaçam ve Gökmar Ağaçlarının Asimilasyon Organlarında Bazı Önemli Besin Maddelerinin Mevsimlik Değişimi Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 92-137.
- Çepel, N., 1988. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Bibliyografyası. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3515/396, 389 sayfa, İstanbul.
- Çepel, N., Karaöz, Ö. M., 1998. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Bibliyografyası II. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3996/443, 155 sayfa, İstanbul.
- Çepel, N., Karaöz, Ö. M., 1989: Karaçamlarda Gözlenen Değişik Türde Orman Zararları Üzerine Ön Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39A (1): 63-79.
- Çerçioğlu, M., 2018. Burdur-Göhlhisar Yöresi Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Popülasyonlarında Üreme X Büyüme Özellikleri Etkileşimi ve Bazı Genetik Parametrelerin Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Nebi Bilir, 75 sayfa, Isparta.
- Çevik, İ. 1983. Karaçam Yapay Meşcerelerinde İlk Aralamalar ve Meşcere Yapısına Olan Etkileri. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 29 (57): 40-61.
- Çörtü, M. R., 2008. Büyükdüz Araştırma Ormanı'nda Meşe (*Q. petraea* ssp. *iberica* (Steven ex bieb.) Krassilin) ile Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'ın Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ferhat Bozkuş, 169 sayfa, İstanbul.
- Dağdeviren, N., 2002. Kazdağları'nda Doğal Yetişen Gymnosperm Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ünal Akkemik, 82 sayfa, İstanbul.
- Deligöz, A., Carus, S., 2006. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Meşcerelerinin Bazı Tohum Ve Kozalak Örneklerine Göre Ayrılmasının İstatistik Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 13-22.
- Deligöz, A., 2007. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-Fizyolojik Özelliklerin Dikim Başarısına Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Musa Genç, 295 sayfa, Isparta.
- Deligöz, A., 2009. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarında Sulama Programının Hazırlanmasında Bitki Su Potansiyeli Değerlerinin Kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 51-65.
- Deligöz, A., Genç, M., Özçelik, H., 2009. Kalite Sınıflamasının Anadolu Karaçamı

- [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Fidanlarının Arazi Performansına Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 37-50.
- Dirik, H., 1994. Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Fidan Tazeliğinin Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 44 (1): 23-41.
- Doğan, B., Özer, A. S., Gülbaba, A. G., Veliöğlü, E., Dorerksen, A. H., Adams, W. T., 1997. Kazdağları'ndan Örneklenen Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Populasyonlarında Kalıtım ve Allelerin Bağlılığı. *Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Araştırma Dergisi*, 1: 40-59.
- Dündar, M., 1973. Ankara Civarındaki Bazı Karaçam ve Sarıçam Kültürlerinde Görülen Kurumalarla İğne Yapraklardaki Besin Maddeleri Konsantrasyon Seviyeleri Arasındaki İlişkiler. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Seri Nu: 53, 101 sayfa, Ankara.
- Efeoğlu, İ., 1973. Eskişehir, Konya-Ereğlisi Orman Fidanlıklarında Mevcut 1-0 Yaşlı Karaçam, Sarıçam, Sedir Fidanlarında ve Kavak Kültürlerinde Görülen Sararma ve Ölüm Sebeplerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Asaf Irmak, 313 sayfa, İstanbul.
- Elmas, K., 2010. Adana İlinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ağaçlarında Zarar Yapan Böcek Türlerinin Tespiti. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Azize Toper Kaygın, 65 sayfa Bartın.
- Eraslan, İ., 1989. *Türkiye'de Ormanlık Öğretim ve Eğitim Kurumlarının Tarihsel Gelişimi*. İstanbul: Ormanlık Eğitim ve Kültür Vakfı Yayın Nu: 1, 157 sayfa, İstanbul.
- Erkan, N., 1997. Elazığ ve Çevresindeki Karaçam (*P. nigra* Arnold) Ağaçlandırmaları için Hacim Tablosu. *Güneydoğu Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1 (1): 61-72.
- Ertekin, M., 2006. Yenice-Bakraz Orijinli Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Bahçesinde Çiçeklenme, Kozalak Verimi ve Tohum Özellikleri Açısından Klonal Farklılıklar. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Korhan Tunçtaner, 191 sayfa, Bartın.
- Eruz, E., 1984. *Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3244/368, 72 sayfa, İstanbul.
- Gassner, G., Christiansen-Weniger, F., 1948. Anadolu Çamlarında Yıl Halkaları Gelişmesi Üzerinde Dendroklimatolojik Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Özel Sayı: 58, 158 sayfa, İstanbul.
- Genç, M., 1985. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Öncü Gençliklerinde Gelişme Özellikleri (Sütçüler Dev. Orm. İşl. Müd. Kocaeluk Mevkii). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Tolgay Odabaşı, 66 sayfa, İstanbul.

- Genç, M., Özkan, K., Özçelik, R., Güner, T., Gülsoy S., Deligöz, A., 2012. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder] Meşcerelerinde Uygulanan İlk Aralamaların Ekofizyolojik Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13: 5-13.
- Gökçe, F., 1993. Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Embriyosundan Alınan Dokularla in vitro Koşullarında Yeniden Üretilmesi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 58 sayfa, Ankara.
- Gökdemir, Ş., Tosun, S., Özpay Palazoğlu, Z., Arslan, M., Coşgun, S., Türker, H., Tokcan, M., 2012. Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijin Denemeleri Yirmibeşinci Yıl Ara Sonuçları. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten, 293, 40 sayfa.
- Göker, Y., 1969. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamları (*Pinus nigra* var. *pallasiana*)’ın Fiziksel, Mekaniksel Özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 19: 91-135.
- Göker, Y., 1977. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamlarının (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar. Orman Bak. Orman Genel Müdürlüğü Yayın Nu: 613/22, 262 sayfa, İstanbul.
- Gulsoy, S., Suel, H., Celik, H., Ozdemir, S., Ozkan, K., 2014. Modelling Site Productivity of Anatolian Black Pine Stands in Response to Site Factors in Buldan District, Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 46(1): 213-220.
- Gülbaba, A. G., 1998. Bolkar Dağları Doğal Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Genetik Çeşitlilik ve Gen Koruma ve Yönetim Alanlarının Belirlenmesi. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü DOA Dergisi*, 4: 99-130.
- Gülcü, S., 2002. Göller Yöresi Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Populasyonlar Arası ve Populasyon İçi Genetik Çeşitlilik. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ali Ömer Üçler, 154 sayfa, Trabzon.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*P. nigra* Arnold) Gövde Hacim Tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9A (1): 97-113.
- Gülen, İ., 1965. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Çap Artımı ile Hacim Artımı Arasındaki Münasebetler Üzerinde Araştırmalar. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayın Nu:419/9, İstanbul.
- Gülsoy, A. D., Gülsoy, A. M., Çengel, B., Kaya, 2014. The Evolutionary Divergence of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and its Varieties Based on Noncoding trn Regions of Chloroplast Genome. *Turkish Journal of Botany*, 38:627-636.
- Gündüz, G., 1999. Camıyanı Karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Bazı Anatomik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hasan Vurdu, 148 sayfa, Bartın.
- Güner, T. Ş., 2001. Afyon Orman İşletme Müdürlüğü Anadolu Karaçamı (*Pinus*

- nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lomb.) Holmboe) Meşcerelerindeki Doğal Gençleştirme Çalışmalarının Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 61-74.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu: ESK-10(6303), 46 sayfa, Eskişehir.
- Güner, A., Özkan, A. M. G., Akyıldırım, B., Çingay, B., Tuğ, G. N., Alkayış, M. F., Öztekin, M. ve Kanoğlu, S. S., 2014. Orhan Sevgi ve Ünal Akkemik'in "“Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)” adlı eserin bilgi kaynağı ve terim yaklaşımı üzerine bir değerlendirme” (Avrasya Terim Dergisi, 2(1): 50-67, 2014) adlı makalesi üzerine. *Avrasya Terim Dergisi*, 2 (2): 1 - 5.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Karataş, R., Genç, M., 2008. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)’nda Yetiştirme Sıklığının Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Fidan Özellikleri ile Dikim Başarısına Etkisi. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Bakanlık Yayın No:325, Müdürlük Yayın No:1, ISBN: 978-605-393-011-2, 55 sayfa. Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Özkan, K., Çömez, A., Çelik, N., 2011. İç Anadolu Bölgesi’nde Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Verimli Olabileceği Potansiyel Alanların Odunsu Gösterge Türleri. *Ekoloji*, 20(80): 51-58.
- Hafizoğlu, H., 1983. Wood Extractives of *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arn. and *Pinus brutia* Ten with Special Reference Nonpolar Components. *Holzforschung*, 37: 321-326.
- Irmak, A., Çepel, N.,1959. Karaçam, Sariçam ve Gökmar İbreelerindeki Besin Maddelerinin Yıllık Varyasyonları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 1-40.
- Işık, K., 1990. Seasonal Course of Height and Needle Growth in *Pinus nigra* Grown in Summer-dry Central Anatolia. *Forest Ecology and Management*, 35: 261-270.
- İlhan, R., 1973. Türkiye’nin Ekonomik Bakımından Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Emprenyesine Ait Araştırmalar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü yayınları Teknik Bülten 56, 363 sayfa, Ankara.
- İlter, E., 1989. Tabii ve Sun’i Olarak Yetiştirilmiş ve Sıklık Çağındaki Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Yapılacak Sıklık Bakım İşlemlerine Ait İş-Zaman Analizleri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülteni Nu: 207, 64 sayfa.
- İmal, B., 2015. Bazı Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) Orijinlerinin Dona ve Kuraklığa Karşı Dayanıklılıklarının Ekofizyolojik Olarak Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Cemal Ünal Alptekin, 164 sayfa, İstanbul.
- Kalipsız, A., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana*) Hasılat Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A: 110–140.

- Kalipsız, A., 1963. *Türkiye'de Karaçam (Pinus nigra Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Tarım Bak. Orman Genel Müdürlüğü Yayın Nu: 349/8, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- Karadağ, M., 1993. Kastamonu Orman işletmesi Gölköy Şefliğindeki değişik Piramidal Karaçam Meşcereleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman Hüseyin Aksoy, 38 sayfa, İstanbul.
- Karadağ, M., 1999. *Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam Doğal Gençleştirme Koşulları Üzerine Araştırmalar*. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu:4, 226 sayfa, Bolu.
- Kavgacı, A., Sevgi, O., Tecimen, H.B., Yılmaz, Y. O., Carus, S., DüNDAR, T., 2013. Classification and Ordination of *Pinus nigra* Dominated Forests at Alacam Mountains (Nw Anatolia - Turkey). *Eurasian Journal of Forest Science*, 1 (1): 38-50.
- Kaya, Z., 1993. Magnitude and pattern of genetic variation in European Black Pine (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Populations in Turkey. *Doğa*, 17 (1): 268-279.
- Kaya, Z., Ching, K. K., Stafford, S. G., 1985. A statistical Analysis of Karyotypes of European Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) from Different Sources. *Silvae Genetica*, 34:148-156.
- Kaya, Z., Temerit, A., 1994. Genetics Structure of marginally located *Pinus nigra* var. *pallasiana* Populations in Central Turkey. *Silvae Genetica*, 43: 272-277.
- Kaya, Z., Temerit, A., 1997. İç Toroslar Bölgesinden Örneklenen Doğal Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Populasyonlarının Genetik Strüktürleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu: 265, 31 sayfa, Ankara.
- Kızmaz, M., 1993. Karaçam Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten: 238, sayfa: 5-36.
- Konukcu, M., 2001. *Ormanlar ve Ormancılığımız*. DPT Yayınları Yayın Nu: 2630, Ankara.
- Koray, Ş., Güner, Ş. T., Çömez, A., Çelik, N., Karataş, R., Gürpınar, A. D., Tuncer, E., Karakaş, A., 2012. Eskişehir, Sakarya, Bilecik ve Bolu yörelerinde hava kirliliğinden (SO₂) kaynaklanan orman zararlarının belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten Nu:4, 65 sayfa, Eskişehir.
- Köse, N., 2007. Batı Anadolu'da İklim Değişikliği ve Yıllık Halka Gelişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ünal Akkemik, 180 sayfa, İstanbul.
- Kubbealtı Lügâtı, 2011. Misalli Büyük Türkçe Sözlük. Hazırlayan: İlhan Ayverdi ve ark., 3595 sayfa, ISBN: 975 - 6444 - 18 - 5, İstanbul.
- Kurt, F., 2010. Kunduz (Vezirköprü-Samsun) Yöresi Karaçam Orman Ekosistemlerinin Verimliliğine Etki Eden Bazı Yetiştirme Ortamı Faktörlerinin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Lokman Altun, 71 sayfa,

Trabzon.

- Küçük, Ö., 2006. Yanıcı Madde Tipleri ve Yangın Davranışına Bağlı Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi ve Haritalanması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ertuğrul Bilgili, 125 sayfa, Trabzon.
- Küçükkaraca, B. ve Tatlı, A., 1999. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.) Populasyonunun Floristik Yapısı. Sayfa: 14-32, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Makineci, E. ve Sevgi, O., 2005. Seyitömer Termik Santralının Kuruma Alanlarındaki Karaçam Yıllık Halkalarına Etkisinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 11-22.
- Mayer, H. ve Aksoy, H., 1998. *Türkiye Ormanları*. Orman Bakanlığı Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Muhtelif Yayın Nu: 1 ISBN: 975-7829-56-0, Bolu.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hakkı Yavuz, 208 sayfa, Trabzon.
- Oskay, F., 2013. Dedegöl dağı (Isparta) karaçam gençliklerinde zarara neden olan kar funguslar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Danışman; Hatice Tuğba Doğmuş Lehtijarvi, 201 sayfa, Isparta.
- Önal, S., 1995. Bazı Uyarıcı Maddelerle Kızılçam ve Karaçamlarda Reçine Üretimi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları Teknik Bülten 249, 52 sayfa, Ankara.
- Öz, M., 2002. Eskişehir Kartal Yanmış Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orman Alanında (Mihalıççık) Floristik ve Ekolojik Çalışmalar. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Atila Ocak, 66 sayfa, Eskişehir.
- Özalp, M., 2003. Su İtici ve Koruyucu Emprenye Maddeleri ile Muamele Edilmiş Çam Örneklerinin Su Soğutma Kulelerinde Kullanımı ile Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Danışman; Herzemşah Hafizoğlu, 183 sayfa, Bartın.
- Özdal, T., 2014. Yozgat Orman İşletme Müdürlüğü Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Karaçam [*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri İçin Tek Ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, 49 sayfa, Çankırı.

- Özdemir, Ö. L., 1968. Sarıçam ve Karaçamın Tohum Yastıklarına Mikorize Aşılama Tekniği Üzerine Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Nu: 27, 48 sayfa, Ankara.
- Özdemir, Ö. L., 1971. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'ın Fidanlıklarda Yetiştirilme Tekniği Üzerine Bazı Denemeler. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten 49, 51 sayfa, Ankara.
- Özdemir Ö. L., 1980. *Türkiye'nin Önemli Kurak Mıntıklarında Karaçamla Ağaçlandırma Tekniği Üzerinde Bazı Denemeler*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları Teknik Bülten Nu:100, 133 sayfa, Ankara.
- Özdönmez, M. ve Ekizoğlu, A., 1993. Tanzimat ve Meşrutiyet Dönemleri Ormancılığında Katkıları Olan Yabancı Uzmanlar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43B (3-4): 57-68.
- Özer, İ., 2002. Donmuş Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Gençlik ve Olgun Odununda Bazı Mekanik Özelliklerin Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nusret As, 75 sayfa, İstanbul.
- Özkan, K. ve Gülsoy, S., 2009. Effect of Environmental Factors on the Productivity of Crimean Pine (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*) in Sutculer, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30(6): 965-970.
- Pamay, B., 1953. Dursunbey Alaçam Orman Mıntıkasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna Ait Denemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3A (1-2): 48-53.
- Pamay, B., 1959. Dursunbey-Alaçam Ormanları Yangın Sahalarındaki 10 Yıllık Ağaçlandırma Çalışmalarının Neticeleri Üzerine Silvikültürel Etütler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9B (2): 77-101.
- Pamay, B., 1960. *Dursunbey Alaçam Orman Mıntıkasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna Ait Denemeler*. Orman Umum. Müd. Neş. Sıra Nu: 321, Seri Nu: 29, 217 sayfa.
- Saatçioğlu, F., 1955. *Pinus nigra* Arnold'un Yeni Bir Varyetesi. Çeviren; Muzaffer Selik, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 5A (2): 266-274.
- Saatçioğlu, F., 1971. *Orman Bakımı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu:1636/160, 303 sayfa, İstanbul.
- Sayman, M. 1996. Farklı Yetiştirme Ortamlarının Karaçam ve Kızılçam Fidanlarının Gelişimi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tez, Danışman; Habil Çolakoğlu, 52 sayfa, İzmir.
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesi'nde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Yükseltiye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. D. Kantarcı, 221 sayfa. İstanbul.
- Sevgi, O., 2015. "Yerli Ormancılık Terimleri" Çalışması. *Avrasya Terim Dergisi*, 3(2): 34-57.
- Sevgi, O., 2017. Türkiye Flora ve Vejetasyonu Bibliyografyası Bağlamında Bilim

- Dili Üzerine Bir İnceleme. *Avrasya Terim Dergisi*, 5 (1): 36-43.
- Sevgi, O., 2021. Ormancılık Yükseköğretim Kurumlarında İsim Değişirme Süreçleri. *Yükseköğretim Dergisi*, 11 (1):1-9.
- Sevgi, O., Akkemik, Ü., 2007. A Dendroecological Study on *Pinus nigra* Arn. at Different Altitudes of Northern Slopes of Kazdağları, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(1), 73-75.
- Sevgi, O, Akkemik, Ü., 2014a. “Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)” adlı eserin bilgi kaynağı ve terim yaklaşımı üzerine bir değerlendirme. *Avrasya Terim Dergisi*, 2 (1): 50–67.
- Sevgi, O., Akkemik, Ü., 2014b. “Orhan Sevgi ve Ünal Akkemik’in “Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)” adlı eserin bilgi kaynağı ve terim yaklaşımı üzerine bir değerlendirme” (Avrasya Terim Dergisi 2(1): 50-67, 2014) adlı makaleye ilişkin Prof. Dr. Adil Güner’in editöre mektuba ilişkin yazarların yanıtı. *Avrasya Terim Dergisi*, 2014, 2 (2): 6 - 10.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Carus, S., Akburak, S., Çakşır, E., 2016. Some Bark Characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) and Their Variation Throughout The Tree Height. *Journal Environmental Biology*, 37 (6): 1347-1354.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., 2011. Alaçam Dağları Karaçam Ormanlarının Liken Ölü Örtü pH’sının İrdelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (2): 45-52.
- Sevgi, O., Tecimen, H.B., Yılmaz, O.Y., Akburak, S., Carus, S., Kavgacı, A., 2017. Alaçam Dağları’nda Orman Topraklarının Bazı Özelliklerinin Yükseltiye Bağlı Değişimi. 1. *Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Bildiri Kitabı*, Sayfa:1141-1148, Antalya.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., Dündar, T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları’nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-TOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Sevim, M., 1951. Alaçam (Dursunbey) Ormanında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A (2): 115–142.
- Sevim. M., 1954a. *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik Ve Pedolojik Araştırmalar*. Orman Umum Müd. Yayınları Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.
- Sevim, M., 1954b. Muhtelif Toprak Türlerinde Karaçam ve Sarıçam Fideciklerinin Pörsüme Noktaları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4A (1-2): 65-73.
- Sıvacıoğlu, A. ve Ayan, S., 2008. *Pinus nigra* J. F. var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yalt. (Ebe Karaçamı)’nın Yeni Bir Yayılış Alanı. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(2): 97-102.
- Sofuoğlu, S. D., 2008. Bazı Yerli Ağaç Türü Odunlarının İşlenme Özelliklerinin Yüzey Kalitesi Üzerine Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ahmet Kurtoğlu, 243 sayfa, İstanbul.
- Şahin, İ., 2016. Filoloji Ve Botanik Alanlarının Kavşağında Yerel Fitonimler

- (Bitkiadları) Meselesi. A. Ü. *Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*, 56: 775-791.
- Tacener, İ. A., Efeoğlu, İ. A., 1979. Türkiye'nin Bazı Orman Fidanlıklarında Üretilen İğne Yapraklı Fidanların Aldığı Besin Maddeleri ve Gübreleme Gerekisini Üzerine Araştırmalar. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, 142 sayfa.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Altundağ, E., 2012. Kaz Dağlarında Yükseltiye Bağlı Azot Mineralleşmesinin Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 62 (1). 19-29.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Kavgacı, A., Akburak, S., 2019: Estimation of Forest Litter Fractions by Regression Analysis in Different Aged Stands of *Pinus nigra*. *Bosque*, 40 (1), 41-48.
- Toprak, B., 2016. Ekto- ve Arbusküler Mikoriza Aşılınmış Karaçam (*Pinus nigra*), Toros sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Qercus cerris*) Fidanlarının İç Anadolu'nun Yarı Kurak Sahalarındaki Ağaçlandırma Başarısı. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Oktay Yıldız, 172 sayfa, Düzce.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Sağlam, B., Bilgili, E., Altun, L., 2010. Soil Properties and Root Biomass Responses to Prescribed Burning in Young Corsican Pine (*Pinus nigra* Arn.) Stands. *Journal of Environmental Biology*, 31:369-373.
- Tunçtaner, K. Tulukçu, M., Toplu, F., 1996. Gemlik Yarımadasında Yerli Ve Yabancı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Orjinlerinin Büyüme Yönünden Karşılaştırılmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, 1986/22, 1-18 sayfa.
- Uçar, G., Balaban, M., 2001. Volatile Wood Extractives of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) grown in Eastern Thrace. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 59: 301-305.
- Uğurlu, S., 1997. Elazığ – Baskil – Kuşan'da Denenen Karaçam Orijinlerine İlişkin İlk Sonuçlar. *Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1 (1): 35-44.
- Umut, B., Dündar, M., Çelik, O., 1996. İki Tabakalı Karaçam Meşcerelerinin Öncü Gençliklerden Yararlanma İmkanları Üzerine Araştırmalar. O.A.E. Yayınları Teknik Bülten Nu:259, 45 sayfa, Ankara.
- Uysal, S.Ç., 2015. Sütçüler-Tota Orijinli Gönen Karaçam Tohum Bahçesinde Kozalak Ve Tohum Özellikleri Bakımından Klonal Varyasyon. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Süleyman Gülcü, 97 sayfa, Isparta.
- Ürgenç, S., 1967. *Türkiye'de Çam Türlerinde Tohum Tedarikine Esas Teşkil Eden Problemlere Ait Araştırmalar*. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Sıra Nu: 468, Seri Nu: 44, 192 sayfa, İstanbul.
- Varol, M., 1968. Acıpayam İşletmesi Değre Serisi Ağlı Mevkiinde Yaşlı Karaçam Meşcerelerinin Gençleştirilmesi İmkanları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayınlar Serisi Nu:28, Teknik Rapor:12, sayfa: 52-64.
- Vural, F., 1946. Uludağın Orman Rejyonları (Düşey Orman Zonları). *Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü Dergisi*, 5 (2): 323-334.

- Yaman, B. ve Sarıbaş, M., 1999. Türkiye’de Doğal Yetişen *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Varyetelerinin Polen Morfolojileri. Sayfa: 323-331, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 1275-1282.
- Yıldır, N., 1999. Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Varyetelerinin Kimyasal Açıdan Karakterizasyonu. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Güneş Uçar, 104 sayfa, İstanbul.
- Yılmaz, O. Y., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Carus, S., Kavgacı, A., Yurtseven, H., Erdem, R., 2013. Effects of Different Thinning Grades on the Spatial Structure of Pure Black Pine stands. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1 (2): 77-89.
- Yücel, E., 1992. Ehrami Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat) Yaltırık, Statnova)’nın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Münir Öztürk, 150 sayfa, Eskişehir.
- Yücel, E., 1994. Ehrami Karaçam’ın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* “Acatay” Yaltırık) Tohum Çimlenme Ekolojisi. Sayfa: 33 – 38, XII. *Ulusal Biyoloji Kongresi*, 6–8 Temmuz, Edirne.
- Yücel, E., 1995. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.)’ın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Yayın Nu: 847/2, Eskişehir.
- Yücel, E., 2000a. *Ebe Karaçamı’nın (Pinus nigra ssp. pallasiana var. şeneriana) Biyolojik ve Ekolojik Özellikleri*. ISBN: 975-93746-0-9, 119 sayfa, Eskişehir.
- Yücel, E., 2000b. Ecological Properties of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*. *Silvea Genetica*, 49 (6): 264–277.



Beynam Ormanları, 2010
Ahmet KARATAŞ

2

KARAÇAMIN (*Pinus nigra* J. F. Arnold) SİSTEMATİĞİ ÜZERİNE TARTIŞMALAR

1. Karaçam Türü Üzerine Taksonomik Notlar

Pinaceae Familyasına dahil *Pinus* cinsinin 113 (Farjon, 2010; Roskov ve ark., 2019) türünden biri olan karaçam, Kuzey Afrika'da Fas ve Cezayir'de sınırlı yayılışı yanında, Güney Avrupa'nın dağlık kesimleri, Kıbrıs, Anadolu, Suriye ve Akdeniz Adaları'nda geniş yayılışı olan önemli bir orman ağacıdır (Gaussen ve ark., 1964; Mirov, 1967, Barbéro ve ark., 1998; Isajev ve ark., 2004).

Karaçam, 1785 yılında Arnold tarafından bilim dünyasına tanıtılmıştır. Bu tarihten sonra da karaçama *Pinus laricio* Poirlet 1804, *Pinus austriaca* Höss 1830 ve *Pinus nigricans* Host 1831¹ gibi farklı isimler verilmiştir (Röhrig, 1956). Halen bazı bölge ve yayınlarda karaçam için *Pinus laricio* kullanılsa da (Muscolo ve ark., 2007; Picchio ve ark., 2011; Picchio ve ark., 2018) karaçam için geçerli isim olarak *Pinus nigra* Arnold kabul edilmektedir².

Karaçamın tarihsel süreç içinde tartışmalı bir sınıflandırma geçmişi vardır. Karaçama, morfolojik ve anatomik özelliklerindeki yüksek değişkenlik (Delevoy, 1949; Wright ve Bull, 1962) ve coğrafi gruplarının bölgesel olarak birbirinden ayrı populasyonlar halinde bulunması nedeniyle farklı türaltı kategorilerde çok sayıda isimler verilmiştir. Fakat bu alttür ve varyeteler arasında morfolojik geçiş formlarının bulunması, coğrafi sınırları çizmeyi ve örnekleri ayırt etmeyi zorlaştırdığı için (Vidakovic, 1974) karaçamın sistematigi üzerinde halen bir uzlaşmaya varılamamıştır; tartışmalar devam etmektedir.

Schwarz (1936) karaçama subsp. *pallasiana*, subsp. *fenzlii* (Ant. et Ky.) Schwz., subsp. *dalmatica*, subsp. *nigra*, subsp. *laricio* ve subsp. *salzmanii* olmak üzere 6 alttüre ayırmıştır ancak *Pinus maritima* Mill. (1768) adının Avrupa karaçamları için diğer tüm isimlerine göre önceliğe sahip olduğu görüşüyle bunları *Pinus maritima* altında toplamıştır. Delevoy (1949) ise iğne yaprakların morfolojik ve anatomik özelliklerine dayanarak karaçama coğrafi olarak *Pinus nigra* subsp. *occidentalis* Delevoy (batı grubu) ve subsp. *orientalis* Delevoy (doğu grubu) olmak üzere iki alt tür altında çok sayıda varyete olacak şekilde sınıflandırmıştır. Ancak bu alttür isimlendirmelerinde Latince tanımlamalar yapılmadığı

¹) <https://www.ipni.org>, Erişim Tarihi: 15.05.2020

²) <https://www.ipni.org>, Erişim Tarihi: 15.05.2020

için geçerli yayın olarak kabul edilmemiştir (Christensen, 1993). Daha sonra Svoboda (1953) karaçamı *P. nigra* subsp. *nigricans*, *P. nigra* subsp. *pallasiana*, *P. nigra* subsp. *poiretiana* ve *P. nigra* subsp. *salzmannii* olmak üzere 4 alttüre ve 17 varyeteye ayırmıştır (Debreczy ve Racz, 2011). Röhrig (1956) ise varyete ve ırkların *Pinus nigra* adı altında toplanması gerektiğini, sadece coğrafi kökenin yani orijin bilgilerinin belirtilmesinin yeterli olduğunu öne sürmüştür.

Karaçamın birbirinden ayrı populasyonlarının uzun vadeli parçalanması ve populasyonların yerel çevre koşullarına aşırı adaptasyonuna bağlı olarak özellikle iğne yaprakların morfolojik karakterlerinde coğrafi bölgelere göre farklılıklar ortaya çıkmıştır (Arbez ve Millier, 1971). Bununla birlikte, morfolojik özelliklerdeki bu ve benzeri farklılıkların coğrafi populasyonlarda açıkça ayırlamadığını belirten Fukarek (1958) karaçamın *P. clusiana*, *P. laricio*, *P. nigricans* and *P. pallasiana* türlerini kapsayan kollektif bir tür olduğunu öne sürer. Daha sonra Vidakovic (1991) ve Isajev ve ark. (2003) de karaçam için kollektif tür terimini kullanır.

Daha sonra, Gaussen ve ark. (1964) iğne yaprağın uzunluğu, kalınlığı, rengi ve hipodermis hücreleri sırası sayısı gibi morfolojik varyasyonların yanı sıra coğrafi populasyonları da dikkate alarak karaçamı 5 alttüre ayırmıştır. Bunlar: *P. nigra* subsp. *nigra*, *P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, *P. nigra* subsp. *laricio* Maire, *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco.

Bazı uzmanlar halen karaçamı doğudaki populasyonları *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* batıdaki populasyonları *Pinus nigra* subsp. *nigra* olarak isimlendiren sınıflandırmayı kullanmaktadır (Christensen, 1997; Eckenwalder, 2009; Enescu ve ark., 2016). Bu metinde ise karaçamın yaygın kabul gören sistematığı (Coode ve Cullen, 1965; Yaltırık 1988; Farjon, 2005; Farjon, 2010; Debreczy ve Racz 2011, Kandemir ve Mataracı, 2018) yani Gaussen ve ark. (1964) sınıflaması kabul edilmiş ve Türkiye'de doğal yetişen alttür *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* olarak verilmiştir.

Bununla birlikte, karaçamın taksonomik durumu hala tam çözülememiş olup tartışılmaya devam edilmektedir. Çünkü alt tür ideotipleri arasında morfolojik geçiş formlarının bulunması, coğrafi sınırları çizmeyi ve örnekleri ayırt etmeyi zorlaştırmaktadır (Vidakovic, 1974). Fenotipik özelliklere dayalı morfolojik çalışmalar yanında moleküler çalışmalar devam etmektedir. Nitekim, karaçamda kromozom morfolojisi incelendiğinde önemli bir tür içi varyasyon bulunmuştur (Kaya ve ark., 1985). Giovannelli ve ark. (2019) ise jeolojik olaylardan kaynaklanan demografik geçmişi ile moleküler verilerin entegrasyonuna dayalı olarak bu çam türünü 7 modern genetik soy olarak gruplandırmış ve türün taksonomisinin revize edilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Dolayısıyla karaçam sınıflandırma çalışmaları ve tartışmaları devam edecektir. Geniş ekolojik nişi olan karaçam aynı zamanda iklim değişikliği etkileri göz önünde bulundurularak Orta Avrupa'daki kurak alanlara destekli göç için önerilmiştir

(Thiel ve ark., 2012) ve bu çerçevede alt tür sınıflandırması daha büyük önem arz etmektedir (Naydenov ve ark., 2016).

Beş alttürün yayılışları ve ayırt edici özellikleri Gausson ve ark. (1964) ve Farjon (2010)'a göre şöyledir:

P. nigra* subsp. *nigra (Syn. *Pinus nigra* Arn. subsp. *croatica* Lovric 1972): 40 m boylanabilen, kabuğu koyu gri renkte ve boyuna derin oluklu çatlaklı ve küçük levhalar halinde pulludur. Yapraklar 8-13 (-16) cm boyunda, 1,5-2 mm eninde, koyu yeşil renkli, sert ve sivri uçludur. Yaprakların enine kesitinde kalın zarlı hipodermis hücreleri 2-3 sıralıdır. Yaprak kını 10-16 mm uzunluğundadır. Kozalak 5-8 cm uzunluğundadır. Coğrafi yayılış alanı Balkanların güneyi ve Yunanistan, K. İtalya ve Avusturyadır.

P. nigra* subsp. *dalmatica (Syn. *P. dalmatica* Vis.): 15 m boylarında, genellikle düz tepeli ağaçlardır. Yapraklar 4-7 cm boyunda, 1,5-1,8 mm eninde, sert ve sivri uçlu olup yaprakların enine kesitinde kalın zarlı hipodermis hücreleri 3-5 sıralıdır. Kozalaklar ise küçük, (3) 4-6 (-7) cm uzunluğundadır. Sınırlı bir coğrafi yayılışı olup Hırvatistan'ın kuzeybatı sahilleri ve adalarında doğal yetişir.

P. nigra* subsp. *laricio (Syn. *P. laricio* Poiret ex Lamarck): 50 m boyunda ağaçlardır. Derin ve boyuna çatlaklara ve düzensiz pullu plakalara sahip kabukları gri renklidir. Yapraklar ince, esnek, 8-15 cm uzunluğunda ve 1,2-1,5 mm kalınlığında ve dikensi uçludur. Yaprakların enine kesitinde ince zarlı hipodermis hücreleri 1 bazen 2 sıralıdır. Kozalaklar 6-8 cm boyundadır. Coğrafi yayılış alanı Güney İtalya, Fransa (Korsika) ve Sicilyadır.

P. nigra* subsp. *salzmannii: 30 m boyunda ağaçlar. Kabukları açık kahverengi, düzensiz pullu plakalar halinde çatlaklıdır. Yapraklar yumuşak, 8-16 cm uzunluğunda ve 1-1,3 mm genişliğinde olup dikensi uçlu değildir. Yaprakların enine kesitinde ince zarlı hipodermis hücreleri 1 sıralıdır. Kozalak daha küçük, 4-6 cm boyundadır. Coğrafi yayılış alanı G. Fransa, İspanya, Fas, Cezayir'dir.

P. nigra* subsp. *pallasiana (*P. pallasiana* Lamb.): 40 m boyunda ağaçlardır. Kabukları derin, boyuna çatlaklı ve nispeten büyük pullu plakalar halinde ve açık gri renklidir. Yapraklar sert, düz veya kavisli, (8-) 12-17 (-18) cm boyunda, 1,6-2,1 mm eninde olup yaprak enine kesitinde kalın zarlı hipodermis hücreleri 2-5 sıralıdır. Yaprak kını (15-) 18-28 mm uzunluğundadır. Kozalak boyu 5-12 cm arasındadır. Coğrafi yayılış alanı Türkiye, Kıbrıs, Ukrayna, Kırım ve Balkanlardır.

Türkiye'de karaçam popülasyonlarının sınıflandırması konusunda da bir fikir birliği yoktur. Hatta aynı yayının farklı ciltlerinde bile uyumsuzluk söz konusudur. Örneğin Türkiye ve Doğu Ege Adalarının Florası adlı eserin 1. Cildinde (Coode ve Cullen, 1965) Türkiye'de yayılışı olan karaçam taksonu olarak *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* olarak verilmiş iken aynı eserin 11. cildinde Frankis (2000), Türkiye'de yetişen karaçam popülasyonlarını *Pinus nigra* subsp. *nigra*

var. *caramanica* (Loudon) Rehder olarak değerlendirmiştir. Yaltırık (1988) ve daha sonra Akkemik ve ark. (2011a; b) ile Kandemir ve Mataracı (2018) ise *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe olarak değerlendirmiştir ve alttürün varyeteleri de verilmiştir. Mataracı (2012) Türkiye Bitkileri Listesi'nde Trakya'da lokal olarak bulunan karaçam popülasyonlarını Farjon (2010)'a dayanarak *Pinus nigra* subsp. *nigra* olarak değerlendirmiştir fakat bunu destekleyen başka çalışmalar bulunmamaktadır. Konu ile ilgili önceki yayınlarda da karmaşa sözkonusudur. Örneğin Anadolu'daki karaçamlar Acatay (1956)'da *Pinus nigra* var. *pallasiana*, Kayacık (1980)'de *Pinus nigra* var. *caramanica* (Loud.) Rehder olarak yer almaktadır.

Anadolu'da yetişen karaçam popülasyonları *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe alttürüdür (Coode ve Cullen 1965; Alptekin, 1986a; Yaltırık, 1988; Farjon, 2010; Akkemik ve ark., 2011 a; b; Kandemir ve Mataracı, 2018). Tip varyetesi (var. *pallasiana*) yanında, Türkiye'de bulunan ve ayrı taksonlar olarak kabul edilen 4 varyetesi daha vardır (Boydak, 2001; Akkemik ve ark., 2011a; b). Ancak karaçamın beş alt türü bile çoğu zaman çok kesin ayırt edilemez iken Anadolu'da varlığı tespit edilen bu varyetelerin tamamının form olarak isimlendirilmesi belki de daha isabetli olacaktır. Fakat karaçam konusunda yapılan tüm çalışmaları kapsaması ve tartışmalara ışık tutması adına burada varyete olarak verilmiştir.

1. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*
2. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yaltırık
3. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *yaltirikiana* Alptekin
4. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *fastigiata* Businsky
5. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *columnaris-pendula* Boydak

***Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe: Anadolu Karaçamı - Karaçam**

(Syn: *Pinus laricio* Poir. var. *caramanica* Loudon, Arbor. Frut. Brit. 4: 2201. 1838; *Pinus nigra* J. F. Arnold var. *caramanica* (Loudon) Rehd., Man. Cult. Trees: 61. 1927; *Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *caramanica* (Loudon) Businský, Acta Pruhoniana 68: 22. 1999; *Pinus pallasiana* Lamb. subsp. *caramanica* (Loudon) Chrtek & B. Slavik, Flora Mediterranea 10: 236. 2000)

“Anadolu karaçamı” adı karaçam türünün (*Pinus nigra*) türünün Anadolu ve Kırım'da yayılış gösteren alttürü *P. nigra* var. *pallasiana*'yı diğer alttürlerden ayırt etmek amacıyla kullanılan yerel isim (Yaltırık, 1988; Akkemik ve ark., 2011b) iken “karaçam” hem türün genel adı hem de Türkiye'de uygulamada ve halk arasında Anadolu'daki popülasyonlar için kullanılan genel bir addır.

2. Anadolu Karaçamının Botanik Özellikleri

Habitus

40 m'ye kadar boylanabilen, genellikle monopodial dallı ve düzgün gövdeli herdem yeşil ağaçlardır (Şekil 1). Ancak bazen dipten dallı çok gövdeli veya çatallı da olabilir. Tepe tacı genç ağaçlarda konik iken ağaç yaşlandıkça yuvarlaklaşır ve kubbe şeklini alır (Yaltırık, 1988).



Şekil 1. *Pinus nigra* genel görünüşü.

Yetiştirme ortamının uygun olmadığı koşullarda ya da otlatma, insan baskısı gibi şartlarda ağaç boyları kısalmış, çatallı ya da çok dallı, tepe formu bozulmuş fertler görülür.

Kabuk

Genç yaşlardan itibaren derin çatlaklı olan kabuklar, yaşlı gövdelerde kalın ve daha da derin çatlaklıdır (Şekil 2). Kabuk rengi genç ağaçlarda koyu gri renkli iken (Coode ve Cullen, 1965; Farjon, 2010), yaşlı gövdelerde beyazımsı bir renk alır ve bu nedenle bazı yetiştirme yerlerinde karaçamlar farklı bir çam taksonuymuş gibi "akçam" olarak adlandırılır (Akkemik ve ark., 2011b). Yine kabuk renginin açık- koyu gri, pembemsi, kahverengi karışık rengi nedeniyle bazı yörelerde "alaçam" olarak adlandırılmaktadır.

Alptekin (1986a; 1987) çalışmasında karaçamlarda ortalama kabuk kalınlığını 38,1 mm olarak bulmuş, Akdeniz ve İç Anadolu Bölgesinde karaçam ağaçlarının kabuklarının diğer bölgelere göre daha kalın olduğunu belirtmiş; Sevgi ve ark. (2016) ise maksimum kabuk kalınlığını 54,45 mm olarak vermiştir.



Şekil 2. *Pinus nigra* gövde kabuğu.

Sürgün

Sürgünler kalın, dökülen pul yaprak saplarının izi nedeniyle pürüzlü ve çıplak olup tazeyken sarımsı yeşil olan rengi dökülen pul yapraklarının izi nedeniyle zamanla açık turuncu-kahverengiden kırmızı-kahverengiye döner (Farjon, 2010). Kısa sürgünler ise üzerinde ikili iğne yaprakları taşır.

Tomurcuk

Tomurcuklar büyük, silindirik, sivri uçlu ve reçineli olup tomurcuk pullarının kenarı kirpiklidir (Yaltırık, 1988).

Yaprak

Uzun sürgünler üzerinde teker teker sarmal olarak yer alan ve kısa sürede dökülen pul yapraklar mızraksı veya biz şeklinde, kahverengi, ince, kağıt gibi gri saçaklıdır. İğne yapraklar kısa sürgünlerde ikili olarak yer alır, 14-18 cm uzunluğunda, 1-2 mm genişliğinde, sert ve koyu yeşil renkli, kenarları ince dişli, uçları sert ve batıcıdır. İğne yaprakların her yüzünde ince stoma çizgileri bulunur (Yaltırık, 1988). Kın 10-12 mm uzunluğunda ve kalıcıdır. İğne yapraklar sürgün üzerinde ortalama 2-3 yıl kalır (Farjon, 2010).

Çiçek

Çiçekler, 15-20 yaşlarından itibaren açmaya başlar (Bussotti, 2002). Nisan-Haziran ayları arasında görülen erkek ve dişi çiçekler kozalakçık halindedir (Şekil 3, 4) ve aynı ağaç üzerinde yer alır.

Erkek çiçek kozalakçıkları silindirik veya yumurta biçiminde, 1,5-2,5 x 0,5-0,7 cm boyutlarında ve soluk sarı renkli olup yeni gelişen uzun sürgünlerin dip kısımlarında bir çoğu bir arada topluca bulunurlar (Farjon, 2010). Erkek çiçekler döküldükten sonra sürgünlerin bu kısmı boş kalır.



Şekil 3. *Pinus nigra* erkek çiçek kozalakçıkları.

Dişi çiçek bir dış pul ve üzerinde iki adet tohum taslağı taşıyan bir iç puldan ibarettir. Dişi çiçekler bir eksen etrafında dizilerek soluk kırmızimsı renkte bir kozalakçık şekillendirir ve uzun sürgünlerin uç kısımlarında subterminal olarak yer alır. Çiçek iken dışarıdan görülen dış pul, tozlaşmadan sonra tohum ve kozalak gelişirken körelir; iç pul gelişir ve odunlaşarak kozalak pullarını meydana getirir.



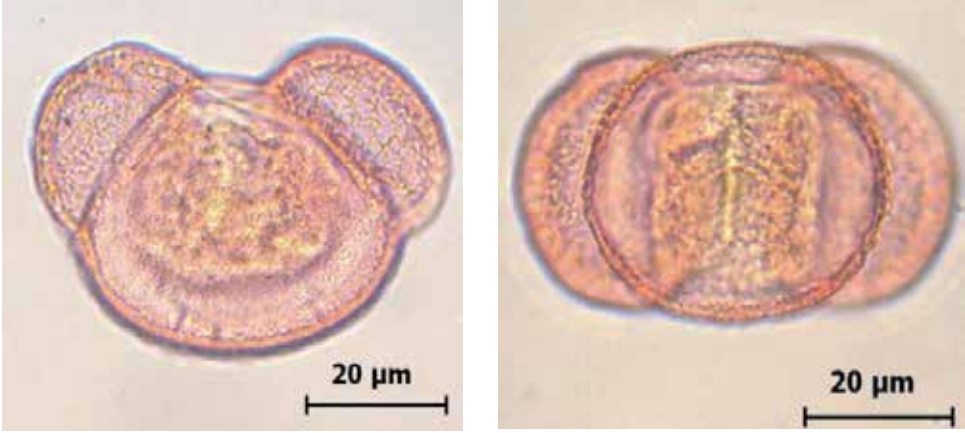
Şekil 4. *Pinus nigra* dişi çiçek kozalakçığı.

Polenleri iki baloncukludur (Şekil 5). Ancak mikroskopla görülebilen polenlerin boyutları 57,04 (48-66) x 44,96 (38-50) μm , baloncuk boyutları 39,80 (34-44) x 30,20 (26-36) μm 'dir (Aytuğ, 1967).

Kozalak

Kozalakları tek tek veya 2-5 adedi bir arada kısa bir sap ucunda yer alır. Kapağıkonik yumurta biçiminde, (3,5) 5-10 (12) x 2-4 cm boyutlarında, açıldığında yumurtamsı veya hafifçe köşeli yumurtamsı, genellikle açık kahverengi veya açık gri-kahverengi nadiren daha koyu renklidir (Şekil 6). Kozalak pulla-

rı odunsu ancak incedir, dar dikdörtgen biçimindedir. Kalkan (apofiz) çıkık, enine omurgalı, açık sarımsı-kahverengi, az ya da çok parlak, göbek (umbo) küçüktür (Farjon, 2010). Kozalağın uç kısmında yer alan pulların çoğunun göbeğinde kısa dikensi bir çıkıntı bulunur (Yaltırık, 1988). Kozalaklar kızılçamda olduğu gibi ağaç üzerinde uzun süre kalmaz, tohumların dökülmesinden kısa bir süre sonra dökülür.



Şekil 5. *Pinus nigra* poleni ekvatorial ve polar görüntüsü (Nurgül Karlıoğlu).

Tohumlar ters yumurta biçiminde, hafifçe yassı, (4) 6-8 mm boyunda, gri veya daha koyu benekli, kanat eğik dikdörtgen biçiminde, 15-25 mm boyunda, soluk kahverengidir (Farjon, 2010).

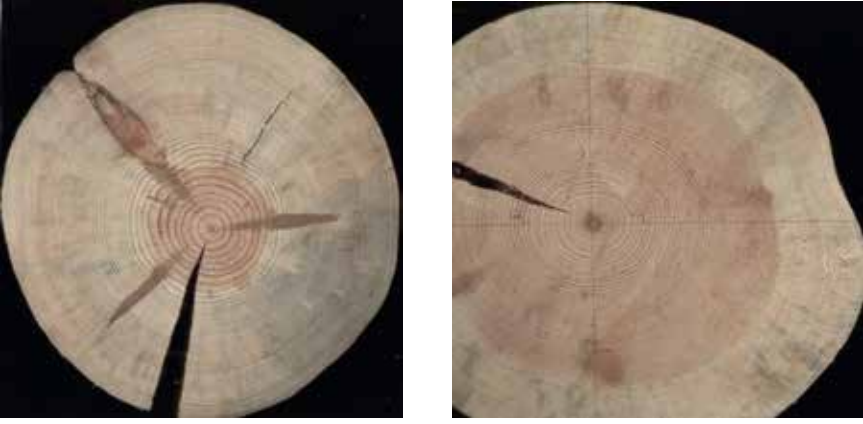


Şekil 6. *Pinus nigra* kozalağı.

Odun

Yetişkin karaçamlarda diri odun oldukça geniş ve soluk sarımsı beyaz renkli; öz odun ise daha koyu ve bol reçinelidir. Ağaç yaşlandıkça öz odun miktarı artmakta ve 320-340 yaşları arasında öz odun / diri odun oranı yarı yarıya olmaktadır (Göker, 1977). Şekil 7'de yaşlı ve daha genç iki odunda öz odun oranı

görülmektedir. Olgunluk çağındaki odunu sert, reçineli ve iyi mekanik özelliklere sahiptir. Olgunlaşması ve öz odun oranının artması için idare müddeti uzun tutulmalıdır (Yaltırık, 1988).

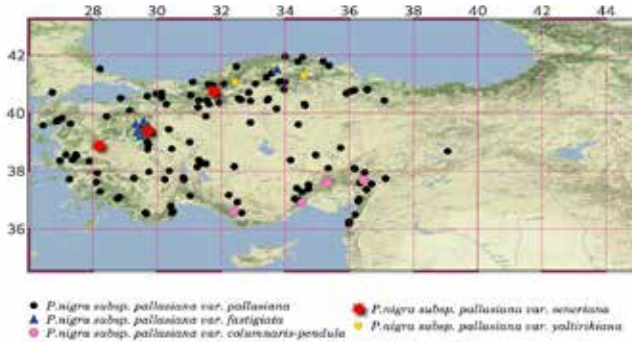


Şekil 7. *Pinus nigra* öz odunu ve diri odunu (Orhan Sevgi).

Yayılışı

Doğal yayılış alanı Balkanlar, Güney Karpatlar, Kırım, Türkiye, Kıbrıs ve Suriye olan bu alttür ülkemizde Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgesi, Toros Dağları ile İç Anadolu bölgelerinde Davis (1971) tarafından Anadolu Çaprazı olarak adlandırılan, Maraş-Gümüşhane arasındaki hattın batı kesimlerindeki tüm dağlık alanlarda genellikle 400–2100 metreler arasında bulunur (Saatçioğlu, 1976; Boydak, 2001).

Anadolu karaçamı geniş ve parçalı yayılışı nedeniyle varyasyonlar gösterir. Yayılış ve populasyonlarında varyasyonları belirlemek amacıyla fenotipik özelliklere dayalı olarak yapılan coğrafik varyasyon çalışması neticesinde 15 coğrafik varyasyon tespit edilmiştir (Alptekin, 1986a). Karaçam varyetelerinin yayılışları Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Anadolu karaçamı varyetelerinin yayılışı.

3. Anadolu Karaçamında Taksonomik Birimler

Pinus nigra Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana* -Anadolu Karaçamı

Türkiye’de çok geniş bir yayılışa sahiptir ve bozkıra kadar sokulmaktadır. Kuzey Anadolu Dağları’nın içe bakan, Batı ve Güney Anadolu’nun (özellikle Toroslar’ın) kuzeye bakan yamaçlarında kızılçam, sarıçam, sedir, ardıç, göknar, kayın ve meşe türleriyle karışık veya saf ormanlar kurmaktadır (Yaltırık, 1988).

Pinus nigra Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *fastigiata* Businky: Ehrami Karaçam

(Syn. *P. nigra* Arnold var. *pyramidata* Acatay 1955; *P. nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acatay) Yaltırık., 1986) 15-20 m’ye kadar boylanabilen, yan dalları ve genç sürgünleri gövdeden oldukça dar açıyla çıkan ve dik olarak yukarıya doğru yönelmiş dar piramidal formlu ağaçlardır (Şekil 9). İğne yapraklar daha kısa, 5,5-12 cm uzunluğunda olup özellikle yaşlı fertlerde sürgün uçlarında toplanmıştır. Kozalakları normal karaçam kozalaklarından çok daha küçüktür (Acatay, 1956).

Ülkemizin endemik bir varyetesi olan ehrami karaçam, Kütahya’da küçük gruplar halinde, Vakıf Köyü yakınında ise 235 hektarlık bir alan üzerinde doğal meşçere halinde (Yaltırık, 1988), Kastamonu’da ise düzgün formlu az sayıda tek tek fertler halinde bulunmaktadır (Karadağ, 1999). Dekoratif bir süs bitkisi olup Eskişehir ve Hendek Orman Fidanlıklarında tohum bahçeleri kurulmuştur (Yaltırık, 1988).

Acatay (1956) tarafından bilim dünyasına tanıtılan bu varyete, - *pyramidalis*’ epiteti daha önce karaçam için *P. nigra* var. *pyramidata*, *P. nigra* f. *pyramidata* ve *P. laricio* var. *pyramidata* şeklinde karaçam için kullanıldığı için Uluslararası Botanik Adlandırma Yasası (McNeill ve ark., 2006; Menemen ve Dönmez, 2006) gereği homonimlik nedeniyle geçersiz isim olarak değerlendirilmiş ve Businsky (2008) tarafından var. *fastigiata* olarak yeniden isimlendirilmiştir.



Şekil 9. Genç bir ehrami karaçam örneği

***Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yaltırık – ebe karaçamı, top karaçam**

(Syn. *Pinus nigra* f. *şeneriana* (Saatçioğlu) Kandemir & Mataracı, Fl. Turkey Vol. 2. 350 (2018) 11 m'ye kadar boylanabilen, sık dallı, toprak yüzeyinden veya biraz daha yukarıdan itibaren çok gövdeli, son derece sık dallı, çalı görünümünde, gençlikte küre veya uzunca küre formunda yaşlanınca genişçe şemsiye tepeli ağaçlardır (Şekil 10). Sürgün uçlarında toplanmış iğne yaprakları sık ve ana alttürden daha kısa, parlak yeşil renklidir. Kozalakları daha küçük, 34–35 mm uzunlukta ve daha hafiftir. Tohumlar da normal karaçam tohumlarına nazaran daha küçüktür. Yavaş büyürler, 11 m boya, 80-90 yaşlarında ulaşabilirler (Saatçioğlu, 1955). Güzel bir park ağacıdır (Saatçioğlu 1955; Alptekin, 1987; Yaltırık, 1988; Yücel, 2000a).



Şekil 10. Solda Atatürk Arboretumu'nda yetiştirilen genç bir ebe karaçamı, sağda doğasından yaşlı bir ebe çamı (Bilge Tunçkol).

Ülkemizin endemik bir varyetesi olan ebe karaçamı, Bolu-Çaydurt'da 900-1100 m, Manisa ve Kütahya yöresinde ise 800-1250 m yükseltiler arasında çoğunlukla tek tek bazen de küçük gruplar halinde bulunur (Saatçioğlu, 1955; Alptekin, 1986b; Yücel, 2000b).

Ebeçamı formlarının bir mutasyon sonucu oluştuğuna ilişkin görüşler vardır (Tosun, 2003). Gülsoy ve ark. (2014) var. *şeneriana*'nın habitusunun apikal baskınlık özelliğini etkileyen fenotipik etkiye sahip genlerdeki nokta mutasyonu sonucu gelişmiş olabileceğini öne sürmüşlerdir.

***Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *columnaris-pendula* Boydak – sarkık dallı karaçam**

Sarkık dallı, dar tepeli, sütun formunda ağaçlardır (Şekil 11). Dallar ince ve kısa olup gövde ile geniş açılar yapacak şekilde sarkıktır (Boydak, 2001). Park ve bahçelerde süs bitkisi olarak değerlendirilebilir.

Ülkemizin endemik bir varyetesi olan sarkık dallı karaçam, Antalya, Adana, Mersin ve Maraş'ta 1350-1650 metreler arasında seyrek halde tek tek bulunur (Boydak, 1989; Boydak, 2001).



Şekil 11. Sarkık dallı karaçam (Tolga Ok).

***Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *yaltirikiana* Alptekin- büyük kozalaklı çam, beyçanı**

Uzunluğu 8-11 cm olan daha büyük kozalakları ile ayrılır ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*'lar arasında seyrek bireyler halinde bulunur.

Alptekin (1987) tarafından bilim dünyasına tanıtılmış ve doğal yayılışa alanı olarak Karabük-Yenice ile Sinop-Karageriş ve Boyabat olarak verilmiştir. Fakat Karabük Yenice'de Oral ve Mataracı (2019) tarafından 2017 yılında sözkonusu lokasyonlarda yapılan arazi çalışmalarında var. *yaltirikiana* örnekleri bulunmamış, alanda yapılan ağaçlandırma çalışmaları sırasında kesilmiş olabileceği belirtilmiştir.

Kandemir ve Mataracı (2018) bu taksonu varyete olarak kabul etmiş, Türkçe isim olarak "beyçanı" nı önermişler ancak daha fazla arazi gözlemi yapılarak ve daha fazla örnek incelenerek varyetenin yeniden değerlendirilmesine ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

4. Sonuç

Yüksek genetik çeşitliliğe sahip bu türün coğrafik populasyonlarının araştırılması, sınıflandırılması ve coğrafik varyasyonların çeşitli özellikleri ile adaptasyon kapasitesindeki farklılıkların ortaya konulması türün gelecekteki yayılışı ve iklim değişikliği etkileri göz önüne alınarak yapılacak ağaçlandırma çalışmaları için büyük önem taşımaktadır (Thiel ve ark., 2012).

Karaçamın coğrafik varyasyonlarının morfolik özellikleriyle kesin olarak birbirlerinden ayıramayacağı ve pek çoğunun iklim ve yerel koşullara aşırı uyum sonucu ortaya çıkmış klinal varyasyonlar olduğu pek çok çalışmada vurgulanmıştır (Gaussen, 1964; Röhrig, 1956). Türkiye’de bile 15 coğrafik varyasyonu belirlenen (Alptekin, 1986a) karaçamın ağaç boyları, yaprak uzunlukları, kozalak boyutları gibi özelliklerde görülen farklılıkların (Alptekin, 1986a; Sevgi ve ark., 2010; Tecimen ve Sevgi, 2010) ne kadarının genetik nedenlere, ne kadarının yetiştirme ortamı koşulları ve yaşa bağlı olduğu ortaya konulamamıştır.

Sonuç olarak karaçamın daha çok yaprak morfolojisindeki farklılıklar ile coğrafik populasyonlara dayalı tür altı taksonomisinin moleküler ve genetik çalışmalarla desteklenmesi, belki de Röhrig (1956)’in önerdiği gibi karaçamın alttür sınıflaması yapılmadan tek tür olarak ele alınması görüşünün yeniden değerlendirilmesi yerinde olacaktır.

Kaynaklar

- Acatay, A., 1956. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. var. *pyramidata*). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6A (2): 92-100.
- Akkemik, U., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2011a. Some Changes in Taxonomy of Pines (*Pinus* L.) Native to Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry University of Istanbul*. 61: 63-78.
- Akkemik, U., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2011b. *Pinus* L. In: Yaltırık F. ve U. Akkemik (Ed.), *Türkiye’nin Doğal Gymnospermleri (Açık Tohumlular)*, Çevre ve Orman Bakanlığı, sayfa: 59-107, Ankara.
- Alptekin, Ü., 1986a. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)’nın Coğrafik Varyasyonları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Danışman; Suat Ürgenç, 170 sayfa, İstanbul.
- Alptekin, C. Ü., 1986b. *Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *şeneriana* Saatçioğlu’nun Yeni Bir Yayılış Alanı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37 (1): 100-105.
- Alptekin, C. Ü., 1987. Anadolu Karaçamı’nın Coğrafik Varyasyonları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 36A: 132-154.
- Arbez, M., Millier, C., 1971. Contribution à l’étude de la Variabilité Géograp-

hique de *Pinus nigra* Arn. *Annals of Forest Science*, 28 (1): 23-49.

- Aytuğ, B., 1967. Polen Morfolojisi ve Türkiyenin Önemli Gymnospermleri Üzerinde Palinolojik Araştırmalar. Kutulmuş Matbaası, 139 sayfa, İstanbul.
- Barbéro M., Losiel, R., Queézel, P., Richardson, D. M., Romane F., 1998. Pines of the Mediterranean Basin. In: Richardson D.M. (Ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*, Cambridge University Press, 153-170 p., Cambridge.
- Boydak, M., 1989. Türkiyede Anadolu Karaçamının Yeni Bir Varyetesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39A (1): 119-129.
- Boydak, M., 2001. A New Variety of *Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe from Anatolia (Anadolu Karaçamının *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Anadolu'da Saptanan Yeni Bir Varyetesi). *The Karaca Arboretum Magazine*, 6 (1): 15-23.
- Businsky, R. 2008. The Genus *Pinus* L., Pines. *Acta Pruhoniciana*, 88: 1-128.
- Bussotti, F., 2002. *Pinus nigra* Arnold. In: Flinn, D. (Ed.) *Pines of Silvicultural Importance*; CABI Publishing, pages: 266-285, Wallingford.
- Christensen, K. I., 1993. Comments on the Earliest Validly Published Varietal Name for the Corsican Pine. *Taxon*, 42: 649-653.
- Christensen, K. I., 1997. Pinaceae, Cupressaceae, Taxaceae, Ephedraceae, Salicaceae, Juglandaceae, Betulaceae, Fagaceae, Ulmaceae, Moraceae. In: Strid A., K. Tan (Eds), *Flora Hellenica*, Koeltz Scientific Books, Königstein, vol.1., pp 1-17.
- Coode, J. E., Cullen, J., 1965. *Pinus* L. In: Davis, P.H. (Ed.), *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Edinburgh University Press, Edinburgh, vol. 1, pp: 72-75.
- Davis, P.H., 1971. Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism. In: Davis P.H., Harper P.C., Hedge I.C. (eds.) *Plant life of South West Asia*, The Botanical Society of Edinburgh, pp: 15-27, Aberdeen.
- Debreczy, Z., Rácz, I., 2011. *Conifers around the World*. Vols 2. 541-1082 p., DendroPress Ltd., Budapeşte.
- Delevoy, G., 1949. A Propos de la Systématique de *Pinus nigra* Arnold. *Travaux Station Recherches de Groenendaal*, 12: 1-37.
- Eckenwalder, J. E., 2009. *Conifers of the World. The Complete Reference*. Timber Press, 720 sayfa, Portland London.
- Enescu, C. M., de Rigo, D., Caudullo, G., Mauri A., Durrant T.H., .2016. *Pinus nigra* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayán J, de Rigo D, Caudullo G, Houston Durrant T, Mauri A (eds) *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp 15-138.
- Farjon, A., 2005. *Pines: Drawings and Descriptions of the Genus Pinus*, 220 pages, Netherlands.
- Farjon, A., 2010. *A Handbook of The World's Conifers. Volume 1-2*, 1112 pages, Brill Leiden-Boston.
- Frankis, M. P., 2000. *Pinus* L. In: Güner A., N. Özhatay, T. Ekim, K.H.C. Başer (Eds.) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Edinburgh University

- Press, Edinburgh. vol. 11, pp: 6-7.
- Fukarek P., 1958 – Die Standortstrassen der Schwarzföhre (*Pinus nigra* Arn. sen. lat.). *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 75: 203-307.
- Gaussen, H., Heywood, V. H., Chater, A. O., 1964. The Genus *Pinus* L. In: Tutin, T. G., V. H. Heywood, N. A. Burgers, D. H. Valentine, S.M. Walters and D.A. Webb (eds.), *Flora Europaea*, Cambridge University Press, Cambridge. Vol.1, pp: 32-35.
- Giovannelli, G., Scotti-Saintagne, C., Scotti, I., Roig, A., Spanu, I., Vendramin G. G., Guiba, F., Fady, Bruno, 2019. The Genetic Structure of the European Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) is Shaped by its Recent Holocene Demographic History. *bioRxiv.*, 9: 535-591.
- Göker, Y., 1977. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamları (*Pinus nigra* var. *pallasiana*)'nın Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanılışı Yerleri Hakkında Araştırmalar. Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Nu: 613/22, Ankara.
- Gülsoy, A. D., Gülsoy, A. M., Çengel, B., Kaya, Z., 2014. The Evolutionary Divergence of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and its Varieties Based on Non-coding trn Regions of Chloroplast Genome. *Turkish Journal of Botany*, 38: 627–636.
- Isajev V., Fady, B., Semerci, H., Andonovski, V., 2003. European Black Pine (*Pinus nigra*). EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use 6 p.
- Kandemir A., Mataracı, T., 2018. *Pinus* L. In: Güner A., A. Kandemir, Y. Memenen, H. Yıldırım, Aslan S., Ekşi G., Güner I., Çimen A.Ö. (eds.) *Resimli Türkiye Florası (Illustrated Flora of Turkey)* ANG Vakfı, NGBB Yayınları, 2: 324-354, İstanbul
- Karadağ, M., 1999. Kastamonu Orman İşletmesi Gökçöy Şefliğindeki Değişik Piramidal Karaçam Meşcereleri. Orman Bakanlığı, Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Muhtelif Yayın Serisi, 2, sayfa 49-76.
- Kaya, Z., Ching, K. K., Stafford, S. G., 1985. A Statistical Analysis of Karyotypes of European Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) from Different Sources. *Silvae Genetica*, 34: 148-156.
- Kayacık, H., 1980. *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği Cilt I, Gymnospermae (Açık Tohumlular)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını Nu: 2642/281, 388 sayfa, İstanbul.
- Mataracı, T., 2012. *Pinus* L. In: Güner A., S. Aslan, T. Ekim, M. Vural, M.T. Babaç (eds.), *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*, NGBB ve Flora Araştırmaları Derneği yayını, sayfa: 14-15, İstanbul.
- McNeill, J., Barrie, F. R., Burdet, H. M., Demoulin, V., Hawksworth, D. L., Marhold, K., Nicholson, D. H., Prado, J., Silva, P. C., Skog, J. E., Wiersema, J. H., Turland, N. J., 2006. International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code)

adopted by the Seventeenth International Botanical Congress Vienna, Austria, July 2005, A. R. G. Gantner Verlag KG, Regnum Vegetabile.

- Menemen, Y., Dönmez, A., 2006. Uluslararası Botanik Adlandırma Yasası, cilt 16, Doğan Matbaacılık, Ankara.
- Mirov, N.T., 1967. *The Genus Pinus*. The Ronald Press Company, 610 pages, New York.
- Muscolo A., Sidari, M., Mercurio, R., 2007. Influence of Gap Size on Organic Matter Decomposition, Microbial Biomass and Nutrient Cycle in Calabrian pine (*Pinus laricio* Poiret) stands. *Forest Ecology and Management*, 242 (2-3): 412-418.
- Naydenov K. D., Naydenov, M. K., Alexandrov, A., Vasilevski, K., Gyuleva, V., Matevski, V., Nikolic, B., Goudiaby, V., Bogunic, F., Paitaridou, D., Christou, A., Goia, I., Carcaillet, C., Alcantara, A. E., Ture, C., Gülcü, S., Peruzzi, L., Kamary, S., Bojovic, S., Hinkov, G., Tsarev, A., 2016. Ancient Split of Major Genetic Lineages of European Black Pine Evidence from Chloroplast DNA. *Tree Genetics & Genomes*, 12: 68.
- Oral, D., Mataracı, T., 2018. *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe var. *yaltirikiana* Alptekin Pinaceae'in Anadolu'daki Varlığı Üzerine Bir Araştırma. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 5(3): 10-16.
- Picchio, R., Nerib, F., Maesanoc, M., Savelli, S., Sirnaa, S., Blas, A., Baldinia, S., Marchi, E., 2011. Growth Effects of Thinning Damage in a Corsican Pine (*Pinus laricio* Poiret) Stand in Central Italy. *Forest Ecology and Management*, 262: 237-243.
- Picchio, R., Venanzi, R., Latterini, F., Marchi, E., Laschi, A., Lo Monaco, A., 2018. Corsican Pine (*Pinus laricio* Poiret) Stand Management: Medium and Long Lasting Effects of Thinning on Biomass Growth. *Forests*, 9(5): 257.
- Roskov, Y., Ower, G., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk, P.M., Bourgoin, T., De Walt R. E., Decock, W., Nieukerken, E. van, Zarucchi, J., Penev, L., 2019. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.
- Röhrig, E., 1956. Über die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) und Ihre Formen. *Silvae Genetica*, 6: 39-53.
- Saatçioğlu, F., 1955. Eine Neue Varietät von *Pinus nigra* Arnold. (*Pinus nigra* Arnold. var. *şeneriana* Saatçioğlu, var. nov.). *Zeitschrift Für Weltforstwirtschaft*, 18 (1): 1-6.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri (Silvikültür 1)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Schwarz, O., 1936. Über die Systematik und Nomenklatur der Europäischen Schwarzkiefern. *Notizblatt des Bot. Garten zu Berlin Dahlem XIII*, 117: 226-243.

- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Carus, S., Akburak, S., Çaksir, E., 2016. Some Bark Characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Their Variation Throughout the Tree Height. *Journal of Environmental Biology*, 37 (6): 1347-1354.
- Sevgi O., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Dündar. T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme - Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-104O551 Proje Kesin Raporu.
- Tecimen B., Sevgi, O., 2010. Kazdağları'nın Dağlık Kesiminde Karaçamın *Pinus nigra* (Arnold.) Bazı İbre Özellikleri ve Yükselti ile Arasındaki İlişkiler. *Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 1 (10): 55-72.
- Thiel, D., Nagy, L., Beierkuhnlein, C., Huber, G., Jentsch, A., Konnert, M., Kreyling, J., 2012. Uniform Drought and Warming Responses in *Pinus nigra* Provenances Despite Specific Overall Performances. *Forest Ecology Management*, 270: 200–208.
- Tosun, S., 2003. Üç Çam Türümüze Ait Ebeçamlarının Bolu'daki Doğal Yayılışı. *The Karaca Arboretum Magazine*, 7(1): 23-28
- Vidakovic, M., 1974. Genetics of European Black pine (*Pinus nigra* Arn.). *Ann. Forest.*, 6(3): 57-86.
- Vidakovic, M., 1991. Conifers: Morphology and Variation. 754 pages, CABI.
- Yaltırık, F., 1986. Ülkemizde Az Tanınan İki Çam Varyetesi: Ebe Karaçamı ve Ehrami Karaçam. *Çevre Koruma Dergisi*, 28: 19-25.
- Yaltırık, F., 1988. *Dendroloji Ders Kitabı I. Gymnospermae*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No: 3443/386, 320 sayfa, İstanbul.
- Yücel, E., 2000a. Ebe Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *şeneriana*) *Biyolojik ve Ekolojik Özellikleri*. Birlik Ofset Matbaacılık, 120 sayfa, Eskişehir.
- Yücel, E., 2000b. Ecological Properties of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *şeneriana*. *Silvae Genetica*, 49 (6): 264-277.
- Wright, J. W., Bull, W. I., 1962. Geographic Variation in European Black Pine-two year Results. *Forest Science*, 8:32–42.



Alaçam Dağları, 2008
Orhan SEVGİ

3

KARAÇAM POPULASYONLARINDA GENETİK ÇALIŞMALAR

1. Giriş

Pinus nigra Arnold (karaçam) Kuzey Afrika'dan Avrupa'nın güneyine ve Anadolu'ya kadar uzanan geniş yayılışa sahip bir türdür (Isajev ve ark., 2004). Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ise karaçamın Türkiye'de yayılış gösteren alt türüdür (Alptekin, 1986). Kızılçamdan sonra en geniş yayılışa sahip ikinci ibrelili orman ağacıdır; ülkemizde toplam 4 milyon hektarın üzerinde yayılışa sahiptir (Anonim, 2020). Karaçam, Marmara ve Karadeniz kıyılarında başlayarak, Akdeniz Bölgesinin kuzeyinde 2000 metrenin üzerine kadar çıkar; en çok Karadeniz ardı ve Marmara bölgesinde dağların kuzeye bakan yamaçlarında yayılış gösterir, en az görüldüğü bölge ise İç Anadolu'dur. Türkiye'de çok farklı habitatlarda yetişebilen karaçam, ağaçlandırma çalışmalarında da en fazla kullanılan ikinci türdür. Bu nedenlerle karaçam, Milli Ağaç Islahı ve Tohum Üretim Programı (Koski ve Antola, 1993) ve Bitki Genetik Çeşitliliğinin Yerinde Korunması Ulusal Planı'nda (Kaya ve ark., 1997) öncelikli türler arasında yer almaktadır.

Hem Türkiye'de hem de Avrupada yapılan çalışmalarda karaçamın morfolojik, anatomik, fizyolojik ve genetik karakterler bakımından çok belirgin çeşitliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Röhrig, 1966; Critchfield ve Little, 1966; Vidakovic, 1974; Arbez ve ark., 1974; Wilcox ve Miller, 1975; Wheeler ve ark., 1976; Read, 1976; Kaya ve ark., 1985; Matziris, 1989; Portfaix, 1989; Alptekin, 1986; Işık, 1990; Economou, 1990; Kaya ve Temerit, 1994; Çengel ve ark., 2000; Çengel ve ark., 2017a; b).

2. Karaçamın Genetik Çeşitliliği

Genetik çeşitlilik, bir populasyondaki bireyler arasındaki genetik farklılıklar olarak tanımlanabilir. Söz konusu çeşitlilik, bireylerin, belirli bir karakter

¹ Dr., Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Orman Genel Müdürlüğü.
Ankara, Elmek: burcucengel@ogm.gov.tr

² Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Biyolojik Bilimler Bölümü,
Ankara, Elmek: kayaz@metu.edu.tr

için aynı genin farklı formlarına (allel) ya da farklı gen kombinasyonlarına sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde, bir genin, türün farklı popülasyonları arasında farklı frekanslarda bulunması ya da farklı kombinasyonlarda olması, bireyin ait olduğu popülasyonların birbirinden farklı olmasına ve popülasyonlar arası farklılaşmaya yol açmaktadır. Örneğin, belirli bir türün farklı popülasyonlarının hastalıklar, kuraklık, don, vb. etkenlere karşı farklı düzeylerde dayanıklılık göstermeleri, söz konusu popülasyonların, gen frekansları ve gen kombinasyonları bakımından farklılıklar göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Genetik çeşitlilik bir türün uyum başarısını (fitness) belirler ve ekosistem stabilitesinin önemli bir parçasıdır (Hamrick ve Godt, 1990). Bu yüzden, genetik çeşitlilik popülasyonların değişen çevre şartlarına uyumu için gereklidir. Ayrıca, heterozigotluk seviyesinin (genetik çeşitlilik) düşüklüğü de kendileme depresyonunu arttırdığından popülasyonun uyumunu doğrudan etkilemektedir. Bir popülasyondan çok sayıda allel kaybolduğunda, bireylerdeki homozigotluk düzeyinin artışı kendileme depresyonu nedeniyle bireylerin uyumunu azaltabilir. Hatta daha az sayıda allel kayıpları bile popülasyonun uzun dönemli yaşama şansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Orman ağacı popülasyonlarında genetik çeşitlilik, tek yıllık ve çok yıllık otsu bitkilere göre genelde daha yüksektir. Genetik çeşitlilik, evrimsel olarak gelişmiş, kendinden başka bireylerle döllen (dış döllek), uzun ömürlü ağaç türlerinde genelde yüksektir (Hamrick ve Godt, 1990). Son buzul çağında ve buzullar arası dönemlerde yer alan tarihi etkenler, yaşam tarihi karakteristiklerinden daha etkilidir. Pek çok Avrupa ülkesinin aksine Anadolu Son Buzul Çağında tamamen buzullarla kaplanmamıştır (Erinç, 1978). Bu nedenle Anadolu pek çok tür için bir çeşit buzul çağı sığınağı görevi görmüştür (Tsoumis, 1988).

Ormanların parçalanarak kesintili hale gelmesi nedeniyle, popülasyon içerisindeki genetik çeşitliliğin artması ve popülasyonlar arasında farklılaşma olması beklenen bir sonuçtur. Karaçam diğer çam türlerine kıyasla oldukça kesintili bir yayılışa sahip olduğundan popülasyonların farklılaşması beklenir. Ancak, beklenenin aksine karaçam da tipik ılıman iklim orman ağaçları gibi popülasyon içinde yüksek genetik çeşitlilik barındırmaktadır. Yüksek genetik çeşitlilik, yüzyıllar boyunca süren gen akışı ile açıklanabilir.

Genetik çeşitlilik belirleme çalışmalarında çok farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar, morfolojik belirteçler, biyokimyasal belirteçler ve moleküler belirteçler (DNA belirteçleri) olarak sınıflandırılabilir. Aşağıdaki bölümlerde bu yöntemler kullanılarak yapılan çalışmaların sonuçlarına detaylı olarak yer verilmiştir.

2.1. Morfolojik belirteçler

Orman ağaçları populasyonlarında genetik çeşitliliğin belirlenmesinde ilk olarak morfolojik karakterler kullanılmıştır. Bunlar genellikle basit kalıtıma sahip karakterlerin ölçülmesi ilkesine dayanan arazi denemeleridir. Kesintisiz çeşitlilik gösteren ve ölçülebilen morfolojik, anatomik ve fizyolojik karakterler kantitatif karakterler içinde yer alır. Kantitatif veya metrik karakterler, bir ölçü birimi ile ölçülen hacim, boy, yaşama yüzdesi, odun özellikleri gibi karakterlerdir. Moleküler çalışmalar yanında, türün sürekliliğinin sağlanması açısından; kantitatif karakterlerdeki genetik çeşitliliğin incelenmesi ve uyum (adaptasyon) bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak bu belirteçlerin bazı dezavantajları da vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz;

(1) Genetik çeşitliliğin oldukça küçük bir kısmı tespit edilebilir. Çünkü genetik çeşitliliğin büyük kısmı morfolojiye yansımamaktadır.

(2) Genotip x çevre etkileşimi nedeniyle, fenotipe yansıyan çeşitliliğin ne kadarının genetik faktörlerden ne kadarının çevresel faktörlerden kaynaklandığını tespit etmek zor olmaktadır. Bu nedenle, çevresel faktörlerin etkisini en aza indirmek için oldukça masraflı olan aynı denemelerin birden fazla alanda kurulması gerekmektedir.

(3) Bu tür çalışmalar hem uzun zaman alan hem de emek yoğun çalışmalardır.

Bununla beraber, orman ağaçlarının genetik yapılarının belirlenmesinde morfolojik belirteçler özellikle rüzgarla tozlaşan türlerin orijin ve döl denemelerinde, kontrollü çaprazlamaların takibinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu tür uyum bakımından önemli karakterlere dayalı çalışmalar bir türün populasyonları içindeki ve populasyonları arasındaki genetik çeşitliliği saptamak için oldukça etkindir (Hartl ve Clark, 1997). Son yıllarda moleküler çalışmalar yaygınlaşsa da orman ağaçlarında halen kozalak, tohum ve fidan karakterleriyle ilgili çalışmalar sürdürülmektedir (Mukherjee Roy ve ark., 2004; Gülcü ve Üçler, 2008; Ulusan ve Bilir, 2008; Rawat ve Bakshi, 2011; Kurt ve ark., 2012; Sevik, 2012; Salmela ve ark., 2013).

Ülkemizde de morfolojik belirteçlerde yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunların büyük bir kısmı bölgesel bazda yapılan çalışmalardır. Örneğin; Kaya ve Temerit tarafından 1994 yılında yapılan bir çalışmada, İç Anadolu Bölgesindeki yedi marjinal karaçam populasyonundan toplanan tohumlarla deneme tesis edilmiş ve fidan karakterleri iki yıl boyunca gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, populasyon içi genetik varyasyonun yüksek olduğu ve topoğrafik etkenlerin genetik çeşitlilik üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Benzer şekilde, Velioğlu ve arkadaşları (1999) tarafından yapılan çalışmada, Kazdağları'ndaki 7 doğal karaçam meşceresinden toplanan tohumlarla deneme kurularak fidan karakterleri çalışılmıştır. Sonuç olarak, populasyonlar arasında

belirgin farklılaşma olmadığı ancak büyüme karakterleri açısından populuslar içinde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Burdur-Ağlasun yöresindeki saf ve karışık karaçam meşcerelerindeki tohum ve fidecik özellikleri arasındaki ilişkinin saptanması ve bu özelliklerin rakım ve ağaç görünümüne göre gösterdikleri değişkenliklerin araştırıldığı başka bir çalışmada; tohum ve fidecik özellikleri arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde ilişkiler bulunamamıştır (Gülcü ve Bilir, 2000).

Çengel ve arkadaşları (2017a) tarafından yapılan çalışmada ise İç Anadolu Bölgesinde belirlenen 12 marjinal (uç) karaçam popülasyonunda fidan ve tohum karakterleri çalışılmıştır. Popülasyonların her birinden, 25'er ağaçtan kozalak toplanmış, yetiştirilen fidanlarda 2 yıl boyunca fidan karakterleri (çimlenme zamanı, kotiledon sayısı, boy, çap, tomurcuk tutma ve açma zamanı vb) gözlenmiştir. Ayrıca, tohumlar çıkartılmadan önce 25 adet kozalağın çap, boy ve ağırlıkları ölçülmüştür. Duncan test sonuçları, çalışılan fidan karakterleri bakımından popülasyonların net olarak ayrıldığını ancak bazı karakterler bakımından popülasyonların farklılaştığını doğrulamaktadır. Çalışılan fidan karakterlerinin, varyans bileşenlerine bakıldığında toplam varyasyonun %6'sının popülasyonlar arasında, % 94'ünün popülasyon içinde olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, İç Anadolu bölgesindeki marjinal karaçam popülasyonlarında genetik varyasyonun büyük oranda popülasyon içerisinde yapılandığı tespit edilmiştir. Popülasyonların bu uç yetiştirme ortamlarında yaşamlarını sürdürebilmesi için yüksek oranda popülasyon içi genetik çeşitliliğe sahip olması gerekmektedir.

Bu tür belirteçlerle yapılan araştırmalar, ıslah çalışmalarında da kullanılmaktadır. Örneğin; Kaya ve arkadaşları (2003) tarafından, karaçamda 7 popülasyondan oluşan 3 yaşındaki yarı kardeş döl denemesi ile 35 tohum meşceresinden kaynaklı dış dölleme ürünü tohumlar esas alınarak tesis edilen fidanlık deneme sonuçları odun yoğunluğu karakteri için orta düzeyde bulunan kalıtım değerleri ile erken yaşlarda odun yoğunluğuna yönelik ıslah çalışmalarının mümkün olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca bu araştırmacılar, odun yoğunluğunun, mevsimsel büyüme ve enleme ilgili olarak çalışılan popülasyon ve meşcerelerde farklılıklar gösterdiğini rapor etmektedirler.

Deligöz ve Gezer (2005) tarafından da karaçam ıslah tesislerinde benzer bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, 4 tohum meşceresi, 3 tohum bahçesi ve 4 plantasyon sahasında bazı tohum ve kozalak özellikleri (kozalak çapı, kozalak boyu, kozalak ağırlığı, tohum çapı, tohum boyu, tohum 1000 tane ağırlığı) çalışılmıştır. Araştırma sonucunda, çalışılan özellikler bakımından tohum kaynaklarının hem kendi aralarında hem de kendi içlerinde istatistiksel bakımdan farklılık olduğu ortaya çıkmış ve klonal tohum bahçelerinde bu özelliklere ilişkin ortalama değerlerin, diğer iki tohum kaynağına oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Deligöz ve Carus (2006) tarafından yapılan çalışmanın amacı, belirlenen 4 tohum meşceresinin kozalak ve tohumlarının morfolojik özelliklerine göre istatistik yöntemlerle ayrılabilir olup olmadığı ve tohum meşcerelerinin ayrımında en fazla etkiye sahip değişkenlerin belirlenmesidir. Bu çalışmada 11 adet kozalak ve tohum özelliği kullanılmış ve ayırma analiziyle %75 oranında başarı sağlandığı tespit edilmiştir. Tohum meşcerelerinin ayrımında kozalak boyu, kozalak çapı, kozalak ağırlığı, kalkan boyu, tohum boyu ve kanat boyu önemli özellikler olarak belirlenmiştir.

Verilen örneklerden de görüldüğü gibi ülkemizdeki karaçam populasyonlarında morfolojik belirteçler ya da fidan karakterleriyle ilgili pek çok çalışma yapılmaktadır. Genel olarak bu karakterle yapılan çalışmalar, populasyonlarda genetik çeşitliliğin belirlenmesi, ıslah değerlerinin tahmini gibi alanlarda halen kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu karakterlerle yapılan genetik çeşitlilik çalışmalarında, genotip x çevre etkileşiminin etkisiyle genetik çeşitlilik tespiti yeterli düzeyde yapılamamaktadır. Ancak, yine de iklim değişikliğinin de gündemimize girmesiyle bu çalışmalar yeniden hız kazanmış ve moleküler çalışmalarla kombine edilerek uygulanmaya başlanmıştır.

2.2. Biyokimyasal belirteçler

Arazi denemelerinden sonra teknolojinin de gelişmesine paralel olarak biyokimyasal belirteçler geliştirilmiştir. Bunların orman ağaçlarında tarihsel gelişimine paralel olarak en yaygın kullanılanı izoenzimlerdir. İzoenzimler bir enzimin farklı formlarıdır. Bu analizler, dokulardaki izoenzimlerin elektroforetik yöntemle izole edilmesi ve enzime özel boyalarla renklendirilmesi esasına dayanmaktadır. İzoenzimler, orman ağaçlarında populasyonların genetik çeşitliliğinin belirlenmesinde, tohum bahçelerindeki polen kirliliği ile farklı klon ve ırkların tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber, bu tekniğin adaptif varyasyonun tespit edilmesine olanak vermemesi ve çalışılacak az sayıda lokusla (40-50 adet) çalışma olanağı sağlaması gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Karaçamın izoenzim çeşitliliğine yönelik hem ülkemizde hem de Avrupada yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır (Bonnet-Masimbert ve ark., 1978; Nicolici ve Tucic, 1983; Scaltsoyannes ve ark., 1994; Silin ve Goncharenko, 1996; Aguinalgalde ve ark., 1997; Tolun ve ark., 2000; Çengel ve ark., 2000; Velioglu ve ark., 2005).

Karaçamda, Bonnet-Masimbert ve arkadaşları (1978) tarafından yapılan ilk izoenzim çalışmasında; karaçamın 4 alt türünden, 40 orijinde 163 yarım kardeş aileden toplanan tohumlarla GOT (Glutamat oksaloasetat transaminaz) enziminde çalışılmıştır. Sonuç olarak, subsp. *laricio* ve subsp. *pallasiana*'nın GOT

kompozisyonu bakımından daha homojen olduğu; subsp.*clusiana*'nın karakteristik bant yapısına sahip olduğu; "C alleli"nin yalnızca subsp. *nigricans*'da gözlemlendiği ancak subsp. *pallasiana*'da hiç gözlenmediğinden bu 2 alttürün ayırımında kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Ülkemizde karaçamla ilgili ilk izoenzim çalışmaları, GEF-Dünya Bankası hibesi ile yapılan "Bitki Genetik Çeşitliliğinin Yerinde Korunması Projesi" kapsamında yapılmıştır. Bu projede orman ağaçları için iki pilot bölge (Kazdağı ve Bolkar Dağları) belirlenmiştir. Bu iki bölgede hedef türler (karaçam, kızılçam, göknar) seçilerek bu türlerin genetik yapıları hem izo-enzimler hem de fidan karakterleri kullanılarak çalışılmıştır (Kaya ve ark., 1997). Sonuçta elde edilen veriler ışığında "Gen Koruma ve Yönetim Alanları" seçilmiş ve korumaya alınmıştır. Bu proje kapsamında yapılan çalışmalara örnek verecek olursak; Kazdağlarındaki karaçam popülasyonlarının genetik çeşitliliği Çengel ve ark., (2000) tarafından izoenzimlerle belirlenmiştir. Seçilen 7 popülasyondan toplanan tohum örnekleri 16 enzimle taranmıştır. Genetik çeşitliliğin yapılanmasına bakıldığında, toplam çeşitliliğin % 6'sının popülasyonlar arasında, %94'ünün popülasyonlar içinde olduğu tespit edilmiştir. Ancak, beklenen genetik çeşitlilik (heterozigotluk) değerlerinin gözlenen çeşitlilikten daha yüksek olduğu bulunmuştur. İkinci olarak, Tolun ve ark., (2000), Bolkar dağlarındaki 4 karaçam popülasyonundan toplanan tohum örneklerini 14 enzim sistemi kullanarak taramışlardır. Sonuç olarak, toplam genetik çeşitliliğin %7'sinin popülasyonlar arasında, % 93'ünün popülasyonlar içinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, gözlenen genetik çeşitlilik (heterozigotluk) değerlerinin beklenen çeşitlilikten daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu iki çalışma sonuçlarına göre genetik çeşitliliğin popülasyon içinde yapılanmasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Yetiştirme ortamındaki farklılıklar yani mikro habitat çeşitliliği, genetik çeşitliliğin de daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Buna karşılık habitatlardaki tek düzelik ise popülasyonların daha düşük genetik çeşitlilik ihtiva ettiğini göstermektedir.

2.3. Moleküler belirteçler

DNA (Deoksiribo Nükleik Asit) genetik materyali yani kalıtsal bilgiyi taşıdığı için DNA ya da moleküler belirteçler gerçek genetik belirteçlerdir. Moleküler ya da DNA belirteçleri DNA üzerinde bir nokta ya da bir bölgeyi tanımlarlar. Bu belirteçler, genelde DNA'nın kodlanmayan bölgelerinde olduğu için uyumla ilgili bilgi üretmezler. Bununla beraber, son yıllarda kodlanan gen bölgeleri tabanlı geliştirilen bazı genetik belirteçler (SNP-tek nükleotid polimorfizmi) yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, genetik uyum bakımından nötr olan belirteçler ormancılık genetiği çalışmalarında pek çok avantaja sahip-

tir. İlk olarak, fidan karakterleri ya da izoenzimlerin aksine oldukça çok sayıda moleküler belirteç üretilebilmektedir. İkincisi, bu belirteçler doku tipinden ya da ağacın gelişim evresinden etkilenmemektedirler.

Son 40 yılda ise moleküler belirteçlerin ormancılık genetiği çalışmalarında yaygınlaşmasıyla pek çok orman ağacında moleküler belirteçlerle genetik çeşitlilik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde de, Anadolu karaçamının genetik çeşitliliğini konu alan çalışmalar yapılmış olup, bunlardan ilki Kaya ve Neale (1993)'ın karaçamda rastgele üretilen polimorfik DNA (RAPD) belirteçlerinin kullanılabilirliğini test ettikleri çalışmadır. Sonrasında, pek çok araştırmacı farklı moleküler belirteçler kullanarak karaçam populasyonlarında çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bunlara örnek verecek olursak; Velioğlu ve ark. tarafından 2005 yılında gerçekleştirilen çalışma, araştırmanın uygulama çalışmalarında kullanılmasına örnek teşkil etmektedir. Kırklareli-Kasatura Körfezi Tabiatı Koruma Alanında geçmiş yıllarda yapılan bir ağaçlandırmanın orijini tespit edilmesi amacıyla, hem konu olan ağaçlandırma alanı hem de bölgedeki muhtemel kaynak populasyonlar RAPD belirteçleri ve izoenzimler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Kırklareli Kasatura Körfezi Tabiatı Koruma Alanındaki karaçam populasyonlarında (doğal meşcere ve ağaçlandırma alanı) bulunan genetik çeşitliliğin miktar ve yapılanmasının RAPD belirteçleriyle analizi sonucunda genetik çeşitliliğin % 96'sının populasyon içinde olduğu görülmüştür. Kendinden başka bireylerle döllenme (negatif F_{IT} değeri) ve iki populasyon arasındaki gen akışının (Nm) yüksek olması dışarıdan döllenme olayının fazlalığını yani ağaçlandırmadan doğal popülasyona olan gen akışının yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Kasatura populasyonları halihazırda verileri bulunan Dursunbey, Daren, Burhandag, Balıköy populasyonlarıyla karşılaştırıldığında ağaçlandırmanın büyük ihtimalle bu 4 popülasyondan olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmanın Trakya'daki karaçam populasyonları ile tekrarlanması yerinde olacaktır.

Yine moleküler belirteçler kullanılarak yapılan bir başka çalışmada, doğal meşcerelerdeki genetik yapının ne kadarının tohum bahçeleri ve ağaçlandırmalara aktarıldığının tespit edilmesi hedeflenmiştir (Çengel ve ark., 2012). Bu çalışmada, karaçamın doğal meşcerelerinde (tohum meşcerelerinde), bu meşcerelerden alınan materyalle (aşılı fidanlarla) kurulan tohum bahçelerinde ve yine aynı meşcerelerden toplanan tohumlarla kurulan ağaçlandırmalarda bulunan genetik çeşitlilik RAPD belirteçleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, genetik çeşitliliğin %94'ünün populasyonlar içinde ve %6'sının da populasyonlar arasında yapıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tohum bahçelerinde ve plantasyonlarda, tohum bahçelerine kıyasla genetik çeşitlilikte bir azalma olmadığı görülmüştür. Bu sonuç da, tohum bahçesi kurarken kullanılan plus ağaç seçiminin etkin yapıldığı ve plus ağaç sayısının (25-38) genetik çeşitliliği doğal meşcerelerden tohum bahçesine aktarma konusunda yeterli olduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde; Çengel ve ark. (2017b) tarafından yapılan çalışmada, Anadolu karaçamının İç Anadolu Bölgesinde marjinal (uç) yayılış gösteren popülasyonlarının genetik yapıları SSR (mikrosatellit) belirteçleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, İç Anadolu Bölgesinden 15 marjinal karaçam popülasyonu ile optimum yayılış bölgesinden dört doğal karaçam popülasyonu (kontrol) seçilmiştir. Belirlenen 19 popülasyondan 475 ağaçtan örnek toplanarak popülasyonlar 8 SSR (mikrosatellit) belirteciyle taranmıştır. Kontrol popülasyonları ile marjinal popülasyonlar gruplanıp genetik çeşitlilik parametreleri karşılaştırıldığında allel sayıları ve heterozigotluk değerlerinin marjinal popülasyonlarda, kontrol grubuna göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Genetik çeşitliliğin göstergesi olan gözlenen heterozigotluk değeri kontrol grubunda 0,25 iken marjinal popülasyon grubunda 0,19 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre marjinal popülasyonların genetik çeşitliliği çok az bir düşüşle koruduğu söylenebilir. Moleküler Varyans Analizi (AMOVA) sonuçlarına göre marjinal popülasyonlar ve kontrol popülasyonları arasındaki genetik varyasyon toplam varyasyonun %8'dir. İki grup arasındaki varyasyon değeri çok yüksek olmayıp gen akışının genetik kaymaya sebep olmayacak seviyede olduğunu göstermektedir. Ayrıca, popülasyonların %6 oranında farklılaştıkları tespit edilmiştir. Genetik çeşitliliğin % 94'ü popülasyon içinde aileler arasında yapılanmıştır. Bu iki çalışmanın sonuçları birlikte yorumlanarak yeni gen koruma ormanları (GKO) seçilmiş ve koruma altına alınmıştır.

Aygün (2018) tarafından yapılan çalışmada, bu kez 4 adet Anadolu karaçamı popülasyonunun genetik yapısı 3 farklı yaşam evresinde (tohum, fidan ve olgunluk) SSR (mikrosatellit) belirteçleri kullanılarak çalışılmıştır. Bunun sonucunda heterozigotluk değerlerinin beklenenden düşük ve genetik farklılaşmanın yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, doğal seçim ve uyumun bu popülasyonların farklı evrelerine nasıl etki ettiği de saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tohumdan olgunluk çağına doğru genetik çeşitlilik değerleri doğal seçimle birlikte gitgide azalmaktadır.

Moleküler belirteçler aynı zamanda filogeni - evrimsel akrabalıkların tespitinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin; Gülsoy ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, karaçamın genel kabul gören 4 varyetesi [var. *pallasiana*, var. *pallasiana*, var. *fastigiata*, var. *şeneriana*] örneklenmiş, hem megagametofit hem de ibrelerden elde edilen DNA örnekleri 3 kloroplast DNA bölgesi (*trnL*, *trnL-F* ve *trnV*) kullanılarak evrimsel ayrışma açısından incelenmiştir. Ayrıca elde edilen veriler diğer *Pinus* türleriyle de karşılaştırılmıştır. Toplam 71 ağaçtan elde edilen DNA dizileri karşılaştırıldığında; *trnL* ve *trnV* bölgelerinin varyeteler arasında korunduğu, ancak *trnL-F* bölgesinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Ayrıca, var. *şeneriana*'nın bir noktasal mutasyonla farklılaştığı sonucuna varılmıştır.

Avrupa'da farklı ülkelerde karaçam popülasyonlarında yapılan çalışmalara

göz atacak olursak; örneğin Naydenov ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada, Bulgaristan'daki karaçam populasyonlarındaki genetik çeşitlilik, kloroplast-SSR ve terpen analizleri ile belirlenmiştir. Çalışılan dokuz populasyon, üç SSR primeriyle taranmış ve populasyonlar arasında belirgin farklılaşma tespit edilmiştir.

Afzal-Rafii ve Dodd (2007), Batı Avrupadaki parçalanmış karaçam populasyonlarının son buzul devrinde şu anki konumlarında sağ kaldıklarını ispatlamak için 10 kloroplast SSR primeri kullanarak populasyonların genetik yapılarını belirlemişlerdir. Ayrıca, önceden belirlenen altı bölge, biyo-coğrafik analizlerle de doğrulanmış, iki tanesi çok belirgin olmak üzere beş coğrafik bariyer tespit edilmiş; Batı Avrupadaki parçalanmış karaçam populasyonlarının Son Buzul Devrinde de var olduğu iddiası doğrulanmıştır.

Jaramillo-Correa ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, Güney İspanya ve Fas'ta (Cebelitarık Boğazı'nın karşılıklı kıyıları), *Pinus nigra*'nın da aralarında olduğu beş ibreli taksonunun genetik yapıları araştırılmıştır. Karaçamda dört mitokondri DNA (mtDNA) ile altı kloroplast DNA (cpDNA) belirteci kullanılarak yapılan analizler sonucunda, mtDNA varyasyonunun ($G_{ST}:0,828$), cpDNA varyasyonundan ($G_{ST}:0,036$) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak, iki tip belirteçte de Fas'taki populasyonun İspanya populasyonlarından ciddi oranda farklılaştığı belirlenmiştir.

Giovannelli ve ark. (2017) tarafından yapılan karaçamdaki ilk nSSR (çekirdek DNA tabanlı mikrosatellit) çalışmasında tür için nSSR primerleri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Türe özel primerler tasarlanarak hem SSR belirteçlerinin kullanılabilirliği araştırılmış hem de türün taksonomik durumunun aydınlatılması hedeflenmiştir. Sonuç olarak, 14 adet polimorfik nSSR primeri tespit edilmiştir. Bu primerler, Fransadaki bir karaçam denemesinde bulunan 4 alt türe ait 9 orijinden alınan ibre örneklerinde denenmiş ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Scotti-Saintagne ve ark. tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada; tarihsel habitat parçalanmasının genetik çeşitliliğe ve farklılaşmaya olan etkisi araştırılmıştır. "Geniş ama kesikli coğrafik yayılışa sahip karaçamın durumunu hangi Pleistosen olayı açıklayabilir?" sorusuyla Avrupadaki tüm yayılış alanı örneklenmiş ve farklı belirteç tipleri nSSR, cpSSR, aday genler, matK, rblc, trn, nad vb. kullanılarak populasyonlar taranmıştır. Sonuç olarak 7 genetik hat (lineage) tespit edilmiş ve karaçamın 5 alt tür içeren taksonomik yapısının yeniden gözden geçirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Dias ve ark. (2020) Portekiz'deki karaçam populasyonlarının (tamamı plantasyon) orjinini saptamak için yaptıkları çalışmada, Avrupa populasyonlarından da örnekler kullanmışlardır. Mikrosatellit belirteçleri (14 primer) kullandıkları bu çalışmada sonuç olarak, genetik varyasyonun %5'inin populasyonlar arasında, %95'ininse populasyonlar içinde yapılandığı tespit

edilmiştir. Çalışılan populasyonlar, genetik uzaklık olarak iki gruba ayrılmış; bu nedenle tohum kaynağının 2 ayrı orjinden geldiği yorumu yapılmıştır. Kullanılan tohum kaynaklarının orijinlerinin belirlenmesinde kullanılabilceği gösterilmiştir.

Olsson ve ark. (2020) tarafından yapılan en son çalışmada, karaçamın evrimsel dinamiğine dair yeni veriler sunulmuştur. Karaçam için ilk kez olası genler ve SNP'ler (Tek nükleotid (baz) polimorfizmi-Single Nucleotide Polymorphisms) belirlenmiştir. Bunun için Fransa'da kurulu bulunan bir deneme sahasından karaçamın tüm yayılışını ve alt-türlerini temsil eden 6 orjinden örnekler kullanılmıştır. Yaklaşık 2200 adet tek-kopya, ortolog gen ile 405624 adet polimorfik SNP tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, çalışılan *P. nigra* populasyonları iki grupta toplanmış; *Pinus nigra* subsp. *laricio* ve subsp. *salzmannii* populasyonları batı grubunda; subsp. *nigra* ve subsp. *pallasiana* (hem Kırım hem Türkiye populasyonu) ise doğu grubunda yer almıştır. Elde edilen sonuçlar, hem coğrafik ayrımı hem de bazı araştırmacıların önerdiği 2 alttür teorisini de destekler niteliktedir.

3. Sonuç ve Öneriler

Ormanlar üzerindeki insan baskısı gittikçe arttığı için ormanların sürdürülebilir kullanımı ve korunması 21. yüzyılın en büyük problemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yüzyılda çevresel açıdan tahmin edilemeyecek boyutlarda değişimler olacağı beklenmekte ayrıca iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik alanında yapılan uluslararası sözleşmelerin de ülkelerarası politik anlaşmazlıklar nedeni ile ormanların korunması için yeterli olamayacağı tahmin edilmektedir.

Karaçamın sistematigi konusuna ilişkin tartışmalar devam etmektedir. Bu tartışmanın kısa sürede karaçamın zenginliğini koruyacak şekilde sonuçlandırılması yararlı olacaktır. Bununla beraber, yayılış ve ekonomik olarak önemli olan *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*'da genetik uyum için önemli olan fidan karakterleri, odun yoğunluğu ve genetik çeşitlilik parametrelerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların önemli bulgularının olduğu görülmektedir. Mevcut genetik bilgiler ışığında beklenen iklim değişikliği senaryoları da dikkate alınarak karaçamın özel yetiştirme ortamlarındaki populasyonlarının (özellikle uç populasyonların) ve genetik çeşitliliğinin belirlenmesi, korunması ve etkin kullanılması (ıslah çalışmaları) yönündeki araştırmaların ve faaliyetlerin sürdürülmesi ülke ormancılığı açısından son derece önemlidir. Karaçamda, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından yürütülen ıslah çalışmaları kapsamında hali hazırda 71 adet tohum meşçeresi ve 42 adet karaçam gen koruma ormanı seçilmiştir. Bu alanlar *in situ* yani yerinde koruma

alanı olarak da işlev görmektedir. Tesis edilen 55 adet karaçam tohum bahçesi de hem *ex situ* koruma alanı olarak hem de ıslah çalışmalarının gereksinimlerine hizmet vermektedir. Bu alanların karaçamın tüm yayılış alanını ve marjinal populasyonlarını da kapsayacak şekilde artırılması ve koruma çalışmalarına ağırlık verilmesi yerinde olacaktır.

Karaçam, orman ağaçlarımız arasında büyük öneme sahip olduğundan, doğal populasyonları, tohum bahçeleri ve ağaçlandırmalarıyla ilgili olarak altlık oluşturacak pek çok genetik çeşitlilik çalışması sonuçları mevcuttur. Ancak, iklim değişikliğinin etkilerine yönelik bilgi üretmek için, önümüzdeki yıllarda özellikle uzun süreli karaçam genetik uyum denemeleri (orijin denemeleri, döl denemeleri, gelecekteki oluşacak veya kaybolacak karaçam yayılış bölgeleri için genetik denemeler) tesis edilmesine yönelik çalışmalara ağırlık verilmelidir.

Kaynaklar

- Afzal-Rafii, Z., Dodd, R. S., 2007. Chloroplast DNA Supports a Hypothesis of Glacial Refugia over Postglacial Recolonization in Disjunct Populations of Black Pine (*Pinus nigra*) in Western Europe. *Molecular Ecology*, 16(4): 723–736.
- Aguinagalde, I., Liorente, F., Benito, C., 1997. Relationships among Five Populations of European Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) Using Morphometric and Isozyme Markers. *Silvae Genetica*, 46: 1-5.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* Lamb.)'nın Coğrafik Varyasyonları. İstanbul Üniversitesi Basılmamış Doktora Tezi, Danışman; Suad Ürgenç, 170 sayfa, İstanbul.
- Anonim, 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Ormancılık İstatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>
- Arbez, M., Bernard-Dagan, C., Filion, C., 1974. Intraspecific Variability of *Pinus nigra* Monoterpenes-Analyses of First Results. *Ann. Sci.For.*, 31: 57-70.
- Aygün, S., 2018. Genetic Composition of Four Marginally Located Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Populations Determined by SSR Markers. METU Masters Thesis Department of Biological Sciences, Supervisor: Zeki Kaya, 67 pages, Ankara.
- Bonnet-Masimbert, M., Bikay-Bikay, V., Capelli, P., 1978. Variabilite Intraspecificque des Isozymes de la Glutamate Oxaloacetate Transaminase Chez *Pinus nigra* Arnold. *Silvae Genetica* 27:71-79.
- Critchfield, B., Little, E. L., 1966. *Geographic Distribution of the Pines in the World*. USDA For. Service., Misc. Publ. No: 991, 97p.
- Çengel, B., Tayanç, Y., Kandemir, G., Velioglu, E., Alan, M., Kaya, Z., 2012. Magnitude and Efficiency of Genetic Diversity Captured from Seed Standards of *Pinus nigra* (Arnold) subsp. *pallasiana* in Established Seed Orchards

and Plantations. *New Forest*, 43: 303–317.

- Çengel, B., Tayanç, Y., Kandemir, G., Kaplan, S., Kaya, Z., 2017a. Karaçamın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) İç Anadolu Bölgesindeki Marjinal Populasyonlarında Kantitatif Karakterlerin Çeşitliliği. OGM Proje Sonuç Raporu.
- Çengel, B., Tayanç, Y., Kandemir, G., Velioglu, E., Kaya, Z., 2017b. Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) İç Anadolu Bölgesindeki Marjinal Populasyonlarının Genetik Yapılarının Belirlenmesi ve Koruma Stratejilerinin Geliştirilmesi. OGM Proje Sonuç Raporu.
- Çengel, B., Velioglu, E., Tolun, A. A., Kaya, Z., 2000. Pattern and Magnitude of Genetic Diversity in *Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana* Populations from Kazdağı. *Silvae Genetica*, 49: 246–259.
- Deligöz, A., Carus, S., 2006. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Tohum Meşcerelerinin Bazı Kozalak ve Tohum Özelliklerine Göre Ayrılmasının İstatistik Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 13-22.
- Deligöz, A., Gezer, A., 2005. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]'nın Bazı Tohum Meşcereleri, Klonal Tohum Bahçeleri ve Plantasyonlarında Kozalak ve Tohum Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A: 1-16.
- Dias, A., Giovannelli, G., Fady, B., Spanu, I., Vendramin, G., Bagnoli, F., Carvalho, A., Silva, A. E., Lima-Brito, J., Lousada, J. L., Gaspar, M. J., 2020. Portuguese *Pinus nigra* J.F. Arnold Populations: Genetic Diversity, Structure and Relationships Inferred by SSR Markers. *Annals of Forest Science*, 77: 64.
- Economou, A., 1990. Growth Intercept as an Indicator of Site Quality for Planted and Natural Stands of *Pinus nigra* var *pallasiana* in Greece. *Forest Ecol. Manag.*, 32: 103-115.
- Erinç, S., 1978. Changes in the Physical Environment in Turkey since the end of the Last Glacial. In: W.C Brice (Editor) *The environmental History of the Near and Middle East since the Last Ice Age*. Academic Press, London.
- Giovannelli, G., Roig, A., Spanu, I., Vendramin, G.G., Fady, B., 2017. A New Set of Nuclear Microsatellites for an Ecologically and Economically Important Conifer: the European Black Pine (*Pinus nigra* Arn.). *Plant Mol Biol Rep.*, 35: 379-388.
- Gülcü, S., Bilir, N., 2000. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) ve Kızılcçam (*Pinus brutia* Ten.) Karışık ve Saf Meşcerelerinde Tohum ve Fidecik Morfogenetik Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A: 65-74.
- Gülcü, S. and Üçler, A. Ö., 2008. Genetic Variation of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) in the Lakes District of Turkey. *Silvae Genetica* 57 (1): 1-5.
- Gülsoy, A. D., Gülsoy, A. M., Çengel, B., Kaya, Z., 2014. The Evolutionary Divergence of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and its Varieties Based on Non-

coding trn Regions of Chloroplast Genome. *Turkish Journal of Botany*, 38: 627-636.

- Hamrick, J. L., Godt, M. J. W., 1990. Allozyme Diversity in Plant Species. In: Brown, A. H. D., Clegg, M. T., Kahler, A. L., Weir, B. S. (Editor) *Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources*, Sinauer Associates, pp: 43-63, Sunderland, Massachusetts.
- Hartl, D. L., Clark, A. G., 1997. *Principles of Population Genetics*. 3rd Ed. Sinauer Associates, 542 p., Sunderland, Massachusetts.
- Isajev, V., Fady, B., Semerci, H., Andonovski, V., 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and use for European Black Pine (*Pinus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, 6 p., Roma.
- Işık, K., 1990. Seasonal Course of Height and Needle Growth in *Pinus nigra* Grown in Summer-Dry Central Anatolia. *Forest Ecol. Manag.*, 32: 103-115.
- Jaramillo-Correa, J. P., Grivet, D., Terrab, A., Kurt, Y., De-Lucas, A. I., Wahid, N., Vendramin, G. G., Gonzalez-Martinez, S. C., 2010. The Strait of Gibraltar as a Major Biogeographic Barrier in Mediterranean Conifers: a Comparative Phylogeographic Survey. *Molecular Ecology*, 19: 5452-5468.
- Kaya, Z., Ching, K. K., Stafford, S. G., 1985. A Statistical Analysis of European Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) from Different Sources. *Silvae Genetica*, 34: 148-156.
- Kaya, Z., Neale, D. B., 1993. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Polymorphisms in *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus brutia*. *Doğal Tr J. of Agriculture and Forestry*, 17: 295-306.
- Kaya, Z., Kün, E., Güner, A., 1997. Bitki Genetik Çeşitliliğinin Yerinde Korunması Ulusal Planı. Milli Eğitim Basımevi, 123 sayfa, İstanbul.
- Kaya, Z., Steel, F., Temerit, A., Vurdu, H., 2003. Genetic Variation in Wood Specific Gravity of half-sib Families of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Tested at the Juvenile Stage: Implications for Early Selection. *Silvae Genetica*, 52: 153-158.
- Kaya, Z., Temerit, A., 1994. Genetic Structure of Marginally Located *Pinus nigra* var. *pallasiana* Populations in Central Turkey. *Silvae Genetica*, 34: 148-156.
- Koski, V., Antola, J., 1993. National Tree Breeding and Seed Production Programme for Turkey: 1994-2003. Prepared in Cooperation with Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding. ENSO Forest Development OY LTD.
- Kurt, Y., Gonzalez-Martinez, S. C., Alia, R., Işık, K., 2012. Genetic Differentiation in *Pinus brutia* Ten. Using Molecular Markers and Quantitative Traits: the Role of Altitude. *Ann. For. Sci.*, 69: 34345-34351.
- Matziris, D. I., 1989. Variation in Growth and Branching Characters in Black Pine (*Pinus nigra*) of Peloponnesos. *Silvae Genetica*, 38: 77-81.
- Mukherjee Roy, S., Thapliyal, R. C., Phartyal, S. S., 2004. Seed Source Variation in Cone, Seed and Seedling Characteristic Across the Natural Distribution of Himalayan Low Level Pine *Pinus roxburghii* Sarg. *Silvae Genetica*, 53 (3): 116-123.

- Naydenov K. D., Tremblay F. M., Fenton N. J., Alexandrov A., 2006. Structure of *Pinus nigra* Arn. Populations in Bulgaria Revealed by Chloroplast Microsatellites and Terpenes Analysis: Provenance Tests. *Biochem. Syst. Ecol.*, 34: 562-574.
- Nicolic, D., Tucic, N., 1983. Isoenzyme Variation within and among Populations of European Black Pine. *Silvae Genetica*, 32 (3-4): 80-89.
- Olsson, S., Grivet, D., Cattonaro, F., Vendramin, V., Giovannelli, G., Scotti-Saintagne, C., Vendramin, G. G., Fady, B., 2020. Evolutionary Relevance of Lineages in the European Black Pine (*Pinus nigra*) in the Transcriptomic Era. *Tree Genetics & Genomes*. 16. 10.1007/s11295-020-1424-8.
- Portfaix, C., 1989. Exploration of Genetic Variability of 5 Natural Stands of Corsican Pine (*Pinus nigra* ssp. *laricio* var. *corsicana*). *Ann. Sci. For.*, 46: 217-232.
- Rawat, K. and Bakshi, M., 2011. Provenance Variation in Cone, Seed and Seedling Characteristics in Natural Populations of *Pinus wallichiana* in India. *Ann. For.Res.*, 54(1): 39-55.
- Read, A. R., 1976. Austrian (European Black) Pine in Eastern Nebraska Provenance Study. USDA For Serv. RM-Range and Experiment Station, Res. Pap. (Fort Collins) RM #180, 8p.
- Röhrig, E., 1966. European Black Pine and Forms Part II. First Results from Provenance Experiments. *Silvae Genetica*, 15: 21-26.
- Salmela, M. J., Cavers, S., Cotrell, J.E., Iason, G. R., Ennos, R. A., 2013. Spring Phenology Shows Genetic Variation among and within Populations in Seedlings of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Scottish Highlands. *Plant Ecology & Diversity*, 6 (3-4): 523-536.
- Scaltsoyiannes, A., Rohr, R., Panetsos, K. P., Tsaktsira, M., 1994. Allozyme Frequency Distribution in Five European Populations of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold). *Silvae Genetica*, 43: 20-30.
- Scotti-Saintagne, C., Giovannelli, G., Scotti, I., Roig, A., Spanu, I., Vendramin, G. G., Guibal, F., Fady, B., 2019. Recent, Late Pleistocene Fragmentation Shaped the Phylogeographic Structure of the European Black Pine (*Pinus nigra* Arnold). *Tree Genetics and Genomes*, 15(5). DOI: 10.1007/s11295-019-1381-2.
- Sevik, H., 2012. Variation in Seedling Morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana*). *African Journal of Biotechnology*, 11(23): 6389-6395.
- Silin, A. E., Goncharenko, G. G., 1996. Allozyme Variation in Natural Populations of Eurasian Pines: IV. Population Structure and Genetic Variation in Geographically Isolated Populations of *Pinus nigra* Arnold on the Crimean Peninsula. *Silvae Genetica*, 45: 67-75.
- Tolun, A. A., Velioğlu, E., Çengel, B., Kaya, Z., 2000. Genetic Structure of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana*) Populations Sampled from the Bolkar Mountains. *Silvae Genetica*, 49 (3): 113-119.

- Tsoumis, G., 1988. The Depletion of Forests in the Mediterranean Region: A Historical Review from Ancient Times to the Present. *Scientific annals of the Dept. of Forestry and Natural Env. Aristotelian Univ. of Thessaloniki*, 28:281-301.
- Ulusan, M. D., Bilir, N., 2008. Broad-sense Heritability for Seedling Characters and its Importance for Breeding in Scots Pine. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi)*, 3(2): 133-138.
- Velioğlu, E., Çengel, B., Kaya, Z., 1999. Kazdağları Doğal Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana*) Populasyonlarında Genetik Çeşitliliğin Yapılanması. OATIAM Teknik Bülten Nu:1, 30 sayfa, Ankara.
- Velioğlu, E., Çengel, B., İçgen, Y., Kandemir, G., Kaya, Z., 2005. Kırklareli-Kasatura Körfezi Tabiatı Koruma Alanında Bulunan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Populasyonlarının Genetik Yapısının Moleküler Belirteçler Yardımıyla Belirlenmesi. OATIAM, Teknik Bülten Nu:15, 50 sf, Ankara.
- Vidakovic, M., 1974. Genetics of European Black Pine (*Pinus nigra* Arnold). *Annales Forestales*, 6(3): 57-86.
- Wheeler, N. C., Kriebel, H. B., Lee, C. H., Read, R. A., Wright, J. W. 1976. 15-year Performance of European Black Pine Provenance Test in North Central U. S. *Silvae Genetica*, 25:1-6.
- Wilcox, M. D., Miller J. T., 1975. *Pinus nigra* Provenance Variation and Selection in New Zealand. *Silvae Genetica*, 24: 132-143.



KARAÇAM EKOLOJİSİ



Kartal Gölü, 2010
Orhan SEVGİ

4

KARAÇAM ORMANLARININ YAYILIŞI

1. Giriş

Akdeniz havzasının önemli ağaç türlerinin başında karaçam gelmektedir. Akdenize kıyısı olan ülkeler başta olmak üzere, Avrupa'nın iç kesimlerine doğru yayılan karaçam diğer kıtalarda bulunan ülkelerde de ağaçlandırmalarda denenmiştir. Bunun en bariz örneği Yeni Zelanda karaçam ağaçlandırmalarıdır (Cown, 1972). Dolayısıyla, karaçam, ağaçlandırmalar yoluyla Akdeniz havzasının ağacı olmanın yanı sıra dünya ormancılığının da gelecek için denenmiş ağaç türlerinden biridir.

Türkiye'de yaklaşık 190 ağaç türü doğal olarak yayılış yapmaktadır (Ak-kemik, 2020). Bu ağaç türlerinden *Pinus* cinsine ait olanlar kızılçam, karaçam, sarıçam, fıstık çamı ve Halep çamıdır. Çam türlerinin yayılış alanlarında ormancılık faaliyetleri yoğun olarak yapılmakta ve orman endüstrisinin hammadde ihtiyacının önemli bir kısmı buradan karşılanmaktadır. Çam türleri içinde karaçam Türkiye ormancılığında önemli bir yer tutmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Örneğin Türkiye'deki ağaçlandırmaların önemli kısmı karaçamlarla yapılmaktadır (Konukcu, 2001); dolayısıyla karaçam ormanlarının yayılışının bilinmesi hem türün ekolojisine hem de söz konusu ormanların sürdürülebilir yönetimine yönelik yaklaşımların oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Karaçamın yayılış bilgileri kapsamında sistematik ve silvikültür kitaplarında genellikle yatay ve düşey yayılışları verilmektedir (Yaltırık, 1993; Saatçioğlu, 1976). Bu çalışmada da karaçamın yayılışıyla ilgili bilgiler değerlendirilmiş ve yayılış bilgileri hem dünya hem de ülke ölçeğinde verilmiştir. Türün yayılışı, doğal ve ağaçlandırma şeklinde gruplandırılmıştır. Çünkü ağaçlandırmaların bir kısmı türün doğal yayılışı dışında yapıldığından türün doğal yayılışlarından ayrılarak verilmiştir. Karaçamın yatay yayılışının yanısıra, düşey yayılışı, üzerinde orman kurduğu anakayalar ve farklı iklim tiplerine göre yayılışı verilmiş ve değerlendirilmiştir.

¹ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: osevgi@iuc.edu.tr

² Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: yilmazy@istanbul.edu.tr

2. Karaçamın Dünyadaki Yayılışı

2.1. Doğal yayılışı

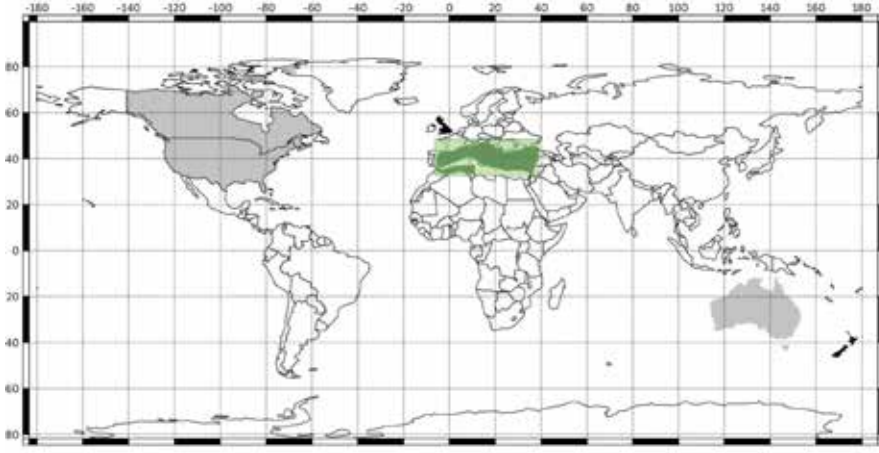
Karaçam türünün dünyadaki yayılışı ile ilgili bilgiler ormancılık eğitiminde ayrıntılı olarak Berker (1945)'ten bu yana uzun zamandır verilmektedir. Günümüzde ise karaçamın doğal yayıldığı alanlar alttırlere göre verilmektedir. Karaçam türü Akdeniz havzasının dağlık kesimlerinde yer almakta ve en geniş yayılışını Türkiye'de yapmaktadır (Bussotti, 2002). Karaçamın doğal yayılış yaptığı ve doğal yayılışının dışında ağaçlandırmalarının yapıldığı ülkeler Harita 1'de sunulmuştur.

Karaçamın alt türlerinin yayılışları incelendiğinde söz konusu taksonların bazı ülkelerde yayılışları iç içe geçmekle birlikte alt türlerin yayılış alanları birbirinden ayrılmaktadır. *Pinus nigra* subsp. *nigra* Arnold alt türü güneydoğu Avusturya özellikle Karavankas masifinde, orta İtalya'da (Abruzzo) ve kuzeydoğu İtalya'da (Friuli) bulunmaktadır (Bussotti, 2002). *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (Anadolu karaçamı) alt türü Bulgaristan'da Balkan Dağları ve Rodoplar'da (600 m) 800 ile 1300-1500 m arasında genel yayılış, uç değerlerle birlikte 400 m ile 1800 m arasında 37.500 ha doğal ormanı bulunmaktadır (Tzonev ve ark., 2018). *Pinus nigra* subsp. *dalmatica* (Vis) Franco alt türü Hırvatistan'da Braç, Hvar ve Korçula adaları ve Pelješac yarımadasında bulunmaktadır (Farjon, 2019).

Pinus nigra subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco alt türü Fransa'da Pirene ve Cevennes dağlarında (Bussotti, 2002), orta ve doğu İspanya'da (Bussotti, 2002) ve İspanya'nın kuzeyden güneye "Tortosa", "Teruel", "Serranía de Cuenca" ve "Sierra de Cazorla" bölgelerinde bulunmaktadır (Martin- Benito ve ark., 2010). *Pinus nigra* subsp. *laricio* Maire alt türü İtalya'da orta ve güney İtalya, Korsika, Sicilya, Calabria ve Toskana'da Pisan Dağları'nda yayılış göstermektedir (Bussotti, 2002). *Pinus nigra* subsp. *mauretanic*a (Maire ve Peyerimh.) Heywood alt türü Cezayir'in Kabilliye Bölgesinde (Djurdjura) sıradağlarda ve Fas batı Rif'te bulunmaktadır (Bussoti, 2002). Karaçam türünün Kırım (Ukrayna), Kıbrıs adası (Streets, 1959), Yunanistan, Macaristan, Makendonya, Romanya, Slovenya (Diaci ve ark., 2019), Sırbistan, Türkiye ve Suriye'de yayılış yaptığı belirtilmektedir (Yaltırık, 1993; Bussoti, 2002).

Doğal karaçam orman alanlarıyla ilgili bazı veriler ise Korsika'da 22.000 ha, Güney İtalya'da (Calabria) 50.000 ha, Avusturya'da 80.000 ha, İspanya'da 400.000 ha olarak verilmektedir (Bussoti, 2002). Ayrıca aynı yayında Türkiye'de karaçam alanlarının yayılışının 1.000.000 ha üzerinde olduğu belirtilmiştir (Bussoti, 2002). Karaçam doğal ormanları Avrupa'da geniş alanlarda bulunmakla birlikte en fazla yayılışı Türkiye'de yapmaktadır (Enescu ve ark., 2016). Karaçam ormanlarının dünya üzerindeki doğal yayılışı 35–48 kuzey enlemleri

ve 5 batı boylamı ile 39 doğu boylamı arasındadır (Harita 1). Karaçam ormanlarının ağaçlandırmalar yoluyla farklı coğrafyalarda yayılışı genişlemiştir.



Harita 1. Karaçamın yayılış yaptığı ülkeler¹ (yeşil alan doğal, siyah yoğun ağaçlandırma ve gri düşük ağaçlandırma).

2.2. Ağaçlandırma

Karaçam doğal yayılış alanlarının dışında dünyanın çeşitli ülkelerinde ağaçlandırmalarda kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde çok uzun zamandan beri karaçam ağaçlandırmaları bulunmakta ve doğallaşmış bir tür olduğuna yönelik tartışmalar yapılmaktadır (Bussotti, 2002; Gulezian ve Neyberg, 2011). Karaçam'ın kendi doğal ortamı dışında ağaçlandırmalarda kullanıldığı ülkeler; Belçika, Almanya, İrlanda, Finlandiya ve Güney Afrika olarak sayılabilir (Bussotti, 2002). İngiltere'de 1979 yılında 47.251 ha karaçam ağaçlandırması bulunmaktadır (Kerr, 2000). Yeni Zelanda'da 1971 yılı itibarıyla 29.600 ha ile ülkenin ekzotik tür ağaçlandırmalarının %10'unu karaçam ağaçlandırmaları oluşturmaktadır (Cown, 1972). Hatta bazı yayınlara göre karaçamın Avusturalya'da ağaçlandırılmış küçük grupları bulunmaktadır (Richardson ve ark., 1994).

Karaçamın doğal yayıldığı ülkelerde de ağaçlandırmaları yapılmıştır. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının alanı 2001 yılında 0,5 milyon hektarı geçmiştir (Konukçu, 2001: 98). Bulgaristan'da doğal alanların yaklaşık 7 katı karaçam ağaçlandırması (272.000 ha) bulunmaktadır (Tzonev ve ark., 2018). Macaristan'da ise karaçam ağaçlandırma alanlarının 67.167 ha olduğu belirtilmiştir (Cseresnyés ve Tamás, 2014). İtalya'da karaçam ağaçlandırması çok geniş alanlar tutmaktadır (Marchi ve ark., 2020). Slovenya'nın Karst bölgesinde 16.000 ha karaçam ağaçlandırması yapılmıştır (Diaci ve ark., 2019).

¹⁾ Harita 1'in yapımında Bussotti, 2002, Isajev ve ark., 2003 ve Enuscu, 2016'da kaynaklarında bulunan haritalardan¹ yayılış bilgilerinden ve ülkelerin ağaçlandırma bilgileri kullanılarak yapılmıştır.

3. Karaçamın Türkiye'deki Yayılışı

Karaçam ormanlarının çeşitli tarihlerde verilen alan miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Değerler arasında görülen farklılıkların nedenleri tam olarak bilinmemektedir. Orman alanları verilerinin meşcerelerin hakim ağacına göre verilmiş olması dolayısıyla orman bakımlarıyla meşcerelerde karaçamın hakimiyeti azaltılmış olabilir. Bazı karaçam ağaçlandırma alanlarında tür değişimine gidilmesi alan farklılığı yaratabilir. Türkiye'de orman alanları dışında hazine alanlarında yapılan ağaçlandırmaların önemli kısmının karaçam olması ve bu durum karaçam alanlarının artışını teşvik ederken 2019 verilerinde karaçam alanlarının azalması dikkat çekicidir². Çizelge 1'de saf karaçam veya karaçamın birinci ağaç türünü ifade ettiği düşünüldüğünden karaçamın karışıma girdiği alanlar bu verilerde bulunmadığından alanın daha fazla olduğunu düşündürmektedir. Bu çalışmada karaçamın alan olarak OGM 2012 verilerindeki 4.693.060 ha'nın kabul edilmesi önerilmektedir.

Çizelge 1. Türkiye'de çeşitli dönemlerde karaçam orman alanları.

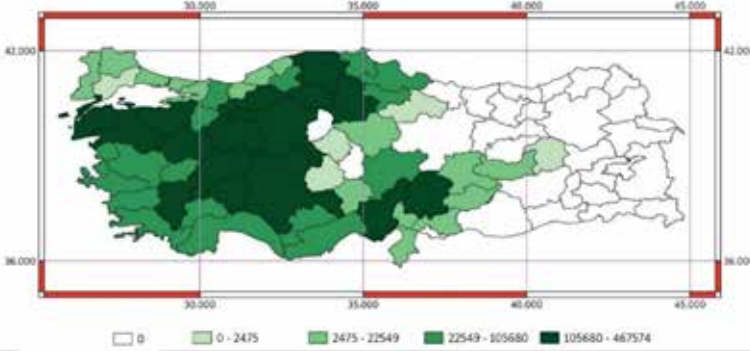
	Anonim 2006	Anonim 2012	Anonim 2019 ³
Toplam Orman Alanı (ha)	21.188.746	21.678.134	22.740.297
Karaçam Toplam Alanı (ha)	4.202.244	4.693.060	4.354.621
Karaçam Toplam Alanı/Toplam Orman Alanı (%)	19,6	21,6	19,1
Karaçam Normal Orman (ha)	2.392.079	2.580.193	2.837.424
Karaçam Bozuk Orman (ha)	1.810.219	2.112.867	1.517.397

Karaçamın yayılış yaptığı (doğal ve ağaçlandırma alanlarının) iller Harita 2'de sunulmuştur. Karaçam ağaçlandırmalarının yapıldığı yer ve alan büyüklüklerinin resmi rakamlar olarak yayınlanmamış olması illerdeki karaçam varlığının kökenini açıklamayı engellemektedir. Ayrıca söz konusu haritanın oluşturulmasında kullanılan alan verilerinin (Anonim, 2006) meşcerenin hakim ağacına göre belirlendiğinden söz konusu verilerin, meşcerede karaçamın ikinci hakim ağaç olduğu alanları içermediği düşünülmektedir. Dolayısıyla burada verilen rakamların meşcere tipindeki birinci ağaca göre verildiği kabul edilmelidir. Harita 2 incelendiğinde illerin karaçam alanları 467.574 ile 105.680 ha arasında, 105.680 ile 22.549 ha arasında, 22.549 ile 2.475 ha arasında, 2.475 ha'dan daha az ve karaçam bulunmayan olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Türkiye'de karaçamın en fazla bulunduğu birinci gruptaki iller; Kütahya, Kastamonu, Bolu, Balıkesir, Eskişehir, Denizli, Konya, Ankara, Isparta, Afyon, Adana, Kahramanmaraş, Çorum, Bursa, Çankırı, Çanakkale ve Karabük'tür (Harita 2).

²) Çalışmanın ana amacı verilerin açıklanması veya sıhhati olmadığından daha ayrıntıya girilmemiştir.

³) www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Istatistikler

İkinci grupta yer alan iller ise; Burdur, Antalya, Uşak, Muğla, Sinop, Bilecik, Amasya, Manisa, Karaman, Kayseri, Aydın, Mersin (İçel), Samsun ve Sakarya'dır (Harita 2). Üçüncü grupta yer alan iller sırasıyla; İzmir, Zonguldak, Kırklareli, Elazığ, Yozgat, Kocaeli, Niğde, Gaziantep, Malatya, Edirne, Osmaniye, İstanbul, Hatay, Bartın, Yalova, Adıyaman, Düzce, Tokat, Tekirdağ, Bingöl, Kırşehir ve Aksaray olarak görülmektedir (Harita 2).



Harita 2. İllere göre karaçam alanlarının (ha) dağılımı.

3.1. Doğal yayılışı

Türkiye'de genellikle *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (Anadolu karaçamı) taksonu yayılış yapmaktadır. Bunun dışında Türkiye'de belirlenen dört varyete (Yaltırık, 1993; Acatay, 1956; Saatçioğlu, 1955; Alptekin, 1986; Alptekin, 1987) yayılış göstermektedir. Karaçamın tanımlanan varyetelerinin yayılışları ormancılık çalışmalarına konu edilmiştir. Söz konusu *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* (Acatay) Yalt. (Ehrami Karaçamı) ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yalt. (Ebe Karaçamı) yayılışları ayrıntılı olarak bölüm 5'te verilmiştir. Sınırlı alanda yayılış gösteren varyete *columnaris-pendula* yayılış alanı ise Antalya - Alanya Daloğlu Deresi, Mersin - Arslan köy Gökboyum mevki, Kahramanmaraş - Andırın Kırksu Serisi ve Fındıkdere Serisidir (Boydak, 1989).

3.1.1. Yatay yayılışı

Karaçam ormanlarının yayılışıyla ilgili bilgiler çeşitli çalışmalarda verilmiştir (Yaltırık, 1993; Kalıpsız, 1963; Alptekin, 1986). Sistematik metinleri türün genel yayılışına odaklanmakta (Yaltırık, 1993), ekoloji, vejetasyon, genetik, hasılat gibi alanlar ise daha ziyade belirli alanlardaki yayılışlarını vermektedir. Bununla birlikte karaçamın yayılışı konusunda iki çalışma diğerlerinden ayrılarak hem Türkiye ölçeğinde hem de bölgesel karaçam ormanlarının yayılışlarını (Kalıpsız, 1963; Alptekin, 1986) vermektedir. Ayrıca karaçam ormanlarının

yayılları hakkında daha ayrıntılı bilgilerin elde edilmesi türün ekolojisinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Türkiye’de karaçam ormanları doğal yayılışını 36–42 kuzey enlemleri ve 26–39 doğu boylamları arasında yapmaktadır (Harita 2). Karaçam doğal yayılışını Marmara, Ege, Akdeniz, Doğu ve Orta Karadeniz ile İç Anadolu’da yapmaktadır. Karaçamın coğrafi bölgelerde yaptığı yayılış aşağıda sunulmuştur. Bazı çalışmaların iki bölge arasındaki geçişleri içermesinden dolayı karaçamın yayılışıyla ilgili bilgiler çalışmanın bütünlüğü korunarak verilmiştir. Dolayısıyla aşağıda verilen karaçamın bölgesel dağılımları tam da coğrafi bölgelerle örtüşmeyebilir.

Akdeniz Bölgesinde karaçam geniş alanlarda ormanlar kurmaktadır. Göller yöresinde, Sütçüler, Akseki, Beyşehir üçgenine doğru meşcereler halinde yayılış gösterir (Alptekin, 1986). Burdur Çamoluk’da ormanlar kurmaktadır (Karataş, 2013). Karaçam ormanları “Manavgat, Alanya, Gazipaşa, Gülnar, Silifke ve Torosların İç Anadolu’ya bakan yamaçlarda yer alan Bozkır, Hadim, Ermenek ve Mut arasındaki kuşakta, İç Anadolu’ya doğru azalan, seyrekleşen meşcereler” (Alptekin, 1986: 34) halinde bozkıra uzanır. *Göksu’nun doğusundan itibaren yine Toroslar üzerinde Mersin, Tarsus, Pozanti’dan itibaren daha içlere doğru, Pos, Feke, Saimbeyli, Göksun ve tekrar güneye doğru Maraş, Osmaniye arasındaki geniş alanda yayılan Karaçam artık optimumda olup dörtyol, Arsuz üzerinden Samandağ’da yayılışının güney sınırına ulaşır* (Alptekin, 1986: 34).

Akdeniz Bölgesi’nde karaçamın karışıma girdiği ya da karışım oluşturduğu meşcerelere rastlanmaktadır. Akdeniz bölgesinde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve ardıç (*Juniperus*) türleriyle karışıma girmektedir (Bayar ve Genç, 2013). Burdur - Ağlasun’da da karaçam ile kızılçamın karışık ormanları bulunmaktadır (Gülcü ve Bilir, 2000). Burdur ilinde Yeşilova, Çamoluk, Ağlasun, Kemer, Pamucak, İbecik ve Gölova Orman İşletme Şefliklerinde karaçamlar kızılçam ile çeşitli oranlarda oluşan karışık meşcereler kurmaktadır (Güzel, 2013). Benzer kuruluşlar Denizli ili ormanlarında da bulunmaktadır (Lelik, 2013). Toroslarda göknar (*Abies cilicica* Carr.) ve karaçam karışık ormanları görülmektedir (Bozkuş, 1988; Yücedağ ve Carus, 2005). Isparta Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde kızılçam ve karaçamın değişik oranlarda karışıma girdiği 15.466 ha orman alanı bulunmaktadır (Çatal ve ark., 2017). Batı Akdeniz bölgesinde karaçam, kızılçam, meşe (*Quercus*), göknar (*Abies*) ve ardıç türleriyle ikili veya daha fazla türün karıştığı ormanlar kurmaktadır (Özçelik, 2009). Eğirdir gölü havzasında karaçam, ardıç, sedir (*Cedrus*) ve kızılçamlı karışık ormanlar kurmaktadır (Karatepe, 2009). Bozburun (Antalya-Isparta-Burdur) karaçam, kızılçam, sedir ve göknar (*A. cilicica*) türleriyle ikili ya da çoklu karışık ormanlar kurmaktadır (Fakir, 2006). Isparta Orman Bölge Müdürlüğü’nde Sütçüler, Yukarıgökdedere, Ağlasun, Gölhisar, Çamoluk, Bucak Orman İşletme Şeflikleri’nde veya Isparta, Aşağıgökdedere serilerinde karaçam ve kızılçam türleri çeşitli meşcere tipleri oluşturacak karışımlar oluşturmak-

tadır (Çatal, 2002; Bayar, 2012). Kahramanmaraş-Yavşan dağında sedir, karaçam ve göknarın (*A. cilicica*) üçlü karışımları görülmektedir (Ayyıldız ve Avsar, 2007). Hatay Kızıldağ'da yörede bulunan meşe türleriyle karışıma girer (Yolcu, 2005).

Karadeniz Bölgesi'nde karaçam ormanlarının yayılışı; "Boyabat, Vezirköprü, Kargı'dan itibaren batıya doğru, Batı Karadeniz boyunca geniş ormanlar kurar. Bu yayılış alanı içerisinde Elekdağ en tanınmış karaçam ormanlarının bulunduğu yer olup diğer önemli yayılış alanları olarak Tosya, Taşköprü, Daday, Araç, Karabük, Mengen, Yenice ve Dirgine sayılabilir" (Alptekin, 1986: 30).

Karadeniz Bölgesi'nde karaçam diğer orman ağacı türleriyle karışıma girmektedir. Çorum - Sungurlu'da karaçam meşe (*Quercus pubescens* Willd. ve/veya *Q. cerris* L.) türleriyle karışıma girmektedir (Kahveci, 2017). Karabük Büyükdüz Araştırma Ormanında karaçam, meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex M. Bieb.) Krassilin), göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve kayınla (*Fagus orientalis* Lipsky) karışıma girmektedir (Çalışkan ve ark., 2004). Benzer örnekleri Zonguldak-Ulus ormanlarında da görmek mümkündür (Durkaya ve Durkaya, 2011). Karabük Yenice Çitdere yöresinde karaçam, sarıçam (*P. sylvestris* L.), göknar (*A. bornmülleriana*) ve kayınla karışık ormanlar kurmaktadır (Özalp, 1992).

İç Anadolu Bölgesi'nde Ankara-Elmalı dağı, Küre dağı, Kızılcahamam, Eskişehir-Türkmen Dağı, Mihaliç Dağı, Sümdiken Dağları karaçamın başlıca bulunduğu yerlerdir (Saatçioğlu, 1976). Kuzeydoğuda Tokat çevresinden başlayarak Amasya, Çorum, Çankırı yöreleri ile Yozgat, Çubuk ve Ankara çevresindeki Beynam ve Bağlım gibi bozkır alanlarında küçük alanlarda yayılış gösterirken Beypazarı, Mudurnu ve Çataçık yöresinde İç Anadolu'ya iyice giren karaçam için Saatçioğlu (1976: 254) "Ormanın bozkıra doğru ileri karakolu" ifadesini kullanmıştır (Alptekin 1986: 29-30). Söz konusu karaçam yayılış alanları diğer kaynaklarda da belirtilmiştir (Özdal, 2014; Oğuzoğlu, 2015; Koray, 2017).

Karaçamın diğer ağaç türleriyle yaptığı karışımların örnekleri İç Anadolu Bölgesi'nde de görülmektedir. Çankırı - Devrez Orman İşletme Şefliği'nde karaçam-sarıçam veya Uludağ göknarı ile (*A. bornmülleriana*) karışık meşcereler kurmaktadır (Eren, 2008). Bülbülpınarı (Eldivan-Çankırı) yöresinde karaçam ve karaçam -meşe türleri (*Quercus cerris* L. (saçlı meşe), *Q. pubescens* Willd. (Tüylü meşe), *Q. robur* L. (saplı meşe) meşcereleri bulunmaktadır (Öner ve İmal, 2006). Ilgaz Dağı'nın güney aklanında karaçam sapsız meşe (*O. petraea*) ve sarıçam ile karışık ormanlar kurmaktadır (Öner, 2006).

Marmara Bölgesi'nde karaçamın yayılış yaptığı alanların başında Uludağ gelmektedir. Uludağ kütesinde karaçam saf ormanlar kurmaktadır (Vural, 1946). Bilecik, Bursa, Dursunbey yöresinden başlayarak güneye doğru Sandıklı-Çivril çizgisine kadar inerken özellikle Bozüyük, Keles, Dursunbey, Bigadiç, Sındırgı, Demirci, Simav, Emet ve Tavşanlı ormanlarında çok güzel meşcereler

oluşturur (Alptekin, 1986:31; Sevgi ve ark., 2010). Balıkesir Madra dağı ve Bal-ya'da da karaçam ormanları yayılış göstermektedir (Irmak ve Çepel, 1969). Türkiye'nin Avrupa kısmında ise karaçamın, İstanbul'da Kemberburgaz-Pirinççiköy arasında, Çilingöz koyu çevresinde ve Çamlıköy (Kastro) çevresinde doğal olarak bulunduğu belirtilmiştir (Kantarci, 1973; Alptekin, 1986). Kaz Dağları'nın tüm aklanlarında karaçam geniş yayılış yapmakta ve çoğunlukla saf ormanlar kurmaktadır (Özel, 1999; Sevgi, 2003). Kaz Dağları'nın orman üst sınırına kadar karaçam çoğunlukla saf olarak bulunmaktadır (Sevgi ve Tecimen 2007).

Marmara Bölgesi'nde karaçamın karışıma girdiği ormanlara çeşitli örnekler verilebilir. Kaz dağlarında karaçam, çoğunlukla saf; kuzey ve kuzeydoğu'da ise göknar ve geniş yapraklılarla (kayın, meşe, gürgen, kestane) karışık olarak bulunmaktadır (Özel, 1999: 23-24). Söz konusu meşeler *Q. cerris* var. *cerris*, *Q. frainetto*, *Q. petraea* subsp. *iberica*, göknar ise Kazdağı göknarıdır (*A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*).

Ege Bölgesi'nde karaçam ormanlarının yayılışı "Kuzeyde Kaz Dağları'ndan, güneyde Sandras Dağı'na kadar devam eden Ege Bölgesi karaçam ormanları ekolojik ve floristik olarak 3 bölüme ayrılmakta olup bunlar; 1) Edremit Körfezi civarı, 2) Menderes ve Gediz grabenleri arası ve 3) Menderes-Fethiye ve Köyceğiz arasıdır (Özel, 1999). Karaçam "göller yöresinde kuzeye, Afyon civarına doğru azalan serpili alanlar halinde yer alır" (Alptekin, 1986: 31). Karaçamın bölgesel genel yayılışı yanısıra çeşitli çalışmalarda karaçamın bulunduğu yöreler belirtilmiştir. İzmir – Bayındır'da (Irmak ve Çepel, 1969) ve Manisa-Demirci'de karaçam ormanlar kurmaktadır (Çınar, 2017). Afyon'da Sandıklı, Sinanpaşa ve Hocalar Orman İşletme Şefliklerinde karaçam ormanları bulunmaktadır (Güner, 1999). Manisa, Akşehir, Bayındır üçgeni arasında kızılçam yayılışının üzerinde yer alan karaçam Muğla-Denizli çizgisine kadar küçük alanlarda yayılırken Muğla-Yılanlı, Köyceğiz, Fethiye ile Gölhisar, Acıpayam, Denizli arasında yine Türkiye'deki en güzel karaçam ormanlarının örnekleri görülmektedir (Alptekin, 1986: 31).

3.1.2. Düşey yayılışı

Türkiye'de bulunan karaçam ormanları genel olarak dağlık alanlarda bulunmaktadır. Dolayısıyla karaçamın düşey dağılışı çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Karaçam Kaz Dağları'nda kuzey aklanında 300 m'den başlayıp 1.600 m'ye kadar yer yer karışık çoğu zaman saf ormanlar kurmuştur (Sevgi, 2003; Sevgi ve Tecimen, 2007). Karaçam dağın güney yamaçlarında 800-850 m, kuzeydoğuda Kalkım civarında 270 metreye kadar inmektedir (Kalkım-Asar Tohum Meşçeresi) (Özel, 1999: 23-24). Karaçam Uludağ'da alt kısımlarda *Castanetum* sınırlarına, üst kısımlarda ise *Abietum* alt sınırına kadar yayılmaktadır (Vural, 1946). Uludağ'da karaçam 900-1720 m arasında orman kur-

makta ve karışıma girmektedir (Mayer ve Aksoy, 1998). Alaçam Dağları'nda ise karaçam 300 ile 2000 m arasında genelde saf ormanlar kurmaktadır (Sevgi ve ark., 2010). Eskişehir Sündiken Dağları'nda kuzey aklanında 400 ile 1700 m arasında güney aklanında ise 900 ile 1700 m arasında yayılış göstermektedir (Çelik, 2006).

Karaçam; Karadeniz Bölgesi'nin doğusu hariç diğer mıntikalarda yaklaşık 400-1400 m yükseklikler arasında geniş sahalarda saf ormanlar kurmakta 1400-1700 m'ler arasında da diğer türlerle karışık bir halde ve daha ziyade küçük sahalarda bulunmaktadır (Saatçioğlu, 1976). Ilgaz Dağı'nın güney aklanında 900-2000 m arasında ve kuzey aklanında ise 900-1400 m arasında karışıma girmektedir (Mayer ve Aksoy, 1998).

Ege Bölgesi'nde Denizli Acıpayam'da karaçam karışık meşcereler halinde kızılçam, ardıç, sedir ile bulunmaktadır/ormanlar kurmaktadır. Bu bölgede karaçamın 800-1200 m arasında kızılçamlı, daha fakirce yetişme ortamlarında ise 1700 m'lerde ardıçla karışık meşcereleri bulunmaktadır (Afacan, 1985).

Akdeniz Bölgesi'nde Kumluca Gödeme Söğütçuması kesitinde karaçam 900-1350 m arasında, Tahtalı Dağlarından 1350-1450 m, Boğa Çayı - Sarı Çandır Tepe kesitinde 1000-1450 m arasında, Alanya Çukur orman kesitinde 1150-1600 m arasında, Mersin Bolkar Dağları kesitinde 1300-2000 m arasında, Göksu Çayı Havzasında 1400-1500 m arasında, Kadirli-Geyranlı hattındaki kesitte 1350-2000 m arasında, Örenköy Boz Dağ kesitinde 1250-1800 m arasında, Gölhisar Maşda Dağı hattındaki kesitte 1300-1600 m, Elmalı Susuzdağ hattındaki kesitte 1220-1400 m arasında, Senirkent Ovası Barla Dağı kesitinde 1170-1800 m arasında yayılış göstermektedir (Kantarci, 1982:72-87). "Toroslar'da genellikle 1200-2100 m'ler arasında yayılış gösteren karaçam çoğu kez diğer türler ve özellikle ardıçlarla orman sınırına ulaşır (Alptekin, 1986: 34). Göller bölgesinde Beyşehir Gölü Havzası'nda karaçam 1300-2000 m arasında (Özkan, 2003), Eğirdir Gölü Havzası'nda 1100-1960 m arasında orman kurmaktadır (Karatepe, 2004) Hatay Kızıldağ'da 1200 m'lerden sonra arazinin en yüksek yeri olan kisecik tepenin 1820 m zirvesine kadar arazinin büyük bir kesiminde rastlandığı belirtilmiştir (Yolcu, 2005:48). Yörede bulunan meşe türleriyle karışıma girmektedir (Yolcu, 2005). Karaçamın 300-1800 m yükseltide Akdeniz'in dağlık ve yarıdağlık kısımlarında yer almaktadır (Mayer ve Aksoy, 1998).

Karaçam ormanlarının bölgesel yayılışı genel bölge özelliklerinin etkisi altındadır. Marmara ve Karadeniz bölgelerinde (özellikle Karadeniz'e bakan aklanlarda) deniz seviyesine yaklaşırken, Ege Bölgesi, özellikle Akdeniz Bölgesi'nde daha yükseklerde orman kurma eğilimdedir. Karaçamın İç Anadolu'da yayılışı ise bölgenin yüksek olması dolayısıyla dağ kütlelerinin içe bakan aklanlarında yer almaktadır. Türkiye genelinde karaçam 300-2000 m arasında orman kurabilmektedir.

3.1.3. Anakayaya göre yayılışı

Karaçamın çok geniş alanda yayılması, farklı anakayalar üzerinde bulunabileceğini düşündürmektedir. Karaçam üzerine yapılan çalışmalarda anakayalarla ilgili verilen bilgiler bu düşüncüyü desteklemektedir. Fakat karaçamın anakayalara göre yayılışlarının verildiği çalışmalar sınırlıdır (Sevim, 1954; Eruz, 1984; Sevgi ve ark., 2010). Günümüzde kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bu konuda imkanlar sunmaktadır. Bu imkanları kullanarak karaçamın anakayalara göre yayılışıyla ilgili bilgi veren çalışmalar da bulunmaktadır (Sevgi ve ark., 2010).

Karaçam ormanları üzerine yapılan çalışmalarda rastlanan anakayalar çalışmanın bu kısmında verilmiştir. Kalıpsız (1963) karaçamın hasılatı üzerine yaptığı doktora tezinde örnek alan anakayalarını⁴, peridotit, şist, diorit - tuf, andezit, kuvarsit, mikaşist, mikrognays, klorit, gnays, serpantin, kalker, çakıltası-volkanik lav, gabro, silisli kontakt taşı, kalklı şist, kalker-mermer, kumtaşı, miltaş ve mermer olarak belirtmiştir.

Alaçam Dağları'nda karaçam ormanları çeşitli formasyonlar ve anakaya üzerinde yayılış yapmaktadır. Yörede karaçam ormanları; Civana tufü, Dağardı melanji, Simav metamorfite, dasit, mikasist, ortagnays, diyabaz, serpantin, yumuşak kalker, granit, yarı mermerleşmiş paleozik kalker ve kumtaşından oluşmuş toprakların üstünde yaygın ormanlar kurmaktadır (Sevim, 1954; Eruz, 1984; Sevgi ve ark., 2010).

Karaçam ormanlarının Kaz Dağları'nda metamorfik kayalar, özellikle de granit, gnays ve şist üzerinde daha iyi geliştiği; buna karşılık marn ve kalkerler üzerinde iyi gelişemedikleri belirtilmektedir (Özel, 1999; Sevgi, 2003; Sevgi ve Tecimen, 2007). Uludağ'da karaçam ormanları granit, gnays, kumtaşı, fillit ve şistler üzerinde yayılış yapmaktadır (Çepel ve Karaveli, 1990). Balıkesir - Madra Dağı'nda kristalin şistler, Balya'da porfirik, Edremit'te (Kazdağı) gnays, İzmir Bayındır'da kuvarslı şist üzerinde karaçam ormanları bulunmaktadır (Irmak ve Çepel, 1969).

Karabük - Büyükdüz Araştırma Ormanında karaçam ormanları marn şistlerinden oluşan topraklarda, kil ve kumtaşlarının üzerinde orman kurmaktadır (Çalışkan ve ark., 2004:3). Manisa Demirci'de bulunan karaçam ormanları migmatit gnays, talk, gnays, grovak, hematit, şist türünden farklı anakayalar üzerinde bulunmaktadır (Çınar, 2017). Karaçam ormanları Bolu Mudurnu'da kumtaşı, Göynük'te toztaşı ve kalker, Bilecik'te kalker ve mermer, Ankara Nallıhan'da kalker ve andezit tufü, Eskişehir Çatacık'ta serpantinleşmiş peridotit, Kütahya Domaniç'te pudra taşı üzerinde bulunmaktadır (Koray ve ark., 2012). Eskişehir Sündüken Dağları'nda karaçam; mermer, ofiyolit, kireç çimentolu

⁴ Söz konusu anakayaların teşhisi Prof. Dr. E. Altınlı, Ord. Prof. Dr. A. Irmak ve Prof. Dr. N. Çepel tarafından yapılmıştır.

kumtaşı, serpantin, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, kloritli şist, kuvarsit-serisit şist, kuvarsit, şist ve kavkılı kireçtaşı anakayaları üzerinde orman kurmaktadır (Çelik, 2006). Karaçam ormanlarının göller bölgesindeki yayılışının kavkılı, dolomitik, sert kireçtaşı, kireçtaşı, çört, kumtaşı, kiltası, yamaç molozu, konglemera, andezit, marnlı kireçtaşı ofitolit ve marn üzerinde yayılış göstermektedir (Özkan, 2003; Karatepe, 2004; Gülsoy, 2006). Hatay Kızıldağ'da karaçam orman alanları piroksenit, peridotit, gabro, ve serpantin anakayaları üzerinde orman kurmaktadır (Yolcu, 2005).

3.1.4. İklim tiplerine göre yayılışı

Türkiye'de 1971-2000 yılları arasında yaklaşık 120 istasyon verisiyle Thornt-hwaite, De Martonne, Aydeniz, Erinç ve Köppen-Geiger yöntemleriyle bilinen iklim sınıflandırılmaları yapılmıştır (Anonim, 2014). Söz konusu iklim sınıflandırılmalarıyla karaçam alanlarının yayılışları kabaca aşağıda değerlendirilmiştir.

De Martonne'ye göre sekiz iklim tipinin altısı Türkiye'de bulunmakta (Anonim, 2014) ve karaçam bu iklim tiplerinin hepsinde orman kurmaktadır. Aydeniz'de yedi iklim tipi ayırmış ve bunlardan altısı Türkiye'de bulunmakta olup karaçam ormanları iki iklim tipinde sınırlı diğerlerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Anonim, 2014). Erinç'in iklim tiplerinden altısının beşi Türkiye'de hüküm sürmekte (Anonim, 2014) tümünde karaçam ormanları yayılış göstermektedir. Thornthwaite'in (Anonim, 2014) dokuz iklim tipinin ikisinin dışındaki tiplerde karaçam geniş yayılış yapmaktadır. Köppen-Geiger sınıflandırmasının iklim tiplerinden 10 tanesi Türkiye'de bulunmakta (Öztürk ve ark., 2017) biri dışında diğerlerinde karaçam ormanlar kurmaktadır. Benzer şekilde iklim elemanlarına göre yapılan örneğin yağış sınıflandırmalarında (Türkeş ve Tatlı, 2011) karaçam birçok grupta yayılış yapmaktadır. Bu iklim sınıflandırmalarıyla karaçam ormanlarının yayılışları birlikte değerlendirildiğinde karaçamın kurak iklimden nemli iklimlere kadar geniş bir aralıkta çeşitli iklim tiplerinin bulunduğu alanlarda orman kurduğu açıkça görülmektedir.

3.2. Ağaçlandırma

Türkiye'nin en büyük yangınlarından biri 1945 yılında Alaçam Dağları'nda çıkmış ve 12.600 ha alan yanmış ve bölge karaçam ağaçlandırma denemeleri için bir başlangıç olmuştur (Pamay, 1953; 1958; 1960). Karaçam ağaçlandırmalarının türün doğal yayılışının olduğu yerlerde yapıldığı gibi doğal yayılışının dışında da yapıldığı görülmektedir. Örneğin Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde yapılan ağaçlandırmalar bu niteliktedir. Karaçam ağaçlandırmalarının alanı 2001 yılı itibarıyla 540.495 ha'dır (Konukçu, 2001: 98). Günümüzde bu rakamın çok daha fazla olduğu tahmin edilmektedir.

Karaçamın doğal bulunduğu illerde yapılan ağaçlandırmalar çeşitli çalışmalarla konu olmuştur. Eskişehir-Musaözü'nde karaçam ağaçlandırmaları yapılmıştır (Boydak ve Zoralioğlu, 1992). İstanbul Fatih Ormanları'nda 587,5 ha. saf karaçam dikilmiş, 11 ha karaçam ve sahilçamı, 53 ha karaçam ve fıstıkçamı karışık dikilmiştir (Çalışkan ve Goshu, 2004). Ankara'da 1958-2009 yılları arasında yapılan ağaçlandırmalarda da karaçamın yaygın olarak kullanıldığı belirtilmektedir (Kantarıcı ve ark., 2010a). İzmit Çenedağ'da (Akan ve Tosun, 1984), Eskişehir ve Afyonkarahisar illerinin çeşitli alanlarında (Güner ve ark., 2011), Isparta - Atabey'de (Özdemir, 1997), Konya İvriz Barajı çevresinde (Kantarıcı ve ark., 2010b), Eskişehir Çengel Tepe ve Kızılcahamam Kargasekmez'de (Kantarıcı ve ark., 2010c), Konya Karapınar İlçesi Başın Yaylasında (Kantarıcı ve ark., 2011), Tokat Niksar Orman İşletme Şefliği Kızıl Kaya serisinde (Atalay, 1998), Kayseri - Yahyalı'da (Arslantaş, 2007), Zonguldak - Devrek Akçasu Orman İşletme Şefliğinde (Akan ve Tosun, 1984; Tufanoğlu, 2009). Bartın Arıt Orman İşletme Şefliği Arıt serisinde (Atik, 2004), Kütahya ili, Tavşanlı ilçesi, Göbel beldesi sınırları içerisinde bulunan Göbel sahasında (Güner ve ark., 2008) karaçam ağaçlandırmaları bulunmaktadır. Çorum'da Karhın çayı havzası ile Karaveran havzasında 1999 ve 2001 yıllarında yapılan karaçam ağaçlandırmaları bulunmaktadır (Ertekin ve Özel, 2010).

Türkiye genelinde karaçam ağaçlandırmalarının hasılatı üzerine yapılan çalışmada; Ankara-(Merkez ve Hasanoğlu Orman İşletme Şeflikleri), Çankırı (Merkez Orman İşletme Şeflikleri), Kastamonu (Değirmenciler, Kuzyaka, Gellersin, Gölköy ve Merkez Orman İşletme Şeflikleri), Zonguldak (Yayla ve Merkez Orman İşletme Şeflikleri), Karabük, Eskişehir (Kalabak, Seyitgazi, İnönü, Mihalliççik ve Merkez Orman İşletme Şeflikleri), Afyonkarahisar (Sandıklı, Emirdağ, Çay ve Merkez Orman İşletme Şeflikleri), Kütahya (Simav Merkez, Kınık, Tavşanlı Merkez, Kiçir ve Merkez Orman İşletme Şeflikleri), Balıkesir (Yayla, Korucu ve Çamucu Orman İşletme Şeflikleri) illerinde karaçam ağaçlandırmalarının yapıldığı belirtilmiştir (Mısır, 2003).

Karaçamın doğal yayılış yapmadığı alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda bulunmaktadır. Örneğin; 1960'lı yıllarda Elazığ-Baskil, Elazığ-Gezin, Elazığ-Pincirik ve Malatya-Pütürge'de karaçam ağaçlandırmaları yapılmıştır (Erkan, 1998). Karaçamın doğal yayılışına yönelik kayıtların bulunmadığı dolayısıyla ağaçlandırma faaliyetleriyle oluştuğu düşünülen karaçam orman alanları ise illere göre; Elazığ, 17.863 ha, Gaziantep 12.817,5 ha, Bingöl 1.243,5 ha, Malatya 12.274,9 ha, Edirne 11.340,5 ha ve Adıyaman 3.178,5 ha olarak verilmiştir (Anonim, 2006). Karaçam doğal yayılışının oldukça sınırlı olduğu illerde çoğunluğu ağaçlandırma olduğu düşünülen karaçam orman alanı illere göre; Kırklareli 22.476,4 ha, Tekirdağ 1.773,0 ha, İstanbul 7.626,3 ha şeklinde sıralanmaktadır (Anonim, 2006).

4. Karaçamın Ormanlarının Yayılışının Genel Değerlendirilmesi

Karaçam Akdeniz havzasının önemli orman ağaçlarının başında gelmektedir. Karaçamın dünya ölçeğinde doğal ormanlarının yayılışı 35–48 kuzey enlemleri ve 5 batı boylamı ile 39 doğu boylamı arasındadır. Ormancılık faaliyetleri kapsamında günümüze kadar başta doğal yayılış alanı içinde olan Türkiye, Bulgaristan ve İtalya gibi ülkelerde geniş alanlarda karaçam ağaçlandırmaları yapıldığı gibi yayılış alanının dışında da İngiltere, Yeni Zelanda'da ve Amerika Birleşik Devletleri'nde karaçam ağaçlandırmaları yapılmıştır.

Karaçam hem ormancılık faaliyetleri hem ormancılık bilimleri hem de orman endüstrisi sektörü açısından asli ağaç türlerimizdendir. Karaçam orman alanları güncel resmi verilere göre 4.693.060 ha'dır (Anonim, 2012). Söz konusu karaçam ormanlarının korunması, sürdürülebilirliği ve verimli bir şekilde işletilmesi için karaçam orman alan toplamının belirlenmesinin yanısıra daha ayrıntılı bilgilere ulaşılması gerekmektedir. Karaçamın doğal alanlarıyla ilgili bilgilerin meşcere özelliklerine göre bilinmesi, ormancılık faaliyetlerinin düzenlenmesi, yönetimi ve siyaseti açısından temel bilgilerdir.

Karaçamın farklı yetişme ortamlarında bulunması türün yöresel ekolojik uyumlarını arttırırken, türle ilgili genel değerlendirme yapma imkanını sınırlandırmaktadır. Örneğin Uludağ'ın nemli ormanlarından İç Anadolu'nun bozkırına kadar farklı iklim özelliklerinde yer almaktadır. Karaçam genelde 300–2100 m arasında ormanlar kurabilmektedir. Saf ormanların yanı sıra karaçam başta kızılçam, sedir, ardıç, meşe ve göknar türleriyle olmak üzere çeşitli ağaç türleriyle karışık ormanlar oluşturmaktadır. Karaçam aynı zamanda iki katlı ormanlar hatta karışık iki katlı ormanlar kurabilmektedir (Umut ve ark., 1996; Sevgi ve ark., 2010).

Karaçam ormanlarının çok farklı yetişme ortamlarında bulunması dolayısıyla bakımı, gençleştirilmesi ve ağaçlandırması gibi faaliyetlere bu yetişme ortamı çeşitliliğinin yansıtılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Acatay, A., 1956. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* var. *pyramidata*). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6A (2): 92-99.
- Afacan, M. N., 1985. Acıpayam Orman İşletmesinde Karaçam Ormanlarında Uygulanmış Doğal Gençleştirme Yöntemlerinden Alınan Sonuçlar Üzerine İnceleme ve Önerileri. İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman İbrahim Atay, 49 sayfa, İstanbul.
- Akan, İ., Tosun, S., 1984. Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam Kültürlerinin Tesisi İçin Uygulanacak Dikim Şekli ile Aralıkların Kimi Tesis Giderlerine Etkilerinin Saptanması. *Teknik Rapor*: 15 (30: 143-133).

- Akkemik, Ü., 2020. *Türkiye'nin Bütün Ağaçları ve Çallıları*. İş Bankası Yayınları, ISBN: 978-625-405-172-2, 1361 sayfa, İstanbul.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Coğrafik Varyasyonları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 36A (2): 132-155.
- Alptekin, Ü., 1987. *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *şeneriana* Saatçınin Yeni Bir Yayılış Alanı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37A (1): 100-106.
- Anonim, 2006. *Orman Varlığımız*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 160 sayfa, Ankara.
- Anonim, 2012. *Ormancılık İstatistikleri*. Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Başkanlığı, 162 sayfa, Ankara.
- Anonim, 2014. İklim Sınıflandırmaları. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, 16 sayfa, Ankara. https://www.mgm.gov.tr/FI-LES/iklim/yayinlar/iklim_siniflandirmalari.pdf Erişim Tarihi; 01.04.2021
- Anonim, 2019. Orman İstatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Istatistikler/> Erişim Tarihi: 04.11.2020
- Arslantaş, M., 2019. Atatürk Orman Çiftliğinde Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*) Türleriyle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının 6 Yıllık Sonuçlarının İrdelenmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Fatih Tonguç, 48 sayfa, Isparta.
- Arslantaş, S., 2007. Kayseri (Yahyalı)'da Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'larda Zararlı Olan Çam Sürgün Bükücüsü, (*Rhyacionia buoliana* (Den.&Schiff): Lepidoptera-Tortricidae)'nın Biyolojisi ve Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ziya Şimşek, 53 sayfa, Ankara.
- Ata, C., 1989. Silvicultural Characteristics of *Abies equi-trojani* Aschens-Sinten and Relationships between *Pinus nigra* Arnold var. *pall.* Endl. and *Abies equi-trojani* in Mixed Natural Forests of Turkey. *Forestry*, 62 (3): 798-803.
- Atalay, F., 1998. Niksar Orman İşletmesindeki Karaçam, Kızılçam, Sarıçam Ağaçlandırmalarının Değerlendirilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Yahyaoğlu, 150 sayfa, Trabzon.
- Atik, H. A., 2004. Bartın-Arıt Yöresi Ağaçlandırma Alanlarında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Duglas (*Pseudotsuga* (Mirb.) Franco)'nın Adaptasyon Yeteneklerinin Karşılaştırılması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Danışman; Korhan Tunçtaner, 133 sayfa, Bartın.
- Aydınöz, D., 2006. Ebe Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*)'nın Yeni Bir Yayılış Alanı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47: 39-44.
- Ayyıldız, V., Avşar, M. D., 2007. Kahramanmaraş-Yavşan Dağındaki Toros Se-

- diri (*Cedrus libani* A. Rich) Meşcerelerinde Türlerin Karışım Oranları ve Ağaç Tabakalarına Dağılımları Üzerine Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 23-31.
- Balaban, I. Y., 2011. Artvin Yöresinde Bazı Kurakçıl Karakterli Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmasında Tutma Başarısının Araştırılması. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zafer Ölmez, 68 sayfa, Artvin.
- Bayar, E., 2012. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* subsp. *nigra* Arnold. var. *caramanica* (Loudon) Rehder] Doğal Karışık Meşcerelerinde Meşcere Kuruluş Özellikleri: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 133 Sayfa, Isparta.*
- Bayar, E., Genç M., 2013. Stand Structure Characteristics of Natural Mixed Stands of Brutian Pine–Anatolian Black Pine and Regeneration Suggestions in Isparta, Turkey. *American International Journal of Contemporary Research*, 3 (11): 135-143.
- Berker, A., 1945. *Silvikültür*. Cilt 1., Orman Umum Müdürlüğü Yayınları, 211 sayfa, Bursa.
- Boydak, M., 1989. Türkiye’de Anadolu Karaçamının Yeni Bir Varyetesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39A (2): 119-129.
- Boydak, M., Zoralioğlu, T., 1992. Eskişehir-Karasakal Yöresi Yarı Kurak Alanların Ağaçlandırmasında Makineli Arazi Hazırlığı Yöntemleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42A (2): 45-65.
- Bozkuş, F. 1988. Sedir (*Cedrus libani* A.Rich) ve Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Lamb.)’ın Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.) ile Karışık Meşcerelerinin Tabii Gençleştirme Sorunları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38A (2): 128-148.
- Bussotti, F., 2002. *Pinus nigra* Arnold. Pine of Silvicultural Importance, pp: 266 – 286, CABI Publishing.
- Cown, D. J., 1972. Physical Properties of Corsican Pine Grown in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry*, 4: 76-93.
- Cantiani, P., Marchi, M., 2017. A Spatial Dataset of Forest Mensuration Collected in Black Pine Plantations in Central Italy. *Annals Forest Science*, 74: 50.
- Cseresnyes, I., Tamas, J., 2014. Evaluation of Austrian Pine (*Pinus nigra*) Plantations in Hungary with Respect to Nature Conservation – A Review. *Tájökológiai Lapok*, 12 (2): 267–284.
- Çalışkan, A., Goshu, T. B., 2004. İstanbul Fatih Ormanının Silvikültürel Değerlendirmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 54B (1): 69-82.
- Çalışkan, A., Özalp, G., Karadağ, M., 2004. *Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanında Karaçam+Meşe+Göknar+Kayın Meşcerelerinde Meşenin Gençleştirilmesi*. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 219, BKOAE Yayın Nu: 15, 59 sayfa.
- Çatal, Y., 2002. Isparta Bölgesi Doğal Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)-Karaçam

- (*Pinus nigra* Arnold. var. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Karışık Meşcerelerinde Artım ve Büyüme İlişkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman Serdar Carus, 111 sayfa, Isparta.
- Çatal, Y., Güzel, B., Genç, M., 2017. Kızılçam-Anadolu Karaçamı Doğal Karışık Meşcereleri İçin Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Belirlenmesi *Turkish Journal of Forest Science*, 1(2): 145-154.
- Çatı, M. B., 1984. Atatürk Arboretumu ve Çevresindeki Yabancı ve Yerli Bazı Karaçam Alttürlerinin Mıntıkada Yetiştirilme Özelliklerine ait Tespitler. İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Suad Ürgenç, 35 sayfa, İstanbul.
- Çelik, N., 2006. Sündiken Dağları Kütlesinin Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman Doğanay Tolunay, 310 Sayfa, İstanbul.
- Çepel, N., Karaveli, A., 1990. Uludağ Milli Parkının Üst Toprağına Ait Tekstür ve Asitlik Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40A (1): 15-27.
- Çınar, T., 2017. Demirci (Manisa) yöresinde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Verimlilik Çevre İlişkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Serkan Gülsoy, 102 sayfa, Isparta.
- Demir, C., 1996. Elmalı Baraj Havzasında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ormanlarının Toprak Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 62 sayfa, İstanbul.
- Diaci, J., Adamic, T., Rozman, A., Fedij, G., Rozenbergar, D., 2019. Conversion of *Pinus nigra* Plantations with Natural Regeneration in the Slovenian Karst: The Importance of Intermediate, Gradually Formed Canopy Gaps. *Forest*, 10, 1136; doi:10.3390/f10121136
- Durkaya A., Durkaya B., 2011. Zonguldak-Ulus Orman İşletme Müdürlüğü Göknar, Kayın ve Karaçam Ağaç Türleri için Kütük Çapı ve Boyu ile Göğüs Çapı İlişkisi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (1): 9-17.
- Enescu, C. M., de Rigo, D., Caudullo, G., Mauri, A., Durrant, H. T., 2016. *Pinus nigra* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats. In *European Atlas of Forest Tree Species*, pages;126-127, https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Pinus_nigra.pdf, Erişim Tarihi; 31.03.2021.
- Eren, F., 2008. Devrez (İlgaz-Ankara) Orman İşletme Şefliği'ndeki Meşcere Kuruluşları Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nuri Öner, 72 sayfa, Ankara.

- Erkan, N., 1998. Elazığ Yöresindeki Sedir ve Karaçam Ağaçlandırmalarında Büyüme Analizleri. Güney Doğu Anadolu Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Yayınları, 44 sayfa, Elazığ.
- Ertekin, M., Özel, H.B., 2010. Çorum Yöresi Erozyonla Mücadele Kapsamında Yapılan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Ağaçlandırmaları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (18): 77-85.
- Eruz, E., 1984. Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3244/368, 72 sayfa, İstanbul.
- Fakir, H., 2006. Bozburun Dağı ve Çevresi (Antalya-Isparta-Burdur) Orman Vejetasyonunun Ana Meşcere Tiplerinin Floristik Kompozisyonu Üzerine Araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1): 90-98.
- Farjon, A., 2019. *Pinus nigra* subsp. *dalmatica*, from the website: 'Threatened Conifers of The World' (<https://threatenedconifers.rbge.org.uk/conifers/pinus-nigra-subsp.-dalmatica>). Downloaded on 20 November 2020.
- Genç, M., Cengiz, N., Bilir, N., Gülcü, S., 1999. Isparta Gölcük Kosullarında Erhami Karaçam Plantasyonlarının Dikim Başarısı: 8 Yıllık Sonuçlar. Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (Pinus nigra Arn. Ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık*), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Tugra Ofset, sayfa: 60-64, Kütahya.
- Gülcü, S., Bilir, N., 2000. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lomb.) Holmboe) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten) Karışık ve Saf Meşcerelerinde Tohum ve Fidecik Morfogenetik Özellikler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Dergisi*, 1A (1): 65-74.
- Gülsoy, S., 2006. Sütçüler (Isparta) Yöresinde Karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Boy Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Kürşad Özkan, 101 sayfa, Isparta.
- Güner, D., Özkan, K., 2019. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırma Alanlarında Besin Stoklarının Belirlenmesi. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 6 (2): 192-207.
- Güner, Ş. T., 1999. Afyon Orman İşletme Müdürlüğündeki Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) Meşcerelerinde Gerçekleştirilen Doğal Gençleştirme Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 82 sayfa, Isparta.

- Güner, Ş. T., Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., Özkan, K., 2011. Eskişehir ve Afyonkarahisar İllerindeki Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasina* (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarının Gelişimi İle Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkileri. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 1, Bakanlık Yayın No: 434, 83 sayfa, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırmalarının Verimlilik Modellemesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66 (1): 159-172.
- Güner, Ş. T., Karataş, R., Genç, M., 2008. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Ulusal Islah Zonlamasının Orijin Performansı ve Yetiştirme Ortamı Özellikleri Bağlamında İrdelenmesi: Kütahya-Tavsanlı Göbel Ağaçlandırma Alanı Örneği. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi Nu:2, ISBN 978-605-393-022-8, 44 sayfa, Eskişehir.
- Güzel, B., 2013. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]'nda Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Isparta Orman Bölge Müdürlüğündeki Doğal Karışık Meşcerelerinde Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 133 sayfa, Isparta.
- Gulezian, P. Z., Neyberg, D. W., 2011. Naturalized Pine (*Pinus nigra*) Promotes Growth of Woody Vegetation in Native Sand Prairie: Impacts of Invasion 130 Years after Introduction. *Natural Areas Journal*, 31 (1): 6-13.
- Irmak, A., Çepel, N., 1969. Artım ve Beslenme ile Yapraklardaki Besin Maddesi Muhtevası Arasındaki İlişkileri Tespit Gayesi ile Bazı Karaçam Meşcerelerinde Yapılan Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19A (1): 7-37.
- Isajev V., Fady, B., Semerci, H., Andonovski, V., 2003. European Black Pine (*Pinus nigra*). EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use 6 p.
- Kahveci, G., 2017. Distribution of *Quercus* spp. and *Pinus nigra* Mixed Stands in Semiarid Northern Central Anatolia. *Turk J Agric For.*, 41: 135-141.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye'de Karaçam (Pinus nigra Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi Ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. T.C: Tarım Bak. O.G.M. Yay. Nu: 349/8, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- Kalkınma Bakanlığı, 2018. *Ormancılık Ve Orman Ürünleri Çalışma Grub Raporu*. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Ormancılık ve Orman Ürünleri Çalışma Grubu, Yayın Nu: KB: 2988 - ÖİK: 770, 74 sayfa, Ankara.
- Kantarci, M. D., 1973. Trakya'da Toros Karaçamı'nın (*Pinus nigra* var. *caramanica* Loud., Rehd.) Doğal Olarak Bulunduğu Yerlerin Orman Yetiştirme Muhiti Özellikleri Üzerinde Ön Araştırmalar. IV. Bilim Kongresi 5-8 Kasım 1973,

8 sayfa, Ankara.

- Kantarcı, M. D., 1982. *Akdeniz Bölgesinde Doğal Ağaç ve Çalı Türlerinin Yayılışı ile Bölgesel Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3054/330, 105 sayfa, İstanbul.
- Kantarcı, M. D., Kaçar, B., Koyuncu, E., Dönmez, A., 2011. Basın Yaylası Rüzgar Erozyonunu Önlemek İçin Yapılan Karaçam ve Sedir Ağaçlandırmasının Durumu. *Kurak ve Yarı Kurak Alan Yönetimi Çalıştayı*, 5-8 Aralık 2011, Sonuç Bildirgesi ve Bildiriler, sayfa: 72-93, Nevşehir.
- Kantarcı, M. D., Narlıoğlu, H., Özder, H., Çakıroğlu, İ. E., 2010a. Ankara Ağaçlandırmaları. Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran 2010, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Bildiri Kitabı, Sayfa: 110-120, Çorum.
- Kantarcı, M. D., Kurt, E., Koyuncu, E., 2010b. İvriz Barajı Ağaçlandırmasında Karaçam ile Sedirin Büyüme İlişkileri. Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran 2010, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Bildiri Kitabı, Sayfa: 341-347, Çorum.
- Kantarcı, M. D., Tuncer, E., Karakurt, C., 2010c. Ekşehir Çengel Tepe ve Kızılcıhamam Kargasekmez Ağaçlandırmalarında Karaçam Boy Gelişiminin Karşılaştırılması. Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran 2010, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Bildiri Kitabı, Sayfa: 348-360, Çorum.
- Karabulut, S., 2004. *Eskişehir Yöresi Makineli Karaçam (Pinus nigra Arn. subsp. pallasiana (Lamb) Holmboe) Ağaçlandırmalarında Arazi Hazırlama Yöntemlerinin 15 Yıllık Gelişimi Üzerindeki Etkileri*. Çevre ve Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi Nu:18, ISBN: 1300-3933, İzmit.
- Karadağ, M., 1993. Kastamonu Orman işletmesi Gökçöy Şefliğindeki Değişik Piramidal Karaçam Meşcereleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman Hüseyin Aksoy, 38 sayfa, İstanbul.
- Karadağ, M., 1999. *Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam Doğal Gençleştirme Koşulları Üzerine Araştırmalar*. Batı Karadeniz O.A.E. Yayınları, Teknik Bülten Nu:4, 226 sayfa, Bolu.
- Karataş, S., 2013. Burdur-Çamoluk Yöresi Saf, Aynı Yaşlı ve Doğal Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Büyümenin Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman Serdar Carus, 86 sayfa, Isparta.
- Karatepe, Y., 2009. Eğirdir Gölü Havzası'nın yetiştirme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Doğan Kantarcı, 293 sayfa, İstanbul.
- Kerr, G., 2000. Natural Regeneration of Corsican Pine (*Pinus nigra* subsp.

laricio) in Great Britain. *Forestry*, 73 (5): 479-488.

- Konukçu, M., 2001. *Ormanlar ve Ormancılığımız*. DPT Yayınları Yayın Nu: 2630, Ankara.
- Koray, Ş., Güner, Ş. T., Çömez, A., Çelik, N., Karataş, R., Gürpınar, A. D., Tuncer, E., Karakaş, A., 2012. Eskişehir, Sakarya, Bilecik ve Bolu Yörelerinde Hava Kirliliğinden (SO₂) Kaynaklanan Orman Zararlarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten Nu:4, 65 sayfa, Eskişehir.
- Koray, E. Ş., 2017. Türkmen Dağı Karaçam Meşcerelerinde İbre Dökümü ile Ekosisteme Giren Besin Maddesi Miktarları. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Doğanay Tolunay, 66 sayfa, İstanbul.
- Lelik, K. S., 2013. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]’nda Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Denizli Orman Bölge Müdürlüğündeki Doğal Karışık Meşcerelerde Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 52 sayfa, Isparta.
- Marchi, M., Scotti, R., Rinaldini, G., Cantiani, P., 2020. Taper Function for *Pinus nigra* in Central Italy: Is a More Complex Computational System Required? *Forests*, 11 (405): doi:10.3390/f11040405.
- Martin-Benito, D., Rio, M. D., Canellas, I., 2010. Black pine (*Pinus nigra* Arn.) Growth Divergence along a Latitudinal Gradient in Western Mediterranean Mountains. *Annals Forest Science*, 67 (401): 1-13.
- Mayer, H., Aksoy, H., 1998. *Türkiye Ormanları*. Orman Bak. Ormancılık Araştırma Ens. Müd. Bolu Muhtelif Yayın Nu: 1 ISBN: 975-7829-56-0.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hakkı Yavuz, 208 sayfa, Trabzon.
- Oğuzoğlu, Ş., 2015. Eskişehir Türkmen dağında Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*)’nın Verimlilik Dağılımı Modellemesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Kürşad Özkan, 96 sayfa, Isparta.
- Öner, N., İmal, B., 2006. Bülbülpınarı (Eldivan-Çankırı) Yöresi Meşcere Kuruluşları Üzerine Araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 67-79.
- Öner, N., 2006. Ilgaz Dağı’nın Güney Aklanındaki Orman Toplumları ve Silvikültürel Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 56 (1): 109-133.
- Özalp, G., 1992. Çitdere (Yenice-Zonguldak) Bölgesindeki Orman Toplumları ve Silvikültürel Değerlendirmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*

- Dergisi*, 42 (2): 119-157.
- Özçelik, R., 2009. Batı Akdeniz Bölgesindeki Doğal Karışık Meşcereler ve Kuruluşları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A1: 8-23.
- Özdal, T., 2014. Yozgat Orman İşletme Müdürlüğü Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, 49 sayfa, Çankırı.
- Özdemir, İ., 1997. Isparta-Atabey Yöresinde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich) ile Yapılan Ağaçlandırmaların Biyolojik Başarısını Etkileyen Bazı Faktörlerin Tespiti Üzerine Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 42 sayfa, Isparta.
- Özel, H. B., Ertekin, M., Tufanoğlu, G. Ç., 2010. Devrek-Akçasu Yöresindeki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaçlandırmalarında Boy Artımı ile Bazı İklim Faktörleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Ecological Life Sciences*, 5 (4): 376-389.
- Özel, N., 1999. Kaz Dağları Orman Vegetasyonu Üzerinde Fitososyolojik ve Fitoekolojik Araştırmalar. Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu: 15/77, Teknik Bülten Nu:11, 71 sayfa, İzmir.
- Özkan, K., 2003. Beyşehir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 188 sayfa, İstanbul.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S., 2017. Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35: 17-27.
- Öztürk, Ş., 2010. ODTÜ Atatürk Ormanındaki İğne Yapraklı Ağaçların Su Potansiyelleri. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hasan Vurdu, 48 sayfa.
- Pamay, B., 1953. Dursunbey Alaçam Orman Mıntıkasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna Ait Denemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3A (1-2): 48-53.
- Pamay, B., 1959. Dursunbey-Alaçam Ormanları Yangın Sahalarındaki 10 Yıllık Ağaçlandırma Çalışmalarının Neticeleri Üzerine Silvikültürel Etütler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9B (2): 77-101.
- Pamay, B., 1960. Dursunbey Alaçam Orman Mıntıkasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna Ait Denemeler. Orman Umum. Müd. Neş. Sıra Nu: 321, Seri Nu: 29, 217 sayfa.

- Richardson, D. M., Williams, P. A., Hobbs, R. J., 1994. Pine Invasions in the Southern Hemisphere: Determinants of Spread and Invasibility. *Journal of Biogeography*, 21 (5): 511-527.
- Saatçioğlu, F., 1955. *Pinus nigra* Arnold'un Yeni Bir Varyetesi. Çeviren; Muzaffer Selik, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 5A (2): 266-274.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Seçilmiş, A., 2019. İç Anadolu Bölgesinde Farklı Yaşlardaki Karaçam Ağaçlandırma Sahalarında Toprak ve Bitkideki Bazı Besin Elementleri Oranlarının Yıllara Göre Değişimi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Sargıncı, 104 sayfa, Düzce.
- Sevim, M., 1954. Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar. Orman Umum Müd. Yayınlarından Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesi'nde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Yükseltiyeye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. D. Kantarcı, 221 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2007. Kazdağları'nın Yüksek Dağlık Kesiminde (1400m-1750m) Bulunan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ormanlarının Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi BAP Proje Nu: 228/29042004, 160 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., Dündar, T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiyeye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-TOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Sivacıoğlu, A., Ayan, S., 2008. *Pinus nigra* J. F. var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yalt. (Ebe Karaçamı)'nın Yeni Bir Yayılış Alanı. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(2): 97-102.
- Streets, R.J., 1959. Some Factors Affecting Artificial Regeneration of *Pinus nigra* var. *caramanica* (Tröödos Pine) At Prodromos, Cyprus. *Empire Forestry Review*, 38 (1): 84-87.
- Şen, A. U., 2005. Karaçam (*Pinus nigra* L.) Ekstraktif Maddelerinin Çam Kese Böceği Üzerine Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Güneş Uçar, 97 sayfa, İstanbul.
- Umut, B., Dündar, M., Çelik, O., 1996. İki Tabakalı Karaçam Meşcerelerinin Öncü Gençliklerden Yararlanma İmkanları Üzerine Araştırmalar. O.A.E. Yayınları Teknik Bülten Nu: 259, 45 sayfa, Ankara.
- Tatlı, A., Küçükkaraca, B., Tel, A. Z., 1999. *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık'ın Vejetasyon Yapısı.

- Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Tugra Ofset, sayfa: 163-176, Kütahya.
- Tufanoğlu, G. Ç., 2009. Devrek-Akçasu Yöresinde Yapılan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. ssp. *hamata* (Steven) Fomin.) Ağaçlandırmalarının Büyüme Yönünden Değerlendirilmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Korhan Tunçtaner, 151 sayfa, Bartın.
- Tunçtaner, K., Özel, H. B. ve Ertekin, M., 2007. Bartın Yöresindeki Ağaçlandırma Alanlarında Kullanılan Yerli Ve Yabancı Türlerin Adaptasyon Yetenekleri Üzerine Araştırmalar. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (11): 11-25.
- Türkeş, M. ve Tatlı, H., 2011. Use of the Spectral Clustering to Determine Coherent Precipitation Regions in Turkey for the Period 1929–2007. *International Journal of Climatology*, 31: 2055–2067.
- Tzonev, R., Dimitrov, M., Gussev, C., Vulchev, V., Nikolov, I., 2018. Classification of the Relict Forest Communities of Palla's Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) in Bulgaria. *Hacquetia*, 17 (2): 12-161.
- Vural, F., 1946. Uludağın Orman Rejyonları (Düşey Orman Zonları). *Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü Dergisi*, 5 (2): 323-334.
- Yaltırık, F., 1993. *Dendroloji I*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3443/419, 320 sayfa, İstanbul.
- Yavuz, S., 2011. Artvin-Yusufeli Yöresinde Karaçamın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Dikim Başarısının Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zafer Ölmez, 45 sayfa, Artvin.
- Yolcu, H., 2005. Kızıldağ (Hatay) Vejetasyonunun Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Atabay Düzenli, 87 sayfa, Adana.
- Yücedağ, C., Carus, S., 2005. Kovada Gölü Milli Parkı Ormanlarının Meşcere Kuruluşları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1): 62-77.
- Yücel, E., 1995. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.)'ın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Ü. Yayın Nu: 847, Fen Fak. Yayın Nu: 2, Eskişehir.
- Zengin, M., 1997. *Kocaeli Yöresinde Orman Ekosistemlerinin Hidrolojik Ağaçlandırmalar Yönünden Karşılaştırılması*. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 182, 268 sayfa, İzmit.



Kastamonu, 2007
Rüknettin TEKDEMİR

5

EBE KARAÇAM (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) ve EHRAMI KARAÇAM'IN (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*) EKOLOJİSİ

1. Giriş

Bu çalışmada Türkiye'nin endemik ağaç türlerinden olan Ebe Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) ve Ehrami Karaçamının (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*) biyolojik ve ekolojik özellikleri iki ayrı ana başlık altında ele alınarak aşağıda sıra ile verilmiştir. Verilen bu bilgiler Yücel tarafından muhtelif tarihlerde yapılan araştırma sonuçlarının kısaltılmış özeti mahiyetindedir. Daha ayrıntılı verilere ilgili kaynaklardan erişilebilir.

2. Ebe Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yaltırık] Ekolojisi

2.1. Ebe Karaçam ile ilgili kısa literatür özeti

Pinus nigra Arnold. üç kıtada (Afrika, Avrupa ve Asya) oldukça geniş bir coğrafyada yayılış gösterir (Coode ve Cullen, 1982). *P. nigra* beş alt türe ayrılır (Richardson, 1998) ve bu beş alttürden biri olan *P. nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Anadolu Karaçamı adı ile bilinir (Anşin ve Özkan, 1993). Anadolu Karaçamı; Balkanlar, Türkiye, Kırım; Güney Karpatlar, Suriye ve Kıbrıs'ta doğal yayılış gösterir (Yaltırık, 1988; Richardson, 1998); ve bu yayılış alanı içinde değişik şekil varyeteleri vardır (Yücel, 1998a). *P. nigra* ssp. *pallasiana* varyetesi olarak tanımlanan var. *pyramidata* ve var. *şeneriana*, endemik olup dar bir yayılışa sahiptir (Yaltırık, 1986a). Ebe Karaçam ilk kez Saatçioğlu (1955) tarafından Bolu (Çaydurt)'da bulunarak "*Pinus nigra* Arn. var. *şeneriana* Saatçioğlu" adı ile tanımlanmış; daha sonra Yaltırık (1986b) tarafından "subsp. *pallasiana*" alt türüne bağlanmıştır. Ebe Karaçam ile ilgili yapılmış çalışmalar genelde biyolojik özellikleri, doğal yayılışı (Saatçioğlu, 1955; Alptekin, 1986; Yaltırık,

¹⁾ Prof. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir, Elmek: bitkilerim@gmail.com

1988; Yücel, 1998b; 2000a); polen morfolojisi (Yaman ve Sarıbaş, 1999; Yücel, 2000b) ve tohum çimlenme özellikleri (Yücel, 1997) ile ilgilidir. Ebe Karaçamın doğal yayılış alanı ile biyolojik ve ekolojik özelliklerinin bir bütün olarak saptanmasını amaçlayan çalışma dört yıl süren bir proje kapsamında (Yücel, 1999a) tamamlanarak yayınlanmıştır (Yücel, 2000a; b). Aşağıda verilen bulgular yayınlanan eserlerin bir özeti şeklindedir (Yücel, 1997; 1998b; 2000a,b).

2.2. Ebe Karaçamın doğal yayılışı

Ebe Karaçam Türkiye'de Bolu, Eskişehir, Afyon, Manisa ve Kütahya il sınırları içinde, yayılış gösterir. Bolu'nun Çaydurt ilçesinde (Akdoğan ve Avşar tepeleri arasında) Güneygıdriş köyünün kuzeyinde, Kırka, Kayı, Avşar, Muratlar, Ericcek, Rüzgârlar, Börünük ve Dörtdivan ilçesi çevresinde 900-1100 m yükseltiler arasında bulunur. Manisa'da Alaşehir ilçesinin Bahadır Köyü, Alakıraç mahallesi çevresinde 815-1100 m yükseltilerde yayılış gösterir. Kütahya çevresinde Yaylababa, Vakıfköy, Karakişi, Aliköy, Dulkadir, Şahmelek, Pullar, Merkez Kozluca, Esatlar, Aydıncık, Örencik, Emet, Aslanapa, Ilıca ve Sabuncupınar, Tunçbilek, Yeniköy ve Domaniç'in güneyinde Aksu çevresinde 800-1250 m yükseltilerde bulunur. Çok nadir birkaç birey Sabuncupınar'ın bir devamı niteliğinde İncesu, Kargında (Eskişehir) bulunur. Diğer taraftan Aslanapa'nın bir devamı olarak, yine çok nadir Afyon'da da rastlanır. Bu geniş yayılış alanı içinde en yoğun olarak; Alaşehir'de (Manisa) Bahadır Köyü çevresinde, Çaydurt'ta (Bolu) Güney Köyü çevresinde, Kütahya'da Yeniceköy (Çögürler mevki) ve Domaniç/Aksu Köyü (Akyar Mevkii) çevresinde yayılış gösterir (Yücel, 2000a). Ayrıca Kastamonu-Kaşçılar ve Kadıdağı yörelerinde de yayılışı bulunmaktadır (Sıvacıoğlu ve Sezgin, 2008).

2.3. Ebe Karaçamın morfolojik özellikleri

2.3.1. Ebe Karaçamın habitusu

Ebe Karaçam genel olarak dipten dallanan çok gövdeli yuvarlak küremsi veya uzunca küremsi, geniş tepeli sık dallı kompakt bir orman ağacıdır. Bu formu daha ilk yıllardan başlayarak kendini diğerlerinden belirgin bir şekilde ayırır. Tüm genel yayılışı içinde yuvarlak, oval, küremsi, şemsiye gibi çok dekoratif formları bulunmaktadır. Bunlarda çok gövdellilik esas olup, ana gövde yerine hemen toprak yüzeyinden veya 15-50 cm yukarıdan başlayan 10-20 derece açı ile yukarı doğru yükselen çok sayıda tali gövdeler bulunur (Yücel ve ark., 1999). Bazı bireylerde gövde hemen toprak yüzeyinden itibaren ince ve dar bir açı ile yukarıya yönelecek şekilde dallanır, ana gövde bulunmaz, tepe tacı oval bir forma sahiptir. Küremsi veya oval tepe formunu korumakla birlikte bazı bi-

reylerde toprak yüzeyinde zayıf olan dallanma 0,50-1 metreden sonra yeniden zenginleşerek devam eder (Yücel, 1998b). Ancak çok nadir 1,00-1,50 metreye kadar tek gövde olarak yükselen fakat daha sonra yine dallanarak yuvarlak bir form kazanan bireylere de rastlanır. Küremsi form; gövde toprak yüzeyinden sık dallanır. Fakat dallar daha kalın olup, tepe tacı yuvarlak, küre şeklindedir. Alt dalların biyotik faktörler nedeni ile budanması sonucu şemsiyeyi andıran çok dekoratif formları da bulunmaktadır. Genelde boyu 6-10 metre arasında olmakla birlikte, bazı bireyler 16 metreye kadar boy yapabilmektedir. Ancak bozuk Anadolu Karaçamı ve Meşe toplulukları içinde veya açık alanlarda tepe çatısı oldukça genişleyerek 12 metre çapa kadar ulaşabilmekte; buna karşın boy 4-6 metre olmaktadır.



Şekil 1. Ebe Karaçamın habitusu ve Ehrami Karaçam.

2.3.2. Ebe Karaçamın ibre özellikleri

İbre özelliklerinin belirlenmesi örnek alanlarda sağlıklı birden fazla (3 - 5) ağaç üzerinden 1 yaşlı ibre örnekleri alınmış ve bu ibrelerden tesadüfen seçilen 100 örnek de kın, boy, en, ağırlık ve rutubet (%) ölçülmüştür. İbreler sürgün uçlarında rozet şeklinde toplanmış, çok sık dizili ve yeşil renklidir. Kın uzunluğu 4,64-7,94 mm, ortalama kın boyu $5,84 \pm 1,06$ mm; ibre boyu 47,96-110,80, ortalama ibre boyu $5,84 \pm 1,056$ mm; ibre genişliği 1,06-1,56 mm, ortalama $1,28 \pm 0,09$ mm; 100 adet ibre ağırlığı 2,62 gr (%46,18 rutubet) ile 12,23 gr (%52,33 rutubet) arasında, ortalama ibre ağırlığı 6,13 gr (%47,56 rutubet) olarak ölçülmüştür (Yücel, 2000a).

2.3.3. Ebe Karaçamın polen morfolojisi

Polen tipi, vesiculatae, apertürler yok, strüktür, tectatae, skulptur verrucate baloncukların ornemantasyonu düzenlidir ve kapalı adacık ve kanalcıklardan meydana gelmiştir (Yücel, 2000a).

2.3.4. Ebe Karaçamın kozalak ve tohum morfolojisi

Kozalak ve tohum morfolojileri ve çimlenme özelliklerinin belirlenmesi için 5 farklı bölgeden (Bolu, Alaşehir, Domaniç, Aydıncık, Kütahya) kozalak örnekleri alınarak, kozalak ve tohumlar üzerinde ölçüm son uçlarına göre; Ebe Karaçamın, kozalak genişliği $26,84 \pm 4,15$ mm; kozalak boyu $51,25 \pm 7,71$ mm; kozalak ağırlığı (yaş) $6833,33-22714,32$ mg olup; kozalak genişliği ile boyu arasındaki $y = 1,7252x + 4,9475$ denkleminin ifade edilen bir ilişkinin olduğu; kozalak boyu ile kozalak ağırlığı arasında $y = 900,253x - 34333,457$ denkleminin ifade edilen bir ilişkinin olduğu; kozalak boyu ile tohum ağırlığı arasında pozitif yönde doğrusal bir ilişki bulunmuş ($y = 0,477x - 6,548$) olduğu bulunmuştur (Yücel, 2000a). Tohumlar açık ve koyu renkli tohumlardan oluşur ve bunların; çimlenme yüzdeleri, ağırlık ve morfolojik özellikleri bakımından farklılıklar göstermektedir. Açık renkli tohumların 1000 tane tohum ağırlığı 9,97 gr, koyu renkli tohumların 1000 tane ağırlığının ise 17,90 gr olup, 1000 tane koyu renkli tohum ağırlığı ile 1000 tane kozalak ağırlığı arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur ($y = 0,0005x + 11,769$) (Yücel, 2000b).

2.4. Ebe Karaçamın ekolojik özellikleri

2.4.1. Ebe Karaçamın iklim özellikleri

Ebe karaçamın yayılış alanının iklim ve biyoiklim özelliklerinin belirlenebilmesi için 5 ayrı meteoroloji istasyonunun verilerinden faydalanılmıştır.

Yıllık ortalama sıcaklık; en yüksek Alaşehir'de ($16,9$ °C) ölçülürken bunu Tavşanlı ($11,4$ °C), Domaniç ($10,9$ °C), Kütahya ($10,6$ °C) ve Bolu ($10,2$ °C) izlemektedir. Yıllık ortalama en yüksek sıcaklık; Alaşehir'de $42,0$ °C, Bolu'da $39,4$ °C, Kütahya'da $36,8$ °C, Domaniç'te $36,5$ °C ve Tavşanlı'da $36,5$ °C ölçülmüştür. Yıllık ortalama en düşük sıcaklık; Bolu'da $-31,5$ °C, Kütahya'da $-26,3$ °C, Tavşanlı'da $-19,7$ °C, Domaniç'te $-16,5$ °C ve Alaşehir'de $-7,5$ °C ölçülmüştür.

Yıllık ortalama nispi nem; en yüksek Bolu'da %73, en düşük Alaşehir'de %57'de ölçülmüş olup, Kütahya'da %68, Tavşanlı'da %67 ve Domaniç'te ise %65'dir. En fazla Yıllık yağış Domaniç'te ($702,7$ mm) ölçülmüş olup, bunu sırası ile Kütahya ($579,7$ mm), Bolu ($533,7$ mm), Alaşehir ($513,0$ mm) ve Tavşanlı ($487,1$ mm) izlemektedir. Yıllık ortalama karla örtülü günler sayısı; en fazla Bolu'da ($39,0$ gün) görülürken bunu sıra ile Kütahya ($30,3$ gün), Domaniç ($25,0$ gün), Tavşanlı ($14,9$ gün) ve Alaşehir ($2,2$ gün) izlemektedir.

Emberger yöntemine göre: Alaşehir KISY yağış rejimi ve Yarı Kurak Üst Ilık; Kütahya KISY yağış rejimi ve Az Yağışlı Çok Soğuk; Domaniç KISY yağış rejimi ve Az Yağışlı Soğuk; Kütahya KISY yağış rejimi ve Az Yağışlı Çok Soğuk; Tavşanlı KISY yağış rejimi ve Yarı Kurak Üst Soğuk; Afyon IKSU yağış rejimi

ve Yarı Kurak Çok Soğuk; Eskişehir KISY yağış rejimi ve Yarı Kurak Alt Çok Soğuk Akdeniz biyoiklim katına girmektedir.

Walter yöntemine göre; Bolu'da Temmuz ayından, Eylül ayı sonlarına kadar, Alaşehir'de Mayısın ortasından başlayarak, Ekim ayının ortasına kadar, Kütahya'da Haziran ayı sonlarından Eylül ayı sonlarına kadar, Domaniç'te Haziran ayı ortasından, Eylül ayı sonlarına kadar, Tavşanlı'da Haziran ayından, Ekim ayına kadar su noksanının olduğu kurak dönem bulunmaktadır (Yücel, 2000b).

2.4.2. Ebe Karaçamın toprak özellikleri

Ebe karaçamın yayılış alanlarının toprak özellikleri incelendiğinde Esmer Orman Toprağı tipinin daha yaygın olduğu görülmektedir. Ayrıca yayılış alanlarında; Rendsina, Kalkerli Esmer Orman Toprağı, Akdeniz Esmer Orman Toprağı ve Terra Rossa toprak tipleri de bulunmaktadır (Yücel, 2000b). Toprakların toprak türü; %31,9'i killi balçık, %23,6'sı kil, %18,1'i kumlu killi balçık, %15,3'ü kumlu balçık, %5,6'sı balçık, %5,6'sı toz balçığı olduğu; toprak reaksiyonu (pH) 6,0-7,8 sınırları arasında, total kalsiyum karbonat miktarı %0,00-%89,47; organik madde miktarı %0,57-%29,67; azot %0,0-%0,96, kalsiyum %0,07-%1,96, magnezyum %0,02-%4,75, potasyum %0,01-%0,11, sodyum %0,002-%0,020 ve fosfor (P_2O_5) %0,001-%0,023 aralığında değişim göstermektedir (Yücel, 2000a).

2.4.3. Ebe Karaçamın ölü örtü özellikleri

Yapılan çalışmalar sonucu tüm örnek alanlarda Çürüntü tipi humusun bulunduğu saptanmıştır. Ölü örtüde; pH 5,3-7,6, azot %0,51-%1,07, kalsiyum %0,51-%1,93, magnezyum %0,01-%0,45, potasyum %0,01-%0,40, sodyum %0,01-%0,03 ve fosfor %0,01-%0,08 değerleri arasında bulunmuştur (Yücel, 2000a).

2.4.4. Ebe Karaçamın bitki beslenme elementleri ilişkileri

İbre örneklerinde; azot %0,84-%1,42, kalsiyum %0,14-%0,67, magnezyum %0,10-%0,23, potasyum %0,42-%1,52, sodyum %0,01-%0,02 ve fosfor %0,05-%0,16 değerleri arasında bulunmuştur (Yücel, 2000b).

2.4.5. Ebe Karaçamın tohum çimlenme ekolojisi

Ebe Karaçamın tohum çimlenme ekolojisini belirlemek amacı ile yapılan çalışmalar tohumların açık ve koyu renkli tohumlardan oluştuğu ve bunların morfolojik özellikleri ve çimlenme ekolojilerinin farklı olduğunu göstermektedir. Jacobsen cihazında koyu renkli tohumlar %90, açık renkli tohumlar %16;

Rodewald cihazında koyu renkli tohumlar %94, açık renkli tohumlar %20; Çimlendirme dolabında koyu renkli tohumlar %97, açık renkli tohumlar %9 oranında çimlenmiş; oda şartlarında (çimlenme yatağı filtre kağıdı), koyu renkli tohumların %96'sı, açık renkli tohumların %10'u çimlenirken, yine serbest oda şartlarında fakat çimlenme yatağı kum olan ortamda koyu renkli tohumlarda %94, açık renkli tohumlarda %8 çimlenmiş; karanlık ortamda (çimlenme yatağı filtre kağıdı) ise, koyu renkli tohumların %93, açık renkli tohumların %7'si çimlenmiş, karanlık fakat çimlenme yatağının kum olması halinde ise koyu renkli tohumlar %95, açık renkli tohumlar %20 oranında çimlenmiştir (Yücel, 1997). Tohum sıcaklığa duyarlılığını belirlemek için yapılan deneylerde; 100 °C derecede 210 dakika sıcak ön işlem gören koyu renkli tohumlarda %62, açık renkli tohumlarda %24 oranında çimlenme olurken, +115 °C derecede 270 dakika ön işlem gören tohumların ise çimlenme kabiliyetlerini tamamen yitirerek hiç çimlenmediği görülmüştür. Koyu renkli tohumlarla yapılan sürme deneylerinde, çimlenme onuncu günde %27, yirminci günde %62, otuzuncu günde %79 olmuş; açık renkli tohumlarda ise bu oran daha düşük olarak; onuncu günde %2, yirminci günde %7, otuzuncu günde %24 olarak gerçekleşmiştir" (Yücel, 1999a; 2000a). Bu sonuçlara; tohumlar belirgin bir şekilde açık ve koyu renkli tohumların morfolojileri yanı sıra ekolojilerinde birbirinden çok farklı olduğu olduğunu göstermektedir. Farklı konsantrasyonlarda (%0,5, %1, %2, %3), tuz (NaCl), potasyum nitrat (KNO₃) ve sülfürik asit (H₂SO₄) li ortamda yapılan çimlenme deneylerinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir (Yücel, 1997).

Tuz (NaCl) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi; %0,5 NaCl uygulanan tohumlarda %93-%97; %1 NaCl uygulanan serilerde %80-%97 çimlenme olmuş, %2 NaCl uygulanan serilerden %1-%3 çimlenme olmuş; %3 NaCl uygulanan tohumların hiçbirinde çimlenme olmamıştır. Tuza duyarlılık bakımından değerlendirildiğinde NaCl'ün, %1 ve üzerindeki konsantrasyonları çimlenme yüzdesini engellerken; tüm konsantrasyonları çimlenme hızını düşürmektedir.

Potasyum nitrat (KNO₃) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi; %0,5 KNO₃ uygulanan deney serilerinde %91-%100 oranında, %1 KNO₃ uygulanan serilerde %71-%100; %2 KNO₃ uygulanan serilerde %45-%58; %3 KNO₃ uygulanan serilerde %31'e ulaşan oranlarda çimlenme bulunmuştur. KNO₃'a duyarlılıkları bakımından topluca karşılaştırıldıklarında; %2 ve üzerindeki konsantrasyonları çimlenme yüzdesini engellediği görülmektedir.

Sülfürik asit (H₂SO₄) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi; %0,5 H₂SO₄ uygulanan tohumlarda %66-%83 çimlenme olurken, diğer %1- %3 H₂SO₄ uygulanan tohumlarda hiç çimlenme olmamış, çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı kontrol grubundan daha düşük gerçekleşmiştir. Ayrıca orijinler H₂SO₄'e duyarlılıkları bakımından farklılık göstermektedir.

Hidroklorik asit (HCl) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi; %0,5

HCl uygulanan tohumlarda %80-%96; %1 HCl uygulanan tohumlarda %29-%38 çimlenme olmuş, %2 HCl uygulanan serilerden Kütahya / Domaniç orijinli tohumlarda %1 oranında çimlenme olurken diğerlerinde hiç çimlenme olmamış; %3 HCl uygulanan serilerde çimlenme tamamen engellenmiştir. HCl uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi ve hızı kontrol grubundan daha düşük gerçekleşmiştir. Ayrıca orijinler HCl'e duyarlılıkları bakımından farklılık göstermektedir.

Işığın Ebe Karaçam tohum çimlenmesi üzerine etkisi; Sürekli karanlık ortamda çimlenme deneylerinde kontrol grubundan daha düşük çimlenme hızı ve yüzdesi bulunmuştur. Buna göre sürekli karanlık ortamın çimlenmeyi engellemektedir.

2.4.6. Ebe Karaçamın yayılış alanlarındaki floristik bileşim

Ebe Karaçamın yayılış alanlarındaki floranın biyolojik spektrumu topluca değerlendirildiğinde yayılış alanında taksonların büyük çoğunluğunu hemikriptofitler (%47,11) oluşturur, bunu fanerofitler (%21,07) ve terofitler (%16,12) izlemektedir (Yücel, 2000a). Ebe Karaçamın Bolu, Alaşehir (Manisa) ve Kütahya olmak üzere, ekolojik özellikleri birbirinden farklı üç ana bölgede yayılış göstermekte ve bunun sonucu olarak, floristik yapı son derece zengin bir çeşitlilik gösterir.

Bolu çevresindeki yayılış alanlarında ağaç katını *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* oluşturmakla birlikte, karışıma yer yer *Abies nordmanniana* ssp. *bornmuelleriana* ve *Pinus sylvestris* ssp. *hamata*, *Fagus orientalis* ve *Acer campestre* tek tek veya küçük gruplar halinde katılır; çalı katında en yaygın *Juniperus oxycedrus*, *Cornus mas*, *Ligustrum vulgare*, *Corylus avellana*, *Rosa canina*, *Quercus ithaburensis* ssp. *macrolepis*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. virgiliana*, *Cotoneaster nummularia*, *Viburnum lantana* türleri yer alır. Ot katının çoğunluğunu Lamiaceae (Labiatae) (%13,6), Fabaceae (Leguminosae) (%9,9), Compositae (%7,4) familyalarının üyeleri oluşturur. Bolu çevresinde floranın %64,3'ü geniş yayılışlı veya fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen taksonlardan oluşur ve fitocoğrafik bölgesi bilinenlerin (%35,7); %25,9'u Avrupa - Sibiryaya elementi, %8,6'sı Akdeniz elementi, %1,2'si İran-Turan elementi olduğu görülmektedir.

Alaşehir çevresinde yayılış alanlarında hakim ağaç türü Anadolu Karaçamı olup, karışıma yer yer *Pinus brutia* katılır; çalı katında ise *Cistus laurifolius*, *C. salviifolius*, *J. oxycedrus*, *Q. cerris*, *Q. coccifera*, *Q. infectoria* ssp. *boissieri*, *Spartium junceum*, *Pistacia terebinthus* ssp. *palaestina* bulunur; ot katında ise, en yaygın Fabaceae (%19,4), Compositae (%16,7), Lamiaceae (%13,9) familyalarına ait taksonlar bulunur. Alaşehir'de floranın %75'i kozmopolit veya fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen taksonlardan oluşurken; fitocoğrafik bölgesi bilinenlerin (%25), %19,4 Akdeniz elementi, %5,6'sı İran - Turan elementidir.

Kütahya çevresinde ağaç katını Anadolu Karaçamı olmakla birlikte, karışıma yer yer *J. excelsa*, *J. foetidissima*, *Q. cerris* ve *P. nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata* katılır. Çalı katında *Fagaceae*, *Cupressaceae*, *Rosaceae* ve *Cistaceae* en yaygın bulunan familyalardır. Bunlardan özellikle *Quercus* sp. ve *Juniperus* sp. türleri ile *Cistus laurifolius* çalı katının ana dokusunu oluşturur. Bunlara yer yer *Viburnum lantana*, *Cotoneaster nummularia*, *Rosa canina*, *Rubus sanctus* ve diğerleri katılır. Ot katında; *Fabaceae* (%18,9), *Lamiaceae* (%11,5), *Compositae* (%7,3) en yaygın familyalardır. Ot katında ise; *Onobrychis gracilis*, *Teucrium polium*, *Centaurea virgata*, *Alyssum borzaeanum*, *A. sibiricum*, *Helianthemum canum* en yaygın taksonlardır. Kütahya'daki örnek alanlarda saptanan floranın %67,7'si geniş yayılışlı veya fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen taksonlardan oluşmaktadır. Fitocoğrafik bölgesi bilinenlerin %7,8 Avrupa - Sibirya, %13,0 Akdeniz, %11,5'i İran-Turan elementidir (Yücel, 2000a; b).

2.5. Ebe Karaçam ile ilgili kısa sonuçlar

Ebe Karaçam Türkiye'nin endemik ağaç türlerinden olup; Bolu, Eskişehir, Afyon, Kütahya ve Manisa il sınırları içinde yayılış göstermektedir. Bölgede Yarı Kurak Akdeniz biyoiklim katının çeşitli tipleri hakimdir. Bu iklim katının çeşitli tiplerinde genelde antropojen karakterli sekonder bir vejetasyon olan step vejetasyonu görülmektedir. Yıllık ortalama yağış 487,1-702,7 mm; yıllık ortalama sıcaklık 10,2-16,9 °C, en düşük sıcaklık 7,5 °C ile 31,5 °C arasında, en yüksek sıcaklık 36,5 °C ile 42,0 °C arasında değişmektedir. Yayılış alanında Mayıs-Haziran aylarından başlayan ve Eylül-Ekim aylarına kadar 5-6 ay süren, su noksanının olduğu kurak bir dönem yaşanmaktadır. Ebe çamın yayılış alanında Rendsina, Esmer Orman Toprağı, Kalkerli Esmer Orman Toprağı, Akdeniz Esmer Orman Toprağı ve Terra Rossa toprak tipleri bulunmaktadır. Yayılış alanında Çürüntü Tipi Humus tipi yaygın olup, killi, alkali, marnlı ve kireç bakımından zengin topraklar hakimdir. Tohumlar belirgin bir şekilde açık ve koyu renkli tohumlardan oluşur ve çimlenme hızı, çimlenme yüzdeleri, ağırlık ve morfolojik özellikleri bakımından farklılıktır. Ebe karaçam genelde Anadolu Karaçamı ile birlikte bulunur, ayrıca karışıma *Pinus brutia* (Alaşehir), *J. excelsa*, *J. foetidissima*, *Q. cerris* katılır. Çalı katında *Fagaceae*, *Cupressaceae*, *Rosaceae* ve *Cistaceae* en yaygın bulunan familyalardır. Bunlardan özellikle *Quercus* sp. ve *Juniperus* sp. türleri ile *Cistus laurifolius* çalı katının ana dokusunu oluşturur, yer yer *Viburnum lantana*, *Cotoneaster nummularia*, *Rosa canina*, *Rubus sanctus* katılır. Ot katında; *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Compositae* en yaygın familyalardır (Yücel, 2000a).

2.6. Ebe Karaçamı tehdit eden hususlar

Ebe Karaçamı tehdit eden unsurlar; orman yangınları, genetik degradasyon, ilgili orman işletmelerinin konunun önemi konusunda bilgi eksikliği, ormancılık uygulamaları (Amenajman planları, silvikültürel uygulamalar), tanıtım eksikliği ve fidanlıklarda yeterli sayıda üretim yapılmıyor olması şeklinde sıralanmaktadır.

2.7. Ebe Karaçam ile ilgili bazı öneriler

Ebe Karaçamın korunması, kullanımının yaygınlaştırılması, ıslahı ve adlandırılması ile ilgili öneriler aşağıda sunulmuştur:

- a) Yayılış alanlarının tamamı gen kaynakları koruma alanı olarak tanımlanarak, amenajman planları buna göre revize edilmelidir.
- b) Yayılış alanları yangınlara karşı hassas olmaları nedeni ile ilave özel önlemler alınmalıdır.
- c) Yurt içi ve yurt dışı tanıtımı yapılarak peyzaj düzenlemelerinde kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- d) Orman Fakülteleri ders programlarında endemik taksonların ve orman yabanıl meyvelerinin korunması konularına ağırlık verilmeli.
- e) Genetik degradasyonu önleyici tedbirler alınmalıdır.
- f) Islah çalışmaları yapılmalıdır.
- g) Ebe Karaçam biyolojik ve ekolojik özellikler bakımından diğer çam taksonlarından belirgin şekilde ayrılmaktadır. Bu nedenle sistematikteki yeri tür düzeyine yükseltilerek adı ***Pinus şeneriana*** olarak, Türkçe adı da **Ebe Çam** olarak değiştirilmelidir.

3. Ehrami Karaçamın (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*) Ekolojisi

3.1. Ehrami Karaçam ile ilgili kısa literatür özeti

Ehrami Karaçam, ilk kez Anadolu Karaçamının yeni bir varyetesi olarak *Pinus nigra* var. *pyramidata* Acatay adı ile tanımlanmıştır (Acatay, 1956; Yücel ve Öztürk, 2000). Sonrasında Yaltırık (1986 a); Ehrami Karaçam (var. *pyramidata*)'ın; Avrupa'nın benzeri karaçam varyetelerinden ayrıcalığını ortaya koyabilmek için bu varyetenin "subsp. *pallasiana*" alttürüne bağlanmasının taksonomik açıdan gerekli görüldüğünü ve bunu *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acatay) Yalt., Stat. nova. olarak düzeltmiştir (Yaltırık, 1986a; b). Alptekin (1986) Anadolu karaçamının alt grubu olan var. *pyramidata*'nın çeşitli değerlendirmeler sonucunda alttür için-

de farklı bir konuma sahip olduğunu bildirmektedir. Daha sonra doktora tezi (Yücel, 1992a) olarak hazırlanan ve tıpkı basım olarak kitap haline getirilen “Ehrami Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.]’ın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri” adlı çalışma izlemiştir (Yücel, 1995a).

Bu çalışma Yücel (1988; 1992a; b; 1994; 1995a; b; 1996; 1999b; c; d) tarafından muhtelif tarihlerde yapılmış araştırmalardan özetlenerek hazırlanarak bir derleme mahiyetinde aşağıda verilmiştir.

3.2. Ehrami Karaçamın doğal yayılışı

Ehrami Karaçam Kütahya çevresinde 1000-1250 metreler arasında daha yoğun olmak üzere 980-1350 metre yükseklikler arasında doğal olarak yayılış gösterir (Yücel, 1995a). Ayrıca Kastamonu-Gölköy’de de yayılışı olduğu bildirilmektedir.

3.3. Ehrami Karaçamın morfolojik özellikleri

3.3.1. Ehrami Karaçamın habitusu

Ehrami Karaçam 20 metreye kadar boylanabilen ve 50-55 santimetreye kadar çap yapabilen, daima sütunvari piramidal bir forma sahip olan herdem yeşil orman ağacıdır. Dallar; gövdeye çevrel dizili, gövdeden genelde 10-30 derecelik bir açıyla yukarıya doğru yönelir. Yaşlılıkla birlikte tepe formu değişmez ancak dalların gövdeden çıkış açıları ileri yaşlarda daha da daraldığı görülür. Genellikle dolgun ve düz gövdeler oluşturmakla birlikte bazı bireylerde gövde ve dalların çap büyümeleri farklıdır. Internodlarda gövde çapında bir kalınlaşma olurken, internodun tam ortasına doğru göreceli olarak daralma/küçülme görülürken, bazı bireylerde ise bunun tam tersi olarak, internodlarda gövde/dal çapında bir incelme, internodun ortasına doğru bir kalınlaşma gözlenmektedir (Yücel, 1995a; Yücel 1999b). Yaşlı gövdelerde kabuk kalın ve uzunlamasına derin çatlaklı olup, gövde boyunca uzunlamasına gelişen çatlakların boyu eninden daima daha büyüktür. Dikdörtgen şeklini anımsatan plakalar halindeki kabukların dış yüzü beyaz renklidir. Kabuk üzerindeki derin çatlaklar siyahımsı kahverengi veya kahverengidir. Genç bireylerde kabuk grimsi siyah, kahverengimsi siyah ya da yer yer siyah, küçük yuvarlağımsı plakalar şeklindedir (Yücel, 2005).

3.3.2. Ehrami Karaçamın ibre özellikleri

Ehrami Karaçamının ibre özellikleri üzerine yapılan çalışmalarda ibre özellikleri ortaya konulmuştur. Uzun iğne şeklinde genelde düz, bazen kıvrık koyu

yeşil renkli ibreleri vardır. Ehrami Karaçamda daima ikili ibre bulunduğu bildirilmiş (Yücel, 1995a) olmakla birlikte, daha sonra yapılan çalışmalarda Vakıfköy de %2, Dulkadir'de %3, Pullarda %1, Aydıncık'da %2 oranında üçlü ibre bulunduğu saptanmış olup, bu özelliği ile Anadolu Karaçamı ve onun diğer varyetelerinden belirgin şekilde ayrılmaktadır (Yücel, 1996b). “Bir yaşlı ibrelerin ortalama kın uzunluğu 16,744-21,8 mm, iki yaşlı ibrelerin kın uzunluğu 2,25- 6,98 mm bulunmuştur. Bir yaşlı ibrelerin ortalama boyu 65,8-106,44 mm, iki yaşlı ibrelerin boyu 65,44-116,64 mm bulunmuştur. Bir yaşlı ibrelerin ortalama eni 1,218- 1,616 mm, iki yaşlı ibrelerin ortalama eni ise 1,166-1,519 mm bulunmuştur” (Yücel, 1999b).

3.3.3. Ehrami Karaçamın polen morfolojisi

Ehrami Karaçamın polen morfolojisi üzerine yapılan çalışmalar türün sistematığının anlaşılması içinde gereklidir. Erkek çiçekler ilkbaharda genç sürgünlerin hemen dip kısmında, silindirik şeklinde, soluk sarımsı yeşil kırmızımsı yeşil renkli topluluklar oluştururlar. Her erkek çiçeğin bir eksen üzerinde sarmal dizilmiş çok sayıda pulları vardır. Polen gömleğinin girinti ve çıkıntıları belirgindir. Baloncukların ornemantasyonu muntazam olup, kapalı adacık ve kanalcıklardan meydana gelmiştir. Baloncukların prokzimal tabanlarında, polen gömleği üzerinde bulunan ibikler belirgindir. Polenler arasında şekil bakımından farklı ve anormal formlar gösteren deforme olmuş fertlerin çok miktarda olduğu görülmüştür. Ayrıca polen boyutları önemli bir varyasyon içerisinde bulunmaktadır. Normal polenlerin bir kısmı çok küçük, bir kısmı ise oldukça büyüktür (Yücel, 1995a).

3.3.4. Ehrami Karaçamın kozalak ve tohum morfolojisi

Kozalak halindeki dişi çiçekler tomurcuğun hemen alt kısmında bir veya daha çok ikili, olgunlaştığında parlak açık sarı veya açık kahverengi renklidir. Kozalak pullarının üzerinde kalkan (Apofiz)'i belirgin şekilde çıkık, ortasının ucu diken gibi batıcı, göbeği (mukro) koyu renklidir. Bir eksen üzerinde sarmal olarak dizilmiş olan kozalak pullarının her birinin altında bir genellikle iki adet kanatlı tohum bulunur. Ehrami Karaçam'ın kozalak boyu 32,70 mm ile 75,50 mm arasında; kozalak genişlikleri ise 20,50 mm ile 50,50 mm; tohum boyu 5,2-7,3 mm, tohum genişliği 3,0-4,6 mm'dir (Yücel, 1992b). Çıkan tanelerin adet olarak %44,6 açık renkli, %55,4 koyu renkli olup, açık renkli tohumların %19 dolu, %81 boş; koyu renkli tohumların ise %99 doludur (Yücel, 1994). Açık renkli tohumun 1000 tane ağırlığı 13,0968 gr (%6 rutubet), koyu renkli tohumun 1000 tane ağırlığının ise 24,6105 gr (%7 rutubet) olduğu belirlenmiştir (Yücel, 1995b; Yücel, 1999c).

3.4. Ehrami Karaçamın ekolojik özellikleri

3.4.1. Ehrami Karaçamın iklim özellikleri

Yıllık ortalama sıcaklık, 10,6 °C (Kütahya) ile 11,4 °C (Tavşanlı); yıllık ortalama en yüksek sıcaklık, 36,5°C (Tavşanlı) ile 36,8°C (Kütahya); yıllık ortalama en düşük sıcaklık, 19,7 °C (Tavşanlı) ile 26,3 °C (Kütahya); yıllık ortalama nispi nem, %67 (Tavşanlı) ile %68 (Kütahya); yıllık yağış 487,1 mm (Tavşanlı) ile 579 mm (Kütahya); yıllık ortalama karla örtülü günler sayısı; 14,9 gün (Tavşanlı) ile 30,3 gün (Kütahya), arasında değişmektedir. Bölgede en yüksek aylık ortalama yağış Aralık ayında en düşük ortalama yağış ise Ağustos ayında görülmektedir. Köppen'in iklim sınıflamasına göre Orta İklimler Kuşağından yazları sıcak ve kurak, kışları yağışlı ve soğuk Akdeniz iklim tipi'nin nemli iklimler "A.C.D." sınıfına; De Martonne yöntemine göre ise, Yarı kurak iklimle nemli iklimler arasında yer alan bir iklim tipine girmektedir. Thornthwaite yöntemine göre yıl içinde toprakta 3,5 ay yeterli miktarda su bulunmamakta ancak, geri kalan 8,5 aylık dönemde ise toprakta yeterli miktarda su bulunmakta olup, "C2B1s2b'3" harfleriyle ifade edilen yarı nemli Mezotermal (orta sıcaklıktaki iklimler), su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan tali iklim tipine girmektedir. Walter yöntemine göre ise Haziran ayı ortalarında başlayıp Eylül ayı sonlarına kadar süren kurak devre yaşanmaktadır. Thornthwaite ve Walter yöntemine göre bulunan sonuçlar birbirleriyle uygunluk göstermektedir. Erinç yöntemine göre ise yayılış alanı "Yarı Nemli İklim" tipine girerken; bitki örtüsü bakımından ise "Park Görünümlü Kurak Orman" ve makro iklim tiplerinden, "Akdeniz İkliminin Marmara Alt İklim" tipine girmektedir (Yücel, 1995a).

3.4.2. Ehrami Karaçamın toprak özellikleri

"Ehrami Karaçamın yayılış alanlarında arazi genelde karstik bir yapıya sahiptir. Bloklar veya yer yer çatlaklı kalker anakaya ve bunun üzerinde oluşan çok taşlı, sığ veya orta derin topraklar yayılış alanının karakteristik özellikleridir. Ehrami Karaçam köşeli blok strüktürü ve kil tekstürünün hakim olduğu, iskelet miktarı çok fazla, kireç bakımından zengin, sığ ve orta derin topraklar üzerinde yayılış göstermektedir. Bu alanlarda "kil", "killi balçık", "kumlu balçık", "balçık", "toz balçığı", ve "kumlu killi balçık" toprak türleri belirlenmiş olup, bunlardan "kil", "killi balçık" ve "kumlu killi balçık" toprak türleri en sık rastlanır. Yayılış alanlarında görülen hakim toprak tipleri; Kireçli Esmer Orman Toprağı, Rendzina, Pararendzina ve Terra rosa toprak tipidir. Yayılış alanlarında toprak "az taşlı"-iskelet toprağı" olmakla birlikte, genelde toprağın iskelet miktarının "çok taşlı" yapıya sahiptir. Toprak tekstürü kil bakımından zengin olup, toprak "kaba taneli", "orta taneli" ve "ince taneli" topraklar sınıfında olup, genel

olarak “ince taneli toprak”lar yayılış alanına hakimdir. Ehrami karaçam; “hafif asit”, “nötr” ve “hafif alkali” topraklarda yetişmekle birlikte genelde “hafif alkali” toprakları tercih etmektedir. Daha çok kuzey ve batı bakılarda organik maddenin diğer bakıllara göre kısmen fazla olduğu yerlerde daha sık rastlanır. Yayılış alanlarında toprakların baz değişim kapasiteleri çok yüksek, kalsiyum karbonatı pek çok, tuz bakımından tuzsuz, azot, magnezyum ve potasyum bakımından zengin, bor bakımından borsuz ve orta borlu olduğu; demir 0,1-27,5 ppm, bakır 0,1-1,6 ppm, çinko 3,3-0,2 ppm, mangan 0,1-170,6 ppm olduğu bildirilmiştir (Yücel, 1995a).

3.4.3. Ehrami Karaçamın ölü örtü özellikleri

Ehrami Karaçamın yayılış alanlarında ölü örtü tabakaları (OL, OF, OH) genelde belirgin olarak ayrılır. Örtü örtü kalınlığı 4-7 cm arasında değişmekte olup, yayılış alanlarında “Çürüntü Tipi Humus” bulunmaktadır. Ölü örtünün asitlik derecesi zayıf asit (6,50-6,95 pH) karakterlidir. Ölü örtü kalsiyum karbonat ve azot bakımından zengin, tuz bakımından tuzsuz olup, beslenme elementlerinden, kalsiyum 24,15-66,31, magnezyum 4,10-21,40 ppm, potasyum 0,50-1,82 ppm, sodyum 0,21-0,31 ppm, fosfor (P_2O_5) 12-421 ppm, bor eser -9,7 ppm, demir 0,1-37,2 ppm, bakır 0,1-1,1 ppm, çinko 0,5-15,1 ppm ve mangan 17,2-175,2 ppm değerleri arasındadır (Yücel, 1995a).

3.4.4. Ehrami Karaçamın bitki beslenme elementleri ilişkileri

Ehrami Karaçamı ibrelerin sahip olduğu mikro ve makro değerleri ortaya konulmuştur. İbre örneklerinde; azot %0,382-1,947, kalsiyum %0,540-0,880, magnezyum %0,620-1,290, potasyum %0,330-0,600, sodyum %0,020-0,045, fosfor %0,360-0,840, kükürt %0,020-0,045, demir 45,0-124,0 ppm, mangan 13,0-342,0 ppm, çinko 22,0-39,0 ppm, bor 14,80-21,92 ppm, bakır 16,0-45,0 ppm değerleri arasında bulunmuştur” (Yücel, 1995a).

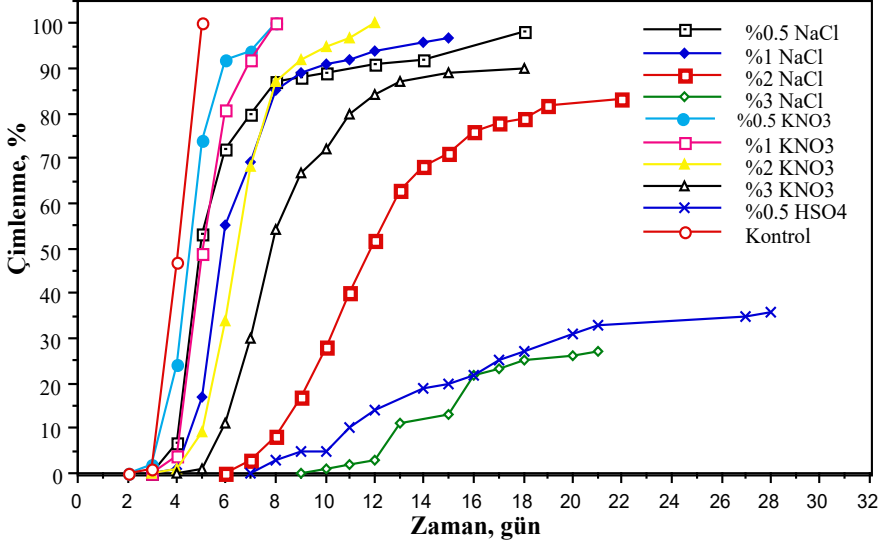
3.4.5. Ehrami Karaçamın tohum çimlenme ekolojisi

Tohum çimlenme özellikleri Yücel (1992a) tarafından incelenmiş, üç cihazda (Jacobsen, Rodewald, Çimlendirme Dolabı) yapılmış, daha sonra Yücel (1994) tarafından yapılan çalışmada açık ve koyu renkli tohumlar birbirlerinden ayrılarak deneylere alınmış, ayrıca karanlık ortamda çimlenmenin seyri izlenmiş, tohumun ısıya dayanıklılığı ve sürme gücü araştırılmıştır. Ayrıca Tohum çimlenmesi üzerinde farklı tuz ve asit konsantrasyonlarının etkileri araştırılmıştır (Yücel, 1999c). Ehrami Karaçam tohumları belirgin şekilde ayrılan, açık ve koyu renkli tohumlardan oluşmaktadır. Tohumlar %44,6 açık renkli,

%55,4 koyu renkli olup, açık renkli tohumların %19 dolu, %81 boş; koyu renkli tohumların ise %99 dolu; açık renkli tohumların 1000 tane ağırlığı 13,0968 gr (%6 rutubet), koyu renkli tohumun 1000 tane ağırlığının ise 24,6105 gr (%7 rutubet) olduğu; koyu renkli tohumlarının açık renkli tohumlara göre çimlenme kabiliyeti ve çimlenme hızının daha yüksek olduğu, +100°C 3,5 saat ön işleme alınan tohumlarda çimlenme hızı ve çimlenme kabiliyetinin işlem görmemiş tohumlara göre daha düşük, çimlenme süresinin daha uzun olduğu; +115°C 4,5 saat ön işleme alınan tohumlarda çimlenme olmadığı; yapılan sürme deneylerinde koyu renkli tohumlarda, çimlenme %78, açık renkli tohumlarda %23 olarak bildirilmiştir (Yücel, 1994; 1995a).

Farklı konsantrasyonlarda (%0,5, 1, 2, 3), tuz (NaCl), potasyum nitrat (KNO₃) ve sülfürik asitli (H₂SO₄) ortamda yapılan çimlenme deneylerinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir (Yücel, 1999c).

Tuz (NaCl) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi; %0,5 NaCl uygulanan tohumlarda %98; %1 NaCl uygulanan tohumlarda %97 çimlenme olmuş, %2 NaCl uygulanan tohumlarda %83 çimlenme olmuş; %3 NaCl uygulanan tohumlarda %27 çimlenme olmuştur. Buna göre düşük tuz konsantrasyonları (%0,5) çimlenme gücünü etkilemezken, yüksek konsantrasyonlar (%1-3) çimlenmeyi engellediği, NaCl'un çimlenme hızını düşürdüğü görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*) tohum çimlenmesi üzerine farklı tuz (NaCl) ve (KNO₃ ve H₂SO₄) konsantrasyonlarının etkileri (Yücel, 1999c).

Potasyum nitrat (KNO₃) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi; %0,5-2 KNO₃ uygulanan deney serilerinde %100 oranında; %3 KNO₃ uygulanan se-

rilerde %90'e ulaşan oranlarda çimlenme bulunmuştur. Potasyum nitrat konsantrasyonlarının çimlenme yüzdesi üzerindeki etkisinin önemli olmadığı, ancak %3'lük konsantrasyonların çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı kontrol grubundan daha düşük gerçekleşmiştir.

Sülfürik asit (H_2SO_4) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi; %0,5 H_2SO_4 uygulanan tohumlarda %36 çimlenme olurken, diğer %1-3 H_2SO_4 uygulanan tohumlarda hiç çimlenme olmamıştır. Sülfürik asit düşük konsantrasyonlarda (%0,5) çimlenme yüzdesi ve hızını düşürdüğü, çimlenmeyi engellediği, daha yüksek konsantrasyonların ise çimlenmeyi tamamen durdurduğu belirlenmiştir.

Işığın tohum çimlenmesi üzerine etkisi; Sürekli karanlık ortamda çimlenme hızı düşük ve çimlenme kabiliyetinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.

3.4.6. Ehrami Karaçamın yayılış alanlarındaki floristik bileşim

Ehrami Karaçam yayılış alanlarında çeşitli türler bulunmaktadır. Ehrami Karaçam alanlarının florasının bilinmesi türün özelliklerini anlamaya katkı sağlayabilir. Ehrami Karaçamın yayılış alanları ağaç, çalı, ot ve yosun olmak üzere dört vejetasyon katından oluşmakta ve bu katların zemini örtüş yüzdesi %65 ile %90 arasında değişmektedir. Ağaç katında daima Anadolu Karaçamı eşlik eder, ancak *Quercus cerris*, iyi gelişim gösterdiği bazı alanlarda karışıma iştirak ederken, *Tilia tomentosa* ve *Juniperus communis* ve *J. excelsa* karışıma nadiren katılırlar. Çalı katının örtüş oranı % 20-30 arasında olup, ağaç katı örtüsünün fazla olduğu bazı alanlarda (Vakıf ve Kızık) ise % 2-5 arasındadır. Anadolu Karaçamı ve Ehrami Karaçam gençlikleri yer yer bu katta önemli yer kaplar. Ayrıca *Quercus cerris* ve *Juniperus excelsa*, *J. communis* subsp. *nana*, *Laurus nobilis* bazı alanlarda ağaç katında görülmekle birlikte, genelde çalı katının önemli elamanları olarak Ehrami Karaçama eşlik ederler. Tek yıllık, iki yıllık ve çok yıllık otsu bitkilerin oluşturduğu ot katının orman altını örtüş yüzdesi % 25-60 arasında değişmektedir. Ot katının tür zenginliği çalı katının ve özellikle ağaç katının örtü miktarına göre değişmektedir. En yaygın görülen cinsler; *Dianthus* sp., *Astragalus* sp., *Tirifolium* sp., *Origanum* sp., *Salvia* sp., *Achillea* sp., *Centaurea* sp., *Aegilops* sp., *Bromus* sp., *Dactylis* sp., *Poa* sp., *Allium* sp., *Muscari* sp., *Ornithogalum* sp. Kara yosunu katı türce zengin olmamakla birlikte kapalılığın uygun olduğu yerlerde örtüş yüzdesi %15-45 arasında değişir. Güney bakılarda ve ağaç katı örtüsünün düşük olduğu alanlarda yosun katının örtü değeri yok denecek kadar azdır. Vakıfköy çevresinde *Brachythecium populeum* toprak yüzeyinde bulunan kayaların hemen hemen tüm yüzeyini ve toprağın büyük kısmını örter. En yaygın görülen karayosunu cinsleri şunlardır; *Grimmia* sp., *Tortula* sp., *Ortotrichum* sp., *Brachythecium* sp." (Yücel, 1995a).

3.4.7. Ehrami Karaçamın büyüme özellikleri (çap-boy ilişkileri)

Ehrami Karaçamın büyüme ilişkileri ilk kez Yücel (1996) tarafından çalışılmış (Şekil 3 ve 4) olup, yapılan bu çalışmada Ehrami karaçamın yapısal özellikleri (baskınlık, yoğunluk, bolluk ve örtü, sıklık, bazal alan, mevcudiyet, tabakalaşma, periyodiklik, sabitlik, sadakat ve yaşam formu) ile habitat arasındaki ilişkiler; büyüme davranışı incelenmiş, ağaçların topluluk içindeki dağılımı ve büyümeyi belirleyen değişkenler ölçülmüş ve matematiksel modeller temelinde ilişkiler ortaya konarak tablo ve grafiklerle ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Daha sonra Yücel (1999b) tarafından yapılan bir çalışmada ise Ehrami karaçamın büyüme özelliklerinin saptanmak amacı ile gövde analizleri yapmak için değişik çap, boy ve yaş sınıflarından ve farklı yetiştirme ortamlarından seçilen toplam 9 örnek ağaç 0,30 m yükseklikten kesilerek gerekli ölçümler yapılmış, büyüme modelleri çizilmiş ve sonuçlar tablo ve grafiklerle ayrıntılı bir şekilde verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ehrami Karaçamda kesilmiş örnek ağaçlarda; yaş, boy ve çap ($d_{1,30}$) (Yücel, 1996).

Örnek ağaç nu.	Yaş (Yıl)	Boy (m)	Kabuklu çap ($d_{1,30}$) (mm)
1	33	7,6	145
2	73	17,62	327
3	72	12,88	26
4	147	13,41	428
5	49	9,49	167
6	145	12,50	262
7	132	7,74	115
8	126	8,65	149
9	140	13,31	315

Ehrami Karaçamın 20 metre boy ve 50 santimetre çap yapabilmektedir. Ayrıca yapılan incelemelerde 1,30 m boyunda 35 yaşında bireylerin tespit edilmiş olması gençlikte çok yavaş büyüdüğü ve olumsuz ekolojik şartlara karşı oldukça dayanıklı olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

Canlı kütle belirlemek için iki ağaç 0,30 metreden kesilerek ölçü ve tartımlar yapılmıştır. Buna göre; 33 yaşındaki bir ağacın toplam biyokütlesi (kökler hariç) 114,000 kg (boy 7,36 m; kabuklu gövde 65,000 kg; dallar+yapraklar+kozalak 49,000 kg); 72 yaşındaki bir ağacın toplam biyokütlesi 479,300 kg (12,88 m boyunda; kabuklu gövde 308,150 kg; dallar+yapraklar+kozalak 171,150 kg) bulunmuştur.

Çizelge 2. Ehrami Karaçamın çap boy arasındaki istatistiksel ilişkiler [$H = f(A)$ boy; çap $H = f(D 1,3)$; çap-boy $D 1,3 = f(A)$; çift kabuk kalınlığı $CK 1,3 = f(j)$] (Yücel, 1999b).

İlişkiler	Örnek Sayısı	Sabit katsayı A_0	Regresyon katsayısı A_1	Regresyon katsayısı A_2	Kararlılık katsayısı R^2	Standart Hata
$H = f(A)$	80	0,024325	0,513417	--	0,558	0,144
$H = F(D 1,3)$	80	1,295480	0,512834	0,005017	0,835	1,144
$D 1,3 = f(A)$	80	43,775580	0,814292	0,0287420	0,775	12,88
$CK 1,3 = f(j)$	80	0,77	1,162		0,989	1,238

* 0,01 düzeyinde anlamlı

3.5. Ehrami Karaçam ile ilgili sonuçlar

Ehrami Karaçam tek tek, kümeler, bazen yamalar halinde çeşitli oranlarda karışıma katılarak, Anadolu Karaçamının hakim olduğu ormanlarda yayılış göstermektedir. İkinci derecede birlikte bulunduğu ağaç türleri, Meşe ve Ardıç türleridir.

Yayılış alanına Yarı Kurak Akdeniz biyoiklim katının çeşitli tipleri hakimdir. Yıllık ortalama sıcaklığı 10,2 °C-11,5 °C dereceler arasında, yıllık normal ortalama yağış 425,9 mm ile 575,8 mm arasında değişim göstermektedir. Bölgede en yüksek aylık ortalama yağış Aralık ayında en düşük ortalama yağış ise Ağustos ayında görülmektedir Yıllık ortalama nisbi nem % 58-69 arasındadır.

Yayılış alanında toprak “az taşlı” -”iskelet toprağı” olduğu saptanmış olmakla birlikte, genelde toprağın iskelet miktarının “çok taşlı” olduğunun saptanmış olması su tutma kapasitesini etkilemesi bakımından önemlidir. Toprak taneliliği kil bakımından zengin olup, toprak “orta taneli”, “ince taneli” topraklar sınıfına girmektedir. Yetiştirme ortamındaki toprakların pH’sı “Hafif Asit”, “Nötr” ve “Hafif Alkalen” olup, genelde topraklar “Hafif alkalen” karakterlidir.

Ölü örtü tabakalarının (OL, OF, OH) belirgin olarak ayrılmakta olup, en kalın ölü örtü kuzey bakıda ve 1200 m’de, 10 cm ölçülmüş olmakla birlikte, genelde örtü kalınlığı 4-7 cm arasında değişmekte ve en yaygın görülen humus tipi “Çürüntü Tipi Humus” dur. Ölü örtünün asitlik derecesi toprağa göre daha düşük olup (5,90-7,39 pH), ölü örtünün asitlik derecesi zayıf asit (6,50-6,95 pH) karakterlidir.

Genel ortalama çimlenme kabiliyeti yüksek (%81,3) olup, tohum çimlenme probleminin bulunmamaktadır. Çimlenmeyen sağlam (sağır) tohum bulunmayışı çimlenme engelini olmadığını ortaya koyması bakımından önemli bir sonuçtur.

Ehrami Karaçamın çimlendiği andan itibaren derine giden kazık kök sistemi geliştirdiği ancak toprak derinliğine ve diğer yetiştirme ortamı faktörlerine bağlı olarak, kök sistemi ve kök gelişiminde özellikle çok sığ topraklar üzerinde değişimlerin olduğu saptanmıştır.

3.6. Ehrami Karaçamı tehdit eden unsurlar

- a) Orman yangınları,
- b) Yarı parazit bir tür olan *Viscum album* özellikle Vakıfköy çevresinde önemli tehdit oluşturmaktadır.
- c) Genetik degradasyon,
- d) İlgili Orman işletmelerinin konunun önemi konusunda bilgi eksikliği,
- e) Ormancılık uygulamaları (Amenajman planları, silvikültürel uygulamalar),
- f) Tanıtım eksikliği,
- g) Kütahya/Vakıfköy gümüş işletmeleri.

3.7. Ehrami Karaçamın ile ilgili bazı öneriler

a) Ehrami Karaçamı ülkenin önemli doğal değerleri içinde yer almaktadır. Dolayısıyla bu doğal varlık üzerine yapılacak çalışmalar son derece önemlidir. Ehrami Karaçamı üzerine yapılacaklar genel çerçevesi aşağıda verilmiştir.

b) Yurt içi ve yurt dışında bulunan park bahçe ve peyzaj mimarlığıyla ilgili kişi ve kuruluşlarla gerekli temaslar kurularak, yaygın ve planlı bir tanıtım yapılarak ekonomiye kazandırılmalıdır.

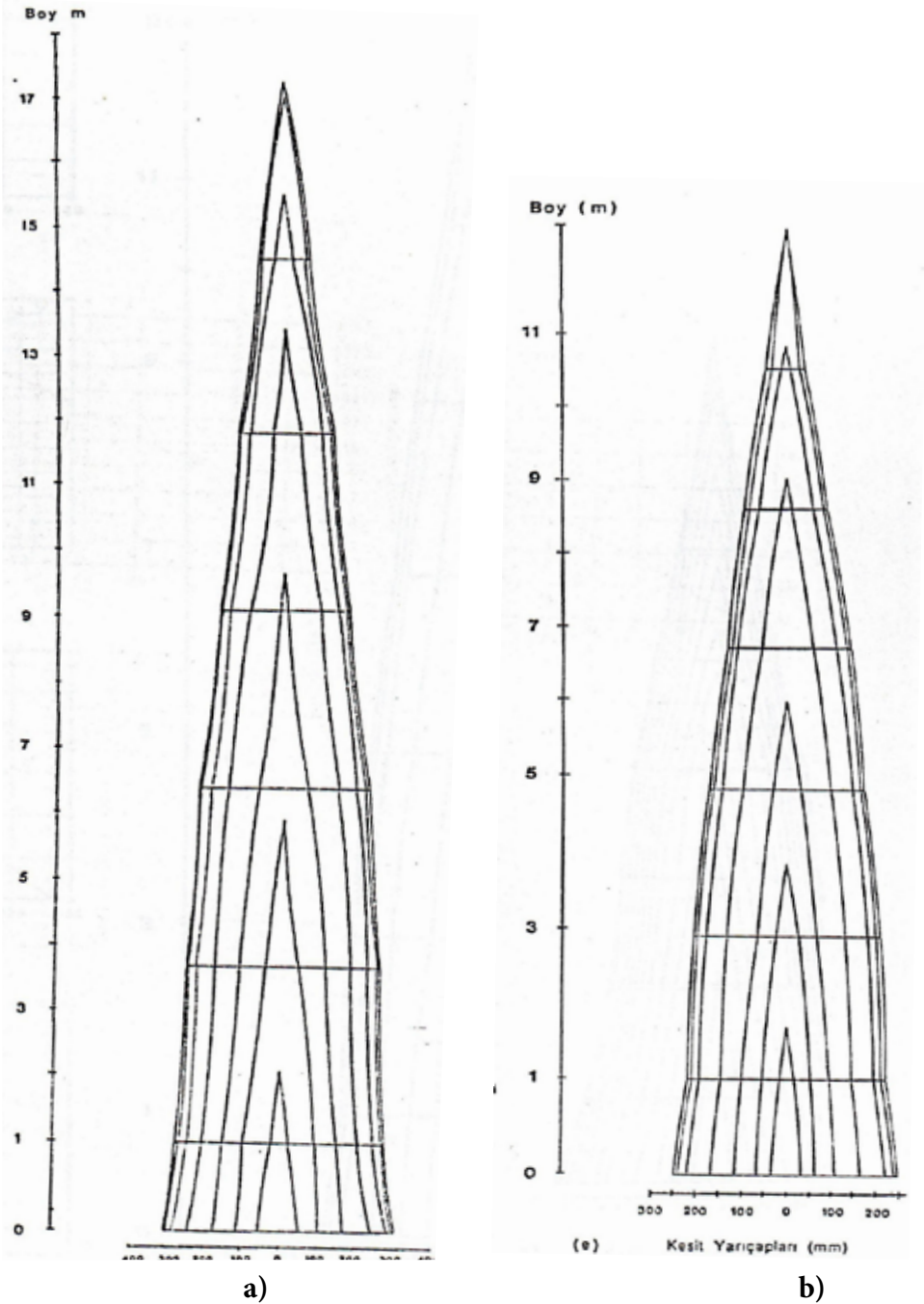
c) Doğal yayılış alanlarında verimsizliği nedeniyle terk edilmiş tarım alanları çok geniş boşluklar oluşturmaktadır. Bu alanların Ehrami Karaçamın yetiştirilmesi için kullanılmalıdır.

d) Yeterli bireyin bulunmadığı alanlarda gençleştirme için yapay gençleştirme yöntemlerinin kullanılması gereklidir.

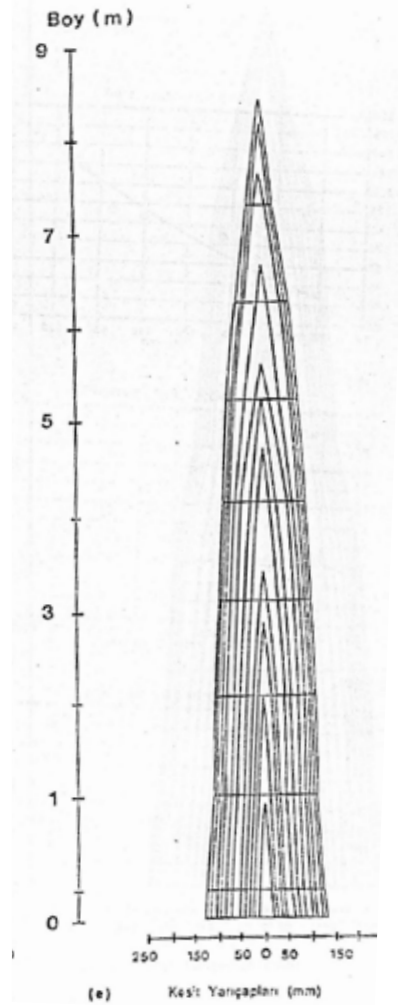
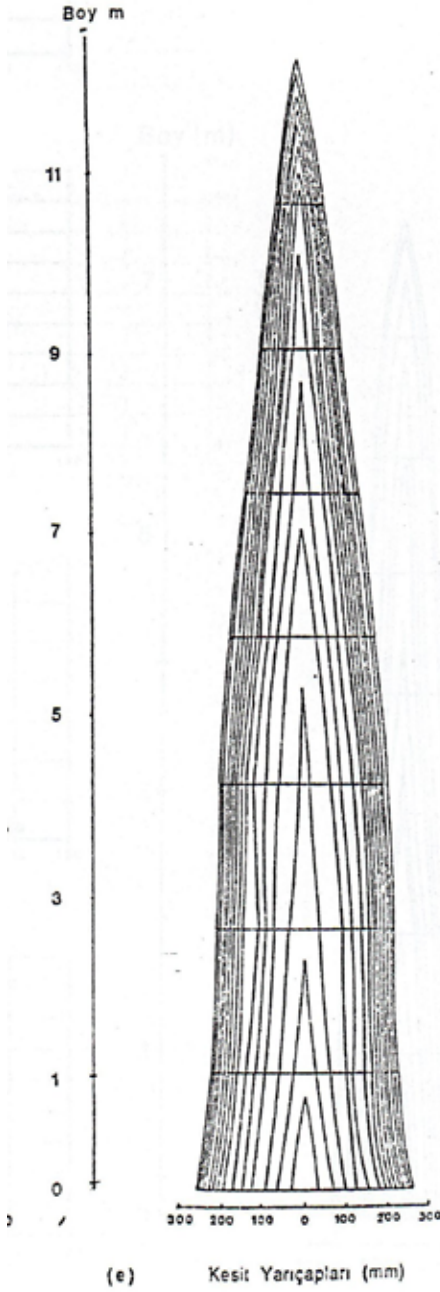
e) Ehrami Karaçamın doğal yayılış alanı Milli Park olmalıdır.

f) Ehrami Karaçamın biyolojik ve ekolojik özellikleri bakımından diğer çam taksonlarından kesin olarak ayrılmaktadır. Bu nedenle bu bitkinin sistematik kategorisi tür düzeyine yükseltilerek adı *Pinus pyramidata* şeklinde, Türkçe adı, **Ehrami Çam** olarak değiştirilmelidir.

g) Türkçe olarak Türkiye Florası yeniden yazma çalışmaları devam etmektedir. Bu süreçte orman ağaçları ve çalılar mutlaka konu ile çalışmalar yapmış, alanında uzman kişiler tarafından yazılması sağlanmalıdır.



Şekil 3. Ehrami Karaçamin gövde kesitlerinde yaş-boy-çap gelişimi; **a)** yaş 73 yıl; **b)** yaş 72 yıl (Yücel, 1996).



Şekil 4. Ehrami Karaçamların gövde kesitlerinde yaş-boy-çap gelişimi; **a)** yaş 145 yıl; **b)** yaş 126 yıl (Yücel, 1996).

Kaynaklar

- Acatay, A., 1956. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* var. *pyramidata*). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6A (2): 92-99.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb.)'nın coğrafik varyasyonları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 36A (2): 132-154.
- Anşın, R., Özkan, Z. C., 1993. *Tohumlu Bitkiler (Odunsu Taksonlar)*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Coode, M. J. E., Cullen, J., 1982. *Pinus*, In: Flora of Turkey and the East Aegean Island Vol.1. *Edinburgh University Press*. Edinburgh.
- Richardson, D. M., 1998. *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Saatçioğlu, F., 1955. Eine Neue Varietät von *Pinus nigra* Arnold (*Pinus nigra* Arn. var. *şeneriana* Saatçioğlu). *Zeitschrift für Weltforstwirtschaft*. 18: 1-6.
- Sıvacioğlu, A., Sezgin, A., 2008. *Pinus nigra* var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yalt. (Ebe Karaçamı)'nın Yeni Bir Yayılış Alanı. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (2): 97-102.
- Yaltırık, F., 1986a. Ülkemizin Az Tanınan İki Çam Varyetesi: Ebe Karaçamı ve Ehrami Karaçam. *Çevre Koruma Dergisi*, 28: 19-25.
- Yaltırık, F., 1986b. Turkish Taxa of Pinus, The Royal Society of Edinburgh. *Proceedings, Section B, Vol 89*, 1-3 pp.
- Yaltırık, F., 1988. *Dendroloji I Gymnospermae*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No. 386, İstanbul.
- Yaman, B., Sarıbaş, M., 1999. Türkiyede Doğal Yetişen *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Varyetelerinin Polen Morfolojileri. Sayfa: 323-331, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın Nu:1, Kütahya.
- Yücel, E., 1988. *Pinus nigra* var. *pallasiana pyramidata* Ormanı Milli Park Olmalıdır. *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 22 (4): 5-9.
- Yücel, E., 1992a. Ehrami Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pyramidata* (Acat) Yaltırık, Statnova)'nın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Münir Öztürk, 150 sayfa, Eskişehir
- Yücel, E., 1992b. Ehrami Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık) Doğal Yayılışı. *Anakara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi*, IV (1): 93-118.
- Yücel, E., 1994. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*

(Acat.) Yalt.)'ın Tohum Çimlenme Ekolojisi. *XII Ulusal Biyoloji Kongresi, Cilt 1.*, sayfa: 33-38, Edirne.

- Yücel, E., 1995a. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yalt.)'ın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Nu: 847, Eskişehir, 153 s. ISBN 975-492-550-X.
- Yücel, E., 1995b. Ehrami Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık) Türkiye için Önemi. Sayfa: 353-370, 1. Tavşanlı Araştırmaları Sempozyumu, Tebliğler Kitabı, Ankara.
- Yücel, E., 1996. The Effects of Ecological Factors on the Growth Properties *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık. IV. *Plant Life of South West Asia*, Ege University Press 2, 725-740 pages, İzmir.
- Yücel, E., 1997. Ebe Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana* (Saatchi.) Yaltırık)'nın Tohum Çimlenme Ekolojisi Üzerine Araştırmalar. *Ekoloji Çevre Dergisi*, (23): 21-26.
- Yücel, E., 1998a. A Novel Individual of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*). *The Karaca Arboretum*. 4 (3): 113-120.
- Yücel, E., 1998b. Ebe Karaçamı. *Ekoloji Çevre Magazine*, 29: 15.
- Yücel, E., 1999a. Ebe Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *şeneriana*)'nın Ekolojik Özellikleri. A. Ü. BAP. Projesi. No. 981008. Yürütücü.
- Yücel, E., 1999b. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)'da Gelişim Farklılıklarının Gövde Modellerinde İzlenmesi. Sayfa: 740-754, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yücel, E., 1999c. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)'ın Tohum Çimlenmesi Üzerinde Farklı Tuz (NaCl) ve Asit (H₂SO₄, KNO₃) Konsantrasyonlarının Etkileri. Sayfa: 722-729, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yücel, E., 1999d. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)'ın Coğrafik Varyasyonları (I). Sayfa: 730-739, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi

Yayın No:1, Kütahya.

Yücel, E., 2000a. Ecological Properties of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*. *Silvae Genetica*, 49 (6): 264-277.

Yücel, E., 2000b. *Ebe Karaçamın (Pinus nigra ssp. pallasiana var. şeneriana) Biyolojik ve Ekolojik Özellikleri*. Birlik Ofset Matbaacılık, ISBN 798-975-937-46-0-9, Eskişehir.

Yücel, E., 2005. *Ağaçlar ve Çalılar 1 (Trees and Shrubs 1)*. Türmatsan. ISBN 979-975-93746-2-5, İstanbul.

Yücel, E., Öztürk, M., 2000. A Geobotanical Survey of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Forests in Turkey. V. *Plant Life in Sout-West And Central Asia, Vth International Symposium*, pp: 196-200, 1998, Tashkent-Uzbekistan.

Yücel, E., Yalçırık, F. ve Öztürk, M., 1999. *Ornamental Plants (Trees and Shrubs)*. Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

6

Orhan SEVGİ¹
O. Yalçın YILMAZ²
Ali KAVGACI³
H. Barış TECİMEN⁴
Serdar CARUS⁵

ALAÇAM DAĞLARI (BALIKESİR)'NİN İKİ KATLI SAF KARAÇAM MEŞCERELERİ VE YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİ

1. İki Katlı Meşcere Terimi

Katlılık, meşcerenin önemli bileşenlerinden biridir ve ormancılık uygulamalarında yön verici ve belirleyici bir niteliğe sahiptir. Katlı teriminin eş anlamlısı olarak tabakalı¹ da kullanılmaktadır (Saatçioğlu, 1972). Katlılığa göre meşcereler; tek katlı meşcere, iki katlı meşcere, çok katlı meşcere ve seçme ormanı şeklinde sınıflandırılmaktadır (Saatçioğlu, 1976). Bir meşcerenin katlı kuruluş olarak olabilmesi için; yetişme ortamı verim gücünün yüksek olması, alt kattaki ağaçların az ışıkta da yaşamlarını sürdürebilmeli ve katlar arasında yaş veya büyüklük açısından farklılık olmalıdır (Kalıpsız, 1982). Katlılıkla; meşceredeki ağaçların, tepeleri ayrı birer katman oluşturulacak biçimde alt alta bulunması anlaşılmaktadır (Kalıpsız, 1982:146). En üst tepe tabakasının altında, gövde boşluğunun orta yahut üst kısmında kendisini üst tabakadan bariz olarak ayıran bir ikinci tabakanın bulunması hali iki tabakalı meşcere olarak tanımlanır (Saatçioğlu, 1976). Katlılığın belirlenmesinde gözlem, meşcere kesit çizimlerinden ve grafik çiziminden (ağaç sayısının çap basamaklarına dağılımı) yararlanılmaktadır (Avşar, 2004).

Türkiye ormanlarında çeşitli türler iki katlı veya çok katlı meşcereler kurmaktadır. Karabük – Çitdere ormanlarında üst katta sarıçam ve karaçam alt katta ise göknarın yer aldığı meşcereler bulunmaktadır (Özalp, 1992). Üst katta sedir (*Cedrus libani*

¹⁾ Bu metinde katlı ve tabakalı terimlerinin her ikisinde kullanılması tercih edilmiştir.

¹⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: osevgi@luc.edu.tr

²⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: yilmazy@istanbul.edu.tr

³⁾ Prof. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Burdur, Elmek: alikavgaci1977@yahoo.com

⁴⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: hbarist@gmail.com

⁵⁾ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Amenajman Anabilim Dalı, Isparta, Elmek: serdar.carus@gmail.com

Link.) ve alt katta Toros göknarı (*Abies cilicia* Carr.) veya üst katta karaçam alt katta ise göknarın bulunduğu karışık ve katlı ormanlar kurmaktadır (Bozkuş, 1997). Karabük Büyükdüz Ormanında üst katta karaçam ve meşenin (*Quercus petrea* subsp. *iberica*) bulunduğu, göknar (*Abies bornmülleriana*) ve kayının (*Fagus orientalis*) ise hem üst hem de alt katta yer aldıkları ancak ara ve alt katta daha yoğun oldukları meşcereler bulunmaktadır (Çalışkan ve ark., 2004). Bu örnekleri çoğaltmak mümkündür. Örneklerde de görüldüğü üzere üst katta ışık ağaçları saf olarak ya da gölge ağaçlarıyla karışık veya sadece gölge ağaçları bulunurken, alt katta ise gölge ağaçları yer almaktadır. Bu genel iki katlı ve çok katlı yapı dışında Türkiye ormanlarında görülen dikkat çekici meşcere kuruluşu iki katlı saf karaçam meşcereleridir.

Karaçamın ışık ihtiyacı tipik ışık ağaçları gibi olmayıp, gölge ağacı gibi olmasa da nispeten az ışığa dayanabilmektedir (Saatçioğlu, 1976). Karaçamın ışık ihtiyacı katlı saf karaçam meşcerelerinin oluşmasına zemin oluşturmaktadır. Dolayısıyla iki katlı saf karaçam meşcerelerinde üst tabakada ve alt tabaka birbirinden bariz olarak ayrılmış katlar görülebilmektedir. Bu durum karaçam ormanlarının işletilmesinde önemli katkılar sağlayabilir. Alt katta bulunan karaçamların sağlık ve gelişim durumları uygunsa (Umut ve ark., 1996) bu tür meşcerelerde ayrıca gençleştirmeye uğraşılmadığından alt tabakadaki karaçam bireylerinin yaşı kadar idare süresi kısaltılmış olabilecektir.

Karaçamlar ilk 15-20 yılda en geniş yıllık halkaları yapmaktadır (Gülen, 1965; Göker, 1977). İki katlı meşcerelerde de ağaçların en geniş yıllık halka yaptıkları dönemlerde daha sık yetiştiğinden dar yıllık halkalar yapacağından uzun dönemde daha homojen odunların oluşmasına sebep olacaktır. İki katlı saf karaçam meşcerelerinde bulunan ağaçların yıllık halka genişliklerinin homojen, dar ve yaz odunu oranının yüksek olması odun kalitesini arttırmaktadır (Göker, 1977). Böylece iki katlı saf karaçam meşcere kuruluşları odunun kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenlerle iki katlı saf karaçam meşcerelerinin oluşabileceği ortamların bilinmesi orman yönetimi ve planlanması açısından önem kazanmaktadır.

İki katlı saf karaçam ormanlarının düşey yöndeki etkileri tam olarak ortaya konulmamış olsa da orman sağlığı, biyolojik çeşitlilik, toprak kalitesi açısından önemli işlevleri bulunmaktadır. Düşey yöndeki farklı tabakaların bulunması karaçam ekosistemlerinde farklı canlılara yaşama imkanı sağlamaktadır. İki katlı karaçam ormanları sadece düşey kapalılığı değil aynı zamanda yatay kapalılığı da sağladıklarından toprağın yabanlaşmasını engellemektedir (Irmak, 1970).

2. İki Katlı Saf Karaçam Meşcereleri

İki katlı saf karaçam meşcerelerinin oluşum nedenleri

İki katlı karaçam ormanları ihtiyat işletmesine benzetilmiştir (Kalıpsız, 1963). “İleri yaştaki karaçam meşcerelerinin kapalılığı tabii olarak veya canlı muhit

faktörlerinin tesiri ile, muntazam bir şekilde gevşediği hallerde, uygun şartlarda sahaya gençlikler gelmektedir. Kapalılığın gevşediği nisbette gençlik sahası genişler ve fidanlar gelişirler. Bu suretle üst tabakadaki siper ağaçlarının altında genç bir meşcere meydana gelir. Gayesiz olarak teşekkül etmesine rağmen, bu kuruluş şekli “ihtiyat işletmesi”ne benzerdir” (Kalıpsız, 1963: 105). “Yaşlıca karaçam meşcerelerinde ise mağlup meşcere çoğunlukla tamamen denecek derecede kaybolmakta ve çok çeşitli çaptaki ağaçların teşkil ettiği bir tabakalı kuruluş meydana gelmektedir” (Saatçioğlu, 1972: 152). Karaçam gençliklerinin ışık ihtiyacı, ışık ağaçlarından daha az, gölge ağaçlarından daha fazla olmakta (Saatçioğlu, 1976) ve gelişimleri için açık alandaki ışığın %60'ına ihtiyaç duymaları (Sıvacioğlu, 1996) nedeniyle tepe çatısı gevşeyen karaçam meşcerelerinin altında yeni bir kuşak gelebilmekte ve katlı karaçam meşcereleri oluşabilmektedir. “Tepe tacına yapılan müdahalelerin şekil ve şiddetine bağlı olarak tek tek ya da gruplar halinde gençlikler gelmektedir. Bu gençlikler, türün ışık azlığına gösterdiği direnç sayesinde yaşamını uzunca bir süre (50-60 yıl) sürdürebilmektedir. Bu da iki tabakalı Karaçam meşcerelerinin oluşması sonucunu doğurmaktadır. Daha çok gençleştirme alanlarında görülen bu durum meşcerelerin yaşlı oluşu ve dolayısıyla bir çeşit hazırlama kesimi mahiyeti taşıması nedeniyle bakım bloklarında hatta usulsüz kesim yapılan yerlerdeki müdahaleler sonucunda da ortaya çıkabilmektedir.” (Çevik ve Batur, 1999: 5). “Ülkemiz ormancılığında 1964 yılına kadar münferit seçme kesimleri, bu sene den sonra ise Yaş Sınıfları Metodu uygulamasında ışık ve boşaltma kesimlerinin ihmali ve yanlış bakım müdahaleleri nedeniyle iki tabakalı karaçam ormanları ortaya çıkardığı” da (Umut ve ark., 1996) ifade edilmiştir. Bununla birlikte karaçamın her yerde de iki katlı karaçam ormanı kurmaması türün kendi özelliklerinin yanı sıra yetişme ortamının da iki katlı meşcere oluşumunda önemli etken olduğunu kuvvetlendirmektedir. İki katlı karaçam meşcerelerinin oluşmasında yetişme ortamı koşullarının etkili olduğunun bir diğer önemli dayanağı ise iki katlı meşcerelerin karaçamın optimum yayılışı içinde olmasıdır. Dolayısıyla karaçamların yeni bireyleri optimumda ışıksızlığa daha fazla dayanabilmekte ve bu durum iki katlı saf karaçam meşcerelerinin oluşumuna neden olabilmektedir.

Türkiye’de iki katlı saf karaçam ormanlarının yayılışı

Türkiye’de iki katlı saf karaçam ormanlarına türün yayılış yaptığı çeşitli yetişme ortamlarında rastlamak mümkündür. Umut ve ark. (1996)’nın tahminine göre Türkiye’de tabakalı karaçam orman alanlarının 700-750 bin hektar olduğu belirtilmektedir. Konuyla ilgili olarak resmi orman istatistiklerinde bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle katlı karaçam meşcereleri ve bunların ne kadarının iki katlı saf karaçam meşceresi olduğu bilinmemektedir. Bununla birlikte iki katlı saf karaçam ormanlarının bulunduğu yerlerle ilgili ilk kayıtlar; Balıkesir-Dursunbey-Refahiye, Mersin-Cehennemdere, Adana-Pos ve Ankara-Beyman için verilmiştir (Kalıpsız, 1963). Ayrıca Muğla Orman Bölge Müdürlüğü’nde Muğla

ili Yatağan Orman İşletme Müdürlüğü-Menteşe Çayı İşletme Şefliği, Yılanlı Orman İşletme Müdürlüğü Yılanlı Orman İşletme Şefliği ve Aydın - Nazilli Orman İşletme Müdürlüğü-Sarıcaova İşletme Şefliği'nde iki katlı ormanlar bulunmaktadır (Umut ve ark., 1996). Kütahya Orman İşletme Müdürlüğünde iki katlı saf karaçam ormanlarının bulunduğu yönelik raporlar bulunmaktadır (Çevik ve Batur, 1999). İki katlı ormanların geniş yayılış yaptığı alanların başında Dursunbey – Alaçam Dağları gelmektedir (Kalıpsız, 1963; Sevgi ve ark., 2010).

İki katlı saf karaçam meşcerelerinde silvikültürel müdahaleler

Türkiyede özellikle karaçam ormanlarının iyi yetişme ortamlarında çok farklı meşcere kuruluşları görülmektedir (Kalıpsız, 1963). “Bonitetin yüksek, gençleştirme koşullarının iyi olduğu yerlerde, düşük ışık entansitelerine olan direnç daha da arttığından neredeyse her yaştan ve çaptan bireylerin bulunduğu, tiplendirilmesinde bile güçlükler çekilen meşcereler oluşmuş bulunmaktadır.” (Çevik ve Batur, 1999: 5). Dolayısıyla iki katlı meşcerelerle ilgili çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Odabaşı ve ark. 1986'da yaptığı öneriler; “1) Üst tabakası çok yaşlı, kapalılığı düzensiz ve 0,6'dan daha düşük, alt tabakada 60 yıla kadar ulaşan çeşitli yaşlarda heterojen bir yapıda olan sık gelişmiş meşcereler. Bu meşcerelerde alt tabaka elemanlarında görülen çok zayıf büyüme, son yıl sürgünlerindeki büyüme duraklaması, iğne yaprakların seyrekliği, canlı tepelerin 1/3'den daha küçük olması ve yapılan gövde analizleriyle büyümenin çok düşük düzeye indiği ve devam etmeyeceği sonucuna varılmıştır.

Bu gibi meşcerelerde alt tabaka, kesinlikle istikbal meşceresi olarak görülmemelidir. Eğer amenajman planınca gençleştirme alanı içerisinde gösterilmişse meşcere şartlarına uygun olarak alan yeniden gençleştirilmelidir. Bu meşcereler bakım alanı içerisinde bulunuyorsa, üst tabaka korunurken, alt tabaka meşcere sağlığı ve meşcerenin gençleştirmeye hazırlanmasını sağlamak amacıyla bakıma tabi tutulmalıdır.

2) Üst tabakası çok yaşlı, kapalılığı düzensiz ve 0,6'dan daha düşük, alt tabakası en fazla 30'a kadar değişen yaşlarda, sıkışık ve düzenli kapalılıkta, gerek boy ve gerekse çap büyümesini hızlandırabileceği kabul edilen meşcereler.

Bu meşcerelerde üst tabaka en kısa zamanda çıkarılmalı alt tabaka gençlik ve sıklık bakımına tabi tutularak gelişme yolu açılmalıdır.

3) Alanın küçüklüğü ve harita ölçeği nedeniyle meşcere tipi ayrımı yapılamamış, küme ve gruplar halinde değişik özellikler gösteren, planda aynı tip altında toplanmış meşcereler. Burada bazı küme ve gruplar gelişme yeteneği gösteren genç bireyler bulundururken bazı gruplar bu bireylerce yoksun yaşlı küçük meşcereler veya meşcere kısımları durumundadır. Genel olarak dikey kapalılık hakimdir.

Bu gibi meşcereler bakım objesi olarak gruplar halinde her meşcerenin gerektirdiği bakım işlemlerine tabi tutulmalıdır. Bir geçiş dönemi için karaçamın biyolojisine uygun olmasa da gruplar halinde kuruluşun sürdürülmesinde zorunluluk vardır.”

Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü Dursunbey/Alaçam Orman İşletmele-

rinde tabakalı karaçam meşcerelerinin büyümelerine yönelik rapor hazırlanmıştır (Sun, 1986). Rapor arazi gözlemlerinin yanı sıra üst ve alt tabakadan 5'er ağaçta yapılan gövde analizlerine dayandırılmıştır.

Sun (1986)'ya göre; "1. Her iki tabakaya ait büyüme/gelişme ile ilgili yapılan analizle, yetiştirme yeri ne olursa olsun, çap artımlarının 30-40 yaşına kadar arttığını, daha sonra düşmeye başladığını göstermektedir. Üst tabaka ağaçlarının aynı yol izlemiş olması, söz konusu yaşlardan sonra, alt tabakaya yapılacak iyileştirici müdahalelerin, bu meşcerelerin çap artımlarını, ikinci, üçüncü kez... maksimuma ulaştıracağını kabul etmek mümkün görünmemektedir. Ancak 30-40 yaşlarından önce bu meşcerelere iyileştirici yönde müdahaleler yapıldığında, meşcerenin asimilasyon kuşağı diyebileceğimiz taç/ibrelere önemli gelişme sağlanabilecektir (Söz konusu işletmelerde, bu görüşü hâklı çıkaran kesitler vardır).

2. Yetiştirme yeri ne olursa olsun 0,6 ve daha fazla kapalılıkta alt tabaka meşcerelerinde boy büyümesi/boylanma, çok yavaş seyretmektedir. Hatta 60 yaşından sonra boy gelişmelerinde aşırı derecede azalmalar saptanmıştır. Buna karşılık, iyi yetiştirme yerlerinde, üst tabaka kapalılığı daha önce kırılan yerlerde (0,6), ümit verici boy gelişmeleri göstermiştir.

3. Her iki tabakaya ait gerek modellerin ürettiği ve gerekse grafiklerden anlaşılacağı gibi periyodik boylanma ve çap artımları, birbirinden çok farklılıklar göstermektedir. Söz konusu yerlerin aktüel farklılıklarını yansıtan bu olguların amenajman planlarının zorunlu kıldığı uygulama şeklinde yorumlamak istemiyoruz. Ancak, planın uygulamaya yönelik kararları, sözkonusu meşcere tiplerine isabet eden örnek alanlarda yapılan gözlem ve ölçümlere dayanmaktadır. Bu nedenle, bir plana, tüm ormanı oluşturan meşcerelerin çok özel kesitlerine ait sorunlara çözüm getirecek gözüyle bakılmamalıdır. Böyle durumlarda, uygulayıcının cesaretle devreye girmesi zorunludur.

Son olarak, Dursunbey/Alaçam Orman İşletmelerinde oluşan 40-60 veya daha fazla yıllık tabakalı karaçam meşcerelerinden etkili bir dizi müdahaleler geç kalmadan yapılmalıdır. Alışlagelmiş silvikültürel uygulamaların, tabakalı meşcerelerin büyüme gelişmelerini gözetir biçimde yapılmalıdır." şeklinde sunulmuştur.

İki katlı karaçam meşcereleri üzerine hazırlanan bir diğer rapor Çetin ve ark. (1993) tarafından hazırlanmıştır. Söz konusu raporda Kiçir İşletme Şefliğinde iki katlı saf karaçam ormanlarından Çkd1/a3, Çkd1/ab3 ve Çkd1/bc3 meşcere tiplerinde ve Çkd1/Kn3 meşcere tipi hakkında bilgiler verilmiştir (Çetin ve ark., 1993).

Çetin ve ark., (1993) göre; "1-1. Tatbikat sahasını temsil eden Çkd1/a3 meşcere tipindeki ormanların planlanmasında alt tabakayı teşkil eden (a3) meşceresinin gerekli gençlik ve sıklık bakımlarının yapılmasının sağlanması için projeye dayalı olarak, yeterli ödeneğin verilerek silvikültürel müdahalelerin bir an evvel yapılmasına, üst tabakayı teşkil eden (d1) çağındaki meşcerenin yaklaşık idare süresinin yarısını kapsayacak plan periyodu içinde, faydalanmanın düzenlenmesini sağlayacak şekilde tedricen boşaltılmasına, boşaltma sırasında alt tabakanın

zarar görmemesi için, üst tabakadaki fertlerin budanması ve kesim tekniğine azami hassasiyetin gösterilmesi, üst tabakadaki fertlerin çıkarılmasında ilk periyotta hastalıklı, yaralı ve tepeleri kuru fertlere öncelik verilmesine, kalacak fertlerin genel sahaya dağılımında alt tabakanın yeterli ışık almasına özen gösterilmesine,

2-2'nolu tatbikat sahasını temsil eden Çkd1/ab3 meşceresinin planlanmasında; (ab3) meşcerelerinin gerekli silvikültürel etasının tayin ve tespit edilerek hiçbir kısıntıya tabi tutulmadan, kararlaştırılan eta olarak aynen verilmesine, üst tabakayı teşkil eden (d1) meşceresinin yaklaşık idare süresinin yarısını kapsayacak bir planlama periyodu içerisinde, öncelikle hasta, yaralı ve tepesi kurulardan başlamak üzere tedricen sahadan boşalmalarına, bu boşaltma esnasında alt tabakadaki meşcerelere zarar vermemek için budama ve kesim tekniği konusunda gerekli hassasiyetin gösterilmesine, etaların alınmasında uygulayıcıların bir hataya düşmemeleri için (ab3) meşceresi ile (d1) meşceresine ayrı ayrı eta verilerek, planlarda bunların ayrı ayrı gösterilmelerinin uygun olacağına, ilk periyotlarda alınacak fertlerin genel sahada dengeli bir şekilde dağıtılmasına,

3-3. Tatbikat sahasını temsil eden Çkd1/bc3 tipindeki meşcerelerin planlanmasında, alt tabakayı teşkil eden (bc3) meşceresinin silvikültürel etasının tespit edilmesine, üst tabakayı teşkil eden (d1) meşceresinin yaklaşık idare süresinin yarısını kapsayacak bir plan periyodu zaman içerisinde, öncelikle yaralı, hasta ve tepesi kurulardan başlamak üzere tedricen boşaltılmalarına, alt tabakanın zarar görmemesi için üst tabakadan çıkarılacak fertlerin budama ve kesim tekniğine gerekli hassasiyetin gösterilmesine, plan uygulayıcılarının eta konusunda bir hataya düşmemeleri için alt ve üst tabakaya ayrı ayrı eta tesbit edilerek bunların amenajman planlarında gösterilmesine,

4-4. Tatbikat noktasını temsil eden (Çkd1/Knb3) meşcerelerinin planlanmasında, alt tabakayı teşkil eden (Knb3) meşceresinin silvikültürel etasının tesbit edilerek kısıntıya tabi tutulmasın kararlaştırılan eta olarak aynen verilmesine, meşcerenin geçmişteki durumunun, halen üst tabakayı teşkil eden bir karaçam meşceresini temsil ettiği, çeşitli yangın ve aşırı faydalanmalar sonucu bugünkü durumu aldığı, kayınların ağırlıklı olarak sürgün kökenli ve lokal olarak bulunduğu, üst tabakanın yaklaşık idare süresinin yarısını kapsayacak bir plan periyodu içerisinde tedricen boşaltılmasına, bu boşaltmada ilk periyotlarda hasta, yaralı ve tepesi kurulara öncelik verilmesine, bu tip meşcerelerde ilgili amenajman yönetmeliği çerçevesinde uygun yerde bir miktar gençleştirme sahası verilerek uygulayıcıların bu konuda deneyim sahibi olmalarının faydalı olacağına ilişkin hususlarda bu tatbikata katılan bütün teknik elemanlar görüş birliğine varmışlardır.

5- Alt tabakada itibar edilen (a3, ab3) meşceresi üst tabakada kapalılığı teşekkül etmeyen (%0-10) münferit halde kalın (d) fertlerin bulunması durumunda bu meşcerelerin üstü ilk periyottaki müdahale yılında tamamen boşaltılacaktır. Ancak boşaltma sırasında alt tabakadaki fertlerin zarar görmemesi için budama ve kesim tekniğinde gerekli itina gösterilecek, alt tabakaya gençlik ve sıklık müdahaleleri şeklinde gerekli bakım işlemleri yapılacaktır.” (Çetin ve ark., 1993).

Orman Genel Müdürlüğünün Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları

tebliğinde ise; “Öncü gençlikler, hiçbir emek sarf edilmeden ve masraf yapılmadan tabii yolla kazanılmış gençliklerdir. Bu tür gençliklerin kabul edilip edilmemesinde gençliğin yaşı, sıklığı (hektardaki adedi), üst tabakanın kapallılığı (meşcere siperi) ve meşcere boniteti en önemli etkenlerdir.” (OGM, 2014: 14).

İki katlı saf karaçam ormanlarına yapılacak silvikültürel müdahalelerle ilgili yukarıda belirtilen raporların dışında sınırlı bilgiler bulunmaktadır. İki katlı saf karaçam ormanlarından daha iyi faydalanmak için bu konuda meşcere tiplerine göre müdahaleler ortaya konulması gerekmektedir.

3. Alaçam Dağları İki Katlı Saf Karaçam Ormanları

İki katlı saf karaçam meşcere alanı

Alaçam Dağları Orman Genel Müdürlüğü'nün yapılanmasına göre; Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Dursunbey (Gökçedağ, Yayla, Candere, Çamlık, Civana Orman İşletme Şeflikleri), Alaçam (Kireç, Gölçük, Değirmeneğrek Orman İşletme Şeflikleri), Bigadiç (Bigadiç Merkez, Beydağ, Adalı, Aktuzla, Derişler Orman İşletme Şeflikleri) ve Sındırgı (Sındırgı Merkez, Ulus, Dügüncüler Orman İşletme Şeflikleri) Orman İşletme Müdürlüğü ile Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Simav (Alasöğüt, Kicir, Kınık, Naşa, Korucak Orman İşletme Şeflikleri), Emet (Tetik, Eğrigözdağı, Değirmensaz Orman İşletme Şeflikleri) ve Tavşanlı (Balıköy Orman İşletme Şefliği) Orman İşletme Müdürlüklerinin sınırları içinde bulunmaktadır. Alaçam Dağları'nda bulunan iki orman işletme müdürlüğü Dursunbey ilçesinde bulunmaktadır. İlçede ilk olarak 1938 yılında Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü kurulmuştur². İlçede, 1962 yılında Alaçam Orman İşletme Müdürlüğü adıyla ikinci bir işletme müdürlüğü daha tesis edilmiştir³. Bir ilçede iki işletme müdürlüğünün aynı anda faaliyette bulunması, o yörenin ormancılık faaliyetleri açısından sahip olduğu önemi göstermektedir.

Alaçam Dağları'nda var olan iki katlı karaçam meşcereleriyle ilgili ilk bilgiler Mehmet Sevim'in 1954 yılında yapmış olduğu çalışmada yer almıştır. Daha sonra ise Değirmeneğrek serisinde ormanlık sahanın (2.631 ha) yaklaşık %42'sinin (1.096 ha) iki katlı saf (iki kuşak bir arada) karaçam ormanları bulunduğu belirtilmektedir (Kalıpsız, 1963:20). Ayrıca yörede çeşitli dönemlerde iki katlı saf karaçam ormanlarıyla ilgili bilgiler veren çalışmalarda yapılmıştır (Umut ve ark., 1996; Sevgi ve ark., 2010). Alaçam Dağları'nda karaçam yaygın olarak saf ve verimli ormanlar kurmaktadır. Bazı yetişme ortamlarında ise diğer ağaç türleriyle karışıma girmekte veya diğer türler karaçam ormanlarına katılmaktadır (Kavgacı ve ark., 2013). Alaçam Dağları'nda bulunan 26 Orman İşletme Şefliği'ne (yukarıda verilen) ait meşcere haritalarının 1992-2006⁴ yılları arasında yapılan amenajman planları verilerine göre toplam karaçam alanı 143.428 ha'dır. Bunun 91.744

²⁾ <https://balikesirobm.ogm.gov.tr/DursunbeyOIM/Sayfalar/default.aspx> Erişim tarihi: 17.03.2021.

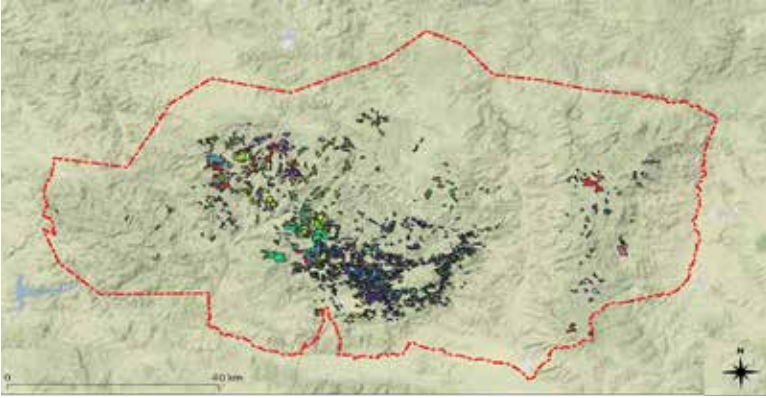
³⁾ <https://balikesirobm.ogm.gov.tr/AlacamOIM/Sayfalar/default.aspx> Erişim tarihi: 17.03.2021.

⁴⁾ 26 Orman İşletme Şefliğinin haritalama dönemlerinin farklılığından geniş bir zaman dilimi görülmektedir.

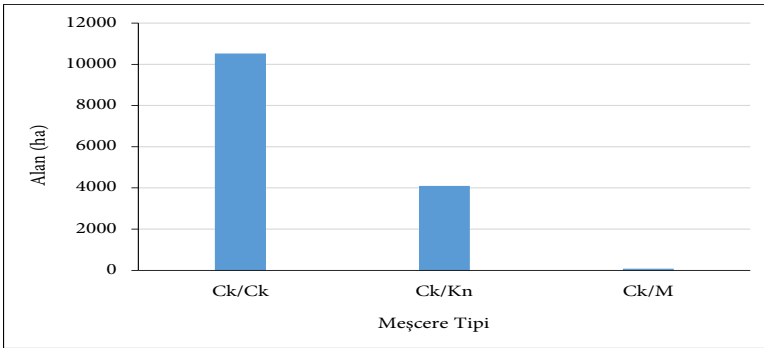
ha'ı tek katlı saf ormanlardan oluşurken, iki katlı saf ve karışık karaçam ormanları ise 14.722 ha'lık bir alan kaplamaktadır (Sevgi ve ark., 2010). Diğer karaçam orman alanları ise tek katlı karışık veya bozuk meşcere tiplerinden oluşmaktadır.

Alaçam Dağları'nda iki katlı saf karaçam meşcere alanı ise 10.536 ha'dır (Şekil 1). Dolayısıyla Alaçam Dağları'nda bulunan iki katlı karaçam ormanlarının %71,6'sı iki katlı saf karaçam meşcerelerinden oluşmaktadır. Karaçam, bölgede katlı ormanlar kurmakla birlikte, bunun büyük bölümü saf karaçam meşcerelerinden meydana gelmektedir. Bu ise bölgedeki karaçam ormanlarının gerek silvikültürel gerekse doğa koruma (süreç çeşitliliği) açısından sahip olduğu önemi ve değeri göstermektedir. Alaçam Dağları'nda üst katta karaçam alt katta kayın bulunan iki katlı karaçam meşcere alanı 4.104 ha'dır (Şekil 1). Alt katta meşenin girdiği iki katlı karaçam meşcere alanı ise sadece 82 ha'dır (Şekil 1).

Alaçam Dağları'nda yaygın bulunan iki katlı saf karaçam meşcere tiplerinin 26 orman işletme şefliği (1992-2006 yılları) verilerine göre; Üst katta d veya cd çağında çeşitli kapalılık düzeyinde, alt katta ise a, ab ve b çağında çeşitli kapalılıkta olabilen birleşimlerini görmek mümkündür. Dolayısıyla iki katlı saf karaçam meşcere tipleri çeşitlenmiş ve geniş alanlarda yayılış göstermiştir.



Harita 1. Alaçam Dağları'nda karaçam ormanlarının yayılışı.



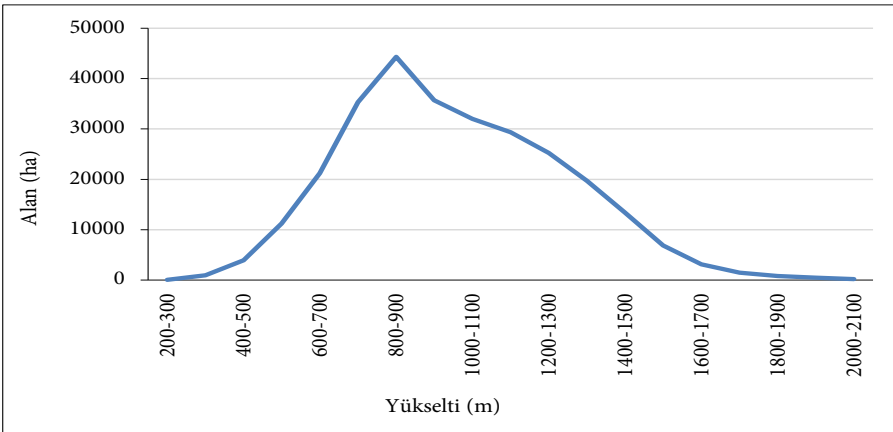
Şekil 1. Dursunbey iki katlı ormanlarının meşcere özellikleri ve alanları (Sevgi ve ark., 2010).

4. Alaçam Dağları İki Katlı Saf Karaçam Meşcerelerinin Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri

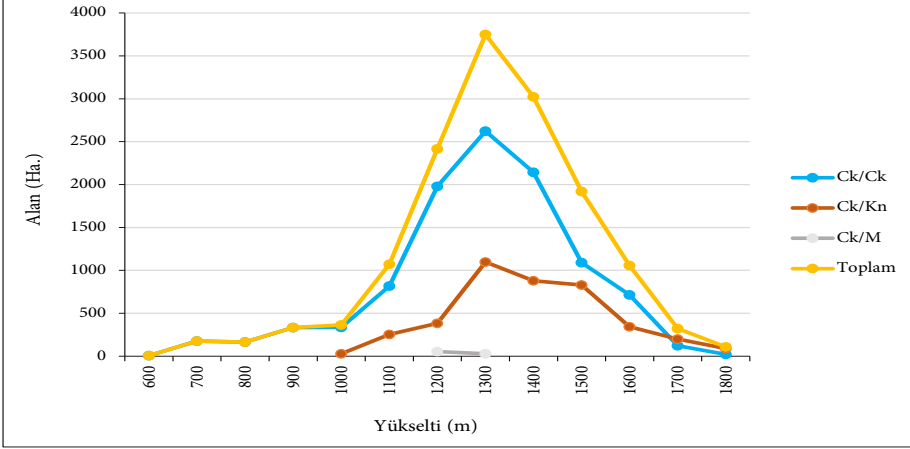
İki katlı ormanların yükseltiye göre dağılımı

Alaçam Dağları'nın toplam alanı 285.390,36 ha olup en düşük yükseltisi 285 m, en yüksek noktası ise 2.068 m'dir. 500 metre altındaki alan toplamı 4.910,06 ha, 1800 metre üstü ise 1.485,54 ha'dır (Şekil 2). Dağlık kütlelenin en geniş alana sahip olan yükselti basamağı 800-900 m arasındadır. İki katlı karaçam ormanları ise söz konusu dağlık kütlede 500-600 m yükselti basamağında 6,36ha'la başlayıp geniş bir yükseltide yayılış yapıp 1800-1900 m yükselti basamağında 108,32 ha'lık bir alan kaplamaktadır (Şekil 3). İki katlı karaçam ormanlarının alanı 1000 m'den itibaren artmakta ve 1300-1400 m yükselti basamağında en yüksek değer olan 3.748,05 ha'ya ulaşmaktadır (Şekil 3). İki katlı saf karaçam meşcereleri asıl olarak 1000 m ile 1700 m arasında yayılış göstermektedir (Şekil 3). İki katlı karaçam orman alanlarının bulunduğu yükselti basamakların alanlarına oranları ise değişiklik göstererek %1,4 ile 20,4 arasında değişmektedir (Şekil 4). İki katlı karaçam ormanları 1200 m'den itibaren söz konusu oran %14'ün üzerinde hesaplanmıştır (Şekil 4).

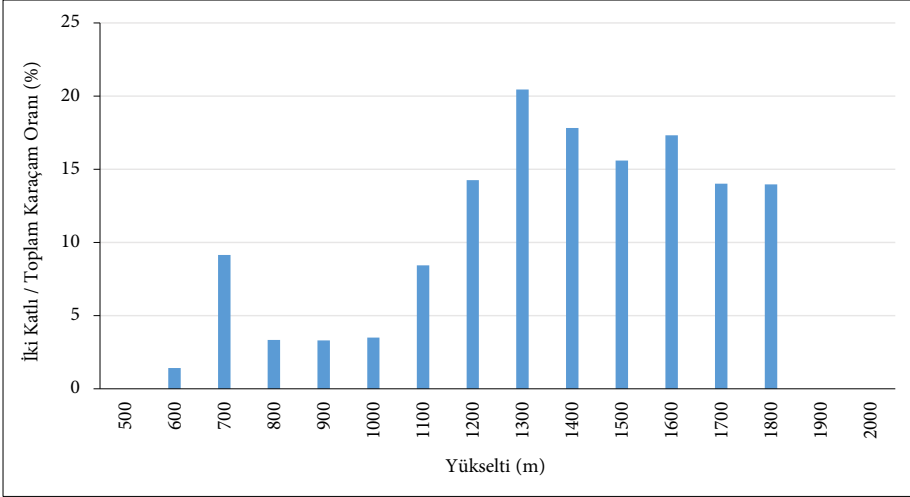
Katlı karaçam ormanlarında düşey karışıma kayın ve meşe katılmaktadır. Üst katta karaçamın alt katta meşenin bulunduğu meşcereler 1100 m ile 1300 m arasında sınırlı bir yükselti basamağında yer almaktadır (Şekil 3). Alt katta kayının bulunduğu iki katlı karaçam meşcereleri ise 900-1000 m yükselti basamağında 28,33 ha'la başlamakta ve 1700-1800 m'de 88,48 ha'ya kadar her yükselti basamağında yer almaktadır (Şekil 3). İki katlı saf karaçam meşcereleri ile alt katta kayının yer aldığı meşcere alan büyüklükleri 1400 m'den sonra birbirine yaklaşmakta ve 1600 m'den sonra ise alt katta kayın olan meşcerelerin alan miktarı iki katlı saf karaçam meşcerelerini geçmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Alaçam Dağları'nın yükselti basamaklarına göre alan dağılımı.



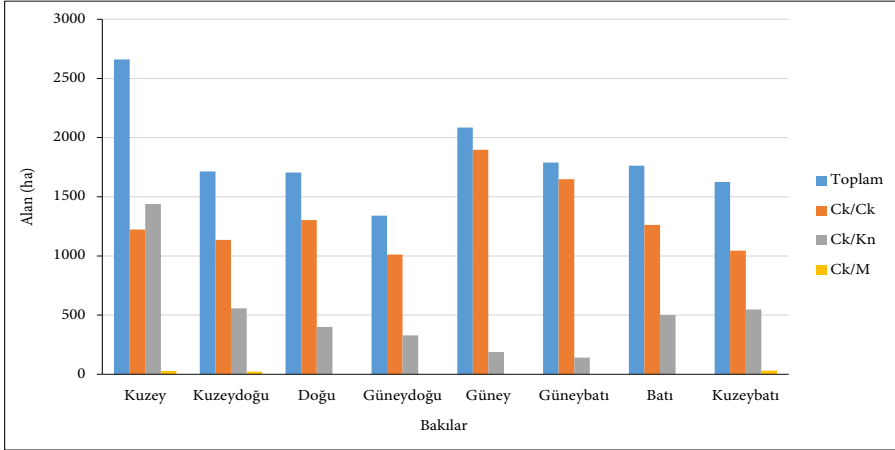
Şekil 3. İki katlı karaçam orman alanlarının yükselti basamaklarına dağılımı.



Şekil 4. İki katlı karaçam orman alanlarının bulunduğu yükselti basamağındaki orman alanlarına oranları.

İki katlı ormanların bakıya göre dağılımı

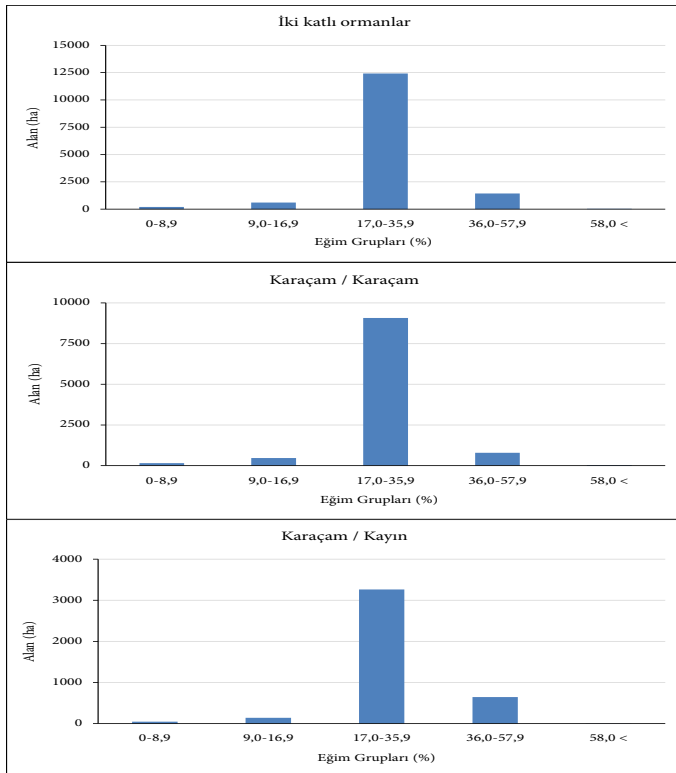
İki katlı karaçam ormanlarının bakılara göre dağılımı incelendiğinde bütün bakılarda bulunduğu görülmektedir (Şekil 5). Bakılara göre toplam iki katlı karaçam orman alanları güneydoğu bakıda 1.339,68 ha ile kuzey bakıda 2.661,11 ha arasında değişmektedir. Saf iki katlı karaçam orman alanları 1.896,52 ha ile en fazla güney bakılarda yer almaktadır (Şekil 5). Alt katta kayın bulunan iki katlı karaçam ormanları en fazla 1.438,69 ha kuzey yamaçlarda yer almaktadır. Alt katta meşe bulunan karaçam meşcereleri kuzey bakılarda yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. İki katlı karaçam ormanlarının bakılara göre dağılımı.

İki katlı ormanların eğime göre dağılımı

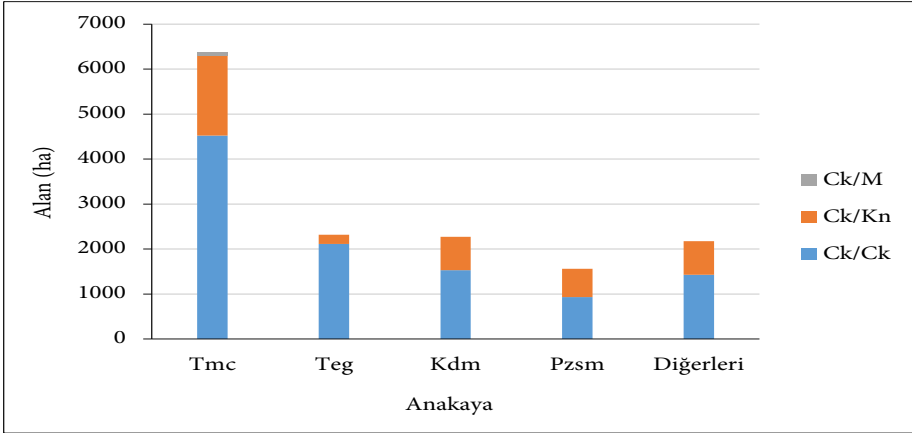
İki katlı karaçam ormanlarının eğim gruplarına göre dağılımlarında %17-36 eğim grubu açıkça öne çıkmaktadır (Şekil 6). Alaçam Dağları'nda iki katlı saf karaçam meşcereleri ile katlı karışık karaçam meşcereleri (alt katta kayın veya meşe bulunan) en fazla yayılışını %17,0–35,9 arasında yaptığı belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. İki katlı karaçam ormanlarının eğim gruplarına göre dağılımı.

İki katlı ormanların anakaya göre dağılımı

Dursunbey Alaçam Dağları'nın formasyon veya anakayaların yayılış büyüklükleri incelendiğinde Civandağ Tüfleri (Tmc): 58.775 ha, Eğrigöz granit (Teg): 41.569 ha, Dağardı melanji (Kdm): 23.993 ha, Dazit (Td): 16.456 ha ve Simav başkalaşım kayacı (Pzsm); 12.753 ha alanda olduğu görülmektedir (Sevgi ve ark., 2010). Söz konusu beş adet formasyon veya anakaya Alaçam Dağları'nın %53'ünü teşkil etmektedir. İki katlı karaçam ormanlarının %85'i söz konusu bu beş formasyon veya anakaya üzerinde yer almaktadır. Civandağ tüfü üzerinde iki katlı saf karaçam meşcereleri 4.521 ha orman kurarken, ikinci sırada Eğrigöz graniti üzerinde 2.111 ha, Dağardı melanj üzerinde 1.531 ha, Simav Başkalaşım Kayacı üzerinde ise 931 ha bulunurken geriye kalan iki katlı saf karaçam meşcereleri diğer formasyon ve anakayalar üzerinde bulunmaktadır (Şekil 7). Alt katta meşe bulunan iki katlı karaçam ormanları Civana tüfü üzerinde bulunmaktadır (Şekil 7). Alt katta kayın bulunan meşcereler ise en fazla 1.771 ha ile Civana tüfü üzerinde en az ise 209 ha ile Eğrigöz graniti üzerinde orman kurmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. İki katlı karaçam orman alanlarının bazı formasyon veya anakayaya göre dağılımları.

5. Genel Değerlendirme

İki katlı saf karaçam ormanlarının Türkiye ormancılığı açısından doğal ve ekonomik bir değer olması bu ormanlara yönelmenin kaynağı olmuştur. Saf karaçam meşcerelerinin katlılık durumlarına göre sınıflandırılması ve tanımlanması bir ihtiyaçtır. Çeşitli alanlarda katlı saf karaçam meşcereleri iki katlı olarak hatta tek katlı olarak kabul görebilmektedir. Bununla birlikte Türkiye'de iki katlı saf karaçam ormanlarının bilimsel çalışmalarda tespit edildiği alanlar ise; Muğla Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Yatağan, Yılanlı ve Nazilli

Orman İşletme Müdürlüklerinde (Umut ve ark., 1996), Kütahya Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Simav Orman İşletme Müdürlüğünde ve Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Bigadiç, Sındırgı ve Dursunbey Orman İşletme Müdürlükleri olarak belirtilmektedir (Kalıpsız, 1963; Sevgi ve ark., 2010). Mevcut bilgilere göre iki katlı saf karaçam ormanlarının en fazla yayılış yaptığı alanlardan biri de Alaçam Dağları'dır. Alaçam Dağları iki bölge müdürlüğüne bağlı yedi orman işletme müdürlüğü bünyesinde bulunan orman işletme şefliklerinde idare edilmektedir.

Türkiye'de katlı meşcerelerin ormancılık faaliyetleri için önemli bir kıymet olduğu bilinmektedir. İki katlı saf karaçam meşcereleri ormancılık açısından daha da özel bir yere sahiptir. İki katlı saf karaçam meşcerelerinin sınırlı bölgede olması söz konusu orman alanlarını daha değerli kılmaktadır. Bu meşcerelerin özelliklerinin bilinmesi; mevcutlarının kıymetlendirilmesi, yönetilmesi ve sürdürülebilirliğini teminat altına alacaktır. 1950'li yıllardan itibaren Alaçam Dağları'ndaki iki katlı meşcerelerle ilgili bilgiler (gözlem olarak) çalışmalarda yer almıştır (Sevim, 1951; 1954). Bununla birlikte iki katlı saf karaçam meşcereleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı olması gerekenin çok altındadır.

Alaçam Dağları'nın karaçamın yetişmesi için verimli ortam olması (Kalıpsız, 1963) iki katlı karaçam ormanlarının oluşmasına imkan sağlamıştır. Alaçam Dağları'nda iki katlı karaçam ormanları çeşitli yetişme ortamlarında bulunması, iki katlı karaçam ormanları ile bazı yetişme ortamı özellikleri arasında ilişkiler olabileceğini akla getirmektedir. Alaçam Dağları'nda iki katlı meşcereler ağırlıklı olarak 1000 ile 1700m arasında bulunmaktadır. Alaçam Dağları'nın 1600m üzerinde ise iki katlı karaçam ormanlarının alt katında kayın daha fazla yer almaktadır. İki katlı saf karaçamlar bütün bakılarda yer alırken, alt katta kayın ve meşenin bulunduğu meşcereler kuzey bakıları daha çok tercih etmektedirler. Kuzey bakılarda kayının alt tabakada yer alması yayılışının sınır bölgesinde olmasından kaynaklanabilir. İki katlı karaçam meşcerelerin önemli kısmı ise %17-35,9 eğim grubunu tercih etmektedir. İki katlı saf karaçam meşcereleri çeşitli anakayalar üzerinde bulunsa da Civana tüfü üzerinde daha fazla yayılış gösterdiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla Alaçam Dağları'nda iki katlı karaçam meşcerelerinin belirli yetişme ortamlarını tercih ettiği, hatta alt tabakadaki tür değişiminin yetişme ortamı tercihinin etkilediği görülmektedir.

Alaçam Dağları'nda belirtilen yetişme ortamı özelliklerine sahip alanların iki katlı saf karaçam meşcereleri için potansiyel alanlar olması, ormancılık faaliyetlerinin planlanması ve uygulamasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Teşekkürler; Bu çalışma "Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri" isimli ve TÜBİTAK-TOVAG Proje No: 104 O 551 numaralı proje kapsamında yapılmış olup Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na, 2006-2010

yılları arasında arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğümüz çalışmanın yürütüldüğü dönemde Balıkesir ve Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü'nde görev yapan Orman Bölge Müdürlerimize, Simav Orman İşletme Müdür'ü Ekrem BOZKAN'a, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Osman ONAT'a, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Gürsel ŞENTÜRK'e, Bigadiç Orman İşletme Müdür Yardımcısı Kadir KORKMAZLAR'a, Alaçam Orman İşletme Müdürü İlhan Faik TOPÇAM'a ve Alaçam Orman İşletme Müdürü Yardımcısı İbrahim ÖZEN'e, bilhassa çalışmaya yardımlarını esirgemeyen Dursunbey Orman İşletme Müdürü Cemal YEŞİLYAPRAK'a ve Sındırgı İşletme Müdürü Orm. Yük. Müh. Aytekin KAMBAK'a, Kadir AŞAR beye ve arazi çalışmalarına katılan öğretim elemanı ve öğrenci arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Avşar, M. D., 2004. Meşcerede Tabakalılık Şekilleri ve Belirlenmesi. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7 (2): 48-53.
- Bozkuş, F., 1997. Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.)'nın Saf Meşcereleri ile Sedir (*Cedrus libani* Link.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subs. *pallasiana* Lamb.) Karışık Meşcerelerinde Hacim İlişkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 47A (2): 59-72.
- Çalışkan, A., Özalp, G. ve Karadağ, M., 2004. Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanında Karaçam+Meşe+Göknar+Kayın Meşcerelerinde Meşenin Gençleştirilmesi. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 219, BKOAE Yayın Nu: 15, 59 sayfa, Bolu.
- Çetin, N., Ayhan, A. Ş., Yıldız, T., Yenişan, Y., Eken, F., Yumurtacı, M., Çelik, A. M. ve Karan, A., 1993. OGM 18/08/1993 ve OİP.1.A-00/71 Sayılı Olurlarına İstinaden Hazırladıkları Rapor. 4 sayfa.
- Çevik, İ., Batur, M., 1999. Karaçam Ormanlarında Aynı Yaşlı ve Tek Tabakalı Kuruluş Oluşumu Üzerine Araştırmalar. Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Rapor 2, 30 sayfa, İzmir.
- Göker, Y., 1977. *Dursunbey ve Elekdağ Karaçamlarının (Pinus nigra var. pallasiana) Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar*. Orman Bak. O.G.M. Yay. Nu: 613/22, 263 sayfa, Ankara.
- Gülen, İ., 1965. *Karaçam (Pinus nigra Arnold) Çap Artımı ile Hacim Artımı Arasındaki Münasebetler Üzerinde Araştırmalar*. Tarım Bak. O.G.M. Yay. Nu:419/9 Dizerkonca Matbaası, 88 sayfa, İstanbul.
- Irmak, A., 1970. *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1650/148, 367 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye'de Karaçam (Pinus nigra Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Tarım Bak. O.G.M. Yay. Nu: 349/8, Yenilik Basımevi, 141 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1982. *Orman Hasılat Bilgisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3052/328, 349 sayfa, İstanbul.

- Kavgacı, A., Sevgi, O., Tecimen, H.B., Yılmaz, Y. O., Carus, S., Dündar, T., 2013. Classification and Ordination of *Pinus nigra* Dominated Forests at Alacam Mountains (NW Anatolia - Turkey). *Eurasian Journal of Forest Science*, 1 (1): 38-50.
- Odabaşı, T., Aksoy, H., Şad, H., Özkahraman, İ., Yılmaz, M., Seçkin, B., Atmaca, Y., Atahan, Y., Sun, O., Sevimsoy, M., Ceylan, B., Günay, T., Altınçekiç, P., Barın, T., 1986. 16- 18 Haziran 1986 Tarihli Ekskürsiyon Gezisi Sırasında Dursunbey İşletmesi'ne Sunulan 3 sayfa rapor.
- OGM, 2014. *Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Silvikültür Dairesi Başkanlığı Tebliğ Nu:298, 142 sayfa, Ankara.
- Özalp, G., 1992. Çitdere (Yenice-Zonguldak) Bölgesindeki Orman Toplulukları Ve Silvikültürel Değerlendirmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42A (2): 119-157.
- Umut, B., Dündar, M., Çelik, O., 1996. İki Tabakalı Karaçam Meşcerelerinin Öncü Gençliklerden Yararlanma İmkanları Üzerine Araştırmalar. O.A.E. Yayınları Teknik Bülten Nu: 259, 45 sayfa, Ankara.
- Saatçioğlu, F., 1972. *Orman Bakımı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1636/160, 303 Sayfa, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Sıvacioğlu, A., 1996. *Pinus silvestris* L. (Sarıçam) *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (Karaçam) *Abies bormülleriana* Mattf. (Uludağ Göknaarı), *Fagus orientalis* Lipsky (Doğu Kayını) ve Meşe Türlerinin Işık İhtiyacı. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Cemil Ata, 61 sayfa, Bartın.
- Sevim, M., 1951. Alaçam (Dursunbey) Ormanında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A (2): 115-142.
- Sevim, M., 1954. *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik Ve Pedolojik Araştırmalar*. Orman Umum Müd. Yayınlarından Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., Dündar, T., Kavgacı, A. ve Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-TOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Sun, O., 1986. OGM 25.7.1986 gün ve S.1.ART.E7718 Sayılı Emirlerince Hazırlanan Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü Dursunbey/Alaçam Orman İşletmelerinde Mevcut Tabakalı Karaçam Meşcerelerinin Büyümlerine Ait Rapor. 5 sayfa.



Alaçam Dağları, 2007
Orhan SEVGİ

7

KARAÇAM MEŞCERELERİNİN MEKANSAL NOKTA DESEN ANALİZİ

1. Giriş

Ormanların gençleştirilmesi, planlanması ve yönetiminde kullanılacak birçok bilgi meşcere kuruluşu ve yapısından sağlanabilir (Saatçioğlu, 1976). Meşcere, geçmişteki arazi kullanımlarının, karmaşık ekolojik süreçlerin ve ormancılık uygulamalarının sonucu oluşmuş orman parçasıdır (Stoyan ve Penttinen, 2000). Klasik meşcere yapısı değerlendirmelerinde mekansal bilgiler sınırlıyken, mekansal meşcere yapısı söz konusu bilgileri kapsayan ve onu aşan bir özelliğe sahiptir. Çünkü mekansal yapı bilgisi meşcerenin daha ayrıntılı bir tanımını sağlar ve ağaçlar arasındaki rekabet durumunu büyük ölçüde belirlediği gibi meşcerenin sağlık durumu, büyüme potansiyelini ve istikrarını da yansıtabilmektedir. Bu nedenle, meşcere mekansal yapısı, büyümeyi düzenlemek ve sürdürülebilirliği sağlamak için önemlidir.

Ülkemizde diğer ağaç türlerinde olduğu gibi karaçam türünde de ağaç/meşcere gelişimi ile ilgili çalışmalar mekansal olmayan yöntemler ile yapılmaktadır (Kalıpsız, 1959; 1963; Sevgi ve ark., 2010). Karaçam meşcerelerinin mekansal yapısı üzerine sınırlı çalışmalar bulunmaktadır (Sevgi, ve ark., 2010; Yılmaz ve ark., 2013). Bu konuda ülke ormancılığının birikimlerini arttırmak ancak günümüz bilgi ve teknoloji gelişmelerinden faydalanılması ile mümkün olacaktır. Bunlardan biri olan mekansal nokta desen analizi çalışmalarının bu konuda katkısı büyük olacaktır.

Mekansal nokta desen analizlerinden elde edilen bilgiler, ormancılık faa-

¹⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: yilmazy@istanbul.edu.tr

²⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: osevgi@iuc.edu.tr

³⁾ Dr. Öğretim Üyesi, Kastamonu Üniversitesi, Araç Rafet Vergili Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Kastamonu, Elmek: remdem@kastamonu.edu.tr

⁴⁾ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Amenajman Anabilim Dalı, Isparta, Elmek: serdar.carus@gmail.com

liyetlerinin belirlenmesi, uygulanması ve değerlendirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır (Getzin ve ark., 2008). Söz konusu bilgi birikiminin ülkemizde en geniş yayılışa sahip olan karaçam türü kapsamında üretilmesi önemli bir aşama olacaktır. Çünkü ekoloji çalışmalarında mekansal yapının açıkça göz önünde bulundurulması ekolojik süreçleri yönetme ve anlama çabalarında önemli bir rol oynamaya başlamıştır (Fortin ve Dale, 2005).

Meşcere gelişim çağlarının değerlendirilmesi, üst katmandaki ağaçlar arasındaki etkileşimler yoluyla boşluk gelişimini araştırmak ve ağacın büyüme özelliklerini açıklamak için çok önemlidir (Longuetaud ve ark., 2008). Mekansal analiz, insan müdahalelerinin (bakım, aralama vb.) meşcereler üzerindeki etkilerini de hesaba katabilir. Ağaç türlerinin karışımı ve mekansal dağılımı, yenilenme, büyüme ve ayrılma üzerinde açık bir etkiye sahiptir (Gadow ve ark., 2012). Bu süreçler yalnızca doğal veya insan kaynaklı faktörlerden değil, aynı zamanda ormanın yapısal heterojenliğinden de kaynaklanmaktadır (Uutera ve ark., 1998).

Meşcerenin yapısını araştırmak için mekansal nokta desen analizi yöntemlerinin gelişmesine paralel olarak kullanımları da artmaktadır. Ancak tekrarlı mekansal nokta desen analizi (replicated spatial point pattern analysis) yöntemleri nadiren kullanılmıştır (Bagchi ve Illian, 2015). Mekansal nokta analizi yöntemleri, kabul edilebilir çıkarımlar için genellikle çok sayıda birey gerektirir. Bu nedenle geniş alanların ağaç haritalarının yapılması, sadece en bol türler için değil tüm türler için yeterli veri elde etmek için de gereklidir. Alternatif olarak, bir türün birkaç örnek alandaki mekansal dağılımları aynı sürecin kopyaları olarak düşünülebilir ve bu nedenle birkaç küçük örnek alan, tek bir büyük örnek alan gibi benzer bilgiler sağlayabilir (Bagchi ve Illian, 2015).

Ayrıca tekrarlı nokta desen analizleri noktaların yoğunluğunun çalışma alanı boyunca değişiklik gösterdiği heterojen/homojen olmayan (inhomogeneous) süreçlerin analizinde kullanılabilir. Süreci homojen olarak ele alan tek bir analiz kümelenme ve homojen olmama arasında ayırım yapamaz. Eğer desen birden fazla alt bölgeye bölünür ve ayrı ayrı analiz edilip sonuçlar bir araya toplanırsa, büyük ölçekli heterojenlikten bağımsız olarak küçük ölçekli mekansal yapı anlaşılabilir (Bagchi ve Illian, 2015).

Bu çalışmada Türkiye'nin Alaçam Dağları'nda bulunan 60-100 yaşlarındaki karaçam ormanlarında tekrarlı mekansal nokta desen analizi kullanarak meşcerelerin mekansal yapısının anlaşılması amaçlanmıştır. Böylece karaçam ormanlarının mekansal yapısının anlaşılması kuramsal alanda bilgi birikimini arttıracak gibi ormancılık uygulamalarına da katkı sağlayacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Karaçam meşcerelerinin mekansal nokta desenlerini de araştırmak için 2007-2008 yıllarında Dursunbey Alaçam Dağları'nda gerçekleştirilen projede arazide yersel ölçme yöntemi kullanılarak ağaç haritaları üretilmiştir (Sevgi ve ark., 2010). Konumları ölçülen ağaçların ayrıca boyutları da ölçülerek kaydedilmiştir. Böylece mekansal nokta deseni analizleri için gerekli veri olan ağaç haritaları elde edilmiştir.

Ağaç haritası yapılan 118 örnek alandan yaşı 60'dan küçük ve 100'den büyük olanlar, alanı 401 m²'den küçük ve 2499 m²'den büyük olanlar çıkarılmıştır. Kalan örnek alanlar (yaklaşık 900 m² olanlar) meşcere yaşına göre 60-80, 80-100 olanlar şeklinde iki sınıfa bölünmüştür. Bu alanlar buldukları yükseltilerine göre de yükselti sınıflarına ayrılmıştır. Yükselti sınıfları ise 600-1200 m ve 1200-1700 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Analizde göğüs çapı 8 cm'den büyük ağaçlar değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Tekrarlı mekansal nokta desen analizi yapılan 43 örnek alanın (900 m²) sınıf bazında ortalama ağaç ve kütük sayıları ile standart sapmaları (parantez içindeki değerler).

Meşcere Yaşı	60-80 yıl		80-100 yıl	
	600-1200 (n=12)	1200-1700 (n=10)	600-1200 (n=8)	1200-1700 (n=13)
Yükselti (m)				
Tüm ağaçlar (kütük dahil)	92 (28)	103 (29)	90 (27)	105 (26)
8 cm den büyükler	81 (20)	99 (28)	72 (19)	98 (21)
ortalama kütük sayıları	19 (14)	23 (19)	15 (12)	26 (8)
yaş ortalaması	69	73	84	85
ortalama göğüs çapı (cm)	19,06	20,96	21,28	23,03

2.2. Yöntem

Mekansal nokta desen analizinde verinin keşfi ve özetlenmesi için Ripley'in K-fonksiyonu, Besag'ın L-fonksiyonu ve nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu (pair correlation function¹⁾ g(r) kabul edilen ve yaygın kullanılan önemli araçlardır (Wiegand ve Moloney, 2014). Özellikle "nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu" g(r), nokta desenlerinde bulunan dağılım bilgisini istatistiksel olarak vermenin en iyi yolu olarak değerlendirilir.

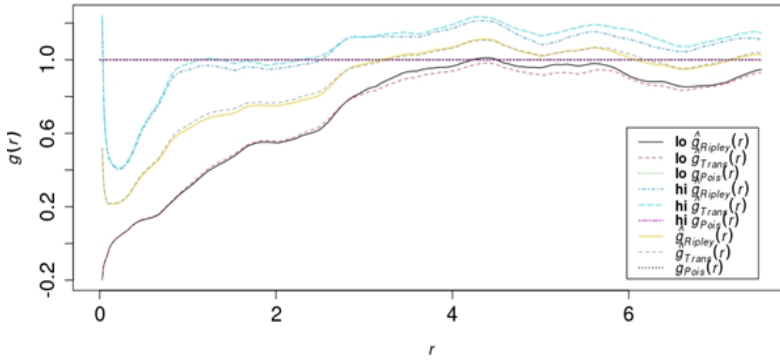
Ayrılan 4 sınıftaki her sınıfı temsil eden alanların mekansal desen analizi ni birlikte yapabilmek için her sınıfı oluşturan alanları temsil eden konumsal

¹⁾ Bu çalışmada da pair correlation function teriminin Türkçeye karşılığı olarak "nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu" olarak önerilmiştir.

veri tekrarlı analiz için gerekli uygun veri tipine dönüştürülmüştür. Ardından bu veri tekrarlı mekansal nokta desen analizlerinden “nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu” ile analizi yapılmış ve sonuçlar “nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu” grafiği olarak verilmiştir (Şekil 1).

3. Bulgular

Dursunbey Alaçam Dağları'nda bulunan karaçam ormanlarında tekrarlı mekansal nokta desen analiz uygulanan örnek alanların bazı özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Toplam 43 alanın yükselteleri 600 ile 1700m arasında, ortalama ağaç sayıları 90 ile 106 arasında, meşcerelerin küçük birey sayısı (< 8 cm) ortalaması 18'i geçmemektedir (Çizelge 1).



Şekil 1. Kuramsal tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu.

Tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu² grafiği lejandi açıklaması.

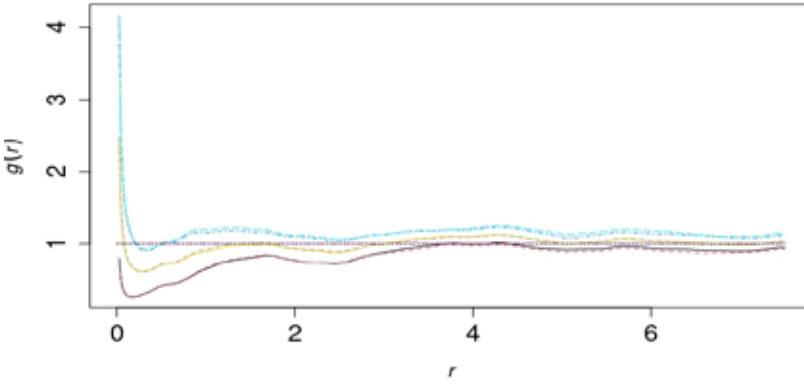
- $lo \hat{g}_{Ripley}(r)$: yönbağımsız-kenar düzeltmeyle hesaplanmış $g(r)$ dayalı iki-sigma GA'nın alt sınırı,
- $lo \hat{g}_{Trans}(r)$: kaydırmalı-kenar düzeltmeyle hesaplanmış $g(r)$ dayalı iki-sigma GA'nın alt sınırı,
- $lo \hat{g}_{Pois}(r)$: teorik Poisson $g(r)$ dayalı iki-sigma GA'nın alt sınırı,
- $hi \hat{g}_{Ripley}(r)$: yönbağımsız-kenar düzeltmeyle hesaplanmış $g(r)$ dayalı iki-sigma GA'nın üst sınırı,
- $hi \hat{g}_{Trans}(r)$: kaydırmalı-kenar düzeltmeyle hesaplanmış $g(r)$ dayalı iki-sigma GA'nın üst sınırı,
- $hi \hat{g}_{Pois}(r)$: teorik Poisson $g(r)$ dayalı iki-sigma GA'nın üst sınırı,
- $\hat{g}_{Ripley}(r)$: birleşik (ortalama) yönbağımsız-kenar düzeltmeyle hesaplanmış $g(r)$,
- $\hat{g}_{Trans}(r)$: birleşik (ortalama) kaydırmalı-kenar düzeltmeyle hesaplanmış $g(r)$,

²⁾ (Tekrarlı) nokta çiftlerinin ilişki fonksiyonu terimi (replicated) pair correlation function teriminin Türkçe karşılığı olarak kullanılmıştır.

- $g_{\text{Pois}}(r)$: birleşik (ortalama) teorik Poisson $g(r)$ şeklinde açıklanabilir.

60-80 yaşında olan alanlarda mekansal nokta deseni

Çalışma kapsamında, 60-80 yaşında ve 600-1200 m yükselti aralığında 12 adet örnek alan bulunmaktadır. Bu alanların yaş ortalaması 69 yıl, göğüs çapı ortalaması 19,06 cm, ortalama ağaç sayısı 92 adet ve ortalama kütük sayısı 19 adettir (Çizelge 1). Tüm bireyler (kütükler dahil) kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analiz sonuçlarına göre bu yaş ve yükselti aralığındaki alanlarda yakın mesafede (1 m'ye kadar) düzenli bir dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir (Şekil 2).



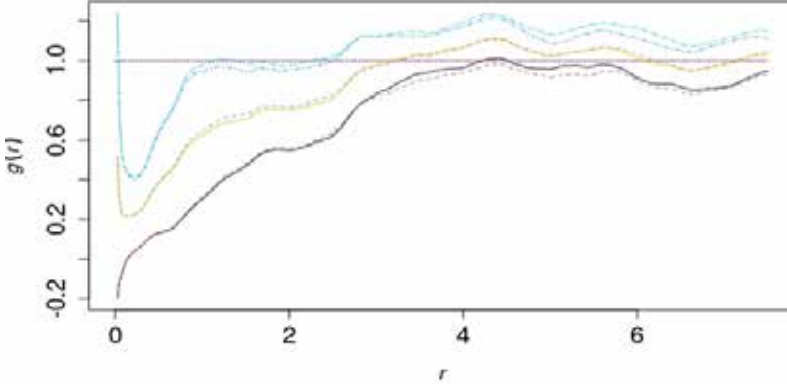
Şekil 2. Karaçam meşcerelerinin 60-80 yaşında ve 600-1200 m yükseltideki 12 örnek alanın tüm bireyleriyle (kütükler dahil) yapılan tekrarlı mekansal nokta desen analizi.

Kütükler haricindeki bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizi sonuçlarına göre 60-80 yaşında ve 600-1200 m yükselti aralığına giren alanlarda yakın mesafede (3 m'ye kadar) düzenli bir dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir. Bazı alanlarda 3-6 m arasında kümelenmeler de gözlenmekle birlikte ortalama olarak rastgele dağılım göstermektedir (Şekil 3).

Çalışma alanında 60-80 yaşında ve 1200-1700 m yükselti aralığında yer alan 10 adet örnek alan bulunmaktadır. Bu alanların yaş ortalaması 73 yıl, göğüs çapı ortalaması 20,96 cm, ağaç sayısı 103 adet ve ortalama kütük sayısı ise 23 adettir (Çizelge 1). Tüm bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizi sonuçlarına göre 60-80 yaşında ve 1200-1700 m yükselti aralığında bulunan alanlarda da yakın mesafede (2-3 m) düzenli bir dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir (Şekil 4).

Kütükler haricindeki bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizi sonuçlarına göre 60-80 yaşında ve 1200-1700 m yükselti

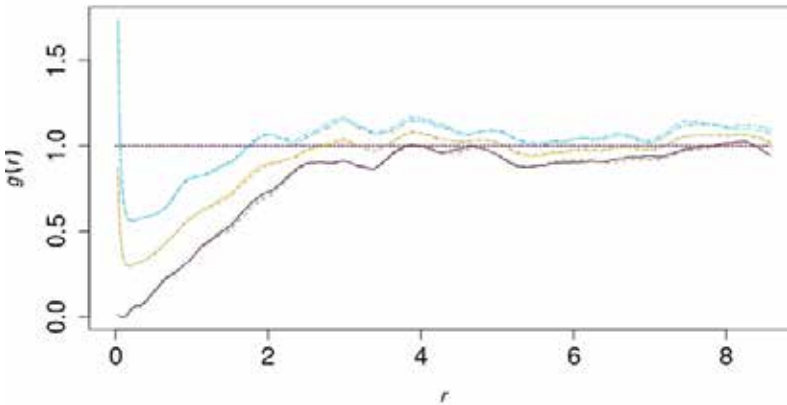
aralığında yer alan örnek alanlarda da yakın mesafede (3-4 m) düzenli bir dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir. Bu sınıfta bazı alanlarda 4-6 m mesafede kümelenme gözlenmekle birlikte ortalamaya etkisi az görülmektedir (Şekil 5).



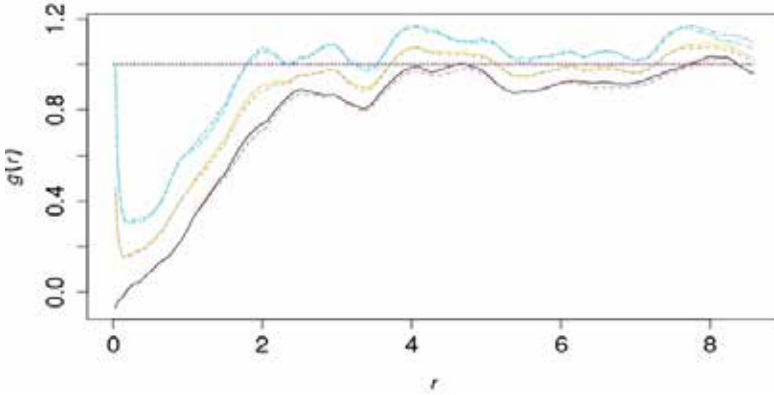
Şekil 3. Karaçam meşcerelerinin 60-80 yaşında ve 600-1200 m yükseltideki 12 örnek alanın kütükler hariç bireylerle yapılan tekrarlı mekansal nokta desen analizi.

80-100 yaşında olan alanlarda mekansal nokta deseni

Çalışma bölgesinde 80-100 yaşında ve 600-1200 m yükselti basamağında yer alan 8 adet örnek alan bulunmaktadır. Bu alanların yaş ortalaması 84 yıl, göğüs çapı ortalaması 21,28 cm, ağaç sayısı 90 adet ve kütük sayısı ise 15 adettir (Çizelge 1). Tüm bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizi sonuçlarına göre 80-100 yaş aralığının 600-1200 m basamağında dağılım gösteren örnek alanlarda yakın mesafede (1,5 m'ye kadar) düzenli dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir (Şekil 6).

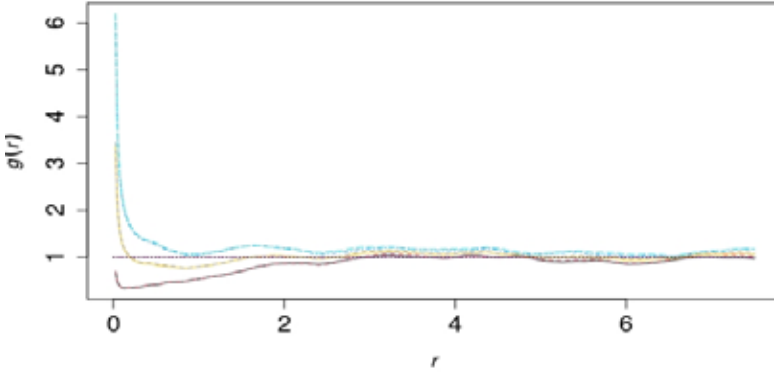


Şekil 4. Karaçam meşcerelerinin 60-80 yaşında ve 1200-1700 m yükseltideki 10 adet örnek alanın tüm bireyleriyle (kütükler dahil) yapılan tekrarlı mekansal nokta desen analizi.



Şekil 5. Karaçam meşcerelerinin 60-80 yaşında ve 1200-1700 m yükseltideki 10 adet örnek alanın kütükler hariç bireylerle yapılan tekrarlı mekansal nokta desen analizi.

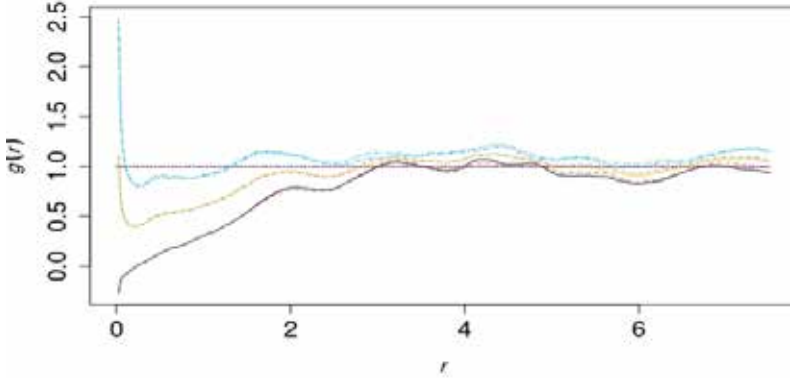
Kütükler haricindeki bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizi sonuçlarına göre 80-100 yaşında ve 600-1200 m yükselti aralığına giren örnek alanlarda yakın mesafede (3 m'ye kadar) düzenli dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir (Şekil 7).



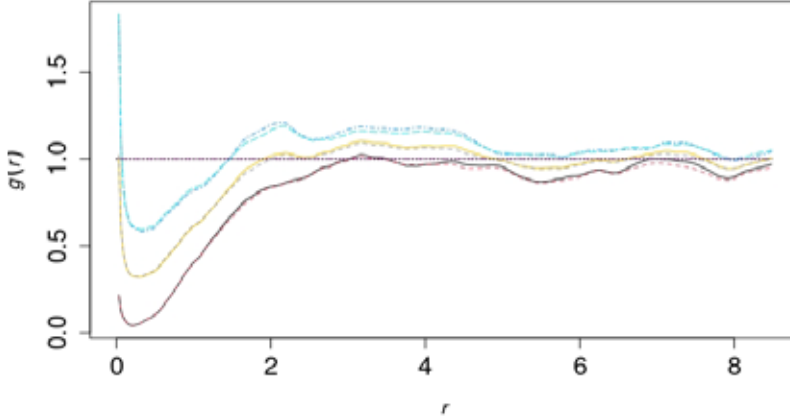
Şekil 6. Karaçam meşcerelerinin 80-100 yaşında ve 600-1200 m yükseltideki 8 adet örnek alanın tüm bireyleriyle (kütükler dahil) yapılan mekansal nokta desen analizi.

Çalışma kapsamında 80-100 yaşında ve 1200-1700 m yükselti aralığında yer alan 13 adet örnek alan bulunmaktadır. Bu alanların yaş ortalaması 85 yıl, göğüs çapı ortalaması 23,03 cm, ağaç sayısı 105 adet ve kütük sayısı ise 26 adettir (Çizelge 1). Tüm bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizi sonuçlarına göre bu sınıfa giren alanlarda yakın mesafede (2 m'ye kadar) düzenli dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir. Bu sınıfta bazı alanlarda 2-5 m mesafede kümelenebilirlik gözlenmekle birlikte bu mesafeden sonra rastgele dağılım görülmek-

tedir. Bazı alanlarda 4-6 m'de düzenli dağılım görülmektedir (Şekil 8).

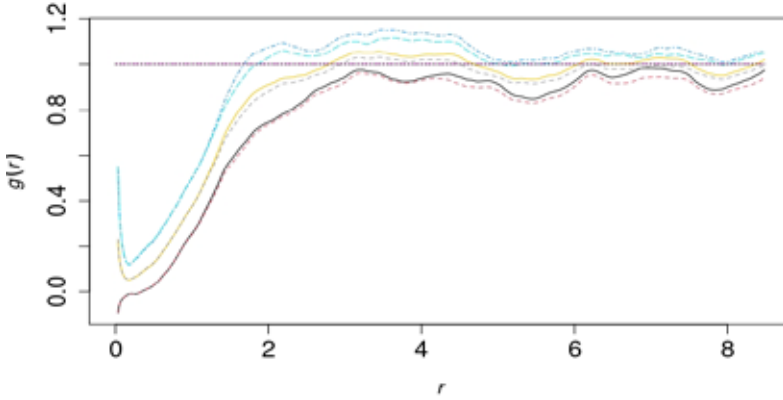


Şekil 7. Karaçam meşcerelerinin 80-100 yaşında ve 600-1200 m yükseltideki 8 adet örnek alanın kütükler hariç bireylerle yapılan tekrarlı mekansal nokta desen analizi.



Şekil 8. Karaçam meşcerelerinin 80-100 yaşında ve 1200-1700 m yükseltideki 13 adet örnek alanın tüm bireyleriyle (kütükler dahil) yapılan tekrarlı mekansal nokta desen analizi.

Kütükler haricindeki bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizi sonuçlarına göre 80-100 yaşında ve 1200-1700 m yükselti aralığında ki alanlarda yakın mesafede (3 m'ye kadar) düzenli dağılım görülmekle birlikte bundan sonraki mesafelerde rastgele dağılım görülmektedir. Bu sınıfta bazı alanlarda 2-5 m mesafede kümelenme gözlenmekle birlikte bu mesafeden sonra rastgele dağılım görülmektedir. Bazı alanlarda 4-6 metrelerde düzenli dağılım görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Karaçam meşcerelerinin 80-100 yaşında ve 1200-1700 m yükseltideki 13 adet örnek alanın kütükler hariç bireylerle yapılan tekrarlı mekansal nokta desen analizi.

4. Tartışma ve Sonuç

Türkiye ormancılığında mekansal analizlere yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir. Orman yapısının anlaşılmasına katkı sağlayan mekansal analizlerden biri de mekansal nokta desen analizidir. Türkiye'nin önemli ağaç türlerinden olan karaçam en önemli yayılışını yaptığı Alaçam Dağları çeşitli çalışmalara konu olmuştur (Pamay, 1953; 1959; 1960; Sevim, 1951; 1954; Eruz, 1984). Söz konusu çalışmalarla karaçamın yöresel bilgileri ve karaçam ekolojisine katkılar yapılmıştır. Bu çalışmada ise mekansal nokta desen analizi yardımıyla karaçam meşcerelerinin mekansal yapıları incelenmiştir. Karaçamın mekansal nokta desen analiz çalışmaları için öncelikle ağaç haritaları elde edilmiştir (Sevgi ve ark., 2010).

Karaçam meşcerelerini yaş ve yükseltiye göre sınıflara ayırdığımızda bize mekansal desen ile ilgili bir fikir vermektedir. Bilindiği üzere yükselti doğrudan meşcerenin yetişme ortamını etkilemektedir (Irmak, 1970). Meşcere yaşı ise doğrudan meşcere özelliklerini etkilemektedir (Kalıpsız, 1963). Bununla birlikte aynı yaş sınıfındaki meşcerelerin dahi çap dağılımı ve birey sayısında farklılıklar görülmektedir (Kalıpsız, 1963). Bunları da “mark correlation function” ile incelemek veya sınıfları belirlerken kümelere ayırma yöntemi kullanarak yapmak uygun olacaktır.

Tüm bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizleri sonucunda genelde rastgele dağılım ve sadece bazı sınıflarda çok kısa mesafede (2 m'ye kadar) düzenli dağılım görülmektedir.

Kütükler haricindeki bireyler kullanılarak yapılan tekrarlı nokta çiftlerinin ilişki fonksiyon analizleri sonucunda, bazı alanlarda şiddeti ve mesafesi

değişmekle birlikte genel olarak 3 m'ye kadar düzenli bir dağılım görüldüğü belirlenmiştir. Burada tüm bireyler kullanılarak yapılan değerlendirmeye göre rastgele dağılımdan ve sadece bazı sınıflardaki çok kısa mesafede (2 m'ye kadar) görülen düzenli dağılımın değiştiği ve 3 m'ye kadar düzenli dağılıma dönüştüğü belirlenmiştir. Bunun yapılan aralama kesimlerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Alaçam Dağları'nda 60-100 yaş ve 600-1700 m aralığında bulunan karaçam ormanlarında yapılan aralama faaliyetlerinin düzenli dağılımı yaklaşık 2 m daha arttırdığı görülmektedir. Bazı alanlarda ise kümelenmeler olması meşcerelerin mekansal yapısından veya yapılan aralama faaliyetlerinden kaynaklanabilir. Örneğin bazı alanlarda alt tabakada bireylerin olmasından ya da alanda boşluklar oluşmasından dolayı bu kümelenmeler oluşmuş olabilir. Ayrıca Alaçam Dağları karaçam açısından son derece verimli alanlar olması da bu sonuçları etkilemiş olabilir.

Karaçam ormanlarındaki bireylerin mekansal dağılımının bilinmesi meşcerelere yapılacak müdahaleleri ve yöntemi konusunda geniş imkanlar sunmaktadır. Bununla birlikte mekansal meşcere yapısına bağlı ormancılık faaliyetlerinin düzenlenmesi için türlerin çeşitli yetişme ortamlarındaki mekansal desenlerinin belirlenmesi üzerine çalışmaların yoğunlaştırılması gerekmektedir.

Teşekkürler; Bu çalışma "Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri" isimli ve TÜBİTAK-TOVAG Proje No: 104 O 551 numaralı proje kapsamında yapılmış olup Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na, 2006-2010 yılları arasında arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğümüz çalışmanın yürütüldüğü dönemde Balıkesir ve Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü'nde görev yapan Orman Bölge Müdürlerimize, Simav Orman İşletme Müdürü Ekrem BOZKAN'a, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Osman ONAT'a, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Gürsel ŞENTÜRK'e, Bigadiç Orman İşletme Müdür Yardımcısı Kadir KORKMAZLAR'a, Alaçam Orman İşletme Müdürü İlhan Faik TOPÇAM'a ve Alaçam Orman İşletme Müdürü Yardımcısı İbrahim ÖZEN'e, bilhassa çalışmaya yardımları esirgemeyen Dursunbey Orman İşletme Müdürü Cemal YEŞİLYAPRAK'a ve Sındırgı İşletme Müdürü Orm. Yük. Müh. Aytekin KAMBAK'a, Kadir AŞAR beye ve arazi çalışmalarına katılan öğretim elemanı ve öğrenci arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Bagchi, R., Illian, J. B., 2015. A Method for Analysing Replicated Point Patterns in Ecology. *Methods Ecol. Evol.*, 6: 482-490.

- Eruz, E., 1984. *Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3244/368, 72 sayfa, İstanbul.
- Fortin, M. J., Dale, M. R. T., 2005. *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, 454 pages, Cambridge.
- Gadow, K. V., Zhang, C. Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Myklush, S., Hui, G. Y., Kiviste, A., Zhao, X. H., 2012. Forest Structure and Diversity. In: Pukkala T, Gadow KV (eds) *Continuous Cover Forestry, Managing forest ecosystems*, pp: 29–83, Springer, Dordrecht.
- Getzin, S., Wiegand, K., Schumacher, J., Gougeon, F. A., 2008. Scale-dependent Competition at the Stand Level Assessed from Crown Areas. *For. Ecol. Manag.*, 255: 2478–2485.
- Irmak, A., 1970. *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1650:149, 367 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana*) Hasılat Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A: 110–140.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye’de Karaçam (Pinus nigra Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Tarım Bakanlığı O.G.M. Yay. Nu: 349/8, Yenilik Basımevi, 141 sayfa, İstanbul.
- Longuetaud, F., Seifert, T., Leban, J. M. and Pretzsch, H., 2008. Analysis of Long-Term Dynamics of Crowns of Sessile Oaks at the Stand Level by Means of Spatial Statistics. *For. Ecol. Manag.*, 255: 2007–2019.
- Pamay, B., 1953. Dursunbey Alaçam Orman Mintikasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna ait Denemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3A (1-2): 48–53.
- Pamay, B., 1959. Dursunbey-Alaçam Ormanları Yangın Sahalarındaki 10 Yıllık Ağaçlandırma Çalışmalarının Neticeleri Üzerine Silvikültürel Etütler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9B (2): 77-101.
- Pamay, B., 1960. *Dursunbey Alaçam Orman Mintikasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna Ait Denemeler*. Orman Umum. Müd. Neş. Sıra Nu: 321, Seri Nu: 29, 217 sayfa, Ankara. Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., DüNDAR, T., Kavgacı, A. ve Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları’nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-TOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Sevim, M., 1951. Alaçam (Dursunbey) Ormanında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A (2): 115–142.
- Sevim, M., 1954. *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik ve Pedolojik*

Araştırmalar. Or. Umum Müd. Yayınlarından Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.

Stoyan, D., Penttinen, A., 2000. Recent Applications of Point Process Methods in Forestry Statistics. *Stat. Sci.*, 15(1): 61-78.

Utterra, J., Haara, A., Tokola, T., Maltamo, M., 1998. Determination of the Spatial Distribution of Trees from Digital Aerial Photographs. *For. Ecol. Manag.*, 110: 275-282.

Yılmaz, O. Y., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Carus, S., Kavgacı, A., Yurtseven, H., Erdem, R., 2013. Effects of Different Thinning Grades on the Spatial Structure of Pure Black Pine Stands. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1 (2): 77-89.

Wiegand, T., Moloney, K. A., 2014. *Handbook of Spatial Point-Pattern Analysis in Ecology*. Boca Raton: CRC Press, 538 pages.





Isparta, 2019
Nesibe KÖSE



ANADOLU KARAÇAMI ODUNLARINDA YÜKSELTİYE BAĞLI DEĞİŞİMLER

1. Giriş

Odunu oluşturan elemanların özellikleri, türün yetiştiği bölgenin enlem derecesi, yükseltisi, yağış miktarı, sıcaklık ortalaması gibi ekolojik faktörlerden etkilenmektedir. Farklı ekolojik koşullarda oluşan odunlarda meydana gelen varyasyonların saptanmalarını kapsayan ekolojik odun anatomisi çalışmalarının temelleri Carlquist (1966), Baas (1973), Graaf ve Baas (1974) ve Carlquist (1988)'e dayanmaktadır. Günümüzde ekolojik koşullar ile odun anatomik özellikleri arasındaki ilişkileri detaylı biçimde inceleyen bu çalışmalar giderek artmaktadır. Odun elemanlarının boyutlarındaki değişimlerin belirlenmesi, ağaçların içerisinde buldukları yetiştirme ortamı koşulları hakkında bilgi verebilmekte ve koşulların uygun olup olmadığının denetlenmesine olanak sağlamaktadır.

Türkiye'de; yetiştirme ortamı koşullarının odunun anatomik özelliklerine etkisini konu alan "ekolojik odun anatomisi" çalışmaları 1968 yılında başlamıştır. Yalıtık (1968), akçağaç odununun anatomik ve morfolojik özelliklerinin nemlilik ile ilişkilerini araştırmıştır. Şanlı (1977), Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetişen kayın odununun anatomik özelliklerinin yükselti ile ilişkilerini incelemiştir.

Ülkemizde doğal olarak yetişen karaçam odununun anatomik özellikleri ayrıntılı bir şekilde ilk olarak Göker (1969) tarafından çalışılmıştır. Elekdağ ve Dursunbey ormanlarından aldığı örnekler üzerinde Anadolu karaçamının mm²'deki ortalama traheid sayısını 998 adet (685-1576), ortalama traheid boyunu 4200 µm (1720-8140 µm), traheid teğet çapını 48 µm (22-78 µm), traheid hücrelerinin çeper kalınlığını 9µm (4-22 µm) olarak bulmuştur (Göker, 1969).

Ülkemizde Anadolu ormanlarında karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pal-lasiana* (Lamb.) Holmboe) 4.693.059,6 ha yayılış alanı ile kızılçamdan sonra ikinci en önemli türümüzdür (OGM, 2013). İklim ekstremlerinde ve kuraklıkta yetişebilecek kadar kanaatkâr olması nedeniyle dendrokronolojik çalışmalarda en çok tercih edilen türdür (Touchan ve ark., 2003; Cedro, 2006; Martin-Benito

¹⁾ Dr., Tarım ve Orman Bakanlığı, Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü, İstanbul, Elmek: yagmurbiricik@ogm.gov.tr

²⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: uakkemik@istanbul.edu.tr

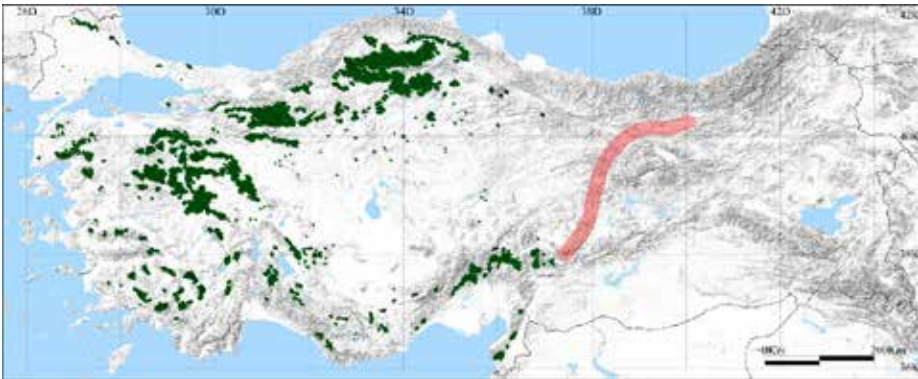
ve ark., 2008; Sevgi ve Akkemik, 2007; Leal ve ark., 2008; Levanic ve Toromani, 2010; Martin-Benito ve ark., 2011; Köse ve ark., 2012; Amodei ve ark., 2013; Camarero ve ark., 2013; Marchi ve ark., 2015).

Ekolojik koşullar ve odun oluşumu arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar dünyada giderek artmasına rağmen karaçam üzerine yapılan odun anatomisi çalışmaları çok sınırlıdır (Göker, 1969; Akkemik ve Yaman, 2012; Esteban ve ark., 2012; Martin-Benito ve ark., 2013; Petrucco ve ark., 2017).

Bununla birlikte Biricik (2018) tarafından yapılan çalışma, Uludağ dağ kütesinin kuzey ve güney bakılarında 550-1550 m yükseltiler arasındaki karaçam ağaçlarının yükselti ve bakıya bağlı olarak odun elemanlarının boyutlarındaki değişimleri çarpıcı olarak ortaya koymuştur. Diğer yandan, Sevgi (2003), Sevgi ve Akkemik (2007), Tecimen ve Sevgi (2010), Tecimen ve ark. (2012) ve Sevgi ve ark. (2017) bazı yetiştirme ortamı özellikleri ile yükselti arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Bu bölüm, yükselti ve bakıya bağlı olarak odun elemanlarındaki değişimleri ana hatlarıyla belirtmektedir.

2. Anadolu Karaçamının Yayılışı ve Özellikleri

Anadolu karaçamının yayılışı: Anadolu karaçamı; karaçam türünün bir alt türü olup ülkemizde çok geniş bir yayılışa sahiptir (Şekil 1). Genel coğrafi yayılışı Balkanlar, Kırım, Karpatların güneyi, Türkiye, Kıbrıs ve Suriye'dir. Bu geniş yayılış alanı içerisinde nemli koşullardan kurak ve soğuk koşulların hâkim olduğu iç Anadolu steplerine kadar sokulmaktadır. Kuzey Anadolu dağlarının iç bakan yamaçlarında, Batı Anadolu'nun tüm dağlık kesimlerinde ve Güney Anadolu'nun (Torosların) kuzeye bakan yamaçlarında karışık ve saf ormanlar kurmaktadır (Cullen, 1965; Yaltırık ve Efe, 2000).



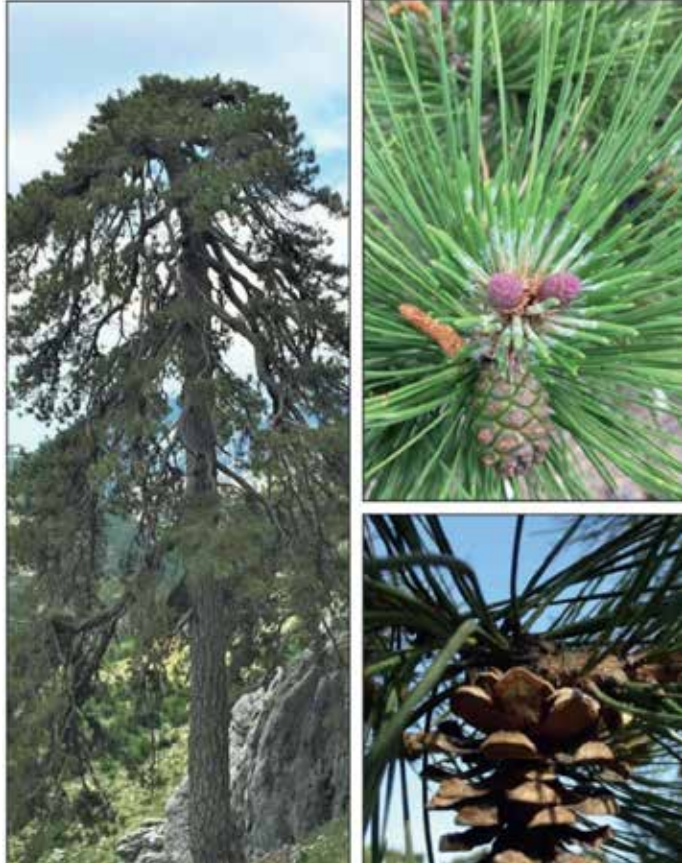
Şekil 1. Anadolu karaçamının Türkiye'deki yayılışı. Kırmızı çapraz şeritle belirtilen Anadolu Çaprazı adlı hat, Anadolu karaçamının sınırını oluşturmakta olup batısında yayılış yapmaktadır.

Anadolu karaçamı morfolojik özellikleri: 30 metreye kadar boylanabilen herdem yeşil ve iğne yapraklı birinci sınıf orman ağacıdır. Kabukları koyu gri-siyah renkli ve derin çatlaklıdır. Genç sürgünleri çıplaktır. Yaprakları 70-180 x 2 mm boyutlarında, koyu yeşil, sert ve sıklıkla kıvrık ve uç kısımları batıcıdır. Tomurcukları reçineli, büyük, silindirik ve uçları sivridir. Tomurcuk pullarının kenarları kirpiklidir (Yaltırık ve Efe, 2000; Akkemik, 2020). Kozalaklar parlak açık sarı, saman sarısı, esmer renkte, yumurtamsı-konik, simetrik ve çok kısa saplıdır. Kozalak pulları yassıdır, göbeklerinde ufak bir diken vardır (Şekil 2) (Yaltırık ve Efe, 2000; Akkemik, 2020).

Anadolu karaçamı odununun anatomik özellikleri: Odunlarında yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş anidir. Genç yaşlarda ve verimli alanlarda geniş yıllık halkalar oluştururken yaşlı ve kurak alanlardaki bireyleri dar yıllık halka oluşturmaktadır. Odunlarında reçine kanalları yaygındır ve özellikle ilkbahar-yaz odunu geçişinde ya da yaz odununda bulunur. Öz ışınları heterojen olup enine reçine kanalları ve enine traheidler vardır.

Reçine kanalı olmayan özışınları tek sıralı (uniseriate), reçine kanalı olanlar ise çok sıralıdır (multiseriate). Enine traheidlerin çeperleri düzensiz ve testere dişi gibi kalınlaşmıştır. Boyuna parankima yoktur. Öz ışını hücrelerinde karşılaşma yeri geçitleri pencere tipte, 1 nadiren 2 adettir. Özışını yüksekliği 1-15 hücredir (Şekil 3-5) (Akkemik ve Yaman, 2012).

Şekil 2. Anadolu karaçamının genel görünüşü (sol), dişi ve erkek çiçekleri ile taze kozalak oluşumu (sağ üst) ve kozalağı (sağ alt).



3. Yükselti ve Bakının Anadolu Karaçamı Üzerine Etkileri

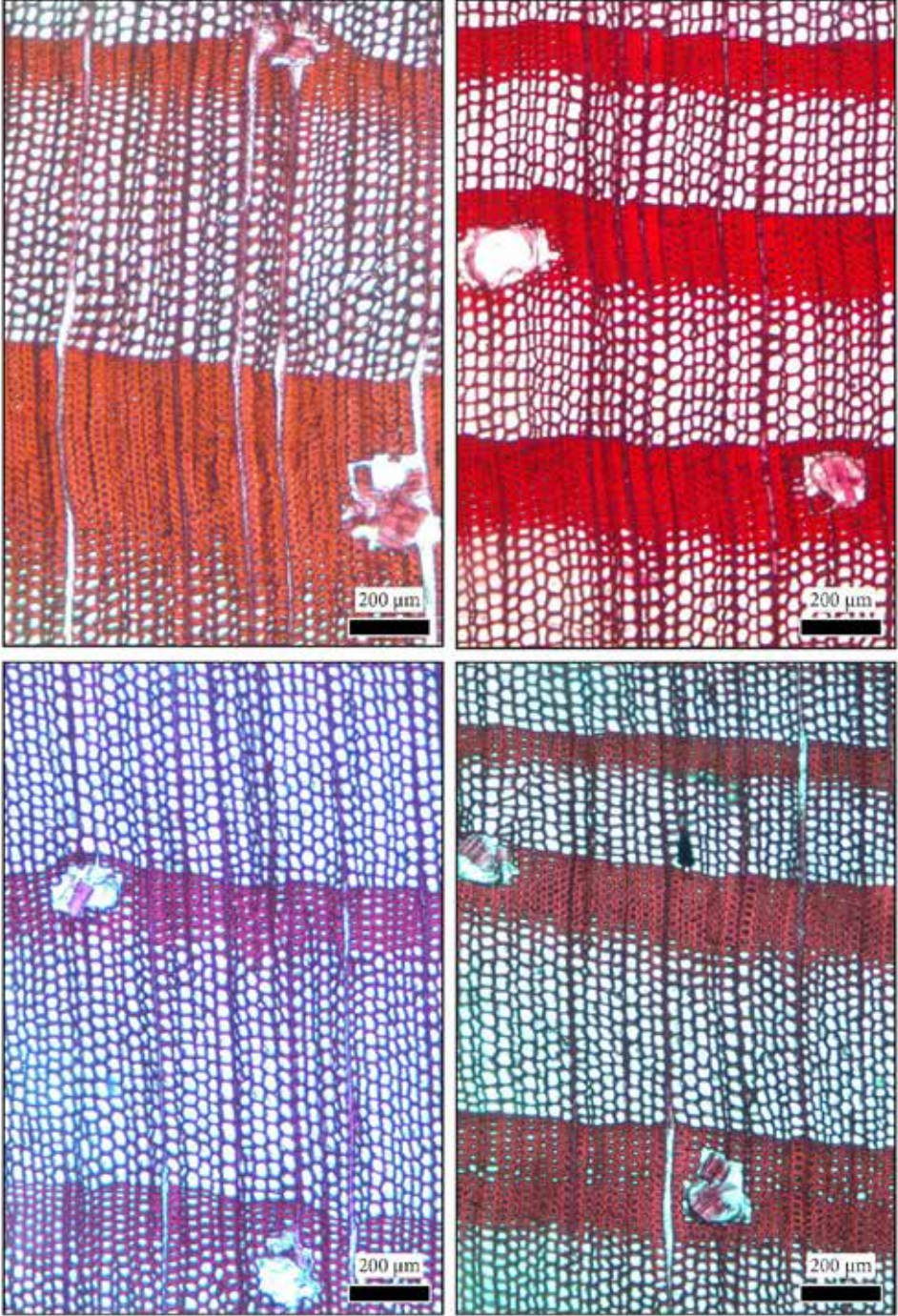
Bakı, yükselti, eğim, toprak, anakaya gibi yetişme ortamı faktörleri ağaçların beslenmesi ve büyümesi üzerine önemli etkiler yapmaktadır. Bu özellikler aynı zamanda sıcaklık ve yağış gibi değişken faktörlerin etkilerinde de daha fazla değişkenliğe neden olmaktadır.

3.1. Yükselti ve bakının karaçam orman yapısı, ağaç büyümesi ve beslenmesi üzerine etkileri

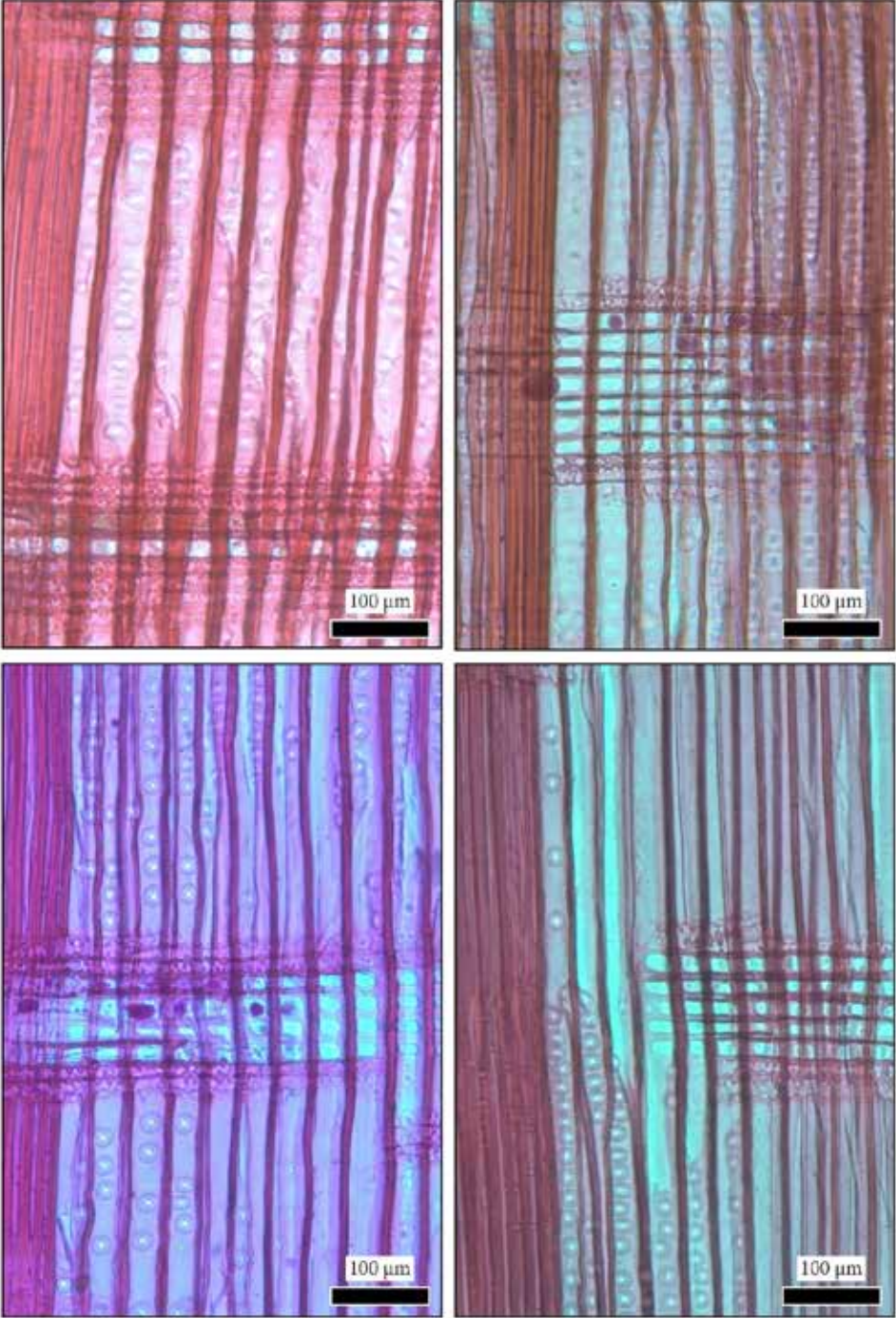
Yükseltinin karaçam beslenme ve büyümesi üzerine etkileri konusunda önemli çalışmalar yapılmıştır. Sevgi (2003), Bayramiç yöresindeki karaçamların yetişme ortamı özelliklerinin yükseltiye bağlı olarak değişimini incelemiş ve topraktaki besin elemanlarının yükseltiye bağlı olarak artış gösterdiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde ibrelerdeki azot oranı da yükseltiye bağlı olarak artış göstermiştir. Kavgacı ve ark. (2013) yükseltinin orman yapısı üzerindeki etkisinin diğer yetişme ortamı faktörlerinden daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Tecimen ve Sevgi (2010), Kazdağları'ndaki karaçamların yayıldığı alanlarda yaptıkları ibre özellikleri üzerindeki çalışmada yükseltiye bağlı olarak ibre boylarının kısaldığını ve ibre ağırlıklarının da azaldığını tespit etmişlerdir. Buna karşın ibrelerdeki organik madde miktarları ile yükselti arasında bir ilişki bulunamamıştır. Gonifeda (2017), Kastamonu-Daday çevresindeki güney bakıda bulunan karaçamların toprak özelliklerini incelemiş, topraktaki makro ve mikro besin elemanlarının yükseltiye bağlı olarak artış gösterdiğini tespit etmiştir. Masoud (2017)'de, aynı yöredeki kuzey bakılarda aynı sonuçlara ulaşmıştır. Sevgi ve ark. (2010), Alaçam dağlarındaki karaçam ormanlarında beslenme-büyüme ilişkilerini yükseltiye bağlı olarak incelemişler ve Alaçam dağlarında ince ölü örtü miktarı yükseltiye bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada en iyi odun özelliklerine sahip ağaçların 1250-1500 m aralığında bulunduğunu belirtmişlerdir. Sevgi ve ark. (2017) ise Alaçam dağlarında yükseltiye bağlı olarak ağaçların beslenme koşullarının olumlu yönde iyileştğini ve toprağın fiziksel özelliklerinin de daha elverişli olarak bir değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir.

3.2. Yükselti ve bakının karaçam yıllık halka gelişimi üzerine etkileri

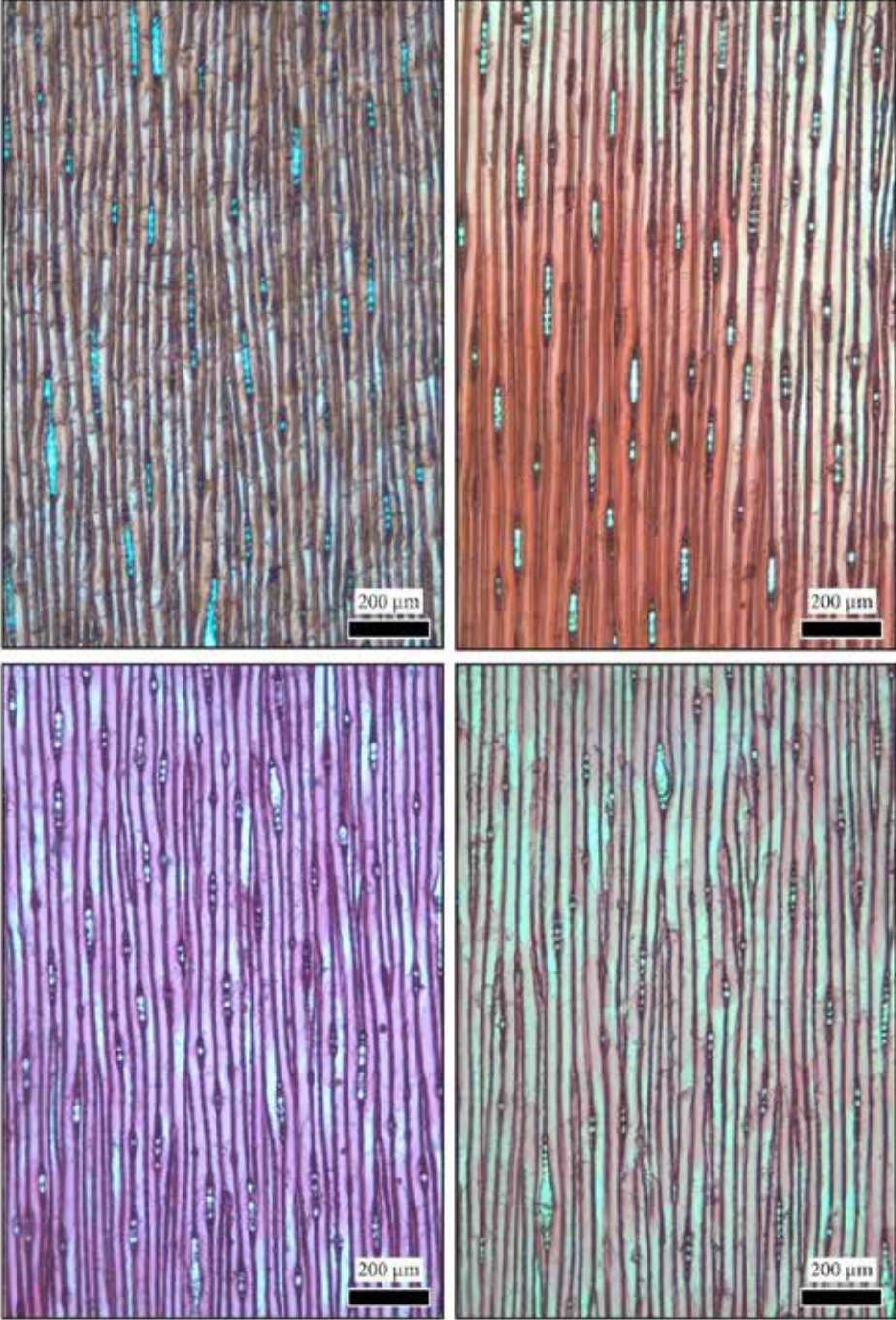
Sevgi ve Akkemik (2007); Kazdağları'nda 500-1300 m arası 5 farklı yükseltide yetişen karaçam ağaçlarında, her bir yükselti zonu için yıllık halka genişlikleri ile aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış miktarı arasındaki korelasyon katsayılarını hesaplamışlardır. 5 farklı zonda da ağaç halka büyüme-lerinin yağış ve sıcaklığa karşı verdiği tepkiler genellikle benzer olmuştur. İlk 3



Şekil 3. Anadolu karaçamının Uludağ'ın 550 ve 1550 m yükseltilerindeki birer örnekte enine kesitleri. Sol üst, kuzey bakı 550 m; sol alt, kuzey bakı 1550 m; sağ üst, güney bakı 550 m; sağ alt, güney bakı 1550 m.



şekil 4. Anadolu karaçamının Uludağ'ın 550 ve 1550 m yükseltilerindeki birer örnekte radyal kesitleri. Sol üst, kuzey bakı 550 m; sol alt, kuzey bakı 1550 m; sağ üst, güney bakı 550 m; sağ alt, güney bakı 1550 m.



Şekil 5. Anadolu karaçamının Uludağ'ın 550 ve 1550 m yükseltilerindeki birer örnekte teğet kesitleri. Sol üst, kuzey bakı 550 m; sol alt, kuzey bakı 1550 m; sağ üst, güney bakı 550 m; sağ alt, güney bakı 1550 m.

zondaki düşük yükseltelerde, ağaç halka büyümelerinde, Mayıs'tan Ağustos'a kadar olan yağışların pozitif etkiye sahip olduğu, 4. ve 5. zondaki yüksek yükseltelerde bu etkinin daha düşük olduğu görülmüştür. Sıcaklığın ise ağaç büyümesi için sınırlayıcı bir faktör olmadığı tespit edilmiştir. Köse ve ark. (2012), Batı Anadolu'da farklı iklim şartlarında yetişen Anadolu karaçamında yıllık halkaların büyümesi üzerine bir araştırma yapmıştır. Çalışma, Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz flora bölgelerini kapsayacak şekilde yapılmıştır. İklim değişiklikleri ile yıllık halkaları arasındaki ilişkiyi belirlemek için tepki fonksiyon analizi kullanılmıştır. Karaçam büyümesi üzerinde yağışın sıcaklıktan çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Karaçam yıllık halkalarının genişliğini etkileyen en önemli faktörün Mayıs ayı yağışları olduğu belirtilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da yıllık halka büyümesi üzerinde en önemli sınırlayıcı faktörün, özellikle Mayıs ve Haziran olmak üzere vejetasyon mevsimindeki yaz dönemi yağışının olduğu belirtilmiştir (Akkemik, 2000; Akkemik ve Aras, 2005; Akkemik ve ark., 2008; Köse ve ark., 2005; 2011). Son dönemde Doğan ve Köse (2019), Sandıras Dağındaki karaçamları çalışmışlar ve iki ayrı bakıda da alt rakımdaki karaçam ağaçlarının üst rakımda yetişenlere kıyasla iklime karşı daha duyarlı ve alt rakımlarda Mayıs-Haziran, üst rakımda da sadece Mayıs ayı yağışının sınırlayıcı faktör olduğunu belirtmişlerdir.

3.3. Yükselti ve bakının odun elemanları üzerine etkileri

Traheid çap ve boyları ile özışınlarının boyutlarında da yükseltiye bağlı olarak önemli değişimler meydana gelmektedir. Karaçamların traheid ve özışını boyutları üzerinde yükselti ve bakının önemli etkilere sahip olduğu Biricik ve ark. (2021a) tarafından detaylı bir şekilde çalışılmıştır.

3.3.1. Traheidlerin boyutları üzerine yükselti ve bakının etkisi

Karaçam ağaçlarında odun oluşumu yükselti ve bakıya göre farklılıklar göstermiştir; baki farklılığı fazla belirgin değilken yükseltiye bağlı değişim oldukça çarpıcıdır. Yükseltiye bağımlı değişimler başka yöre ve ülkelerde yetişen karaçamlar ve başka türler üzerinde yapılan çalışmalara da konu olmuştur.

Janssen ve ark. (2018); Doğu Akdeniz'de yetişen karaçam ağaçlarında, 1970'lerden sonra, iklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklık ve yaz kuraklıklarıyla ilişkili olarak büyüme kayıplarının meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Anadolu karaçamında bu durum anatomik yapısına daha az odun oluşumu, daha dar ve daha kısa traheid hücresi oluşumu olarak yansımaktadır.

Yükselti ve baki, odun elemanlarının boyutlarını etkileyen en önemli faktörlerdir. Ülkemizde konuyla ilgili en detaylı çalışma Biricik ve ark. (2021a) tarafından yapılmıştır. Biricik ve ark. (2021a) tarafından yapılan çalışmada Anadolu karaçamının yayılış alanlarında baki ve yükseltinin traheid çapları, boyları,

çeper kalınlıkları, öz ışını sayı ve boyutları üzerine etkileri, Uludağ kütlesinin kuzey ve güney bakıları üzerindeki 550-1550 m aralığında her 200 m'de bir alınan örnekler üzerinde belirgin şekilde gösterilmiştir.

Biricik ve ark. (2021a) bakı ve yükseltiye bağlı değişimlerin büyüklüklerinin farklı olduğunu bununla birlikte yönlerinin aynı olduğunu belirtmiştir. Örneğin 550 m'den 1550 m'ye doğru traheidlerin boylarının, radyal ve teğet çaplarının arttığını buna karşın birim alandaki traheid sayılarının ve traheid hücre çeperlerinin azaldığını belirtmiştir.

Yükseltiye bağlı değişimler hemen hemen tüm ağaçların odunlarında görülmektedir. Uludağ dağ kütlesindeki yükseltiye bağlı traheid boy ve çaplarındaki artış orman sınırına kadar olan yükseltide ölçüldüğünden belirgin bir artış trendi göstermiştir. Buna karşın savaş zonu olarak adlandırılan Alpin kuşağa geçişte su iletim borularının boyutlarında artış tersine dönmektedir. Şanlı (1977), doğu kayını ağaçlarında artışın 1800 m'lerden sonra azalmaya başladığını ortaya koymuştur.

Gymnosperm ağaçlarının odunlarında yaz odunu traheidlerinin çeperleri daha kalın ve daha fazla odunlaştığından bunların iletim görevleri yanında daha çok desteklik ve gövdeyi mekanik olarak daha dirençli tutma görevi bulunmaktadır. O nedenle yaz odununda radyal çaplar belirgin şekilde azalmaktadır. Teğet çaplar ise hemen hemen ilkbahar odunu ile benzerdir. O nedenle, yaz odunu traheidlerinin teğet ve radyal çapları arasında belirgin bir çap farklılığı vardır.

Bununla birlikte iletim görevi açısından değerlendirildiğinde yükseltiye bağlı olarak hem teğet hem de radyal çaplarda bir artış vardır. Bu artış her iki bakıda da belirgindir. Yükseltinin fazla olduğu ve Uludağ'da son kapalı karaçam ormanı sınırı 1550 m'ler olduğundan bu yükselti kuşağı hem ilkbahar hem de yaz odunundaki traheidlerin çapları açısından koşulların en elverişli alanlar olduğunu göstermiştir.

Uludağ'da yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre su iletim borusu olan traheidlerin çaplarında yükseltiye bağlı olarak ortaya çıkan artış, koşulların kurak etkiden daha nemcil etkiye doğru değiştiğinin bir göstergesidir. Su iletim borularının çapları, kurak koşullarda su iletiminde emniyetin sağlanabilmesi için daha küçük iken nemli bölgelere su iletiminde etkenliği artırmak için daha geniş çaplıdır. O nedenle çaptaki yükseltiye bağlı artış, yüksek kesimlerdeki koşulların karaçam türü için daha elverişli olduğuna işaret etmektedir. Hatta bu değer en yüksek noktaya ulaştığı Uludağ'daki 1550 m yükselti kuşağının bu tür için optimum olduğunun bir göstergesidir.

Traheidlerin lümen çapları her iki bakıda da 1550 m yükseltiye doğru artış gösterirken çeper kalınlıkları azalmaktadır. Bu azalma hem kuzey bakıda hem de güney bakıda aynı yönde ve azalma oldukça belirgindir.

Traheidlerin çeperleri ilkbahar odunundan yaz odununa doğru kalınlaşmaktadır. O nedenle ilkbahar odununda lümen alanı daha fazla traheid çeper kalınlığı daha düşük iken yaz odununda traheidlerin çeper kalınlığı belirgin şekilde daha yüksektir. Hem kuzey hem de güney bakıdaki ağaçların traheidlerinde görülen bu yükseltiye bağlı olarak azalma iki nedene dayanarak açıklanabilir. İlki, su iletiminde daha etkin olan lümen

çapının artması için çeperlerin daha az gelişmesi, ikincisi de yüksek kesimlerde sıcaklığın düşük olmasından dolayı odunlaşmanın daha az olmasıdır. Yüksek kesimlerde kısalan vejetasyon süresi içerisinde yaz odunu oluşumu esnasında hem hücre bölünmesi hem de bölünen hücrelerde ligninleşme oranının düşük olması nedeniyle özellikle aşırı soğuk yıllarda belirgin olmayan yaz odunu halkaları oluşmaktadır. Schweingruber (1988) tarafından *light ring* olarak adlandırılan ve Türkçeye *açık halka*, *silik halka* ya da *belirsiz halka* olarak çevrilen (Akkemik, 2004) olarak adlandırılan bu oluşum odunlaşmanın düşük olduğunu göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı da yükselti arttıkça traheidlerin çeperleri daha ince ve renkleri de daha açık olabilmektedir.

Traheidlerin boylarındaki artış, su iletiminde etkenliği artırırken iletimde emniyetin daha da düşmesine neden olmaktadır. O nedenle yükseltinin az olduğu kısımlarda traheid boyları kısa iken su sorunlarının giderek azaldığı yükseklere doğru boylar artar.

Uludağ'da güney bakılar sıcaklığın yüksek, güneşlenmenin fazla ve bu nedenlerle de ağaçlarda su noksanlığının arttığı ve koşulların daha kurakçıl olduğu alanlardır (Çepel, 1988). Bundan dolayı da Anadolu karaçamının özellikle yetişme ortamının alt sınırlarına yakın yerlerde traheid boyları en kısa değerlerine inmektedir. İletimde emniyeti sağlamak ve gaz embolisinin etkisini en aza indirmek için traheid boyları kısalmaktadır. Uludağ'ın 1550m'ye doğru olan güney bakıları ise hem sıcaklık hem de yağış açısından elverişli olduğundan traheid boyları en uzun değerlerine ulaşmaktadır.

Benzer sonuçlar farklı ülkelerdeki farklı çalışmalarla da ortaya konmuştur. Ziaco ve ark. (2014), Kuzey Amerika'da Nevada'nın doğusunda yetişen 5 iğne yapraklı türün yükseltiye bağlı anatomik özelliklerini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. *Abies concolor* Hoopes, *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco, *Pinus flexilis* E. James, *Pinus longaeva* D.K. Bailey ve *Picea engelmannii* Parry ex Engelm. türleri için toplam 42 ağaçtan (2810 m montan, 3350 m subalpin alçak ve 3360 m yüksek subalpin bölge yükseltilerden) örnekler toplanmıştır. Traheid lümen alanı, traheid hücre çeperi kalınlığı, lümen çapı, çeper-hücre oranı olmak üzere odun anatomik özellikleri 2011 ve 2012 yılı halkalarında ilkbahar ve yaz odunu için ayrı ayrı ölçülmüştür. Traheid sayı ve boyutlarının yükselti ile arttığı tespit edilmiştir. 2012 yılında subalpin bölgelerdeki hücre lümenlerinin artışı, 2011'e göre daha sıcak ilkbahar, yaz aylarıyla ve ilkbahar yağışlarının daha az olmasıyla açıklanmıştır. Dağlık bölgede ise artan ilkbahar sıcaklığı ve su stresinin tüm türlerde traheid boyutlarında azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir.

Olivar ve ark. (2015), İspanya'nın 3 ana çam türü olan *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Aiton ve *Pinus sylvestris* L.'in iklimsel değişkenliklerden etkilenen yıllık halka genişliği ve odun yoğunluğu arasındaki ilişkiyi anlamak için yıllık halka anatomilerini incelemiştir. Yağışlar, vejetasyon periyodunda farklı zamanlarda 3 türün de gövde odunun enine büyümesini (yıllık halka genişliğini) ve odun yoğunluğunu etkilemiştir. Ortalama ve maksimum yoğunluk *P. pinaster*

için zamanla azalırken, *P. sylvestris* ve *P. halepensis*'te arttığı tespit edilmiştir.

Martin-Benito ve ark. (2013); Akdeniz ormanlarından İspanya'nın doğusundaki İber Dağları'nda yağış ve sıcaklığın *Pinus nigra* ve *Pinus sylvestris*'in traheid özellikleri üzerine etkilerini çalışmışlardır. İklim değişikliklerinin *Pinus sylvestris*'te daha belirgin etkilere neden olduğunu tespit etmişlerdir. 1460 metre yükseltide yetişen *Pinus nigra* için traheid lümenlerinin radyal çaplarını ilkbahar odununda 34,45 µm, yaz odununda 8,02 µm; *Pinus sylvestris* için ilkbahar odununda 30,55 µm, yaz odununda 8,10 µm olarak bulmuşlardır. Traheid çeper kalınlıklarını *Pinus nigra* için ilkbahar odununda 3,77 µm, yaz odununda 6,08 µm; *Pinus sylvestris* için ilkbahar odununda 3,19 µm, yaz odununda 4,58 µm olarak bulmuşlardır. Uludağ'da ise kuzey bakıda 1550 m yükseltiden alınan örneklerde ölçülen 33,72 µm ilkbahar traheid lümen radyal çapı ve 8,05 µm yaz traheid lümen radyal çapı ile İber Dağları'nda 1460 m yükseltide yetişen *Pinus nigra* için elde edilen değerlere oldukça yakındır.

Esteban ve ark. (2012); yetiştirme yeri ve iklim faktörlerinin *Pinus nigra* odununun anatomik özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla İspanya'daki 8 farklı bölgeden yükseltisi ve aldıkları yağış miktarı sırasıyla 1200 m'de 864 mm, 1050 m'de 646 mm, 1300 m'de 533 mm, 1400 m'de 1133 mm, 1500 m'de 548 mm, 1600 m'de 506 mm, 1375 m'de 391 mm ve 1100 m'de 613 mm olan alanlardan örnekler toplanmıştır. Yetiştirme yeri ve iklimin, ilkbahar odunu traheid boyutlarını çok yüksek oranda etkilediğini saptamışlardır. Odun kalitesi ve büyümesi açısından en iyi popülasyonun, İber Dağları'nın güneyindeki nemli yetiştirme şartlarında olduğunu belirtmişlerdir.

Baas ve ark. (1984)'a göre, iğne yapraklı türlerde, ekolojik faktörlere karşı en belirgin etki traheid boylarındaki değişim olarak görülmektedir (Yaman, 2007). Ahmed ve ark. (2012) tarafından sıcaklık ve yağışın çam, ladin, sedir ve ardıç olmak üzere 4 farklı iğne yapraklı ağaç türünün odun özelliklerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise en çok değişimin çam türünde (*Pinus gerardina*) görüldüğü tespit edilmiştir. Bu da iğne yapraklı türlerin, bunların içinde de özellikle karaçamın, çevre koşullarına daha çok uyum yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.

3.3.2. Yükselti ve bakının özışını boyut ve özellikleri üzerine etkisi

Özışınlarının yüksekliği, bakı ve yükseltiye bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu konuda, ülkemizde Biricik ve ark. (2021a; b) tarafından iki çalışma yapılmıştır. İlki doğu kayını ve ikincisi de karaçamdır. Her iki çalışma da Uludağ dağ kütesinde ve aynı yükselti ve bakılarda olup benzer sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle yükseltiye bağlı değişim belirgindir ve her iki bakıda da küçük çaplı farklılıklar olmakla beraber büyük oranda benzer bir eğilim göstermiştir.

Öz ışını genişlikleri çamlarda genellikle tek sıralıdır. Reçine kanalı olanlarda ise özışını genişliği 2-3 hücre olmaktadır. Yükselti ve bakıya bağlı bir değişimin

olup olmadığını görebilmek için mikron cinsinden ölçülmesi gerekmektedir. Uludağ kütlesindeki 550-1550 m aralığındaki ağaçlarda özışını genişlikleri de özellikle güney bakıda daha belirgin bir değişim göstermiştir. Yükseltiye bağlı değişim çok küçük oranlarda olup kuzey bakıda 2-2,5, güney bakıda ise 5-5,5 mikron kadarlık bir aralıкта değişim göstermiştir. Değişimin boyutu güney bakıda daha fazladır. Bakı ve yükseltiye bağlı olarak özışınlarının çap ve boylarındaki değişim birim alandaki ve 1mm uzunluktaki özışını sayılarını da etkilemektedir. 1 mm uzunluktaki öz ışını sayısı kuzey bakıda düzenli bir artış gösterirken güney bakıda 1150 m'den sonraki artış belirgin değildir ve iki bakı arasında farklılık çıkmıştır (Biricik ve ark., 2021a).

3.3.3. Yükselti ve bakıya bağlı olarak ortaya çıkan değişim oranları

Uludağ dağ kütlesindeki Anadolu karaçamı ağaçlarının odun elemanları 550 m'den 1550 m yükseltiye kadar önemli değişimler göstermiştir (izelge 1). Değişim oranları bazı farklılıklar göstermesine karşın güney ve kuzey bakıda genel olarak benzer çıkmıştır (izelge 1). Odun elemanlarında ortaya çıkan değişimler sayı ve boyutlardaki artış şeklinde ortaya çıkmıştır. Özellikle traheidlerin çapları, lümen açıklıkları ve boylarındaki artış koşulların ağaçlar için yukarıya doğru daha elverişli olduğunun göstergesidir. Özellikle traheid boyutlarındaki artışların yüzdesi kuzey bakıda güney bakıya göre çok daha yüksek çıkmıştır. Kuzey bakıda alt yükseltilerden yukarıya doğru çıkıldıkça koşullar çok daha elverişli hale gelmektedir. Bu durum kuzey bakının yüksek rakımlarındaki yağışların, güney bakının yağışlarından daha yüksek olmasıyla açıklanabilir. Aynı zamanda yağışların türü açısından değerlendirildiğinde kiş döneminde kuzey bakıdaki yağışların daha çok kar şeklinde olması, toprağın, büyüme döneminde daha fazla suya sahip olmasını da sağladığından ağaç gelişimi için çok daha elverişli koşulları ortaya çıkarmaktadır.

3.3.4. Yükselti ve bakı etkisinin karşılaştırması

Biricik ve ark. (2021a) tarafından yapılan çalışmada bakılar karşılaştırılmış ve üst ve alt yükseltiler 1150 m'de iki ayrı grup oluşturmuştur. Gruplar da kendi içerinde odun elemanlarının boyutlarına göre alt gruplara ayrılmıştır (şekil 6 ve izelge 2).

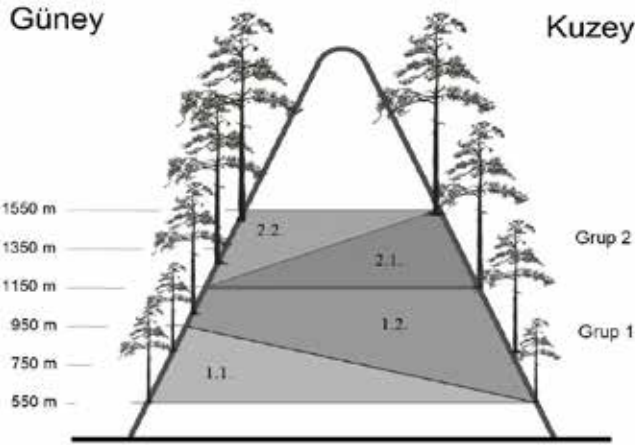
1150 m yükseltinin altındaki 1. anagrup kendi içerisinde 2 alt gruba ayrılmıştır. Güney bakıda yer alan 550-750-950 m yükseltilerdeki ağaçlar 1.1 no'lu alt grup olup en kurak alt grubu oluşturmuştur. Güney bakıda yer alan 1150 m ile kuzey bakıda yer alan 550-1150 m aralığında tüm yükseltiler 1.2 no'lu alt grubu oluşturmuştur. Bu grubun özelliği de kısmen kurakçıl alt yükseltiler olmasıdır (şekil 6) (Biricik ve ark., 2021a).

Cizelge 1. Anadolu karaçamı odun elemanlarında 550 m'den 1550 m yükseltiye kadar ortaya çıkan artışların yüzdeleri.

Odun elemanlarının özellikleri	550 m'den 1550 m'ye kadar artış oranı	
	Kuzey bakıda	Güney bakıda
İlkbahar odunu traheid teğet çapı	% 49	% 19
İlkbahar odunu traheid radyal çapı	% 61	% 27
Yaz odunu traheid teğet çapı	% 105	% 64
Yaz odunu traheid radyal çapı	% 216	% 151
İlkbahar odunu traheid çeper kalınlığı	% 39	% 29
Yaz odunu traheid çeper kalınlığı	% 50	% 35
Traheid boyu	% 12	% 50
Birim alandaki traheid sayısı	% 25	% 18
Öz ışını yüksekliği	% 33	% 20
Öz ışını genişliği	% 6	% 25

Güney bakıdaki alanları içeren 2.2. altgrubu 1150-1550 m yükseltiiler arasında yer almaktadır. Bu grupta kuzey bakıda yer alan alanlar bulunmamaktadır. 2. nolu grubun 2. altgrubunda traheid boyutları daha uzun ve çapları daha büyüktür.

Kuzey bakıdaki alanları içeren 2.1. altgrubu 1150-1550 m yükseltiiler arasında yer almaktadır. Bu grupta güney bakıda yer alan alanlar bulunmamaktadır. 2. nolu grubun 1. altgrubunda traheid boyutları daha uzun ve çapları daha büyüktür.



Güney bakıdaki 550 m - 950 m arasındaki alanları içeren bu alt grupta kuzey bakıdaki alanlar bulunmamaktadır. Traheid hücre boy ve çaplarının daha kısa olduğu 1. nolu grubun 1. altgrubu olup düşük yükseltiilerdeki kurakçıl koşulları yansıtmaktadır.

1. Grubun 2. altgrubu olup genellikle kuzeydeki 550 m - 1150 m aralığındaki alanlar ile güney bakıdaki 1150 m yükseltideki bir alanı içermektedir. 1. Grubun 1. altgrubuna göre daha az kurak alanları içermektedir. Traheid hücrelerinin boyutları 2. gruba göre daha küçük, 1.1. nolu altgruba göre de daha uzun olup ikisi arasındadır.

Şekil 6. Uludağ'ın kuzey ve güney bakıdaki farklı yükseltiilerin oluşturduğu gruplar ve bunlara ait alt gruplar (Biricik ve ark., 2021'den değiştirilmiştir).

Çizelge 2. Kümeleme analizi ile ortaya çıkan 2 grup ve bu 2 grup altında yer alan 2'şer alt gruba dâhil örneklerin traheid ve özışını boyutları (Biricik ve ark., 2021a).

Özellikler	1.Grup		2.Grup	
	1.Alt grup (Güney bakı 550-950 m'deki örnekler)	2.Alt grup (Güney bakı 1150 m, kuzey bakı 550-1150 m'deki örnekler)	1.Alt grup (Kuzey bakı 1350-1550 m'deki örnekler)	2.Alt grup (Güney bakı 1350-1550 m'de- ki örnekler)
İlkbahar odunu traheidleri teğet çapı (µm)	21,53 (±1,13)		25,85 (±2,85)	
	21,35 (±0,81)	21,64 (±1,37)	27,90 (±2,67)	23,81 (±0,67)
İlkbahar odunu traheidleri radyal çapı (µm)	23,29 (±2,33)		29,12 (±3,35)	
	22,26 (±1,02)	23,91 (±2,77)	31,59 (±3,01)	26,65 (±0,52)
Yaz odunu traheidleri teğet çapı (µm)	11,25 (±2,09)		15,47 (±1,53)	
	10,36 (±1,66)	11,78 (±2,31)	16,75 (±0,66)	14,20 (±0,21)
Yaz odunu traheidleri radyal çapı (µm)	4,02 (±1,42)		7,13 (±0,71)	
	3,04 (±0,41)	4,60 (±1,52)	7,65 (±0,57)	6,61 (±0,33)
İlkbahar odunu traheidleri çift çeper kalınlığı (µm)	5,41 (±0,66)		4,15 (±0,21)	
	5,45 (±0,33)	5,39 (±0,84)	4,14 (±0,35)	4,17 (±0,13)
Yaz odunu traheidleri çift çeper kalınlığı (µm)	12,01 (±1,96)		8,37 (±1,93)	
	13,82 (±1,13)	10,92 (±1,47)	6,79 (±0,95)	9,96 (±0,56)
Traheid boyu (µm)	3648,46 (±342,51)		4404,64 (±211,52)	
	3268,98 (±181,81)	3876,15 (±126,35)	4234,03 (±32,09)	4575,24 (±129,50)
1 mm ² 'deki traheid sayısı	1038,64 (±47,91)		886,20 (±38,16)	
	1042,90 (±32,36)	1036,08 (±58,92)	876,90 (±55,58)	895,50 (±30,55)
Öz ışını yüksekliği (µm)	139,97 (±8,41)		166,57 (±5,48)	
	134,55 (±6,12)	143,23 (±8,35)	170,27 (±5,88)	162,88 (±1,00)
Öz ışını yüksekliği (hücre)	6,29 (±0,80)		7,70 (±0,32)	
	6,45 (±0,59)	6,20 (±0,96)	7,79 (±0,28)	7,61 (±0,43)
Öz ışını genişliği (µm)	17,04 (±0,73)		15,29 (±1,23)	
	17,59 (±0,90)	16,71 (±0,42)	16,08 (±0,49)	14,51 (±1,34)
1 mm'deki öz ışını sayısı	5,73 (±0,49)		5,38 (±0,41)	
	5,71 (±0,75)	5,74 (±0,37)	5,05 (±0,21)	5,72 (±0,11)

4. Sonuç ve Öneriler

Karaçamda ağaç büyümesi, beslenmesi ve odun oluşumu ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalar incelendiğinde yükselti ve bakı faktörlerinin odun özellikleri üzerine etkili olduğu, özellikle de yükseltinin bakıdan daha çok etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmalarla Türkiye'nin farklı bölgelerinde yükselti arttıkça yetiştirme ortamı koşullarının daha da iyileştiği, özellikle 1250-1500 m yükseltilerin genel olarak ideal koşullar olduğu ortaya çıkmıştır. Odun anatomisi çalışmaları da bu sonuçları desteklemiş ve Uludağ dağ kütesinde 1350-1550 m yükseltilerin optimum koşullar olduğunu ortaya koymuştur.

Karaçam türünde yükselti arttıkça su iletim borularının lümen çaplarının arttığı, çeperlerinin incelendiği, uzunluklarının arttığı ve sayılarının azaldığı tespit edilmiştir. Yükselti arttıkça yağışın artmasıyla beraber iletimde etkenliği sağlamak amaçlı odun elemanlarının çap ve boyları artarken; yükselti azaldıkça kuraklığın artmasına karşı iletimde emniyeti sağlamak amaçlı çap ve boylar azalmakta ve sayıları artmaktadır. Su iletiminin emniyeti açısından geniş çaplı traheidler büyük risk taşırken, dar çaplı traheidler yüksek emniyet kapasiteleri ile su iletimini kesintisiz devam ettirirler.

Yetiştirme ortamı koşulları açısından, genellikle 950-1550 m arasındaki yükseltiler, özellikle de 1350-1550 m arasındaki yükseltiler en iyi koşulları yansıtan alanlardır.

Günümüzde ekolojik koşullar ve odun oluşumu arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar giderek artmasına rağmen, farklı ekolojik koşulların karaçam odununun anatomik özelliklerine etkileri konusunda araştırmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle coğrafi özellikleri açısından çok zengin çeşitliliğe sahip olan karaçam gibi değerli türlerimize yönelik bu tür çalışmaların daha fazla yapılması yararlı olacaktır.

Özellikle farklı bölgelerdeki karaçam ağaçlarında odun oluşumu ve yükselti arasındaki ilişkinin incelenmesi gelecekteki iklim değişikliğinin olası etkileri ve hangi koşulların karaçam yayılışı için daha elverişli olacağı konularında daha fazla bilgi sahibi olmamızı sağlayacak ve Orman Genel Müdürlüğü'nün çalışmalarına, iklim değişikliği baskısı altındaki planlamalarına daha fazla yön verebilecektir. Uludağ'da yapılan çalışma, kuzey ve güney bakıldaki sıcaklık ve yağış koşullarının yaklaşık 200 m'lik bir yükselti farklılığı olduğunu ortaya koymuştur; kuzey bakıldaki koşulların güney bakıda yaklaşık 200 m daha yukarıda olduğunu göstermiştir. Bu durum sıcaklık ve yağış koşullarındaki değişimin etkilerini anlamada büyük önem taşımaktadır ve artan sıcaklıkla birlikte yayılış alanlarının yukarıya ve kuzeye doğru kayacağı ve bugünkü elverişsiz olan yukarı kesimlerin daha elverişli hale geleceğinin bir göstergesidir. Bu sonuçlardan bugünkü elverişli koşulların da gelecekte elverişsiz olacağı sonucunu çıkarmak mümkündür.

Teşekkür: Karaçam konusunda yıllarca çalışmalar yapan ve bu konuda ülkemiz ormancılığına önemli katkılar sağlayan, bu kitabın hazırlanması için büyük emek harcayan ve kitaptaki bu bölümümüzü okuyarak düzeltme ve önerilerini sunan Prof. Dr. Orhan Sevgi'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ahmed, M., Khan, N., Wahab, M., Zafar, U., Palmer, J., 2012. Climate/growth Correlations of Tree Species in the Indus Basin of the Karakorum Range, North Pakistan. *IAWA Journal*, 33 (1): 51-61.
- Akkemik, ., 2000. Dendrochronological investigations in two monumental *Pinus nigra* Arn. stands near Antalya (Turkey). In: *Proceedings of International Scientific Conference – 75 years University Forestry Education in Bulgaria*, 15-16 June, pp. 179-187.
- Akkemik, ., 2004. *Dendrokronoloji: İlkeleri, Biyolojik Temelleri, Yöntemleri, Uygulama Alanları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Yayın nu: 4484/479, ISBN: 975-404-730-8, 260 sayfa, İstanbul.
- Akkemik, ., 2020. Pinaceae. Sayfa: 161-213, Editör; nal Akkemik, *Türkiye'nin Btn Ağa ve alıları*, İş Kültür Yayınları, 1362 sayfa, ISBN: 978-625-405-172-2, İstanbul.
- Akkemik, ., Aras A., 2005. Reconstruction (1689-1994) of April-August Precipitation in Southwestern Part of Central Turkey. *International Journal of Climatology*, 25: 537-548.
- Akkemik, ., D'arrigo, R., Chrubini, P., Kse, N., Jacoby, G., 2008. Tree-ring Reconstructions of Precipitation and Streamflow for North-western Turkey. *International Journal of Climatology*, 28: 173-183.
- Akkemik, ., Yaman, B., 2012. *Wood Anatomy of Eastern Mediterranean Species*. Kessel Publishing House, Germany, ISBN:978-3-941300-59-0.
- Amodei, T., Guibal, F., Fady, B., 2013. Relationships between Climate and Radial Growth in Black Pine (*Pinus nigra* Arnold ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco) from the South of France. *Annals of Forest Science*, 70 (1): 41-47.
- Baas, P., 1973. The Wood Anatomical Range in *Ilex* (*Aquifoliaceae*) and its Ecological and Phylogenetic Significance. *Blumea*, 21: 193-258.
- Baas, P., Chenglee, L., Xinying, Z., Keming, C., Yuefen, D., 1984. Some Effects of Dwarf Growth on Structure. *IAWA Bulletin*, 5: 45-63.
- Biricik, Y., 2018. *Uludağ Dağ Ktlesinde Ekolojik Koşulların Bazı Ağa Türleri Odunlarının Anatomik zelikleri zerine Etkileri*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; nal Akkemik, 158 sayfa, İstanbul.
- Biricik, Y., Akkemik, ., Kse, N., 2021a. Altitudinal Changes in the Wood Elements of *Pinus nigra* in two Different Aspects of Mountain Uludağ (Turkey). *Fresenius Environmental Journal*, 30 (8): 9780-9787.

- Biricik, Y., Akkemik, Ü., Köse, N., 2021b. Effects of Altitudes and Aspects on Wood Features of Oriental Beech in Mt. Uludağ (Turkey). *Forestist*, 10.5152/forestist.2021.20058.
- Camarero, J., Manzanedo, R., Sanchez-Salguero, R., Navarro-Cerrillo, R., 2013. Growth Response to Climate and Drought Change Along an Aridity Gradient in the Southernmost *Pinus nigra* Relict Forests. *Annals of Forest Science*, 70 (8): 769-780.
- Carlquist, S., 1966. Wood Anatomy of *Compositae*: a Summary, with Comments on Factors Controlling Wood Evolution. *Aliso*, 6 (2): 25-44.
- Carlquist, S., 1988. *Comparative Wood Anatomy, Systematic, Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood*. Springer-Verlag, Berlin, ISBN:3-540-18827-4.
- Cedro, A., 2006. Comparative Dendroclimatological Studies of the Impact of Temperature and Rainfall on *Pinus nigra* Arnold and *Pinus sylvestris* in Northwestern Poland. *Baltic Forestry*, 12 (1): 110-116.
- Cullen, J., 1965. *Pinus* L., in: Davis P.H. (ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* 1. Edinburgh University Press, pages:72-75, Edinburgh.
- Çepel, N., 1988. *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın nu: 3518, Orman Fakültesi Yayın No: 399, İstanbul.
- Doğan, M., Köse, N., 2019. Influence of Climate on Radial Growth of Black Pine on the Mountain Regions of Southwestern Turkey. *Plants*, 8(8): 276.
- Esteban, L. G., Martin, J. A., Palacios, P. D., Fernandez, F. G., 2012. Influence of Region of Provenance and Climate Factors on Wood Anatomical Traits of *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii*. *European Journal of Forest Research*, 131: 633-645.
- Gonifeda, R. K., 2017. Güney Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri İle Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 71 sayfa, Kastamonu.
- Göker, Y., 1969. A study on Some Physical and Mechanical Properties and Use Possibilities of *Pinus nigra* var. *pallasiana* from Elekdağ and Dursunbey. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19A(2): 91-135.
- Graaff, N. A. V. D., Baas, P., 1974. Wood Anatomical Variation in Relation to Latitude and Altitude. *Blumea*, 22: 101-121.
- Janssen, E., Kint, V., Bontemps, J. D., Özkan, K., Mert, A., Köse, N., Icel, B., Muys, B., 2018. Recent growth trends of black pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold) in the eastern mediterranean. *Forest Ecology and Management*, 412: 21-28.
- Kavgacı, A., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Dündar, T., 2013. Classification and Ordination of *Pinus nigra* Dominated Forests at Alacam Mountains (NW Anatolia-Turkey). *Eurasian Journal of Forest Science*, 1(1): 38-50.

- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., 2005. Anadolu'nun İklim Tarihinin Son 500 yılı: Dendroklimatolojik İlk Sonuçlar. Sayfa: 136-142, *Türkiye Kuvarterner Sempozyumu-TURQUA-V*, 02-03 Haziran 2005, Bildiriler Kitabı.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., Özeren, M. S., 2011. Tree-ring Reconstructions of May-June Precipitation for Western Anatolia. *Quaternary Research*, 75: 438-450.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., Özeren, M. S., Tolunay, D., 2012. Tree-ring Growth of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* under Different Climate Conditions Throughout Western Anatolia. *Dendrochronologia*, 30: 295-301.
- Leal, S., Eamus, D., Grabner, M., Wimmer, R., Cherubini, P., 2008. Tree Rings of *Pinus nigra* from the Vienna Basin Region (Austria) Show Evidence of Change in Climatic Sensitivity in the Late 20th Century. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: 744-759.
- Levanic, T., Toromani, E., 2010. Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold.) Tree-ring Width Chronology from Northeast Albania-Preliminary Results. *Trace*, 8: 104-109.
- Marchi, M., Castaldi, C., Merlini, P., Nocentini, S., Ducci, F., 2015. Stand Structure and Influence of Climate on Growth Trends of a Marginal Forest Population of *Pinus nigra* spp. *nigra*. *Annals of Silvicultural Research*, 39 (2): 100-110.
- Martin-Benito, D., Beeckman, H., Canellas, I., 2013. Influence of Drought on Tree Rings and Tracheid Features of *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* in a Mesic Mediterranean Forest. *European Journal of Forest Research*, 132: 33-45.
- Martin-Benito, D., Cherubini, P., Rio, Md., Canellas, I., 2008. Growth Response to Climate and Drought in *Pinus nigra* Arn. Trees of Different Crown Classes. *Trees*, 22: 363-373.
- Martin-Benito, D., Kint, V., Rio, Md., Muys, B., Canellas, I., 2011. Growth Responses of West-Mediterranean *Pinus nigra* to Climate Change are Modulated by Competition and Productivity: Past Trends and Future Perspectives. *Forest Ecology and Management*, 262 (6): 1030-1040.
- Masoud, A.M.M., 2017. Kuzey Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 69 sayfa, Kastamonu.
- OGM, 2013. *Orman Atlası*. Orman Genel Müdürlüğü, 116 sayfa, Ankara.
- Olivar, J., Rathgeber, C., Bravo, F., 2015. Climate Change, Tree-ring Width and Wood Density of Pines in Mediterranean Environments. *IAWA Journal*, 36 (3): 257-269.
- Petrucchio, L., Nardini, A., Arx, G., Saurer, M., Cherubini, P., 2017. Isotope Signals and Anatomical Features in Tree Rings Suggest a Role for Hydraulic Strategies in Diffuse Drought-Induced Die-back of *Pinus nigra*. *Tree Phy-*

- siology*, 37: 523-535.
- Schweingruber, F.H., 1988. *Tree Rings – Basics and Applications of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers, 0-7923-0559-0 (PB), 276 p., Netherlands.
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesi'nde (Kazdağları) Karaçamın (*Pinus nigra* (Arnold.) Yükseltiye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 221 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Akkemik, Ü., 2007. A Dendroecological Study on *Pinus nigra* Arn. at Different Altitudes of Northern Slopes of Kazdağları, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28 (1): 73-75.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Yılmaz, Y., Akburak, S., Carus, S., Kavgacı, A., 2017. Alaçam Dağları'nda Orman Topraklarının Bazı Özelliklerinin Yükseltiye Bağlı Değişimi. Sayfa:1141-1148, 1. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi, 7-10 Aralık 2017, Antalya.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., DüNDAR, T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK, Proje Nu: 104 O 551, 492 sayfa.
- Şanlı, İ., 1977. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.)'nın Türkiye'de Çeşitli Yörelere Oluşan Odunları Üzerine Anatomik Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 27 (1): 207-282.
- Tecimen, B., Sevgi, O., 2010. Kazdağları'nın Dağlık Kesiminde Karaçamın *Pinus nigra* (Arnold.) Bazı İbre Özellikleri ve Yükselti ile Arasındaki İlişkiler. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 10(1): 55-72.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Altundağ, E., 2012. Kaz Dağları'nda Yükseltiye Bağlı Azot Mineralleşmesinin Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 62 (1): 19-29.
- Touchan, R., Garfin, G. M., Meko, D. M., Funkhouser, G., Erkan, N., Hughes, M. K., Wallin, B. S., 2003. Preliminary Reconstructions of Spring Precipitation in Southwestern Turkey from Tree-ring Width. *International Journal of Climatology*, 23: 157-171.
- Yaltırık, F., 1968. Comparison of Anatomical Characteristics of Woods in Turkish Maples with the Relation of Humidity of the Sites. Review of Faculty of Forestry Research Institute, *Technical Bulletin*, No:134, Ankara.
- Yaltırık, F., Efe, A., 2000. *Dendroloji Gymnospermae-Angiospermae*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, ISBN:975-404-594-1.
- Yaman, B., 2007. Comparative Wood Anatomy of *Pinus sylvestris* and its var. *compacta* in the West Black Sea Region of Turkey. *IAWA Journal*, 28 (1): 75-81.
- Ziaco, E., Biondi, F., Rossi, S., Deslauriers, A., 2014. Intra-annual Wood Anatomical Features of High-Elevation Conifers in the Great Basin, USA. *Dendrochronologia*, 32: 303-312.



KARAÇAM EKOSİSTEMLERİ



Kaz Dağları, 2011
Orhan SEVGİ

9

KARAÇAM ORMANLARINDA BESİN MADDESİ DÖNGÜLERİ

1. Giriş

Orman ekosistemlerinde besin maddesi döngüleri, bir ekosistem işlevi olarak, hem bitki beslenmesi hem de ekosistemlerin sağlığı yönünden gösterge değeri niteliği taşımaktadır (Van Cleve ve ark., 1991). Bu çalışma kapsamında, karaçam ekosistemlerinin besin maddesi döngüsü ele alınarak ekosistem sağlığının anlaşılmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Besin maddesi döngüleri, küresel ekosistem dengelerinin ve madde döngülerinin normal seyrinde devam etmesine bağlı olarak, çevre koşullarını da değiştirmektedir (Rousk ve Bentson, 2014). Günümüzde yaşanmakta olan küresel iklim değişikliği, asit yağışlar ve hava kirliliği, toprak ve su kirliliği gibi çevre olayları, besin maddesi döngülerinde yaşanan sorunları şekillendirmektedir. Dolayısıyla Türkiye ormanlarının besin maddesi döngüleri küresel ölçekten etkilenmekle birlikte ülke ölçeğinde besin maddesi döngülerinde yaşanan süreçlerin ve bu süreçlerin sayısal değerlerinin bilinmesi ormanın sürdürülebilir yönetimine katkı sağlayacaktır. Özellikle ekosistemlerde besin madde dolaşımının modellenmesi (Ulrich, 1981; Çepel, 1982) bu katkıyı daha da kolaylaştıracaktır.

Türkiye’de bulunan orman ekosistemlerinde besin maddeleri ve döngüleri üzerine 1950’li yıllardan itibaren çalışılmaktadır. Orman topraklarının azot verimi ve mikrobiyolojik ayrışma (Zöttl, 1959), Aynı yıllarda Prof. Dr. Necmettin Çepel doktora tezi ile besin maddesi çalışmalarında önemli yeri olan ibrelerdeki besin maddelerinin yıllık değişimlerini ortaya koymuştur (Çepel, 1958; Irmak ve Çepel, 1959). Besin maddesi döngüleri içinde önemli bir aşama olan ölü örtünün ayrışması konusunda nitelik itibarıyla aşılamamış çalışmaların başında 1974 yılında “Bazı Karaçam, Kayın, ve Meşe Meşcerelerinde Ölü Örtünün Ayrışma ve Humuslaşma Hızı Üzerine Araştırmalar” ismiyle yayınlanmıştır (Irmak ve Çepel, 1974).

Türkiye ibreli orman ekosistemlerinde besin maddesi döngüleri veya bir kısmını içeren çeşitli hakim ağaç türlerine göre çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu

¹ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: hbarist@gmail.com

² Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: osevgi@iuc.edu.tr

çalışmalar sarıçam ormanlarında (Irmak ve Çepel, 1959; Çepel, 1976; Çepel ve ark., 1978; Çepel ve Dündar, 1980; 1984; 1985; Dündar, 1973; 1975; 1988), kızılçam ormanlarında (Zech ve Çepel, 1972; Çepel ve Tekerek, 1980; Çepel ve Dündar, 1985; Çepel, 1988), göknar ormanlarında (Irmak ve Çepel, 1959; Kantarcı, 1979), dorukağacı (ladin) ormanlarında (Kalay, 1989) çalışmalar yapılmıştır. Karaçam ormanlarında yapılan çalışmalar ise bu metne konu edilmiştir. Karaçam ormanları üzerine bu konuda diğer türlerin kurduğu ormanlara göre daha fazla çalışmanın yapıldığı düşünülmektedir.

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) İspanya ve Fas'tan Türkiye'ye kadar uzanan bir yayılış göstermektedir (Van Haverbeke, 1990). Karaçamın Türkiye'de yayılış yaptığı yerlere genel olarak bakıldığında, iklim olarak yarı nemli ve yarı kurak alanlarda, 400-2100 m yükseltiler arasında ve çok çeşitli anakayalar üzerinde yayılış yaptığı görülmektedir (Saatçioğlu, 1976). Karaçam ormanları, yayılış yaptığı alanlar itibarıyla, besin maddesi içeriği bakımından çok zengin olmayan ve düşük besin maddesi döngüsü hızına sahip alanlardan besin maddesince çok zengin alanlara kadar farklı beslenme koşullarına sahiptir. Türkiye'deki karaçam ormanlarının, besin maddesi özelliklerini ortaya koymak için yapılan çalışmalarda, genellikle, yeşil ibrelerde, dökülen ibrelerde, ölü örtüde, toprakta ve odunda besin maddesi konsantrasyonlarının incelenmesi şeklinde yapıldığı görülmektedir. Ayrıca son yıllarda karaçam ölü örtüsü daha fazla kısımlara ayrılmakta (Tecimen ve ark., 2019) ve ölü örtüye katılan canlı gruplarına göre çalışmalar yapılmaktadır (Sevgi ve ark., 2009; Sevgi ve ark., 2011).

Bu çalışmada, Karaçam ormanlarında yapılan besin maddesi çalışmaları değerlendirilmiş ve karaçam ormanlarının besin maddesi döngüleri bakımından genel durumu ortaya konulmuştur.

2. Karaçam Ormanlarında Besin Maddesi Süreçleri

Ormanların besin maddeleriyle ilgili iki temel süreç bulunmaktadır. Bu süreçlerin birincisi, orman ekosistemlerinde üretilen organik maddenin ölü örtüye katılması, ikincisi ise; söz konusu ölü örtüye katılan organik maddenin ağaçların alacağı yapıya kadar ayrışma süreçleridir. Karaçam ekosistemlerinde üretilen organik madde ağaçların çeşitli kısımlarında birikmektedir. Söz konusu kısımlar başlıca; gövde odunu, dal odunu, kabuk, ibre ve kozalak olarak sıralanabilir. İdare süresinin sonuna kadar hayatına devam eden ağaçların ölü örtüye katılan kısımları; dal odunu, kabuk, ibre ve gövde şeklindedir. İdare süresinin sonunda ise gövde odunu alınır ve diğer kısımlar ise ölü örtüye katılır. Meşcere bakımlarının yapılmasıyla bazı ağaçlar daha kısa sürede meşcereden çıkarılır.

Karaçam ormanlarında ibre yaşlarının 5-6 yıla kadar ağaç üzerinde kaldığı görülmekte ise de genelde 3-4 yılda dökülmektedir (Tecimen ve Sevgi, 2010).

Dolayısıyla karaçam tohumları çimlendikten üç dört yıl sonra ölü örtüye katılacak ibreleri üretmektedir. Karaçam büyümeye devam ettiğinde yaklaşık 20-30 yaş aralığında ilk oluşan kabuklar yavaş yavaş dökülerek ölü örtüye dahil olurlar, gençlik dönemindeki sıklığa bağlı olarak alttaki ince dallar dökülerek ölü örtüye katılırken, ilerleyen yaşlarda daha kalın dallar doğal dal budanması vasıtasıyla ölü örtünün bir unsuru olurlar. Karaçam bireyleri 16-17 yaştan itibaren kozalak tutmaktadır (Pamay, 1971). Karaçam ormanlarında 2-3 yıl ile 4-5 yılda bir zengin tohum yılı olmaktadır (Boydak ve ark., 2002). Dolayısıyla doğal karaçam ormanlarında 20-30 yaşından sonra ölü örtüye yoğun bir organik madde katılımı görülmektedir. Karaçam ekosistemlerinin organik maddenin üretimi ekosistemin tüm bileşenlerinin etkisi altında olduğundan düşük miktarlardan yüksek miktarlara kadar geniş bir aralıkta gerçekleşmektedir.

Ölü örtüye katılan organik maddenin ayrışma süreçleri ise ölü örtüye katılan ağaç kısmının daha ağaç üzerindeyken başlamaktadır. Bu başlangıcın ağaç üzerinde ölü örtüye katılacak kısımların hazırlıklarını yaparak bazı besin maddelerinin yer değiştirmesidir (Tecimen ve Makineci, 2007). Bununla birlikte ölü örtüye katılan organik madde orman ekosistemlerinin en önemli besin maddesi kaynağıdır. Ayrışma süreçleri organik madde üretiminde etkile olan değişkenlerin yanı sıra ortamda bulunan canlı faaliyetleri de belirleyici rol alırlar.

Besin maddesi döngüsü iki kısımdan oluşmak olup; 1) depolama havuzu ve 2) kararsız veya döngü halinde olan havuzdur (Odum ve Barrett, 2008). Söz konusu ölü örtüye katılma süreçleri sonucunda besin maddelerinin depolandığı havuzlara dönüşmekte, ayrışma süreçleri ise kararsız havuzlara dönüşmektedir. Ayrıca katılma süreçlerine aday (yaşayan ağaçların ibre, kabuk, odun gibi kısımları) olan maddeler ayrıca potansiyel olarak depolama havuzları içinde değerlendirilmektedir.

3. Karaçam Ormanlarında Besin Maddesi Havuzları

Karaçam ormanlarının besin maddesi havuzları 1) ibre, 2) kabuk, 3) ölü örtü ve 4) toprak olarak aşağıda değerlendirilmiştir. Besin maddesi havuzlarıyla ilgili yapılan değerlendirmelerde ölü örtünün kısımlarına ayırma konusu etkisi altındadır. Özellikle toplam dal miktarları, dökülen dal miktarı, toplam kabuk ve dökülen kabuk miktarları gibi bölümlenmeler son zamanlarda yapılmaktadır. Benzer yaklaşım kozalak içinde geçerlidir. Ayrıca burada söz konusu edilmeyen besin maddesi havuzlarının örnekleme de henüz açıklığa kavuşmamıştır. Bununla birlikte karaçam ekosistemlerinin besin havuzlarına ait değerler ve yorumlar yapmayı mümkün kılan çalışmalar mevcuttur. Besin maddesi havuzlarıyla ilgili ilk Türkçe yayınların 1950'li yıllarda yapıldığı düşünüldüğünde alınan mesafe önemlidir.

3.1. Karaçam ibrelerinin besin maddeleri

Karaçam ibrelerinin besin maddesi içerikleri sağlıklı ormanlarda büyüme ile ilişkilendirilmektedir (Sevgi, 2003). Kurumaların görüldüğü ve sağlığı bozulan karaçam ormanlarında ilk bakılan yerlerin başında ibrelerin besin maddesi içerikleridir (Çepel ve Karaöz, 1989). Karaçam ibrelerinin besin maddesi içeriklerinin anlamlandırılması ve yorumlanmasında aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır.

Ağaçtaki İbre

İbre dökümü ya da yaprak dökümü ile oluşan ölü örtü birikimi toprağa önemli düzeyde besin maddesi katkısı sağlamaktadır. Yapılan çalışmalara göre, ölü örtü bileşenleri arasında, en fazla miktarda ölü örtü tabakasında yer alan dökülen ağaç kısmının ibre olduğu tespit edilmiştir. Dökülen ibrelerin besin maddesi içerikleri ile ağaçtaki ibrelerin besin maddesi içerikleri birbirinden farklıdır. Nitekim, besin maddelerinin yeniden taşınması olayları ile ağaç üzerindeki ibrelerdeki N, P ve K besin maddelerinin ortalama %10,3-67,7, %29,0-60,0 ve %41,6-63,0 oranlarında yeniden taşınarak ibrelerden, ağacın depo organlarına geri taşındığı aktarılmıştır (Tecimen ve Makineci, 2007). Ağaçtaki ibrelerdeki besin maddesi miktarlarının ise, yetiştirme ortamının verim gücü ve yükselti gibi değişik faktörlere göre değiştiği çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur. Bitki beslenmesi çalışmaları açısından önemli bazı çalışmalarda; ibredeki azot miktarları Dünder (1973)'te Ankara yöresinde yapılan çalışmada % 0,798-1,510 arasında; Irmak ve Çepel (1969)'da Kaz dağlarında yapılan çalışmada %0,91-1,50 arasında; Irmak ve Çepel (1959)'da İstanbul Belgrad ormanında yapılan çalışmada %1,12-1,54 arasında; Eruz (1984a) tarafından Dursunbey (Balıkesir)'de yapılan çalışmada %0,733-1,359 arasında bulunmuştur. Kaz dağlarında Sevgi ve Tecimen (2007) tarafından yapılan çalışmada 1400 m'nin üzerinde bulunan karaçam ormanlarındaki ibredeki azot değerleri %0,45-1,44 arasında; Sevgi ve ark. (2010) tarafından Alaçam dağlarında yapılan çalışmada 1 ile 4 yaş arasındaki ibrelerin toplam azot içerikleri %0,609-1,412 arasında bulunduğu tespit edilmiştir.

Seçilmiş (2019) tarafından Ankara Nallıhan muhitinde yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre; farklı yıllarda ağaçlandırılmış kurak veya yarı kurak alanlarda ibrelerdeki karbon oranları en düşük 1968 yılında yapılan alanda %48,38 olarak ve en yüksek ise 2002 yılında yapılan alanda %47,85 olarak bulunmuştur.

Karaçam ibre besin maddesi çalışmaları ağaçlarda görülen kurumalarla ilişkilendirilmiştir (Dünder, 1973; 1975). Bu kurumalar çeşitli nedenlerden oluşabilse de ibrelerde bulunan besin maddelerinde farklılıklar görülmektedir. Örneğin, Makineci ve Sevgi (2006) tarafından Kütahya'daki Seyitömer ve

Tunçbilek termik santralleri civarındaki, baca gazı salımlarından etkilenen karaçam ormanlarında yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre, sağlıklı olan ağaçların ibrelerindeki toplam azot oranı %0,97-1,66 arasında, kükürt oranı 1.486-2.322 ppm ve organik madde oranının ise %96,55-98,71 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Karaçam ibrelerinin besin maddesi içerikleri bireyler arasında farklardan da kaynaklanabilmektedir. Örneğin İzmir-Bayındır, Balıkesir-Madra, Balıkesir-Balya ve Edremit Kazdağı'ndan her birinde 10 ağaçta yapılan N, P, K, Ca ve Mg besin maddeleri açısından farklar tespit edildiği gibi aynı ağaçta ibrenin ağaç üzerinde bulunduğu yerde değerleri etkilemiştir (Irmak ve Çepel, 1969). Karaçam ibrelerinin besin maddesi içerikleri mevsimsel değişim göstermektedir (Irmak ve Çepel, 1959). İbre yaşı da ibre besin maddelerinin miktarını etkilemektedir. Sevgi ve ark. (2010) tarafından Alaçam dağlarında yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre, karaçam ağaçlarının ibre ağırlıklarının en genç ibrelerde 1000 dane ağırlığının en düşük olduğu, 4 yaşlı ibrelerdeki 1000 dane ağırlığının ise en yüksek olduğu; ibre ağırlıklarının 1 yaşlı ibreden 4 yaşlı ibreye doğru 56,78, 66,36, 62,97 ve 80,05 g/1000 adet ibre dane ağırlığı olarak değiştiği bulunmuştur. Aynı çalışmada elde edilen, 1 yaşından 4 yaşına kadar olan taze ibrelerde toplam azotun ortalama %1,007 ve 4 yaşındaki ibrede ise %0,851 oranında bulunduğu kaydedilmiştir (Sevgi ve ark., 2010). Yetiştirme ortamının en belirleyici değişkeni olarak yükseltti arttıkça ibreler besin maddesi içeriği değişmektedir (Sevgi, 2003). Örneğin Kaz Dağları'nda yükseltti arttıkça ibrelerin toplam azot içerikleri yükselmektedir (Sevgi, 2003). Dolayısıyla ağaç üzerindeki ibrelerin besin maddesi miktarı; yetiştirme koşulları, ağaç özellikleri, ibrenin bulunduğu yer ve ibre yaşı dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Dökülen ibre

Dökülen ibreler, ölü örtünün yaprak tabakasına ilâve olarak, ölü örtünün miktarını, ölü örtüden toprağa ve oradan da bitkiye ulaşacak besin maddesi miktarı üzerinde belirleyici olmaktadır. Dökülen ibrelerde yapılan toplam azot ve organik madde analizleri ile yetiştirme ortamındaki ağaçların beslenme durumlarına dair açıklayıcı bilgiler elde edilmektedir. Dökülen ibreler, besin maddesi döngüleri içinde, akış hâlindeki besin maddesini ifade etmektedir. Ayrışma koşullarına ve dökülen ibrenin yapısındaki besin maddesi miktarına bağlı olarak, ölü örtüye ve toprağa eklenecek olan besin maddelerinin eklenme süreleri değişiklik gösterebilmektedir.

Doğal karaçam ormanlarında Sevgi ve ark. (2010) tarafından Alaçam dağlarında yapılan çalışmada dökülen ibrelerdeki toplam azot oranlarının en düşük %0,374, en yüksek %0,566 ve ortalama %0,466 arasında bulunduğu tespit edilmiştir. Doğal ormanlarda yapılan diğer çalışmada ise; Koray ve Tolunay (2017)

tarafından yapılmış; ince, orta ve kalın ağaçlık çağlarındaki Türkmen Dağı (Eskişehir) muhitindeki karaçam ormanlarında, dökülen ibreler ile ölü örtüye katılan besin maddesi miktarları ortalama değerler olarak; karbon %51,57; toplam azot %0,25; fosfor 477 ppm; K 3.496 ppm; Ca 8.476 ppm; Mg 897 ppm; Na 88 ppm; S 1.835 ppm; Fe 341 ppm; Mn 95ppm; Zn 39 ppm ve Cu 17 ppm tespit edilmiştir.

3.2. Karaçam kabuklarının besin maddeleri

Ormancılık faaliyetleri içinde yer alan aralama ve ara hasılat yaratan pek çok ağaç kesimi çalışmaları sonucu, kesilen çam ağaçlarının kabukları genellikle ormanda bırakılarak ölü örtüye eklenmektedir. Böylece, odun hammaddesi ile ormandan besin maddesi uzaklaştırılırken, kabuğun ormanda bırakılması ile kabukta yer alan besin maddelerinin ölü örtüye oradan da toprağa geçerek orman ekosistemine besin maddesi eklenmesi söz konusu olmaktadır. Kabuk içinde ve üzerinde yer alan liken, yosun, böcek, larva ve diğer kabuk canlıları da, kabuk ile birlikte ölü örtüye katılmaktadır. Özellikle bakım çalışmaları sonucunda elde edilen odunun kabukları ölü örtüye doğal süreçlerden daha erken katılmaktadır. Ölü örtünün önemli bileşenlerinden biri olan kabuk son zamanlarda yapılan çalışmalarda ayrıca incelemeye konu edilmektedir (Sevgi ve ark., 2009; 2010; 2016). Karaçam kabuklarının besin maddesi içeriklerini belirlemek üzere Sevgi ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre; Karaçam genç gövde kabuklarında % toplam azot değerlerinin daha yüksek, yaşlı kabuklarda daha düşük olarak tespit edildiği ve yaşlı gövdenin alt kısımlarında bulunan daha kalın gövde kabuklarından dolayı ağaçta bulunan toplam azot değerlerinin (ağaç/kg) daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir. Karaçam bireylerinin kabuklarında 0,912–11,402 kg arasında toplam azot bulunduğu hesaplanmıştır (Sevgi ve ark., 2016).

Sevgi ve ark. (2010) tarafından Alaçam dağlarında yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre ölü örtüdeki kabuk (bütünlüğünü koruyan ya da çok az parçalanmış) miktarının 0 ile 2.420 kg/ha arasında değiştiği, örnekleme yapılan alanların ortalaması 553 kg/ha kabuk bulunduğu, bu kabuklara ait toplam azot değerlerinin en düşük %0,151 ile en yüksek %0,474 arasında bulunduğu tespit edilmiştir.

3.3. Karaçam ölü örtüsünün besin maddeleri

Karaçam ormanlarının ölü örtülerinde besin maddesi havuzları oluşturabilmesi çeşitli koşulların etkisi altında kalmakla birlikte doğal ve ağaçlandırma alanlarında farklılıklar gösterebilmektedir.

Ağaçlandırma alanlarında ölü örtü üretimi

Demir (1996) tarafından İstanbul Elmalı Barajı havzasında yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre; ölü örtü miktarı Baklacık yöresinde en düşük 2.406 g/m² ve en yüksek 5.597 g/m²; Hekimbaşı mevkiinde ise en düşük 1.252 ve en yüksek 2.744 g/m² olarak tespit edilmiştir. Toplam azot oranları ise; Baklacık mevkiinde en düşük %0,64 ve en yüksek %0,92; Hekimbaşı mevkiinde ise en düşük %0,81 ve en yüksek %1,04 olarak bulunmuştur (Demir, 1996). Isparta – Gölcük'te yapılan çalışmada ise Andezit, Trakitandezit, Gölcük formasyonu ve alüvyon anakaya/anamateryal oluşumuna sahip alanlardan alınan örneklerde yaprak tabakasında toplam azot ve organik madde en yüksek Gölcük formasyonunda (0,029 t/ha toplam azot ve 7,654 t/ha organik madde), en düşük değerler ise Trakiandezit anakayasında (0,013 t/ha azot ve 3,475 t/ha organik madde) tespit edilmiştir (Karatepe, 2004).

Çakır ve ark. (2019) tarafından Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanındaki gençlik, sıriklık ve ince ağaçlık çağlarındaki meşcerelerde yapılan çalışmada ölü örtünün yaprak+çürüntü tabakasında gençlik ve ince ağaçlık çağındaki meşcerede 1 m² alandaki besin maddesi miktarları sırasıyla karbon 899 ve 914 g, azot 3,4 ve 2,4 g, Ca 1,7 ve 1,8 g, K 3,3 ve 2,3 g, Mg 3,9 ve 2,0 g, P 0,98 ve 0,78 g, Na 0,13 ve 0,10 g, Fe 3,4 ve 4,2 g ve Mn 0,62 ve 0,92 g olarak bulunmuştur. Yine aynı yörede Tunç (2019) tarafından yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre Çkab, Çkb ve Çkc çağlarındaki meşcerelerde ölü örtüdeki karbon oranı meşcere çağlarına göre sırasıyla %53,21, 53,94 ve 52,58 olarak; toplam azot oranı ise %1,56, 1,96 ve 1,92 olarak tespit edilmiştir.

Doğal alanlarda ölü örtü üretimi

Doğal karaçam ormanlarının ölü örtü üretimi ve besin maddesi değerleri çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Doğal karaçam ormanlarının ölü örtüsünün azot değerleri en fazla çalışılan besin maddeleri arasındadır. Kaz Dağları'nda Sevgi ve Tecimen (2007) tarafından yapılan çalışmada karaçam ormanlarındaki ölü örtüye ait toplam azot miktarı 5,3-478,0 kg/ha arasında bulunmuştur. Alaçam dağlarında yapılan çalışmada ise ölü örtüdeki toplam azot değerleri 69,3 ile 1.698,0 kg/ha arasında (ortalama 654,9 kg/ha) bulunmuştur (Sevgi ve ark., 2010).

Kaz Dağlarında Sevgi (2003) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre, 4001-400 m yükselti arasında ölü örtünün yaprak, çürüntü ve humus tabakalarında toplam azotun %0,44-1,27, %0,32-1,56, %0,19-2,21 arasında değiştiği kaydedilmiştir. Sevgi ve Tecimen (2008) tarafından Kaz Dağları'nda 1400-1750 m arasındaki dağ kütlesi alanında yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre; ölü örtüde yaprak+çürüntü tabakasında toplam azot oranı en düşük olarak (%0,873) 1400-1500 m yükselti kademesinde, en yüksek olarak ise (%1,265) 1700 m < yükselti basamağındaki alanlarda bulunmuştur.

Karaçam ormanlarının ölü örtü miktarları öncelikle ağaçlandırma ve doğal orman olması itibarıyla farklılık göstermektedir. Bu farklar Karaçam ağaçlandırma alanları ile doğal alanlar arasındaki yetişme ortamı farkları yanı sıra ekosistem yapılarından da kaynaklanmaktadır. Ağaçlandırma sahalarının önemli kısmında ölü örtü sınırlı bulunurken, çoğu zaman ağaçlandırma alanlarında orman ekosistemleri zamansal kesintiye uğramıştır. Oysa doğal alanlarda ise kesintisiz işleyen bir karaçam ekosisteminden söz etmek mümkündür.

Doğal karaçam ormanlarında ölü örtü miktarı üzerinde yükseltinin etkileri açıkça görülmektedir. Yetişme ortamı koşulları yanında meşcere özelliklerinden özellikle kapalılık etkilidir. Sevgi ve Tecimen (2007)'deki Kaz dağlarında yürütülen çalışmada, meşcere kapalılıklarının düşük olmasından dolayı, hektardaki ölü örtü ve toplam azot miktarının, tam kapalı meşcerelerdeki değerlere göre daha düşük tespit etmişlerdir.

3.4. Karaçam topraklarının besin maddeleri

Orman topraklarının besin maddesi içeriği üzerinde yaşayan türlerin sağlığını doğrudan etkilemektedir. Doğal ormanlarda toprakların besin maddeleri doğrudan orman hasılatını ve verimliliğini etkilemektedir (Çepel, 1961). Bu ilişki daha sonraları karaçamın beslenme büyüme ilişkilerinde daha ayrıntılı olarak işlenmiştir (Sevgi, 2003; Sevgi ve ark., 2010). Ağaçlandırma alanlarında ise ormanın tesis edilmesinde başarılı olmanın bir anahtarı niteliğindedir. Karaçam kurumalarında ilk incelenen değişken grubunun başında toprakların besin maddeleri gelmektedir (Dündar, 1973; 1975; Çepel ve Karaöz, 1989).

Ağaçlandırma alanlarındaki toprakların besin maddesi içerikleri

Karaçam ağaçlandırmalarının besin maddesi içerikleri konusunda ilk sayılabilecek veriler ve yorumlar Bahçeköy karaçam ağaçlandırma sahalarından Prof. Dr. Mehmet Sevim tarafından elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada N miktarı %0,18 ve 2.136 kg/ha, Ca miktarı %0,13 ve 1.543 kg/ha ve Mg miktarı %0,04 ve 475 kg/ha olarak belirlenmiştir (Sevim, 1956). Akbin (1994) tarafından İzmit Işıktepe'de yapılan çalışmada Na, K, Ca ve Mg değerleri 0-10 cm derinlikteki topraklarda değiştirilebilir katyonların ortalama değerleri; Na ve Ca, K, Mg için sırasıyla 1,11, 16,89, 2,36 ve 10,23 me/100 g olarak bulunmuştur. Yine 0-10 cm derinlikte katyon değişim kapasitesinin 32,99 me/100 g, organik madde miktarının 24,28 ton/ha, toplam azotun 2,00 ton/ha olduğu tespit edilmiştir (Akbin, 1994). Havuz değerlerinin ise Na 188 kg/ha, K 6,79 kg/ha, Ca 2.601 kg/ha ve Mg 1.082 kg/ha olduğu tespit edilmiştir (Akbin, 1994). Kerpe Araştırma Ormanında Zengin (1997) tarafından yapılan çalışmada, karaçam ormanı altında, üst toprakta Ca 11,14 ppm, Mg, 10,38 ppm, K 6,6 ppm, Na

10,20 ppm, Fe 1,83 ppm, Mn 1,67 ppm, Zn 0,06 ppm, Cu 0,03 ppm ve Pb 0,31 ppm olarak tespit edilmiştir. İstanbul Elmalı Barajı havzasında toprakta toplam azot miktarı ortalama 2,846 kg/m³ ve organik karbon miktarı ise 20,97 kg/m³ olarak tespit edilmiştir (Demir, 1996). Kara (2002) tarafından Kuzey Trakya dağlık bölgesinde (Demirköy: Kadinkule ve Şarapnel yöreleri) karaçam ağaçlandırmalarının üst toprağının organik karbon oranlarının 4 mevsimde Kadinkule ve Şarapnel yörelerinde sırasıyla 4,02-6,19 arasında ve 7,24-9,59 arasında; Cv horizonunda ise 0,46-0,69 ve 0,11-0,53 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Güner ve Çömez (2014) tarafından batıdan doğuya doğru Çanakkale, Balıkesir, Kütahya, Afyon, Eskişehir ve Kastamonu illerindeki karaçam ağaçlandırma alanlarında yapılan topraktaki karbon stoğunun belirlenmesine yönelik araştırma sonucunda esmer orman topraklarında ve solgun esmer orman topraklarında Ah horizonunda organik karbon (%) sırasıyla 3,72 ve 3,78; BC horizonunda 1,05 ve 0,53; ve Cv horizonunda ise 0,67 ve 0,30 olarak bulunmuş; genç ve yaşlı meşcere karşılaştırmalarına göre elde edilen bulgular sonucu Çka3, Çkb3 ve Çkc3 meşcerelerinde 1m³ topraktaki organik karbon miktarı sırasıyla 8,977, 5,967 ve 6,623 kg/m³ olarak tespit edilmiştir. Aynı alanlarda Güner (2017) ve Güner ve Özkan (2019) tarafından yapılan çalışmada ise, topraktaki N, P, K, Mg, S, Zn, ve Mn'nin toprak derinliği arttıkça azaldığı Ca, Na ve Fe elementlerine ait konsantrasyonların ise toprak derinliği arttıkça artış gösterdikleri belirtilmiştir. Karatepe (2004) tarafından Gölcük (Isparta) yöresinde Andezit, Trakiandezit, Gölcük formasyonu ve alüvyon anakaya/anamateryal oluşumuna sahip alanlardan alınan örneklerde 0-120 cm topraklarda toplam azotun ve organik karbonun en düşük Gölcük formasyonunda (0,614 ve 12,796 t/ha) ve en yüksek andezit anakayasında (8,568 ve 79,076 t/ha) olduğu tespit edilmiştir. Çakır ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada gelişim çağlarına göre topraktaki toplam azot gençlik, sırlıklık ve ince ağaçlık çağlarındaki meşcerelerde 0-5 cm derinlikteki toprakta sırasıyla %0,357, 0,293 ve 0,330 ve organik karbon %5,100, 6,085 ve 5,590 olarak tespit edilmiştir.

Doğal alanlardaki toprakların besin maddesi içerikleri

Doğal karaçam ormanlarının besin maddesi içerikleri konusunda ilk çalışma Prof. Dr. Mehmet Sevim tarafından Alaçam Dağları'nda gerçekleştirilmiştir. Alaçam Dağları organik karbon miktarı üst toprakta (0-5 cm'de) %10,16'a ve azot miktarı ise %0,55'e kadar yükseldiği tespit edilmiştir (Sevim, 1954). Alaçam Dağları karaçam ormanları konusunda ikinci kapsamlı çalışma da ise doğal karaçam orman topraklarının bütün yatmanlarının katyon değişim kapasiteleri 4,00 ile 46,96 me/100 g arasında ve ortalama 15,79 me/100 g tespit edilirken üst toprağın (en fazla 5cm kalınlığa kadar) katyon değişim kapasitesi 11,10 ile 46,96 me/100 g arasında ve ortalama 22,69 me/100 g olarak tespit edilmiştir (Eruz, 1984b). Ayrıca çalışmada değiştirilebilir K, Na, Ca ve Mg besin maddeleri belir-

lenmiştir (Çizelge 1). Alaçam Dağları'nda üçüncü kapsamlı çalışma Sevgi ve ark. (2010; 2017) tarafından yapılmış olup çalışmada elde edilen sonuçlara göre toprakta 0-5 cm derinlikteki organik karbon oranı (en düşük ve en yüksek değerler %0,41-25,48 arasında olup) ortalama %4,69, 70-100 cm derinlikteki toprakta ise (en düşük ve en yüksek değerler %0,00-0,82 arasında olup) ortalama %0,19 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada toplam azot değerleri ise 0-5 cm derinlikte (en düşük ve en yüksek değerler %0,014-0,925 arasında olup) ortalama %0,18 ve 70-100 cm derinlikte (en düşük ve en yüksek değerler %0,00-0,93 arasında olup) ortalama %0,008 oranında bulunmuştur.

Çizelge 1. Alaçam Dağları karaçam orman topraklarının Erüz 1984'e göre katyon değişim kapasitesi ve bazı değiştirilebilir katyon değerleri.

		Katyon Değişim Kapasitesi (me/100g)	Değiştirilebilir K (me/100g)	Değiştirilebilir Na (me/100g)	Değiştirilebilir Ca (me/100g)	Değiştirilebilir Mg (me/100g)
Üst Toprak	En Düşük	11,10	0,22	0,18	4,00	1,35
	En Yüksek	46,96	0,89	2,81	28,51	14,68
	Ortalama	22,69	0,43	1,11	14,46	3,76
	N	108	108	108	108	108
Hori-zonların tamamı	En Düşük	4,00	0,18	0,18	1,58	0,9
	En Yüksek	46,96	0,89	4,07	28,51	14,68
	Ortalama	15,79	0,34	0,86	9,30	2,78
	N	366	366	366	366	366

Güney Marmara Biga Yarımadasında karaçam önemli yayılış yapmakta olduğundan çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Sevgi (2003) tarafından Bayramiç (Çanakkale) Kaz Dağlarının kuzey kesiminde yapılan karaçamın yükseltiye göre beslenme ve büyüme ilişkilerinin incelendiği çalışmada; topraktaki Ah horizonundaki organik karbon oranının tüm alanlarda %2,59 ile 10,53 arasında değiştiği, Cv horizonunda ise %0,03 ile 3,38 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada toplam azot oranlarının ise Ah horizonunda %0,18-0,91 arasında ve Cv horizonunda %0,03-0,41 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sevgi ve Tecimen (2007) tarafından Kaz Dağları'nın yürütülen çalışmada toprakların organik karbon oranları %0,050 ile %22,62 arasında değiştiği, toplam azot oranlarının ise %0,014 ile 0,996 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tecimen ve ark. (2012) tarafından Kaz Dağları'nın güney aklanında, 600, 1000 ve 1350 m yükseltilerinde yürütülen çalışmada toplam azot ve organik karbon oranlarının yükseltiye göre toplam azotun sırasıyla %0,383, 0,261 ve 1,238 ve organik karbonun %2,878, 4,583 ve 21,837 olarak bulunduğu tespit edilmiştir.

Zonguldak Karabük (Safranbolu Şefliği hudutları içinde) yapılan çalışmada; CaCO₃ miktarı 0-7,5 cm ve 7,5-15 cm toprak derinliklerinde %0,15 ve 0,26;

Ca miktarı 1.783 ve 1.531,47 mg/kg, yarıyırlı fosfor (P_2O_5) 6,6 ve 5,13 mg/kg, organik madde %6,40 ve 3,95; toplam azot %0,24 ve 0,16 olarak tespit edilmiştir (Berber, 2014). Gözler (2016) Çorum ilinde 1250 m yükseltideki bir alanda yapılan çalışmada yangın görmemiş kontrol sahalarında 0-5, 5-10 ve 10-30 cm derinliğindeki topraklarda % organik madde miktarı sırasıyla 8,77, 6,27 ve 5,87 olarak tespit edilmiştir. Gonifeda (2017) tarafından Daday (Kastamonu) yöresinde yapılan çalışmada 0-30 cm toprak derinliğinde 870 m rakımdaki toprakta toplam azot ortalama %0,164 ve toplam organik karbon %3,46, 1029 m yükseltideki topraklarda ise %0,172 ve %2,67 olarak bulunmuştur.

4. Karaçam Ormanlarında Ölü Örtü Ayrışma Faaliyetleri

Karaçam ormanlarının ölü örtü ayrışmalarına yönelik yapılan çalışmalar sayıca azdır. Bununla birlikte, mevcut çalışmalar bazı karaçam alanları için genelde ağaçlandırma sahaları için bilgiler sunmaktadır. Bahçeköy koşullarında yapılan çalışmalarda karaçam ölü örtüsünün ayrışması süreçleri anlaşılmasına çalışılmıştır. Irmak ve Çepel (1974) tarafından Belgrad ormanında yapılan ayrışmanın izlenmesi çalışması sonucunda yere dökülen karaçam iğne yapraklarının 37 ay sonunda belirgin olarak siyah ve koyu renkler aldığı ancak fiziksel yapısında önemli bir değişiklik olmadığı, en fazla 2-4 cm büyüklüğündeki parçacıkların bulunduğu, dökülmeden sonraki 48 aydan sonra dökülen ibrelerde en fazla 0,5-1,0 cm büyüklüğünde parçaların yer aldığı, bu morfolojik değişimin ise yaprak ile çürüntü tabakası arasında yer alan bir boyut olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmaya göre; ölü örtü tabakalarının aktüel ve potansiyel pH değerlerinin 4,4-5,4 ve 3,7-4,2 arasında, yanabilen madde miktarının ise %61,98-92,98 arasında değiştiği, karaçam ibrelerinin döküldükten sonra tam olarak humuslaşmasının 5 yıldan fazla sürdüğü kaydedilmiştir (Irmak ve Çepel, 1974). Bahçeköy koşullarında yapılan bir başka çalışmada ise ibre dökülmelerinin yaklaşık 3'te birinin Eylül ortasından Aralık ayına kadar olan sürede dökülen sararmış ve kahverengine dönüşmüş ibreler olduğu gözlemlenmiştir. Dökülen ibrelerin 2/3'ünün ise yılın geri kalan 9 ayı boyunca gerçekleştiği, bu zamanda dökülen ibrelerin rüzgâr yüzünden dökülenlerinin genellikle yeşil renkte oldukları tespit edilmiştir (Irmak ve Çepel, 1968).

Atatürk Arboretumu'nda egzotik ve yerli ağaç türlerinin ölü örtülerinin besin maddesi içeriklerinin belirlenmesi için yapılan çalışma sonucunda karaçamlarda C/N oranının *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*'da yaprak, çürüntü ve humus tabakalarında sırasıyla 73,75, 38,71 ve 31,95 ve *Pinus nigra* subsp. *corricana*'da ise 44,09, 24,55 ve 7,18 olduğu tespit edilmiştir (Karaöz, 1993).

Çankırı ili Eldivan ilçesinde, Eldivan dağında bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında yapılan ça-

lışmada; gelişim çağlarına göre topraktaki toplam azot gençlik, sırıklık ve ince ağaçlık çağlarındaki meşcerelerde ibre ayrışması incelenmiş ve yaklaşık kütle kaybının bir yılın sonunda %25-30 arasında olduğu ve gelişim çağlarına göre alanlar arasında istatistiksel farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir (Çakır ve ark., 2019). Ayrışma sabiti değerlerine bakıldığında ise en yüksek olarak Çkab (gençlik) çağındaki meşcerelerde 0,36 ve en düşük Çkb (sırıklık) çağındaki meşcerelerde olduğu (0,27) bulunmuş ve ayrışma ajansı faaliyetlerini ortaya koymak bakımından yapılan topraktaki mikrobiyal solunuma ait bulgular sonucu ise en düşük olarak gençlik çağında $5,3 \mu\text{g CO}_2\text{C g/sa}$, ve en yüksek sırıklık çağındaki meşcerede $17,8 \mu\text{g CO}_2\text{C g/sa}$ olarak bulunmuştur (Çakır ve ark., 2019). Aynı alanda Tunç (2019) tarafından yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre Çkab, Çkb ve Çkc çağlarındaki meşcerelerde sırası ile %69,90, %75,92 ve %73,57 miktarlarında ölü örtüdeki ayrıştıktan sonra geriye kalan kütle oranları bulunduğu tespit edilmiştir.

Artvin Kafkasör ve Ankara Çamlıdere Çam Koru Araştırma ormanında Varan (2008) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre Artvin orijininde ayrışma k sabiti değeri 0,261 iken Ankara orijininde 0,304; kalan kütle oranları ise Artvin ve Ankara için sırasıyla %77 ve %73,9 olarak bulunmuştur.

Doğal karaçam ormanlarında ölü örtü ayrışma süreçlerine yönelik yapılmış sınırlı çalışmalardan biri olan Kaz dağlarında yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre; 99 günlük yerinde bekletme çalışması ile karaçam meşceresi altındaki topraklarda $12,7-25,26 \text{ mg NH}_4^+\text{N/kg}$ arasında değerlerde azot mineralizasyonu olduğu belirlenmiştir (Tecimen ve ark., 2012). Sevgi ve Tecimen (2007) tarafından Kaz dağlarında yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre, 37 adet toprak örnekleme yapılan Ah horizonunun bulunduğu noktadaki toplam azot ve organik karbon sonuçlarından hesaplanarak, bu alanlarda C/N oranı 21,3 olarak bulunmuştur.

5. Ormancılık Uygulamalarının Besin Maddesi Döngüsüne Etkileri

Karaçam ormanlarında ormancılık uygulamaları besin döngüsünü iki açıdan etkilemektedir; 1) Besin döngüsüne madde katılımını etkilemesi, 2) Ayrışma süreçlerini etkileyen değişkenler üzerindeki etkisidir. Karaçam ormanlarında yapılan ormancılık faaliyetleri meşcerenin gelişim çağlarına göre yapılan silvikültürel müdahaleler şeklinde gerçekleşmektedir. Karaçam ormanlarında gençliğin alana getirilmesinden sonra yapılan silvikültür işlemleri; gençlik, sıklık, aralama bakımı, ışıklandırma ve tohumlama kesimlerini takip eden yeniden gençleştirme faaliyetleri şeklinde uzun bir dönemde gerçekleşmektedir. Tüm bu süreçler içinde karaçam ormanlarından belirli çaptaki ağaçlar kesilerek ormandan uzaklaştırılmakta ve sistem

dışına çıkarılmaktadır. Karaçam ormanlarının içinde kalan dökülen ibreler, dallar, kabuklar ve kozalaklar gibi ağaç kısımları ise doğrudan ölü örtüye karışmaktadır. Tüm bakım faaliyetleri ölü örtüye katılacak maddelerin miktarını etkilemektedir. Bakım çalışmaları ile ormandan çıkarılan gövde kısmı genellikle faydalanılabilir tomruklar olup, ibre, kabuk, kuru ve yaş dallardan oluşan kısımlar ormanda bırakılmaktadır. Saranay (2017) tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezi ile ortaya konulan bulgulara göre, ortalama 9 yaşındaki bireylerde yapılan ölçüm sonuçları ile bir adet ağacın ortalama ibre kütlesi 0,659; dal kütlesi 0,700; kabuk 0,291 ve kabuksuz gövde odunu 0,647 kg olarak belirlenmiştir. Orhan (2013) tarafından yapılan çalışmada üretilen ağırlık formüllerinden yapılan hesaplamalara göre 20 cm çapındaki bir karaçam bireyinin gövde odunu yaş ağırlığı 159,6 kg; çapı 4 cm'den büyük dal odunu yaş ağırlığı 23,99 kg; ibre ağırlığı 11,15 kg ve 39,53 kg gövde kabuğu yaş ağırlığı olacağı tahmin edilebilmektedir. Bayar ve Deligöz (2019) tarafından Burdur yöresi Anadolu karaçamı ormanlarında yapılan bir silvikültür uygulaması çalışmasında 19 yaşındaki karaçam ormanında kontrol alanında 6.357 adet birey, sıklık bakımı ile 2x2,5 m aralıklı bireylerin bırakıldığı alanda ormanda 2.326 adet ağaç bırakılmış ve 3x3,5 m aralıklı bireylerin bırakıldığı alanda ormanda 1.202 adet ağaç bırakılmıştır. Dolayısıyla karaçamın canlı kütle değerleri ile sıklık bakımında çıkarılan birey sayısı düşünüldüğünde önemli miktarda organik maddenin ölü örtüye katıldığı anlaşılmaktadır. Söz konusu değerlendirmeler bakım ve tohumlama kesimleri içinde geçerlidir.

Ormanlarda yapılan bakım faaliyetleri aslında orman tabanına ulaşacak ışık ve sıcaklık miktarını değiştirecektir. Söz konusu bu etki doğrudan ayrışma süreçlerini etkileyecektir. Bakım çalışmaları sonucu orman tabanına ulaşan ışık ile sıcaklık artacak ve bu da nemi azaltacaktır. Birbiri ile çok yakın ilişki içinde olan ve ölü örtünün ayrışması üzerinde etkili olan bu faktörler silvikültürel faaliyetlerden doğrudan etkilenmektedir. Aerts (1997) tarafından yapılan çalışmada, ölü örtü ayrışmasında aktüel evapotranspirasyonun en önemli belirleyici faktör olduğu bildirilmiştir. Aktüel evapotranspirasyonun ise ölü örtünün ayrışmasında faaliyet gösteren bakteri ve mantar toplumlarının aktivite düzeyini denetlediği bildirilmektedir (Aerts, 1997). Bolat (2014) tarafından yapılan çalışmada, aralama ile orman zeminindeki sıcaklığın, mikrobiyal canlı kütle karbon ve azotu, ve organik karbonun arttığı; toprak neminin, toprak solunumunun ve metabolik oranın azaldığı; ve bunların ötesinde toprak organik karbonunun mikrobiyal faaliyet üzerinde önemli bir etkisi olduğu ortaya konulmuştur.

6. Değerlendirme ve Sonuç

Karaçam ormanlarının besin maddelerinin miktarı iklim özellikleri ile anakayanın etkisi altındadır. İklim özellikleri karaçam ormanlarında organik madde üretimini ve ayrışma süreçlerini etkilerken, yeryüzü özellikleri de yöresel ve yerel iklim özelliklerini etkileyerek sürece dâhil olmaktadır. Anakaya ise doğrudan besin maddesi içeriğine katkı yapması ve üzerinde oluşan toprağın niteliklerini belirlemesi (Bahçeköy Ekolü) yoluyla ayrışma süreçlerini etkilemektedir. Dolayısıyla karaçam ormanlarının besin maddesiyle ilgili çalışmaların sistem analizi yönünde gelişmesi beklenmektedir.

Karaçam ormanlarının geniş yayılışı düşünüldüğünde karaçamın hem düşük besin maddesi değerlerine sahip yetişme ortamlarında yaşayabildiği hem de yüksek besin maddesi değerlerine sahip yetişme ortamlarında yaşayabilmesi söz konusu besin maddelerini anlamlandırmakta sorunlara neden olabilmektedir. Karaçam türünün düşük besin maddesine sahip olan yetişme ortamlarında yaşaması türe özgü olmasından daha çok söz konusu popülasyonun buna uyum sağladığı düşünülmelidir. Dolayısıyla besin maddesi açısından yetersiz yetişme ortamlarının ağaçlandırılmasında bu uyumu sağlayan popülasyonların tohumlarıyla üretilen fidanlar esas alınmalıdır. Yoksa yüksek besin maddesine sahip yetişme ortamlarından alınan tohumlarla üretilen fidanlarla yapılacak çalışmalarda ileride sorunlar yaşanabilir. Karaçam ormanlarının besin maddesi bütçesine göre başta olmak üzere özel koşullara uyum sağlamış popülasyonları daha genel ifadeyle ekotiplerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Karaçam ormanlarındaki besin maddesi içeriklerine dönük olarak yapılan çalışmaların; yükselti, anakaya ve bakı gibi yetişme ortamı özelliklerinin değişimine bağlı olarak ortamdaki besin maddesi durumunun incelenmesi; kuruma, gaz zararları ve kurak yetişme ortamlarındaki zafiyete sebep olan alanlardaki ormanların sağlık durumunun ortaya konması; doğrudan orman toprağına bitki besin maddesi girişinin ayrışma ile ne düzeyde gerçekleştiğinin belirlenmesi ve karaçam ormanlarının ekolojik özelliklerini incelerken ağaç/ibre/ölü örtü/toprak gibi ekosistem bileşenlerindeki besin maddesi içeriklerinin ortaya konması gibi amaç ve içeriklerle yapıldığı görülmektedir. Meşcere çağı ve gelişim durumu da yapılan çalışmalarda değişken olarak kullanılmıştır. Ayrıca ağaçlandırma alanları da yine karaçam ormanlarının beslenme durumlarının incelendiği diğer bir çalışma konusu olmuştur (Mazzoleni ve ark., 2007). Özellikle Türkiye’de ağaçlandırmada karaçamın ağırlığı düşünüldüğünde bu daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada ele alınmayan ancak yine de bitki beslenme açısından önem arz eden diğer çalışma alanı ise fidanlık denemeleri olup, genellikle gübreleme ve fidan yetiştirme ortamında yapılan değişikliklerin fidan gelişimine etkilerini ortaya koymaya yönelik olarak yapılmıştır.

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, çoğunlukla ye-

şil ibredeki besin maddelerinin belirlenmesi ve böylece karaçam ormanlarının beslenme düzeylerini ortaya koyma amacıyla çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Ölü örtünün yaprak tabakasında ve ağaçtan dökülen ibrelerde yapılan çalışmaların çoğunlukla yükselti ve anakaya gibi yetiştirme ortamı inceleme çalışmalarında ikincil bir araştırma olarak yapıldığı, ölü örtü ayrışmasının incelenmesi için yapılan çalışmaların ise, ölü örtüdeki besin maddesi içeriklerini ortaya koymaya çalışan en öncelikli çalışmalar olduğu ortaya çıkmaktadır. Toprakta yapılan ayrışma/mineralizasyon çalışmaları da önemli bulgular ortaya koymuş olmakla birlikte sayıca yetersiz kalmıştır.

Topraktaki besin maddelerinin incelenmesi çalışmalarında da hem doğal alanlarda hem de ağaçlandırma alanlarında genellikle organik karbon ve toplam azot miktarlarının ortaya konulmasıyla yetinilmiş, mikro ve makro besin elementlerine dair bulgulara çok yer verilmemiştir. Silvikültürel bakım müdahalelerinin karaçam ormanlarının besin maddesi döngülerine etkileri ise üzerinde yeterince durulmamış çalışma alanlarından biri olarak durmaktadır. Zira, ormancılık faaliyetlerinin, orman ve bitki beslenmesi üzerine doğrudan ve büyük ölçüde etkileri bulunmaktadır. Aralama ile kapalılığın kırılması ile orman tabanına gelen ışığın yarattığı sıcaklık etkisi ile meydana gelen ayrışma koşullarındaki değişim, toprağa bitki besin maddesi girişi, mikroorganizma faaliyetleri, buharlaşma ve orman tabanında gerçekleşen mikroiklim değişikliğine bağlı olarak canlı çeşitliliğindeki değişim açıklanması gereken pek çok soru içermektedir.

Günümüz ekoloji çalışmaları orman ekosistemlerinin karbon tutma kapasitesi ve ormandaki ağaçların canlı kütlelerinin ortaya konması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar yöre, meşcere durumu, iklim ve anakaya gibi değişkenlerle çeşitlendirilmiştir. Nitekim, pek çok üniversite ve araştırma kurumlarında, karbon depolama konusu yüksek lisans veya doktora tezi olarak yaptırılmıştır.

Sonuç olarak; Akdeniz ekosistemlerinde genel bir sorun olan kuraklık ve yangın, günümüzdeki iklim değişikliği olaylarıyla birlikte daha da önem kazanmıştır. İklim değişikliğinin etkisi olarak yeni dönem orman zararları arasında, kuruma, kuraklık, böcek ve mantar tasallutu ve bunlara bağlı olarak ağaç ve orman sağlığında meydana gelen bozulmalar söz konusu olmakta ve bu zararlar ormanın fonksiyonlarının gerçekleşme düzeyini düşürmektedir (Masek ve ark., 2013). Gelecekte yapılacak bitki beslenmesi çalışmalarında, bu hususların dikkate alınması gerekmektedir. Canlı çeşitliliğinin izlenmesi ve buna bağlı olarak ormanların beslenme ve sağlık durumlarının izlenmesi çalışmaları da yine günümüzdeki ormanların ihtiyaç duyduğu önemli çalışma konuları arasında yer almaktadır (Van der Heijden ve ark., 2016). Bundan başka, havza bazında yapılacak çalışmalar da özel bir önem arz etmekte olup, içinde yaşamakta olduğumuz iklim değişikliği etkisi ile, dünyadaki su döngülerinin seyri değişmekte ve buna bağlı olarak yüzeysel akış, sızan (infiltrate) olan su, toprak suyu, toprak suyuna geçen besin maddesi konsantrasyonları, yıkanma ve sistem dışına yıka-

narak uzaklaşan besin maddesi içerikleri konuları sürekli izleme istasyonları ile çalışılarak karaçam ormanlarının yer aldığı havzalarda, besin maddesi çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Aerts, R., 1997. Climate, Leaf Litter Chemistry and Leaf Litter Decomposition in Terrestrial Ecosystems: A Triangular Relationship. *Oikos*, 79: 439-449.
- Akbin, N. A., 1994. İzmit Yöresindeki Bazı Karaçam Ormanlarında Toprakların Kimyasal Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ertan Eruz, 62 sayfa.
- Bayar, E., Deligöz, A., 2019. Burdur Yöresi Doğal Anadolu Karaçamı Meşceresinde Sıklık Bakımının Üç Yıllık Sonuçları. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 18-27.
- Berber, K. A. S., 2014. Karaçam ve Meşe Ormanında Yangın Sonrası Toprağın Bazı Özelliklerindeki Değişmeler. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ayten Namlı, 125 sayfa, Ankara.
- Bolat, I., 2014. The Effect of Thinning on Microbial Biomass C, N and Basal Respiration in Black Pine Forest Soils in Mudurnu, Turkey. *European Journal of Forest Research*, 133(1): 131-139.
- Boydak, M., Çalışkan, A., Bozkuş, F. B., 2002. Dursunbey-Alaçam Yöresi Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Tohum Verimi ve Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52A (2): 1-27.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması ile Mikroeklem Bacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK Proje Nu: 215O572, 139 sayfa.
- Çepel, N., 1958. Kayın, Meşe, Karacam ve Göknar Ağaçlarının Asimilasyon Organlarında Bazı Önemli Bitki Besin Maddelerinin Mevsimlik Değişimi Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7A (1): 92-137.
- Çepel, N., 1961. Hasılat Faktörü Olarak Toprakta Mevcut Besin Maddeleri ve Bunların Bitki Hayatındaki Rollerini. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11B (1): 95-103.
- Çepel, N., 1976. Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerindeki Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etkenler Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26A (2): 25-64.
- Çepel, N., 1982. *Ekosistem Bilgisi*. Ders Notları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 145 sayfa.
- Çepel, N., DüNDAR, M., 1980. Bolu-Aladağ orman Ekosistemlerinde Sarıçam'ın (*Pinus sylvestris* L.) Boy Artımı ile Reliyef ve Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25A (2): 137-146.
- Çepel, N., DüNDAR, M., 1984. Sarıçam ve Kızılcım Ormanlarında Mikro Ele-

- mentler ile Beslenme Durumlarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 34A (2): 18-36.
- Çepel, N., DüNDAR, M., 1985. Tipik Orman Yetiştirme Bölgelerinde Sarıçam ve Kızılcık Meşcerelerinin Boy Artımı ile İğne Yapraklarındaki Besin Maddesi Düzeyleri Arasında İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 35A (1): 40-58.
- Çepel, N., DüNDAR, M., Günel, A., 1978. Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerindeki Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etkenler Arasındaki İlişkiler. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, 165 sayfa.
- Çepel, N., DüNDAR, M., Özdemir, M., Neyişçi, T., 1988. Kızılcık (*Pinus brutia* Ten.) Ekosistemlerinde İğne Yaprak Dökümü ve Bu Yolla Toprağa Geri Verilen Besin Maddeleri Miktarları. Ormancılık Araştır Enstitüsü Teknik Bülteni, Nu:194.
- Çepel, N., Karaöz, 1989. Karaçamalarda Gözlenen "Değişik Türde Orman Zararları" Üzerine Ön Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39: 11-20.
- Çepel, N., Tekerek, Ö., 1980. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Yöresinde Bazı Saf Kızılcık Meşcerelerinin Ölü Örtü Miktarı Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 30A (1): 111-128.
- Demir, C., 1996. Elmalı Baraj Havzasında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ormanlarının Toprak Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 62 sayfa, İstanbul.
- DüNDAR, M., 1973. Ankara Civarındaki Bazı Karaçam ve Sarıçam Kültürlerinde Görülen Kurumalarla İğne Yapraklardaki Besin Maddeleri Konsantrasyon Seviyeleri Arasındaki İlişkiler. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, Nu: 53.
- DüNDAR, M., 1975. Ankara Çevresindeki Çam Ağaçlandırmalarında Görülen Kurumalar Konusunda Bazı Düşünceler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25B (2): 137-146.
- DüNDAR, M., 1988. Aladağda (Bolu) Bazı Sarıçam Meşcerelerinde Yıllık Yaprak Dökümü Miktarı ve Bu Yolla Toprağa Verilen Azot'un Tespiti Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38A (1): 105-113.
- DüNDAR, M., 1988. Bolu-Aladağ Mıntıkasında Saf Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ormanlarının Beslenme Büyüme İlişkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39 (2): 80-94.
- Eruz, E., 1984a. Ernährungszustand von *Pinus nigra* Beşamden im Westanatolischen Gebirge. *Forswissenschaftliches Centralblatt*, 6: 375-382.
- Eruz, E., 1984b. *Bahkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3244/368, 72 sayfa, İstanbul.
- Gonifeda, R. K., 2017. Güney Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama

- Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 71 sayfa, Kastamonu.
- Gözler, M., 2016. Yangın Görmüş Karaçam Meşcerelerinde ve Bitişindeki Kontrol Alanlarında Toprak Özelliklerinin Değişiminin Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bülent Sağlam, 98 sayfa, Artvin.
- Güner, D., 2017. Karaçam Ağaçlandırma Alanlarında Besin Stoklarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Kürşad Özkan, 97 sayfa, Isparta.
- Güner, D., Özkan, K., 2019. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırma Alanlarında Besin Stoklarının Belirlenmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 6 (2):192-207.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu: ESK10(6303), 46 sayfa, Eskişehir.
- Irmak, A., Çepel, N., 1959. Karaçam, Sarıçam ve Gökmar İbelerindeki Besin Maddelerinin Yıllık Varyasyonları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 1-40.
- Irmak, A., Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanı'ndan Seçilen Birer Kayın, Meşe, Karaçam Meşceresinde Yıllık Yaprak Dökümünün Miktarı ve Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddelerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19A (1): 1-24.
- Irmak, A., Çepel, N., 1969. Artım ve Beslenme ile Yapraklardaki Besin Maddesi Muhtevası Arasındaki İlişkileri Tespit Gayesi ile Bazı Karaçam Meşcerelerinde Yapılan Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19A (1): 737.
- Irmak, A., Çepel, N., 1974. Bazı Karaçam, Kayın, ve Meşe Meşcerelerinde Ölü Örtünün Ayrışma ve Humuslaşma Hızı Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1973/204, Taş Matbaası, İstanbul.
- Kalay, Z., 1989. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Mıntıkasında Saf Doğu Ladini (Dorukağaç) (*Picea orientalis* (L.) Link.) Büklerinin Gelişimi ile Bazı Toprak Özelliklerinin ve Fizyografik Etmelerin Arasındaki İlişkilerin Denel Olarak Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Doçentlik Tezi, 151 s, Trabzon.
- Kantarıcı, M. D., 1979. Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Gökmarı Ormanlarında Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak Araştırılması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2834/274, 220 sayfa, İstanbul.
- Kantarıcı, M. D., 1979. Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Yamacında Uludağ Gökmarı İbelerindeki Mineral Madde Miktarlarının Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 30A (2): 135-152.

- Kara, Ö., 2002. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofunguslarının Mevsimsel Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 140 sayfa, İstanbul.
- Karaöz, Ö., 1993. Bazı Yerli ve Yabancı İğne Yapraklı Ağaç Türlerine Ait Plantasyonlarda Ölü Örtü Miktarı ile Bunlardaki Besin Maddesi Rezervleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43A (1): 93-117.
- Karatepe, Y., 2004. Gölcük'te (Isparta) Karaçam Meşcerelerinin Topraklarındaki Toplam Azot ve Organik Karbon ile Ölü Örtülerindeki Toplam Azot ve Organik Madde Miktarlarının Karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 1-16.
- Koray, E. Ş., Tolunay, D., 2017. Türkmen Dağı Karaçam Meşcerelerinde İbre Dökümü ile Ekosisteme Giren Besin Maddesi Miktarları. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21 (3): 201-214.
- Makineci, E., Sevgi, O., 2006. Investigation of Some Needle Characteristics between Dead and Healthy Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold.) Trees in Forest Decline Sites around the Airpolluted Kutahya Province. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15 (6): 470-476.
- Masek, Jeffrey G., Goward, S. N., Kennedy, R. E., Cohen, W. B., Moisen, G. G., Schleeuwis, K., Huang, C., 2013. United States Forest Disturbance Trends Observed Using Landsat Time Series. *Ecosystems*, 16 (6): 1087-1104.
- Mazzoleni, S., Bonanomi, G., Giannino, F., Rietkerk, M., Dekker, S., & Zucconi, F., 2007. Is Plant Biodiversity Driven By Decomposition Processes? An Emerging New Theory on Plant Diversity. *Community Ecology*, 8 (1): 103-109.
- Odum, E. P., Barrett, G. W., 2008. *Ekolojinin Temel İlkeleri*. Çeviri editörü Kani Işık, Palme Yayınları Nu: 469, 598 sayfa, Ankara.
- Orhan, İ., 2013. Kızılcım, Karaçam ve Sarıçam'ın Ticari ve Ticari Olmayan Bileşenlerinin Biyokütle Miktarlarının Belirlenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nadim Saraçoğlu, 157 sayfa, Bartın.
- Pamay, B., 1971. Tabii Gençleştirilmenin Başarılı veya Başarısız Oluşuna Etki Yapan En Önemli Faktörler Üzerinde Açıklamalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21B (2): 6-20.
- Rousk, J., Bengtson, P., 2014. Microbial Regulation of Global Biogeochemical Cycles. *Frontiers in Microbiology*, 5:103.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Saranay, S., 2017. Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki Genç Doğal Karaçam (*Pinus nigra*) Meşcerelerinde Bitkisel Kütle Miktarlarının Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışmanlar; Ahmet Yeşil ve Doğanay Tolunay, 68 sayfa, İstanbul.
- Seçilmiş, A., 2019. İç Anadolu Bölgesinde Farklı Yaşlardaki Karaçam Ağaçlandırma Sahalarında Toprak ve Bitkideki Bazı Besin Elementleri Oranlarının Yıllara

- Göre Değişimi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Sargıncı, 104 sayfa, Düzce.
- Sevim, M., 1954. *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar*. Or. Umum Müd. Yayınlarından Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.
- Sevim, M., 1956. Belgrad Ormanının Bazı Meşcerelerinde Üst Toprağın Fizik ve Şimik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (1): 114-129.
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesinde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Yükseltiye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 221 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Çobanoğlu, G., Tecimen, H. B., Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., 2009. Karaçam Ekosistemlerinde Kabuk Likenlerinin Ölü Örtü Miktarları ve Ormanların Azot Beslenmesine Yaptığı Katkıların Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi BAP Kesin Raporu, 113 sayfa, Ankara.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2007. Kazdağları'nın Yüksek Dağlık Kesiminde (1400m-1750m) Bulunan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ormanlarının Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi BAP Proje Nu: 228/ 29042004, 160 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2008. Changes in Austrian Pine Forest Floor Properties in Relation with Altitude in Mountainous Areas. *Journal of Forest Science*, 54 (7): 306-313.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Carus, S., Akburak, S., Çaksır, E., 2016. Some Bark Characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Their Variation Throughout the Tree Height. *Journal of Environmental Biology*, 37 (6): 13-47.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., 2011. Alaçam Dağları Karaçam Ormanlarının Liken Ölü Örtü pH'sının İrdelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (2): 45-52.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Yılmaz, O. Y., Akburak, S., Carus, S., Kavgacı, A., 2017. Alaçam Dağları'nda Orman Topraklarının Bazı Özelliklerinin Yükseltiye Bağlı Değişimi. Sayfa; 1141-1148, 1. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi, 7-10 Aralık 2017, Bildiri Kitabı, Antalya.
- Sevgi, O., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Dündar, T., Kavgacı, A., Tecimen, B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odunun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAKTOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Tecimen, H., Makineci, E., 2007. Ağaçlarda Besin Maddelerinin Yeniden Taşınması Olayı ve Ekolojik Yönü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 134-145.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., 2010. Kazdağları'nın Dağlık Kesiminde Karaçamın *Pinus nigra* (Arnold.) Bazı İbre Özellikleri ve Yükselti ile Arasındaki İlişkiler. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1 (10): 55-72.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Altundağ, E., 2012. Kaz Dağlarında Yükseltiye Bağlı Azot Mineralleşmesinin Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*

- Dergisi*, 62 (1): 19-30.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Kavgacı, A., Akburak, S., 2019. Estimation of Forest Litter Fractions by Regression Analysis in Different Aged Stands of *Pinus nigra*. *Bosque*, 40 (1): 41-48.
- Tunç, T., 2019. Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Gelişme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Meriç Çakır, 49 sayfa, Çankırı.
- Ulrich, B., 1981. Orman Ekosistemlerinde Mineral Madde Dolaşımı ve Bunun Toprağın Kimyasal Durumuna Bağlılığı. Sayfa: 50-58 (Çeviri; Münir Dünder), *Orman Ekosistemi Sempozyumu* 10-15 Kasım 1980, İstanbul.
- Van Cleve, K., Chapin, F. S., Dyrness, C. T., Viereck, L. A., 1991. Element Cycling in Taiga Forests: Statefactor Control. *BioScience*, 41 (2): 78-88.
- Van Der Heijden, M. G., De Bruin, S., Luckerhoff, L., Van Logtestijn, R. S., Schlaeppli, K., 2016. A Widespread Plantfungal Bacterial Symbiosis Promotes Plant Biodiversity, Plant Nutrition and Seedling Recruitment. *The ISME Journal*, 10 (2): 389-399.
- Van Haverbeke, D. F., 1990. *Pinus nigra* Arnold European Black Pine. *Silvics of North America*, 1: 395-404.
- Varan, S., 2008. Artvin Orijinli Kestane (*Castanea sativa*), Meşe (*Quercus petraea*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türleri ile Ankara Orijinli Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türlerin Ölü Örtü Ayrışma Oranları Üzerinde Kimyasal Bileşenlerinin ve İklim Özelliklerinin Etkisi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 45 sayfa, Artvin.
- Zech, W., Çepel, N., 1972. *Güney Anadolu'daki Bazı Pinus brutia Meşcerelerinin Gelişimi İle Toprak ve Relief Özellikleri Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1753/191, 107 sayfa, İstanbul.
- Zengin M., 1997. Kocaeli Yöresinde Orman Ekosistemlerinin Hidrolojik Ağaçlandırmalar Yönünden Karşılaştırılması. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu: 055. ISSN 1300 395X Teknik Bülten No: 182. 268 sayfa.
- Zöttl, H., 1959. Orman Toprağının Azot Verimi Üzerine Araştırmalar. (Çeviren Necmettin Çepel), *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9B (1): 139-148.



Eskişehir, 2010
Aydın ÇÖMEZ

10

KARAÇAM AĞAÇLANDIRMALARININ KARBON BÜTÇESİ

1. Giriş

Karasal karbon stoğunun %50'sinden fazlasını oluşturan orman ekosistemleri kapladıkları geniş alanlar ve fotosentez yoluyla bünyelerinde sürekli biriktirdikleri karbon sebebiyle küresel karbon döngüsünde ve dolayısıyla da dünya ikliminde önemli bir role sahiptir (Lorenz ve Lal, 2010). Orman alanlarının azalması bir yandan karasal ekosistemlerde depolanmış olan büyük miktardaki karbon stoklarının atmosfere salınarak atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun artmasına diğer yandan albedonun fazla olduğu alanların artmasına sebep olarak iklim değişikliğine yol açmaktadır (Kurnaz, 2019). Atmosferdeki CO₂ miktarının artmasına yol açan emisyonlar büyük oranda enerji sektörü ile ormansızlaşmadan kaynaklanmaktadır. Bu sebeple emisyon miktarları yapılan uluslararası anlaşmalarla sınırlandırılmaya çalışılmakta ve mevcut emisyonların bitkisel kütlede bağlanması için yeni ağaçlandırma çalışmaları yapılarak orman alanlarının artırılması önerilmektedir (Reyer ve ark., 2009; Karoshi ve Nadagoudar, 2012; Nunes ve ark., 2019). Orman ekosistemlerinin bünyesinde birikmiş olan bu yüksek miktardaki karbon, yangınlar ve ormansızlaşma gibi doğal ya da insan kaynaklı sebeplerle tekrar atmosfere dönebilmekte ve böylece ormanlar; karbon yutağı durumundan karbon kaynağı durumuna da geçebilmektedir. Bu sebeple ormanların korunması, sahip oldukları doğal denge bozulmadan işletilmesi ve alanlarının genişletilmesi iklim değişikliği bakımından önem arz etmektedir. Sözü edilen dengenin bozulmaması için orman ekosistemindeki madde ve enerji döngülerinin çok iyi incelenip anlaşılması gerekmektedir. Küresel iklim üzerinde en etkili madde döngülerinin başında karbonun ekosisteme giriş ve çıkış yolları ile ekosistemde depolanma süreçlerini bir bütçe olarak içeren karbon döngüsü gelmektedir.

Orman ekosistemlerinde karbon bütçesi karbon havuzlarından ve bu havuzlar arasındaki karbon akışlarından oluşmaktadır. Karbon havuzlarını

¹⁾ Dr., Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü,
İzmir, Elmek: aydincomez@ogm.gov.tr

²⁾ Doç. Dr., Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksek Okulu, Ormanlık Bölümü,
Bartın, Elmek: stguner@gmail.com

genel olarak canlı bitkisel kütle, ölü bitkisel kütle ve toprak oluşturmaktadır (Ravindranath ve Ostwald, 2008; Lorenz ve Lal, 2010). Canlı bitkisel kütle havuzu ağaçlar başta olmak üzere ağaçların altında yaşayan her türlü çalı ve ot tabakasını kapsamaktadır (Ravindranath ve Ostwald, 2008). Ölü bitkisel kütle ise ölü örtü ile çapları ülkelere göre değişmekle birlikte genel olarak 10 cm'den kalın ölü odun kısımlarını içermektedir (Ravindranath ve Ostwald, 2008).

Bitkiler atmosferden aldıkları karbon dioksit ve topraktan aldıkları suyu kullanarak fotosentez yoluyla organik madde üretmektedir. Fotosentez sonucu üretilen organik madde brüt birincil üretimi (BBÜ) oluşturmaktadır. Üretilen organik maddenin bir kısmı solunumda kullanılmakta olup, BBÜ miktarı ile bitkinin solunumda kullandığı organik madde miktarı arasındaki fark ise net birincil üretimi (NBÜ) yani bitkilerdeki net kütle artışını ifade etmektedir. Bitkiler tarafından gerçekleştirilen solunum, fotosentez (BBÜ) ve NBÜ (artım) çoğunlukla belirli bir zaman ve alan için karbon cinsinden (örneğin $g C m^{-2} yıl^{-1}$) ifade edilmektedir. Ormanlarda fotosentez ve solunum ölçmelerinden yararlanılarak NBÜ miktarı belirlenebildiği gibi bitkisel kütle artımı ve dökülme miktarından yararlanılarak da NBÜ'yü hesaplamak mümkündür. Her iki bileşenin toplamından hayvanlar tarafından otlanan (yenen) bitkilerdeki karbon miktarının çıkarılması ile NBÜ miktarı elde edilebilmektedir. Hayvanların tükettiği karbon miktarının %5'den daha az olması sebebiyle bu bileşenin hesaplamalarda ihmal edilmesi önemli bir hataya yol açmamaktadır. Orman ekosistemlerinin karbon bütçesi NBÜ, ölü organik maddenin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması sonucu meydana gelen heterotrofik solunum miktarı ile bitkisel kütle, ölü organik madde ve toprak havuzlarının karbon stoklarından oluşmaktadır (Vogt, 1991; Clark ve ark., 2001).

Türkiye'de ağaçlandırma çalışmalarının başladığı 1940'lı yılların sonlarından 2019 yılına kadar 1.100.000 ha orman dışı alanda ağaçlandırma yapılmış olup, 2009-2018 yıllarında ağaçlandırma çalışmalarında kullanılmak üzere üretilen fidanların ortalama %20'sini karaçam oluşturmaktadır (OGM, 2020). 2000 yılı itibarıyla 540.445 ha'lık karaçam ağaçlandırması yapıldığı (Konukcu, 2001) göz önüne alınırsa, ağaçlandırma alanlarının yarısından fazlasının karaçam türünden oluştuğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla karaçam ağaçlandırmaları kapladığı geniş alanla Türkiye ormanlarının karbon bütçesinde önemli bir yer tutmaktadır.

Karaçam ağaçlandırmalarının bitkisel kütle, ölü örtü ve toprak karbon stoğuna ait veriler mevcut olmasına rağmen (Karatepe, 2004; Sevgi ve ark., 2011; Polat ve ark., 2014; Lukić ve ark., 2015; Güner ve Çömez, 2017; Seçilmiş, 2019), NBÜ miktarı ile ilgili az çalışma yapıldığı için veriler yetersizdir. Bununla birlikte Gülbeyaz (2018) tarafından uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Türkiye'deki doğal orman alanları için NBÜ miktarı tahmin edilmiştir. Bu sebeple, sunulan bu çalışmada Türkiye'nin karbon stoğu çalışmalarından önemli

yeri olan karaçam ağaçlandırma alanlarının karbon bütçesinin bileşenleri olarak yıllık bitkisel kütledeki artış, yıllık döküm miktarı, ince kök üretimi, toprak solunumu ile tüm havuzların karbon stoklarına ait veriler bütüncül yaklaşımla ortaya konulmuştur. Böylece genelde ormancılık faaliyetlerinin özelde karaçam ağaçlandırmalarının dünya iklimi üzerindeki yaptığı olumlu etkilerin anlaşılmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. Karaçam Ağaçlandırmalarında Karbon Havuzları

2.1. Canlı bitkisel kütle karbon stoğu

Karaçam ağaçlandırmalarının canlı kütlesi konusunda Türkiye, Sırbistan ve İranda araştırmalar yapılmış olup (Çizelge 1), çoğunlukla toprak üstü ağaç kütlelerine odaklanılmıştır. Bazı araştırmalarda sadece ağaç kütlelerini tahmin etmeye yönelik denklemler verilmişken, bazı çalışmalarda ise buna ek olarak karbon stoğu da hesaplanmıştır. Örneğin Zečić ve ark. (2011), karaçam ağaçlandırma sahalarında gövde, kabuk ve dal kütlelerinin tahmininde kullanılabilecek denklemler geliştirmiş ancak hektar bazında kütle ve karbon stoğu hesaplamamıştır. Ostadhashemi ve ark. (2014) ise İranda ortalama 10 yaşındaki karaçam ağaçlandırmalarında toprak üstü kütleli IPCC (2003)'e göre hesaplamış ve $20,0 \text{ tha}^{-1}$ kütle ($10,0 \text{ tCha}^{-1}$) belirlemiştir. Türkiye'de Küçük ve ark. (2007) 13 yaşındaki karaçam ağaçlandırmalarında yanıcı madde yükünü (ibre ve dal kütlelerini) tahmin etmek için geliştirdikleri denklemlerle birim alandaki tepe tacı kütlelerini $26,8 \text{ tha}^{-1}$ ($13,4 \text{ tCha}^{-1}$) olarak bulmuşlardır. Yapılan birçok çalışmada bitkisel kütle ya IPCC kılavuzlarındaki genelleştirilmiş katsayılar, ya da ağaçların toprak üstü bileşenleri için geliştirilen denklemler kullanılmıştır. Ancak Güner ve Çömez (2017) karaçam ağaçlandırmaları için tek ağacın kökleri de dâhil tüm bileşenleri için ayrı ayrı denklemler geliştirerek birim alandaki bitkisel kütlede depo edilmiş olan karbon miktarlarını belirlemiştir. Karaçam ağaçlandırmaları ile ilgili araştırmalar genel olarak değerlendirildiğinde ağaç kütleli karbon stokları $2,2-119,7 \text{ tCha}^{-1}$ gibi çok geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu kadar geniş aralıktaki değişimin başlıca sebebi araştırmaların yapıldığı ağaçlandırmaların farklı yaş ve gelişim çağlarında olmasının yanı sıra yetiştirme ortamındaki farklılıklar, meşcere kapalılığı ve dikimde kullanılan aralık mesafedir. Örneğin ortalama yaşı 9 olan sahalarda 2 ton civarında toprak üstü karbon stoğu belirlenirken, bu değer 46 yaşındaki ve normal kapalılıktaki meşcerelerde 100 tonun üzerine çıkmaktadır (Güner ve Çömez, 2017).

Toprak altı bitkisel kütleli tamamını belirlemeye yönelik araştırmaların sayısı da oldukça azdır. Bazı araştırmalarda toprak altı bitkisel kütleli ince kısmı ($\emptyset < 5 \text{ mm}$) ölçülmüştür. Örneğin ince kök karbon stoğu karaçam

ağaçlandırmasında Akburak ve Makineci (2013) tarafından 50 yaşındaki meşcerede 1,2 tCha⁻¹, Tüfekçioğlu ve ark. (2006) tarafından ise 25 yaşındaki meşcerede 2,8 tCha⁻¹ olarak bulunmuştur. Ancak toplam kök kütlelerinin bu değerlerden çok daha fazla olacağı açıktır. Diğer yandan Güner ve Çömez (2017) tarafından kalın ve ince köklerin tamamını kapsayan bir çalışmada gençlik çağından ağaçlık çağına kadar olan alanlarda tek ağaç için çapa bağlı kütle denklemleri geliştirilmiş, köklerin karbon içerikleri belirlenmiş ve birim alanda kökte depolanmış olan karbon miktarları farklı gelişim çağı ve kapalılık grupları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna göre köklerde depolanmış olan karbon miktarı ortalama 9 yaşında ve gençlik çağındaki alanlarda 0,4 tCha⁻¹, ortalama 46 yaşında ve orta ağaçlık çağındaki alanlarda ise 16,2 tCha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprak altı bitkisel kütle karbon stoğu ağaçlık çağındaki sahalarda toprak üstü kısımların yaklaşık % 16'sını oluştururken, bu oran gençlik çağındaki sahalarda %22'yi bulmaktadır (Güner ve Çömez, 2017) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Karaçam ağaçlandırma alanlarında canlı bitkisel kütle karbon stokları.

Bileşen	Karbon Stoğu tCha ⁻¹	Ağaçlandır- manın Yaşı	Yer	Kaynak
Ağaç				
Toprak Üstü	1,8-103,5	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
Toprak Altı	0,4-16,2	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
	1,2 [*]	63	Türkiye	Akburak ve ark., 2013
	2,8 ^x	20-25	Türkiye	Tüfekçioğlu ve ark., 2006
Toplam Bitkisel Kütle	2,2-119,7	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
	175,0	50	Türkiye	Güner ve ark., 2021
	57,3	60	Sırbistan	Lukić ve ark., 2015
	10,0	10	İran	Ostadhashemi ve ark., 2014
Çalı Diri Örtü				
Toprak Üstü	0,1-0,8	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
Toprak Altı	0,05-0,5	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
Toplam Bitkisel Kütle	0,2-1,3	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
Otsu Diri Örtü				
Toprak Üstü	0,03-0,3	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
Toprak Altı	0,01-0,7	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
Toplam Bitkisel Kütle	0,1-1,0	9-46	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017

^{*}İnce kök (Ø < 5 mm) kütlelerinin karbon stoğu.

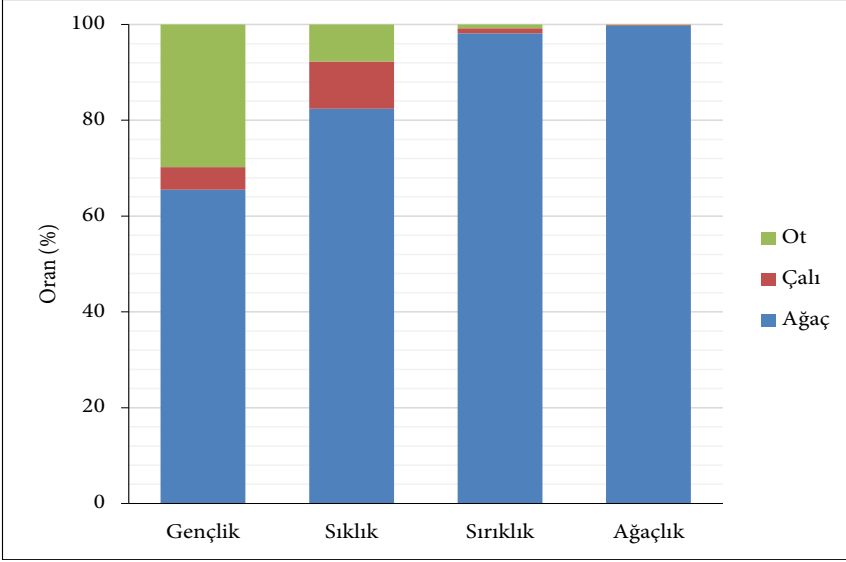
^x ince kök kütlesi 0,5 karbon katsayısı ile çarpılmıştır.

Karaçam ağaçlandırma sahalarda ağaç kütlesi karbon stoğu için ortalama bir değer vermek belirsizliği çok yüksek hesaplamalara yol açabilir. Bu sebeple ülke çapında karbon stoklarının hesaplanmasında orman envanteri verilerinin genişletme ve dönüştürme katsayıları kullanılarak bitkisel kütleyle dönüştürülmesi daha uygun bir yaklaşımdır. Ancak gençlik çağındaki karaçam

ağaçlandırmaları için geliştirilmiş bitkisel kütle katsayıları mevcut değildir. Ülkemizde yapılmakta olan orman envanterinde ise gençlik çağındaki ormanların alan ve yaş sınıfı bilgilerinden başka bir veri bulunmamaktadır. Dolayısıyla gençlik çağındaki ormanların bitkisel kütle karbon stoklarının hesaplanması konusunda ayrıntılı araştırmalar ihtiyaç bulunmaktadır. Bu konuda daha ayrıntılı bilgi birikimi elde edilinceye kadar gençlik çağındaki ormanların bitkisel kütle karbon stoğu için mevcut araştırma sonuçlarına göre bazı genel değerler kullanılabilir. Örneğin, karaçam ile yapılan ağaçlandırmalarda ülkelere göre değişmekle birlikte genellikle hektara 2000-3000 fert dikilmekte olup, bu sıklıkta ve yaklaşık 10 yaş civarındaki ağaçlandırmalar için $2-10 \text{ tCha}^{-1}$ toprak üstü, $0,4 \text{ tCha}^{-1}$ da toprak altı karbon stok değerleri kullanılabilir. Ancak sözü edilen bu aralık da çok geniştir. Genç meşcerelerin ölçümü zaman alan bir işlem olduğundan ve elde edilecek ürünün maliyeti karşılamadığı düşünüldüğünden orman envanterlerinde ağaç tabakası kadar ayrıntılı bir ölçüm yapılmamaktadır. Gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmalarının yaygınlığı ve bu alanların sahip olduğu karbon stok kapasitesi göz önüne alındığında, bu sahaların bitkisel kütlesi ve karbon bütçesi konusunda daha ayrıntılı araştırmalar yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Ağaçlandırma alanlarında bitki kütlesini oluşturan bileşenler; 1) Ağaçlar, 2) Çalılar, 3) Otsulardır. Karaçam ağaçlandırma alanlarında çalı ve otsu bitki kütlesi önemli değerlere ulaşabilmektedir. Bu bileşenlere ait kütle, ağaçlandırma yapılmadan önce diri örtü temizliği yapılarak alandan kaldırılmaktadır. Alandan kaldırılan diri örtü kütlesi zamanla ayrışarak içerdiği karbonun bir kısmı atmosfere salınmakta bir kısmı da humuslaşarak toprak organik maddesine katılmaktadır. Ancak daha sonra diri örtü zaman içerisinde tekrar alana gelmekte ve bir süre bitkisel kütleinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Çizelge 1’de görüleceği üzere yeni yapılmış ağaçlandırma sahalarında fidan kütlesi $2,2 \text{ tha}^{-1}$ karbon depolarken, çalı ve otsu bitkilerden oluşan diri örtünün toplam karbon stoğu $2,3 \text{ tha}^{-1}$ ’a ulaşabilmektedir. Meşcere gelişip kapalılık oluştukça ışık azlığı sebebiyle diri örtü miktarı, dolayısıyla da içerdiği karbon stoğu azalmaktadır. Diri örtünün sahip olduğu bu karbon stoğunun zamansal değişimi konusundaki bilgilerimiz henüz yeterli seviyede değildir. Bununla birlikte ekosistemin bu bileşenlerine ilişkin bir araştırma Güner ve Çömez (2017) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre sırıklık ve ağaçlık çağındaki meşcerelerde çalı ve otsu diri örtüde depolanan karbon miktarı ağaçlardaki karbon miktarının %2’sinden daha azdır. Ancak bu oran gençlik çağındaki meşcerelerde % 35’e kadar çıkmaktadır. Meşcere yaşlandıkça kapalılığın oluşması, buna bağlı olarak zemine gelen ışığın azalması ve ağaçlarla diğer bitkiler arasındaki kök rekabetinin artması sebebiyle çalı ve otsu diri örtü azalmaktadır (Şekil 1). Bu azalmada ağaçlar tarafından salgılanan bazı maddelerin etkisi de söz konusu olmakla birlikte karaçam türünde bu konuda herhangi bir araştırma

bulgusuna rastlanmamıştır. Görüldüğü gibi diri örtünün karbon stoğuna dâhil edilmemesi olgun meşcerelerde önemli bir hataya sebep olmazken, gençlik çağındaki ağaçlandırmalarda gerçek karbon stoğunun önemli derecede daha az bulunmasına yol açacağını söylemek mümkündür.



Şekil 1. Toprak üstü bitkisel kütle bileşenleri karbon stoklarının oranları.

Orman ekosistemlerinde canlı bitkisel kütledeki karbon stoğunun hesaplanması için IPCC (2006) kılavuzunda verilen yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kılavuza göre karbon havuzları ve birikimleri 3 seviyede belirlenebilmektedir. Yeterli verisi olmayan ülkeler için orman envanteri verileri ile kılavuzun eklerinde verilen katsayılar kullanılarak belirsizliği yüksek olan 1. seviyede hesaplamalar yapılmaktadır. Bu seviyedeki hassasiyetin düşük olmasının sebebi kullanılan katsayıların geniş iklim kuşakları, ekolojik zonlar ve çok sayıdaki ağaç türlerinin ortalama değerlerine göre hesaplanmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin IPCC (2006)'da ülkemizin de büyük bölümünün içinde bulunduğu ılıman kuşaktaki çam türleri ile yapılan, meşcere hacmi $100-200 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ arasında olan ağaçlandırmalar için bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörü (BDGF) 0,67 olarak verilmişken, aynı özellikteki orman için Türkiye'de bu değer 0,59 olarak bulunmuştur (Güner ve Çömez, 2017). IPCC (2006) iğne yapraklı ağaç türleri ile yapılan ağaçlandırmaların toprak üstü ağaç kütlelerini orta kuşak karasal ve dağlık ekolojik zonlarda 20 yaşından genç alanlar için $25-30 \text{ tCh}^{-1}$ ($13-15 \text{ tCh}^{-1}$), 20 yaşından daha yaşlı alanlar için ise $150-200 \text{ tCh}^{-1}$ ($77-102 \text{ tCh}^{-1}$) olarak vermektedir. Oysa Güner ve Çömez (2017) 20 yaşından daha genç alanlarda toprak üstü ağaç kütlesi karbon stoğunu $2-9 \text{ tCh}^{-1}$ arasında belirlemiştir. Aynı çalışmada 20 yaşından büyük alanların toprak üstü kütlesindeki karbon stoğu ise $46-103 \text{ tCh}^{-1}$ olup değişim aralığı

IPCC (2006)'ya göre daha geniştir. Ayrıca IPCC (2006)'ya göre Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmaları için kullanılabilir kök/sak oranı 0,20-0,29 olarak verilmiştir. Ancak kök/sak oranı Türkiye karaçam ağaçlandırmaları için 0,18 bulunmuştur (Güner ve Çömez, 2017). Sonuç olarak hesaplamalarda IPCC (2006) metodunun kullanılması karaçam ağaçlandırmalarında bitkisel kütle karbon stoğunun daha yüksek tahmin edilmesine yol açmaktadır.

2.2. Ölü örtü ve ölü odun karbon stoğu

Ölü örtü karbon stoku genellikle ekosistemdeki toplam karbon stoğunun (toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütle, ölü odun ve ölü örtü ile toprak dâhil) %4'ünü oluşturmaktadır (Ravindranath ve Ostwald, 2008). Güner ve ark. (2021) 50 yaşındaki karaçam ağaçlandırma sahasındaki toplam karbon stoğu içinde ölü örtünün oranını %5 olarak bulmuştur. Ancak farklı yetiştirme ortamlarında bu oran %2 ile %7 arasında değişmekte (Güner ve Çömez, 2017), hatta Kuzey Amerika gibi boreal kuşak ormanlarında %15'i bulmaktadır (Ravindranath ve Ostwald, 2008).

Karaçam ağaçlandırmalarında ölü örtü ayrışması hızlı olduğundan mul tipi humus yaygın olup çoğunluğu yaprak tabakasından oluşmaktadır (Güner ve Çömez, 2017; Güner ve Güner, 2021). Ancak yetiştirme ortamına ve meşcerenin yapısına bağlı olarak yaprak tabakasının altında çürüntü ve humusun birbirinden ayrılamadığı ölü örtü tabakası bulunabildiği gibi (Karatepe, 2004), humus miktarının belirgin olduğu, yaprak ve çürüntü tabakalarının birbirinden ayrılamadığı mul ile çürüntü tipi arasında geçiş humus tiplerine de rastlanabilmektedir (Çakır ve Makineci, 2013). Bu tür alanlarda yaprak+çürüntü tabakasının karbon içeriği % 40,1, humus tabakasının karbon içeriği ise % 36,4 bulunmuştur (Çakır ve Makineci, 2013). Mul tipi humusa sahip ölü örtüde ise humus tabakasının çok belirgin olmaması ve yaprak tabakasının daha baskın olması sebebiyle karbon içeriği daha yüksek olup % 46,6-49,9 arasında belirlenmiştir (Güner ve Çömez, 2017; Güner ve Güner, 2021). Ancak ağaçlandırmanın kuruluşundan itibaren meşcerenin gelişmesine ve yetiştirme ortamı özelliklerine bağlı olarak humus tiplerinin ve kimyasal yapısının değişimi konusundaki bilgilerimiz henüz sınırlıdır.

Tolunay ve Çömez (2008) tarafından Türkiye'de yapılan araştırmaların derlendiği çalışmada, karaçam ağaçlandırma alanlarındaki ölü örtü karbon stokları 2-37 tCha⁻¹ arasında verilmiştir. Türkiye'nin İç Anadolu, Batı Karadeniz ve Marmara bölgeleri ile Kütahya ve Ayfonkarahisar yörelerindeki farklı yaşlardaki karaçam ağaçlandırmalarını kapsayan bir başka çalışmada ise ölü örtü karbon stoğu 2 ile 12 tCha⁻¹ arasında bulunmuş olup (Güner ve Çömez, 2017), Tolunay ve Çömez (2008) tarafından bildirilen aralıkta kalmaktadır. Karatepe (2004) Isparta yöresi 45 yaşındaki karaçam ağaçlandırmaları için ölü örtü karbon stoğunu 11-17 tCha⁻¹ olarak belirlemiştir. Çakır ve ark.

(2019) da Çankırı yöresinde 24 yaşındaki ağaçlandırma sahası için ortalama olarak $9,5 \text{ tCha}^{-1}$ ölü örtü karbon stoğu bildirmektedir. Güner ve ark. (2021) Afyonkarahisar yöresinde 50 yaşındaki karaçam ağaçlandırmalarında ölü örtüde 12 tha^{-1} karbon stoğu belirlemiştir. İspanya'da yapılan bir araştırmada (Herrero ve ark., 2016) ise ölü örtü karbon stoğu orta bonitette 7, zayıf bonitette 12, iyi bonitette ise 9 tha^{-1} bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Karaçam ağaçlandırma alanlarında ölü odun ve ölü örtü karbon stokları.

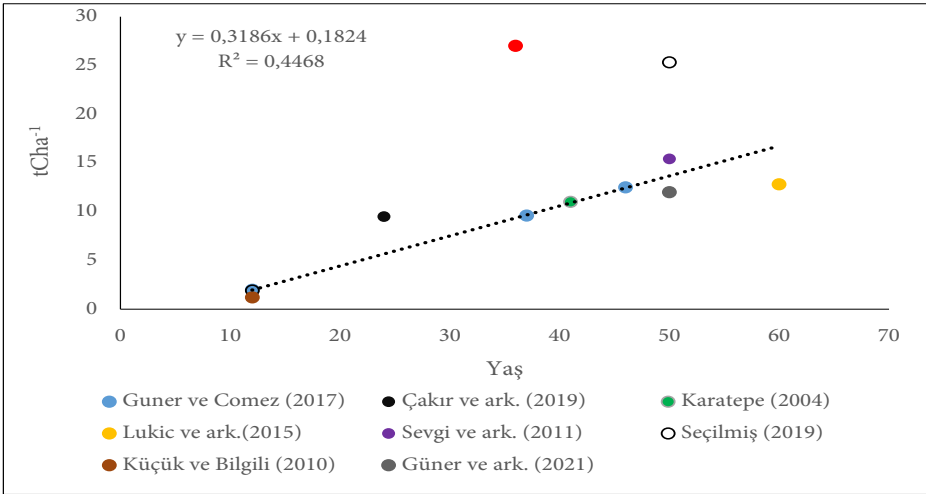
Bileşen	Karbon stoğu tCha^{-1}	Yer	Kaynak
Ölü odun	22	Sırbistan	Lukić ve ark., 2015
Ölü örtü	3-37	Türkiye	Tolunay ve Çömez, 2008
	2-12	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
	11-17*	Türkiye	Karatepe, 2004
	9,5	Türkiye	Çakır ve ark., 2019
	16	Türkiye	Sevgi ve ark., 2011
	12	Türkiye	Güner ve ark., 2021
	27,0	İtalya	Esposito, 2008
	13,6*	Sırbistan	Lukić ve ark., 2015
	1,9-25	Türkiye	Seçilmiş, 2019
	1*	Türkiye	Küçük ve Bilgili, 2010
7,0-11,6	İspanya	Herrero ve ark., 2016	

*Ölü örtü miktarı 0,48 ile çarpılarak karbon miktarına dönüştürülmüştür.

Görüldüğü gibi karaçam ağaçlandırma alanlarında ölü örtü havuzunun karbon stoğu çok geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu değişim öncelikle zamana bağlı olup (Şekil 2) yetişme ortamı faktörleri ve meşcere özelliklerinin etkisi altında meydana gelmektedir. Meşcere geliştikçe bitkisel kütle artmakta, dökülme yoluyla ölü örtü birikimi olmaktadır. Ayrışma süreçleriyle ölü örtü her ne kadar toprağa organik madde sağlasa da, sıcaklık ve nem koşulları çok hızlı bir ayrışmaya sebep olmadığı sürece belirli bir denge oluşana kadar ölü örtü havuzunda bir karbon stoğu oluşmaktadır. Özellikle 50-60 yaşlarından itibaren ölü örtü karbon stoğunun $12-13 \text{ tCha}^{-1}$ civarında dengeye geldiği söylenebilir. Ancak çok kurak veya çok nemli yetişme ortamlarında ayrışma duraklamaya uğramakta ve bu yetişme ortamlarında kurulmuş ağaçlandırma sahalarında ölü örtü karbon stoğu 20 tCha^{-1} 'in üzerine çıkabilmektedir (Şekil 2). Karaçam ağaçlandırma alanlarında ölü örtü karbon stoğu ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar grafik olarak Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de görüleceği üzere ölü örtü karbon stoğu meşcerenin yaşına bağlı olarak artmaktadır. Ancak bu artışın belirli bir yaştan sonra durması muhtemeldir. Meşcere yaşı ile ölü örtü karbon stoğu arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması için bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Karaçam ağaçlandırma alanlarındaki ölü odun miktarına ilişkin sadece bir adet araştırma bulunmuş olup (Lukić ve ark., 2015), bu çalışmada da ölü odun miktarı

doğrudan ölçme yerine IPCC (2003)'de belirtilen yöntem kullanılarak canlı bitkisel kütle karbon stoğunun % 25'i alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların yukarıda belirtildiği gibi belirsizliği çok yüksektir. Ölü odun genellikle kalınlığı 10 cm ve daha fazla olan dikili halde veya zeminde yatık durumdaki ölü ağaç veya kesim artıklarından oluşmaktadır. Ancak ülkelerin şartlarına göre de boyutları farklı şekilde tanımlanabilmektedir. Ölü odunun orman ekosistemindeki miktarı ormanda geçmişte meydana gelen yıkımlar, doğal gövde ayrılmalarının hızı ve uygulanan müdahalelere bağlı olarak değişmektedir (IPCC, 2006). Ağaçlandırma ile oluşturulmuş ormanlarda birim alandaki ağaç sayısı doğal ormandakinden daha az olduğu için rekabet de daha az olmaktadır. Bu nedenle doğal gövde ayrılmalarının ölü odun stoğuna katkısı da az olmaktadır. Kesimlerle fazla miktarda ağaç çıkarılmaması ve kesim artıklarının önemli bir kısmının ormandan çıkarılması da ölü odun miktarının az olacağına işaret etmektedir. Nitekim, Güner ve Çömez (2014) karaçam ağaçlandırma sahalarında ölü odun tespit edemediklerini bildirmektedirler. Gençlik ve sıklık çağındaki karaçam ağaçlandırma alanlarında 10 cm'den kalın çaplı odunsu materyal bulunması ihtimali az olduğundan ölü odun karbon havuzu söz konusu olmayabilir. Ancak ağaçlık çağındaki alanlarda özellikle bakım kesimlerinin yapıldığı veya kırık ve devrik olaylarının yaşandığı yerlerde ölü odun stoğunun olabileceği karbon envanteri çalışmalarında göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2. Ölü örtü karbon stoğunun meşcere yaşı ile değişimi.

Ağaçların toprak üstü kısımlarının özellikle yaprakların dökülmesiyle oluşan ölü örtü toprak canlıları tarafından ayrıştırılarak mineralize olmaktadır. Ayrışmanın hızı büyük oranda ölü örtünün kimyasal özellikleri ile yetişme ortamının özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Karaçam ağaçlandırma sahalarında ölü örtünün ayrışma hızı (k sabiti) Çakır ve ark. (2019) tarafından ibreler için 0,27-0,36, ince dal ($\emptyset < 4$

cm) için 0,10, kalın dal ($\emptyset < 4$ cm) için 0,20-0,33 arasında bulunmuştur. Bu verilere göre karaçamda ölü örtünün ibre kısmının ayrışma süresi ortalama 10 yıl olarak belirlenmiştir. İnce dalları ise ayrışma hızları daha düşük bulunmuş olup ortalama ayrışma süresi 30 yıl olarak tahmin edilmiştir. Kalın dalların ise 10-15 yıl gibi bir sürede ayrışacağı bildirilmektedir (Çakır ve ark., 2019).

2.3. Toprak karbon stoğu

Orman olmayan alanların ağaçlandırılması toprak karbon stoğunu arttırmaktadır. Ancak bu artış özellikle yoğun kültür işlemlerine maruz kalan topraklarda ve toprağın üst horizonlarında daha belirgindir (Nave ve ark., 2013). Türkiye'de orman olmayan alanlar çoğunlukla yöre halkı tarafından hayvanların otlatılması amacıyla mera olarak kullanılmaktadır. Genellikle zayıf bir otsu bitki örtüsüyle kaplı olan bu alanların toprakları belirli bir miktar karbon stoğuna sahiptir. Ağaçlandırmadan önce sahanın hazırlanması için, öncelikle dikilecek fidanlarla rekabete girebilecek diri örtü kaldırılmakta ve daha sonra da toprak işlemesi yapılmaktadır. Yapılan bu işlemler toprakta mevcut olan organik maddenin ayrışmasını hızlandırarak karbon stoğunda azalmaya yol açmaktadır. Ancak Türkiye'de ağaçlandırma amacıyla yapılan arazi hazırlığı işlemlerinin toprak karbon stoğuna etkisi konusunda henüz bir araştırma yapılmamıştır. Ağaçlandırılan alanlarda fidanların büyümesiyle birlikte ölü örtü oluşmaya başlamakta, ölü örtünün ve fidanların ince köklerinin ayrışması ile topraktaki karbon stoğunda da artış meydana gelmektedir. Türkiye'de (Eskişehir), Kaptanoğlu Berber ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada toprak organik madde içeriği mera olarak kullanılan alanda %2,62 olarak ölçülürken, hemen bitişiğindeki 10 yaşındaki karaçam ağaçlandırmasında %1,83, yine bitişiğindeki 23 yaşındaki alanda ise %2,32 bulunmuştur. Dolayısıyla toprağın ağaçlandırma yapıldıktan sonra karbon içeriği düşmüş ve ancak 23 yıl sonra başlangıç seviyesine yaklaşabilmiştir. Güner ve ark. (2021) tarafından Afyonkarahisar'da yapılan bir başka çalışmada ise toprak karbon stoğu 50 yaşındaki karaçam ağaçlandırma alanında 48 t ha^{-1} , bitişiğindeki ağaçlandırma yapılmamış alanda ise 37 t ha^{-1} bulunmuştur. Dolayısı ile ağaçlandırmaların büyümesi ile birlikte zaman içerisinde toprak karbon stoğunun başlangıç seviyesini geçeceğini söylemek mümkündür. Ayrıca toprak üzerinde oluşan ölü örtü ve bitkisel kütle karbon stoğu hesaba katıldığında ağaçlandırmaların ekosistemdeki toplam karbon stoğunu arttırdığını da dikkate almak gerekmektedir.

Toprak karbon stoğu konusundaki çalışmalarda hesaplamaların çok farklı derinliklere göre yapıldığı görülmektedir. Bu durum karaçam ağaçlandırma alanlarının toprak karbon stoğu konusunda yorum yapmayı güçleştirmektedir. Toprak organik karbon stoğu ağaçlandırmanın yaşı başta olmak üzere, iklim, toprak ve yeryüzü şekli özelliklerden etkilenmektedir. Örneğin karaçam ağaçlandırma alanları için toprak karbon stoğunu De Marco ve ark. (2010) 36 yaşındaki sahalarda 136 t Cha^{-1} olarak bulurken, Türkiye'de yarı kurak iklim koşullarında 24 yaşındaki

sahalarda 46 tCha⁻¹ olarak bildirilmektedir (Çakır ve ark., 2019). Diğer yandan, 0-20 cm toprak derinliği için Çakır ve ark. (2019)'un verdiği karbon stoğu değeri ağaçlandırmanın yaşı daha küçük olmasına rağmen, Lukić ve ark. (2015)'in 60 yaşındaki karaçam ağaçlandırma sahası için bildirdiğinden daha yüksektir (Çizelge 3). Bu durum muhtemelen diğer yetiştirme ortamı faktörlerinin ağaçlandırma yaşından daha baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle anakaya ve toprak özellikleri toprak karbon stoğu üzerinde etkili olmaktadır. Toprakların taş miktarının az olması organik madde içeren ince kısmının (< 2 mm) hacim ağırlığının fazla olmasını, dolayısıyla da karbon stoğunun artmasını sağlamaktadır. Ayrıca ince tekstürlü yani kil miktarı daha fazla olan toprakların karbon içerikleri daha fazla olmaktadır. Örneğin Lukić ve ark. (2015)'in çalıştığı sahalarda toprakları yüksek eğimli, erozyona maruz arazideki kristalin şistlerden gelişmiş asit karakterli, kaba tekstürlü iken, iki katından daha fazla karbon stoğuna sahip Çakır ve ark. (2019)'un çalıştığı sahalarda toprakları daha az eğimli bir arazi üzerinde kil ve marn materyallerinden gelişmiş, hafif alkali ve ince tekstürlü karakterdedir.

IPCC (2006) 1. seviyede raporlama için 30 cm toprak derinliğine göre hesaplama yapılmasını önermektedir. Ancak 2. seviye raporlamada eğer mevcutsa daha derin toprak katmanlarına göre hesaplama yapılabileceğini bildirmektedir. Yapılan araştırmaların önemli bir kısmında ise 1 m toprak derinliği için karbon stoklarının verildiği görülmektedir (Çizelge 3). Araştırma sonuçlarının karşılaştırılabilir olması, geçmişte yapılmış araştırma sonuçlarından faydalanılarak yıllık birikim miktarlarının hesaplanması ve toprak karbon stoğunun eksik hesaplanmaması bakımından sonuçların 1 m derinlik için verilmesi önem arz etmektedir.

Çizelge 3. Karaçam ağaçlandırma alanlarında toprak karbon stokları.

Toprak Derinliği	Karbon stoğu tCha ⁻¹	Yer	Kaynak
0-15 cm	136	İtalya	De Marco ve ark., 2010
	46	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
0-20 cm	59	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
	25	Sırbistan	Lukić ve ark., 2015
0-30 cm	84	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
	103	Türkiye (İstanbul)	Sevgi ve ark., 2011
	24	ABD (Ohio)	Jacinte ve Lal, 2007
	48	Türkiye (Afyonkarahisar)	Güner ve ark., 2021
0-50 cm	30	İspanya	Herrero ve ark., 2016
	118	Çankırı	Çakır ve ark., 2019
0-100 cm	14-33	Türkiye (Ankara)	Seçilmiş, 2019
	78-92	Türkiye (Eskişehir, Afyon)	Güner ve ark., 2011
	60-90	Türkiye	Güner ve Çömez, 2017
	9-175	Türkiye	Tolunay ve Çömez, 2008
100-120 cm	75-88	Türkiye (Mersin)	Polat ve ark., 2014
	13-79	Türkiye (Isparta)	Karatepe, 2004

3. Dökülme Yoluyla Ekosisteme Karbon Girişi

Besin maddelerinin bir kısmı vejetasyon döneminin sonuna doğru yapraklardan ve yaşlı organlardan genç organlara ve kök kısmına gönderilmekte ve yaşlanan yapraklar dökülmektedir. Dökülen yapraklar orman ekosistemlerinde toprağa karbon ve diğer besin maddelerinin girişinde en önemli kaynaklardan birini oluşturmaktadır. Dökülme miktarı üzerinde meşcerenin özelliklerinin yanı sıra iklim özellikleri de etkili olmaktadır. Meşcerenin yaşı ve buna bağlı olarak artan toprak üstü bitkisel kütle dökülme miktarının da artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca yetiştirme ortamının verimliliği de dökülme miktarını etkilemektedir. Çömez ve ark. (2019) doğal sarıçam ormanlarında iyi yetiştirme ortamlarında iğne yaprak üretiminin artması sebebiyle dökülme miktarının da arttığını bildirmektedir. Türkiye’de karaçam ağaçlandırmalarında dökülme miktarını belirlemeye yönelik ilk araştırma Irmak ve Çepel (1968) tarafından yapılmıştır. Çalışmada 43 yaşındaki karaçam ağaçlandırmasında 4,3-4,8 tha^{-1} arasında ibre dökümü (2,2-2,4 $tCha^{-1}$) olduğu ortaya konulmuştur. Çakır ve ark. (2019) ise ibre dökülmesinin yanı sıra dal, kabuk, kozalak ve diğer bileşenlerin miktarını ve bu yolla ölü örtüye yılda 2,6 tha^{-1} karbon girişi olduğunu belirlemişlerdir. Cseresnys ve ark. (2006) Macaristan’da karaçam ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada meşcere yaşına bağlı olarak toplam dökülme yoluyla ölü örtüye yılda 6,8-11,7 $tCha^{-1}yıl^{-1}$ arasında değişen miktarlarda karbon girişi olduğunu bildirmektedirler (Çizelge 4). Araştırmacılar en düşük karbon girişlerinin 21-40 yaş grubunda, en yüksek karbon girişini ise 61-80 yaş grubunda belirlemişlerdir. Aynı çalışmada dökülme yoluyla karbon girişinin 80 yaşına kadar arttığı bu yaştan sonra ise azaldığı ortaya konulmuştur (Şekil 3). Ancak İtalya ve Türkiye’deki karaçam ağaçlandırmalarında belirlenen miktarlar Cseresnys ve ark. (2006)’nın ölçtüğü miktarlardan çok daha düşüktür. Yapılan araştırmalar dökülmeyle ekosisteme karbon girişinin en fazla ibrelerden kaynaklandığını, kozalakların da karbon girişinde önemli payı olduğunu göstermektedir (Çizelge 4).

4. Yıllık Birikimler

4.1. Ağaç kütleindeki yıllık birikim

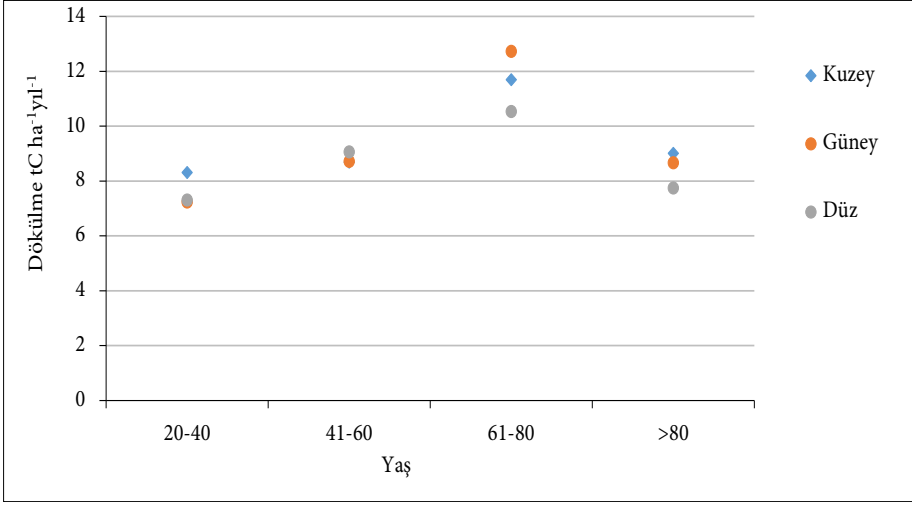
Orman ekosistemlerinde ağaç kütlelerinde biriken karbon miktarı genel olarak yıllık hacim artımlarından yararlanılarak hesaplanmaktadır. Yıllık kabuklu gövde hacim artım miktarları kütleyle dönüştürme katsayıları ile çarpılarak ormanın bitkisel kütleindeki artışlar tahmin edilmektedir. Dolayısıyla bitkisel kütledeki yıllık karbon biriktirme kapasitesi ağacın hacim artımıyla orantılıdır.

Büyümenin hızlı olduğu verimli yetişme ortamlarında bitkisel kütle daha fazla karbon biriktirmektedir. Tolunay (2011) Türkiye’de iğne yapraklı ormanların toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütlelerinde yıllık karbon birikimini ortalama $1,10 \text{ tha}^{-1}$ olarak bildirmektedir. Güner ve Güner (2021) ise 35 yaşındaki karaçam ağaçlandırmaları için toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütledeki yıllık karbon birikimini $2,17 \text{ tha}^{-1}$ olarak hesaplamıştır. Güner ve Çömez (2017) ağaçların kök: gövde oranını $0,179$ olarak belirlemişlerdir. Bu duruma göre karaçam ağaçlandırmalarında kök kısmının yıllık karbon biriktirme kapasitesinin $0,39 \text{ tha}^{-1}$ olduğu söylenebilir. Ancak meşcerelerin gelişimine bağlı olarak da yıllık birikimlerin değişeceğini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Diğer yandan ağaçlandırmalarda fidan dikiminde kullanılan aralık mesafe de birim alandaki bitkisel kütle miktarını etkileyebilir. Ancak bu konuda henüz yayınlanmış bir araştırma bulunmamaktadır. Bununla birlikte Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü tarafından karaçamda dikim aralık-mesafesinin toprak özellikleri ve büyümeye etkisi konusunda bir araştırma projesi yürütülmekte olup henüz sonuçlar değerlendirilmemiştir (Güner ve ark., 2013). Kızılçam ağaçlandırmalarında ise Erkan ve Aydın (2016) dikimlerde aralık-mesafe artırılmasının birim alandaki yıllık karbon birikimini 12 yıllık dönemde azalttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar kısa idare süresi ile işletilecek kızılçam ağaçlandırmalarında dar aralık mesafenin karbon birikimi bakımından daha elverişli olduğunu bildirmektedir. Ancak idare süresi uzun olan ağaç türlerinde aralık mesafenin karbon birikimini nasıl etkileyeceği konusu henüz açıklık kazanmış değildir.

Çizelge 4. Karaçam ağaçlandırma alanlarında dökülme yoluyla ekosisteme giren karbon miktarı.

Bileşen	Karbon stoğu $\text{tCha}^{-1}\text{yıl}^{-1}$	Yer	Kaynak
İbre	1,7*	İtalya	Esposito, 2008
	1,9	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
	2,2-2,4*	Türkiye (İstanbul)	Irmak ve Çepel, 1968
	5,4-9,6*	Macaristan	Cseresnys ve ark., 2006
Dal	0,1	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
	0,5-1,5*	Macaristan	Cseresnys ve ark., 2006
Kabuk	0,1	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
Kozalak	0,3	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
	0,9-1,6*	Macaristan	Cseresnys ve ark., 2006
Diğer	0,1	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
Toplam Dökülme	2,6*	İtalya	Esposito, 2008
	2,6	Türkiye (Çankırı)	Çakır ve ark., 2019
	2,6*	İtalya	De Marco ve ark., 2010
	6,8-11,7*	Macaristan	Cseresnys ve ark., 2006

*Toplam dökülme miktarı $0,5$ ile çarpılmıştır.



Şekil 3. Macaristan’da karaçam ağaçlandırmalarında dökülme miktarının meşcere yaşı ve bakıya göre değişimi. Bakılar arasında karbon girişi miktarları arasında önemli bir fark belirlenmemiştir (Cseresnyes ve ark. (2006)’dan yararlanılarak çizilmiştir).

4.2. Ölü örtüdeki yıllık birikim

Ölü örtü bir yandan toprak canlıları tarafından ayrıştırılıp içeriğindeki karbonun bir kısmı atmosfere salınırken, diğer yandan yaprak dökülmesi yoluyla da eksilen karbon stoğu dengelenmektedir. Her ne kadar ölü örtüye karbon girişi ile çıkışının bir denge halinde olduğu düşünülse de yapılan araştırmalar ekosisteme yapılan müdahalelerle ya da iklimde meydana gelen değişiklikler sebebiyle ölü örtü ayrışma hızının değiştiği, dolayısıyla da ölü örtü karbon stoğunda artış ya da azalmalar meydana geldiği ortaya konulmuştur. Örneğin Türkiye’nin çeşitli bölgelerini kapsayan bir araştırmada karaçam ağaçlandırma alanlarında yıllık ortalama olarak 0,20-1,20 tC ha⁻¹yıl⁻¹ arasında karbon birikimi olduğu bildirilmektedir (Güner ve Güner, 2021). Yine Güner ve ark. (2021)’e göre 50 yaşındaki karaçam ağaçlandırma sahalarında belirlediği 12 t ha⁻¹ ölü örtü karbon stoğunun yıllık ortalama birikimi 0,24 t ha⁻¹yıl⁻¹ olmaktadır. Ölü örtüdeki bu yüksek değişkenliği daha iyi açıklayabilmek için ağaçlandırma sahalarında dökülme ve ayrışma konularında araştırmalar yapılması gerekmektedir.

4.3. Toprakta yıllık karbon birikimi

Toprakta karbon stoklarının belirlendiği çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, yıllık birikim miktarlarının belirlendiği çalışma sayısı oldukça azdır. Yıllık karbon birikimleri ya çok sayıda değişkenlere ait ayrıntılı veri gerektiren modellerle, ya da belirli zaman aralıklarında aynı noktalardaki

ölçümler arasındaki farklardan belirlenmektedir. Ravindranath ve Ostwald (2008) toprak karbon stok farklarının belirlenmesinde iki ölçüm dönemi arasında geçen sürenin 5 veya 10 yıl olmasını önermektedir. Sürenin uzun olması, toprak özelliklerindeki değişkenliğin yüksek olması, yıllık birikim miktarının ihmal edilebilecek düzeyde olduğu düşüncesi gibi sebepler araştırmacıların bu konu üzerindeki ilgisini azaltmıştır. Ancak yapılan sınırlı sayıdaki araştırmalar orman topraklarında karbon birikiminin ormanın toprak üstü kısımlarındaki birikimlere yakın olabileceğini göstermektedir (Güner ve Makineci, 2017; Güner ve Güner, 2021). Topraktaki yıllık birikimlerin miktarları bazı faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin Güner ve Güner (2021) karaçam ağaçlandırmaları altındaki topraklarda silvikültürel müdahalelerle ağaç çıkartılması sebebiyle toprakta karbon stoğunda azalma meydana geldiğini ve bu azalmanın ortalama hektarda yıllık 2,80 tona kadar ulaşabildiğini bildirmektedir. Aynı araştırma sonuçlarına göre müdahale yapılmayan sahalarda karbon birikimi yılda 6,41 tona kadar çıkabilmektedir. Genel bir değer olarak karaçam ile ağaçlandırılan topraklarda yılda 1,2 ton karbon birikmekte olup bu değer karaçamda toprak üstü kısımda yıllık biriken karbon miktarının yarısından daha fazladır (Güner ve Güner, 2021). Güner ve ark. (2021)'in çalışmasında 50 yaşındaki karaçam ağaçlandırma sahası ve bitişindeki ağaçlandırılmamış sahanın karbon stokları arasındaki fark $10,9 \text{ tha}^{-1}$ olup yıllık birikim ortalama $0,22 \text{ tha}^{-1}\text{yıl}^{-1}$ 'dir. Ağaçlandırma çalışmalarının toprakta yıllık karbon birikimlerine yaptığı katkının ve bu katkıda etkili olan faktörlerin daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

5. Sonuç

Karaçam ağaçlandırmalarının karbon bütçesi ile ilgili olarak Türkiye'de yapılmış çok sayıda araştırma mevcut olmakla birlikte yeterli verinin olmadığı konular da bulunmaktadır. Gençlik çağındaki karaçam ağaçlandırmalarının bitkisel kütlelerinin belirlenmesi bu konulardan biridir. Özellikle bitkisel kütleinin toprak üstü ve toprak altı kısımlarının yıllık artımları konusunda daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Diğer yandan ağaçlandırmanın tesisinden itibaren diri örtünün depoladığı karbon miktarının zamansal ve mekânsal değişimi konusunda bilgi eksikliği bulunmaktadır. Arazi hazırlığı sonucu oluşan karbon kayıpları ve bu kayıpların zamanla telafisi konusu da tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Farklı yetişme ortamlarında meşcerenin kuruluşundan gençleştirilmesine kadar süren dönemde ölü örtü karbon stoğundaki değişimler ayrıntılı incelenmesi gereken bir diğer konudur. Önemli bir karbon havuzu olan topraktaki karbon stoğu ile ilgili yapılan araştırmalarda çeşitli derinlikler esas alındığından bu verilerin

değerlendirilme olanakları da sınırlıdır. Bu konuda hesaplamaların 1 m toprak derinliği için yapılması çözüm olabilir. Ayrıca ölü örtü ve toprakta yıllık karbon birikimleri ve bunları etkileyen faktörlerin belirlenmesi karaçam ağaçlarının karbon bütçesinin ortaya konulmasına önemli katkılar sağlayacaktır. Karbon döngüsünün önemli bir sürecini oluşturan dökülme ve ayrışma konularında da veriler yetersiz olup, bu konularda araştırma çalışmalarına ihtiyaç vardır. Yapılan teknik müdahalelerin karbon stoklarının değişimi üzerindeki etkilerinin de ortaya konulması gerekmektedir. Böylece iklim değişikliğine uyum ve etkilerinin azaltılmasında uygulanabilecek yöntemler belirlenmiş olacaktır.

Kaynaklar

- Akburak, S., Makineci, E., 2013. Temporal Changes of Soil Respiration under Different Tree Species. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 3349–3358.
- Akburak, S., Oral, H. V., Özdemir, E., Makineci, E., 2013. Temporal Variations of Biomass, Carbon and Nitrogen of Roots under Different Tree Species. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(1): 8-16.
- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, D. W., Chamber, J. Q., Thomlinson, J. R., Ni, J., 2001. Measuring Net Primary Production in Forests: Concepts and Field Methods, *Ecological Applications*, 11(2): 356-370.
- Cseresnys, I., Csontos, P., Bózsing, E., 2006. Stand Age Influence on Litter Mass of *Pinus nigra* Plantations on Dolomite Hills in Hungary. *Canadian Journal of Botany*, 84: 363-370.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinde Ölü Örtü Ayrışması ile Mikroeklembacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TUBİTAK-TOVAG Proje Nu: 215O572, 125 sayfa, Çankırı.
- Çakır, M., Makineci, E., 2013. Humus Characteristics and Seasonal Changes of Soil Arthropod Communities in a Natural Sessile Oak (*Quercus petraea* L.) Stand and Adjacent Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantation. *Environmental Monitoring Assessment*, 185: 8943–8955.
- Çömez, A., Tolunay, D., Güner, Ş. T., 2019. Litterfall and the Effects of Thinning and Seed Cutting on Carbon Input into the Soil in Scots Pine Stands in Turkey. *European Journal of Forest Research*, 138: 1–14.
- De Marco, A., Esposito, F., Giordano, M., Vittozzi, P., De Santo, A. V., 2010. Litter Production, Soil Organic Matter Dynamics and Microbial Activity in Two Coeval Forest Stands on Mount Vesuvius. *Geophysical Research Abstracts*, 12: EGU2010-5929.
- Erkan, N., Aydın, A.C., 2016. Effects of Spacing on Early Growth Rate and Carbon Sequestration in *Pinus brutia* Ten. Plantations. *Forest Systems*, 25(2): e064.

- Esposito, F., 2008. Soil Organic Matter and Carbon Sequestration in Forest Stands on Mount Vesuvius. Doktora Tezi, Napoli Üniversitesi Federico II, 93 sayfa, İtalya.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü Araştırma Projesi (Proje Nu: ESK-10.(6303)/2011-2014), 51 sayfa, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Comez, A., 2017. Biomass Equations and Changes in Carbon Stock in Afforested Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Stands in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (3): 2368-2379.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Erkan, N., Karataş, R., Şahin, U., Güner, D., 2013. Farklı Yetiştirme Ortamlarındaki Karaçam Ağaçlandırmalarında Dikim Aralık-Mesafesinin Toprak Özelliklerine ve Büyümeye Etkisi. Orman Genel Müdürlüğü Araştırma Projesi, Proje Nu: ESK-14(6311)/ 2013-2032 Proje Metni, 17 sayfa, Ankara.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., Özkan, K., 2011. *Eskişehir ve Afyonkarahisar illerindeki Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arnold. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarının Gelişimi ile Yetiştirme Ortamı Özellikleri Bazı Arasındaki İlişkiler*. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten Nu: 1, Bakanlık Yayın Nu: 434, 83 sayfa, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Erkan, N., Karataş, R., 2021. Effects of Afforestation with Different Species on Carbon Pools and Soil and Forest Floor Properties. *Catena*, 196: 104871.
- Güner, Ş. T., Güner, D., 2021. Changes in Carbon Stocks of Soil and Forest Floor in Black Pine Plantations in Turkey. *Journal of Forest Research*, 32(1): 339-347.
- Güner, Ş. T., Makineci, E., 2017. Determination of Annual Organic Carbon Sequestration in Soil and Forest Floor of Scots Pine Forests on The Türkmen Mountain (Eskişehir, Kütahya). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2): 109-115.
- Gülbeyaz, Ö., 2018. Estimating Net Primary Productivity of Forest Ecosystems over Turkey Using Remote Sensing Approach. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; S. Zuhul Akyürek, 96 sayfa, Ankara.
- Herrero, C., Turrión, M. B., Pando, V., Bravo, F., 2016. Carbon Content of Forest Floor and Mineral Soil in Mediterranean *Pinus* spp. and Oak Stands in Acid Soils in Northern Spain. *Forest Systems*, 25(2): e065, 13 pages.
- IPCC, 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Editörler: Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe T. ve Wagner F.) Erişim tarihi: 12 Mart 2021, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG_LULUCF_FULLEN.pdf

- IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the national greenhouse gas inventories programme (Editörler: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K.). IGES, Japan. Erişim tarihi: 14 Nisan 2020 from <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.
- Irmak, A., Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanı'nda Seçilen Birer Kayın, Meşe ve Karaçam Meşceresinde Yıllık Yaprak Döküm Miktarı ve Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddelerinin Tesbiti Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17A (2): 53-76.
- Jacinthe, P. A., Lal, R., 2007. Carbon Storage and Minesoil Properties in Relation to Topsoil Application Techniques. *Soil Science Society of American Journal*, 71(6): 1788-1795.
- Kaptanoğlu Berber, A.S., Farasat, S., Namli, A., 2014. Afforestation Effects on Soil Biochemical Properties. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1(1): 25-34.
- Karatepe, Y., 2004. Gölcük (Isparta)'te Karaçam (*Pinus nigra* Arn. supsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinin Topraklarındaki Toplam Azot ve Organik Karbon ile Ölü Örtülerindeki Toplam Azot ve Organik Madde Miktarlarının Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 1-16.
- Karoshi, V. R., Nadagoudar, B. S., 2012. Forest Plantations for Climate Change Mitigation –Reviewing Estimates of Net Primary Productivity in Forest Plantations. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 67(1): 157-162.
- Konukcu, M., 2001. *Ormanlar ve Ormancılığımız*. DPT Yayınları Yayın Nu: 2630, Ankara.
- Kurnaz, L., 2019. *Son Buzul Erimesinden*. Doğan Egmont, İstanbul.
- Kucuk, O., Sağlam, B., Bilgili, E. 2007. Canopy Fuel Characteristics and Fuel Load in Young Black Pine Trees. *Biotechnol. Biotechnol. Eq.*, 21(2): 235-240.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., 2010. Estimation of Carbon Emissions from Experimental Fires in Young Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantations. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19: 4a.
- Lorenz, K., Lal, R., 2010. *Carbon Sequestration in Forest Ecosystems*. Springer, New York.
- Lukić, S., Pantić, D., Belanović Simić, S., Borota, D., Tubić, B., Djukić, M., Djunisijević-Bojović, D., 2015. Effects of Black Locust and Black Pine on Extremely Degraded Sites 60 Years after Afforestation - a case study of the Grdelica Gorge (southeastern Serbia). *iForest*, 9: 235-243.
- Nave, L. E., Swanston, C. W., Mishra, U., Nadelhoffer, K. J., 2013. Afforestation Effects on Soil Carbon Storage in the United States: A Synthesis. *Soil Science Society of America Journal*, 77: 1035–1047.
- Nunes, L. J. R., Meireles, C. I. R., Gomes, C. J. P., Ribeiro, N. M. C. A., 2019. Forest Management and Climate Change Mitigation: A Review on Carbon Cycle Flow Models for the Sustainability of Resources. *Sustainability*, 11 (19): 5276.

- OGM, 2020. Orman Genel Müdürlüğü Ormancılık İstatistikleri, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx> (Erişim tarihi: 09/04/2020).
- Ostadhashemi, R., Shahraji, T. R., Roehle, H., Limaiei, S. M., 2014. Estimation of Biomass and Carbon Storage of Tree Plantations in Northern Iran. *Journal of Forest Science*, 60(9): 363-371.
- Polat, S., Polat, O., Kantarcı, M. D., Tüfekçi, S., Aksay, Y., 2014. Mersin-Kadıncık Havzası'ndaki Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ağaçlandırmalarının Boy Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1A(1): 22-37.
- Ravindranath, N. H., Ostwald, M., 2008. *Carbon Inventory Methods: Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects*. Springer, New York.
- Reyer, C., Guericke, M., Ibisch, P. L., 2009. Climate Change Mitigation Via Afforestation, Reforestation and Deforestation Avoidance: and What About Adaptation to Environmental Change? *New Forests*, 38: 15-34.
- Seçilmiş, A., 2019. *İç Anadolu Bölgesinde Farklı Yaşlardaki Karaçam Ağaçlandırma Toprak ve Bitkideki Bazı Besin Maddesi Oranlarının Yıllara Göre Değişimi*. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Murat Sargıncı, 88 sayfa, Düzce.
- Sevgi, O., Makineci, E., Karaoz, O., 2011. The Forest Floor and Mineral Soil Carbon Pools of Six Different Forest Tree Species. *Ekoloji*, 20(81): 8-14.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., Sağlam, B., Bilgili, E., Altun, L., Küçük, Ö., 2006. Influence of Fire on Root Biomass Dynamics and Soil Respiration Rates in Young Corsican Pine (*Pinus nigra*) Stands in Turkey. *V International Conference on Forest Fire Research*, 27-30 Kasım 2006, pp: 1-11, Portekiz.
- Tolunay, D., 2011. Total Carbon Stocks and Carbon Accumulation in Living Tree Biomass in Forest Ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 265-279.
- Tolunay, D., Çömez, A., 2008. Türkiye Ormanlarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları. Sayfa: 750-765, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu 22-25 Ekim 2008*, Bildiri Kitabı, Hatay.
- Vogt, K., 1991. Carbon Budgets of Temperate Forest Ecosystems. *Tree Physiology*, 6: 69-86.
- Zečić, Ž., Vusić, D., Štimac, Z., Cvekan, M., Šmić, A., 2011. Aboveground Biomass of Silver Fir, European Larch and Black Pine. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32(1): 369-377.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

KARAÇAM DOĞAL ORMANLARININ TOPRAK ÖZELLİKLERİ

1. Giriş

Türkiye’de ormancılık çalışmaları ilk olarak toprak, ekoloji, silvikültür, ağaçlandırma, siyaset, yönetim gibi konularda yapılmıştır. Çeşitli ormancılık bilimleri alanlarında yapılan bu çalışmalarla farklı ağaç türlerine ait bilgiler de elde edilmiştir. Söz konusu bu birikimler daha sonra türleri merkeze alan eserlerle ortaya konulmuştur. Kayın (1985), Kızılcım (1987), Doğu Ladini (1989), Sedir (1994) ve Sarıçam (1994) çalışmaları Ormancılık Araştırma Enstitüleri tarafından yayınlanmıştır (Anonim, 1992). Ayrıca 22-27 Ekim 1990 tarihinde Uluslararası Sedir Sempozyumu yapılmıştır. Uluslararası Kızılcım Sempozyumu 18-23 Ekim 1993 tarihinde düzenlenmiştir. Bu çalışmalarda türleri farklı ormancılık bilimleri açısından inceleyen çalışmalar bir araya getirilmiştir. Bununla birlikte sedirin biyolojisi ve silvikültürü de yayınlanmıştır (Boydak ve Çalıkoğlu, 2008). Benzer şekilde fıstıkçamının da farklı yönlerini içeren çalışma ortaya konulmuştur (Kılıcı ve ark., 2014). Söz konusu çalışmalarda türlerin toprak özellikleriyle ilgili bilgiler de verilmektedir. Karaçam orman toprakları üzerine çeşitli çalışmalarda bilgiler verildiği görölmektedir. Fakat türün tamamını içeren bilgi birikimini yansıtan çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Türkiye karaçam ormanları açısından dünyanın en zengin ölkelerindedir (Bussotti, 2002). Karaçam ormanlarından faydalanmanın geçmişı çok eskilere dayansa da planlı kullanımlarının yüzyıllık bir geçmişı bulunmaktadır. Dolayısıyla karaçam ormanları üzerine yapılan çalışmalarla farklı konularda önemli bilgiler ortaya konulmuştur. Bu çalışmada karaçam ormanlarının toprakları üzerine oluşan birikimin ortaya konması ve değerlendirilmesi hedeflemiştir.

Çalışma kapsamında karaçam orman toprak birikimleri iki açıdan ortaya konulmuştur. Birincisi karaçam orman toprakları üzerine yapılan yayınların sayısı üzerinden yapılmıştır. İkincisi ise karaçam orman toprakları üzerine yapılan yöresel çalışmalar bir araya getirilerek; ölü örtü ağırlıkları, ölü örtü pH’sı, ölü örtü azotu, toprakların hacim, ince ve taş ağırlıkları, toprak türü, toprak

¹ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Faköltesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı
İstanbul, Elmek: osevgi@gmail.com

² Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Faköltesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı
İstanbul, Elmek: hbarist@luc.edu.tr

pH'sı, toprak kireci, toprağın organik karbonu, toprak azotu ve toprak rengi özellikleri ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Karaçam Orman Toprakları Üzerine Yapılan Yayınlar

Toprak bilimi ormancılık bilimlerinin temel alanlarından olduğu için ormancılık faaliyetleri için vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Dolayısıyla karaçam meşcerelerinde yapılacak ormancılık faaliyetlerinin de doğrudan toprak bilgisine dayandırılması gerekmektedir. Ormana yapılması düşünülen her müdahale veya yapılmayan müdahalelerin orman toprağına bir etkisi mevcuttur. Bitki örtüsünün toprak özellikleri üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır (Gülçur, 1957; Sevgi ve ark., 2011a). Doğal orman alanlarının verimliliğinde orman toprağı doğrudan hasılatın bir ögesi (Çepel, 1961; Irmak, 1970; Çepel, 1995) olduğu gibi ağaçlandırma alanları için de bu durum geçerlidir (Güner ve ark., 2016). Karaçam türünün ormancılık faaliyetleri ve orman endüstri sektöründeki ağırlığı düşünüldüğünde toprak özelliklerinin bilinmesini öne çıkarmıştır.

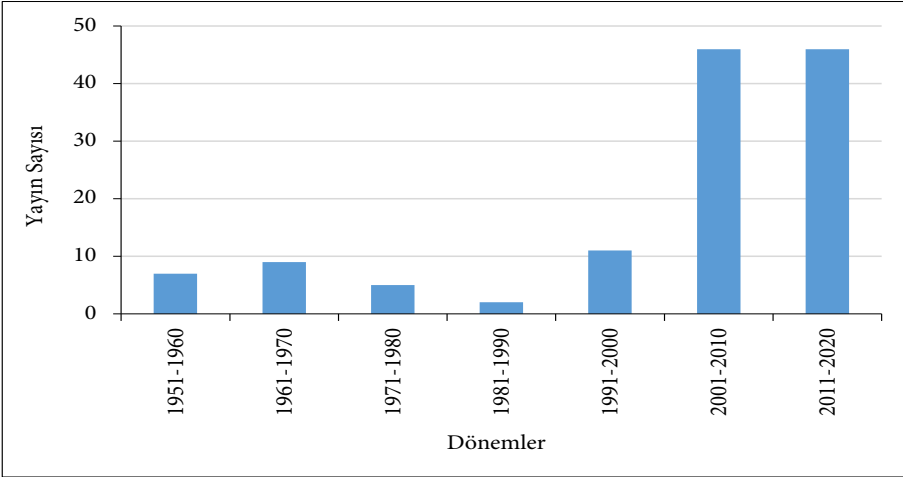
Doğal karaçam orman topraklarının yukarıdan aşağıya doğru düşey yönde kalıtsal sıralanması için ibre tabakası / çürüntü tabakası / humus tabakası / A yatmanı¹ / B yatmanı ve C yatmanı olarak genel bir sıralama bulunmaktadır (Irmak, 1968; Kantarcı, 1987; Çepel, 1988). Bu sıralama toprak örneklerinin alımında ölçüt olarak kullanıldığı gibi birçok çalışmada derinlik kademelerine göre de toprak örnekleme yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iki örnekleme yaklaşımlarıyla kısımlara ayrılan toprakların fiziksel, kimyasal ve canlılarına ait özellikleri ortaya konulmaktadır.

Türkiye'de karaçam ormanları hem meşcere özellikleri hem de yetiştirme ortamı özellikleri açısından çeşitlilik göstermektedir. Karaçam ormanları saf veya karışık, tek katlı veya iki katlı olabildiği gibi doğal ve ağaçlandırma şeklinde orman kurabilmektedir. Karaçam ormanları iklim koşulları yönünden farklılık gösteren çeşitli ortamlarda bulunabilmektedir (Saatçioğlu, 1976). Benzer şekilde çok çeşitli anakayalar üzerinde yayılış göstermektedir (Sevim, 1954a; Kalıpsız, 1963; Eruz, 1984; Sevgi ve ark., 2010). Bu nedenle karaçam ormanlarının toprak özelliklerinin tam anlamıyla belirlendiğinden söz etmek için henüz erkendir.

Karaçam orman toprakları üzerine 1951–2020 yılları arasında toplam 126 eser yayınlanmıştır (Şekil 1). Karaçam orman toprakları üzerine yapılan çalışmalar 1951'den günümüze kadar 10'ar yıllık dönemlere göre incelendiğinde 1990'lı yıllardan sonra artış görülmekle birlikte 2000'li yıllardan sonra belirgin olarak yayın sayısı artmıştır (Şekil 1). Karaçam orman toprakları üzerinde ilk kapsamlı toprak araştırması Prof. Dr. Asaf Irmak danışmanlığında 1946-48 yılları arasında Prof. Dr. Mehmet Sevim tarafından yapılan doktora tezi çalışma-

¹ Türkçe toprak yayınlarında horizon sözcüğü yaygın kullanılmaktadır. Söz konusu kelime yabancı dilden yazılışyla birlikte alınmıştır. Bu çalışmada ise yatman sözcüğünün kullanılması tercih edilmiştir.

sıdır (Sevim, 1951). Yapılan doktora tezinde Balıkesir-Dursunbey'de karaçam ormanları altındaki mikasist, ortagnays, diyabaz, serpentin, yumuşak kalker, granit, yarı mermerleşmiş paleozik kalker ve kumtaşından oluşmuş toprakların özellikleri belirlenmiştir (Sevim, 1954a). 1950'li yıllarda ağaçlandırma faaliyetlerinde toprağın önemine vurgu yapılırken (Irmak, 1954a) diğer taraftan fidanlık kurulması ve karaçamların fidanlıkta yetiştirilmesiyle ilgili toprak bilgileri araştırılmıştır (Irmak, 1958). İstanbul Belgrad Ormanındaki karaçam ağaçlandırmalarının üst topraklarına ait bazı özellikler ortaya konulmuştur (Sevim, 1956). Karaçamın doğal gençleştirmesinde ve ağaçlandırma alanlarında fidanların yaşamasını belirleyen pörsüme noktaları belirlenmiş, söz konusu araştırmada hem tohumlar hem de toprak Dursunbey-Alaçam Dağları'ndan getirilmiştir (Sevim, 1954b). Dolayısıyla 1950'li yılların karaçam toprak araştırmaları hem doğal alanlara, hem ağaçlandırma hem de fidanlığa yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Karaçam toprak bilgisi içeren yayınların dönemlere göre sayıları.

Karaçam orman toprakları yayınları 1961 ile 2000 arasında çeşitlenerek devam etmiştir. Bu dönemlerde yapılan çalışmalar ile daha ziyade karaçamın fidanlık çalışmalarına (Özdemir, 1968; Efeoğlu, 1973; Tacenur ve Efeoğlu, 1979; Akgül, 1985) ve fidanlık ile dikim yeri arasındaki ilişkilere (Büyükduman, 1977; Özdemir, 1980) yönelik bilgiler üretilmiştir. Dikilen karaçamların toprak özellikleri ile büyümeleri arasındaki ilişkilere yönelik çalışmalar yapılmıştır (Karaöz, 1991; 1993; Deniz, 1993; Akbin, 1994; Sözen, 1994). Zira bu dönemlerde ağaçlandırma konuları çok önemsenmekte ve buna bağlı olarak bilgi eksikliği giderilmeye çalışılmaktadır.

Bu dönemlerin henüz aşılamayan iki önemli çalışmasından birisi Sevim tarafından yapılan karaçamın kök yapısıyla yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerini açıklamakta ve karaçamın kök yapısı, Sevim tarafından daha önce

yapılan çalışmanın kapsamında verilmektedir (Sevim, 1951). Bu çalışma kapsamında *kazık kök* teriminin yanı sıra *sarkık kök* terimi de kullanılmaktadır (Sevim, 1961). İkinci çalışma ise karaçamın da dahil olduğu üç türün ölü örtü ayrışması ve humuslaşma hızı üzerine hem yöntem hem de sonuçları itibarıyla (Irmak ve Çepel, 1974) günümüz için de örnek bir çalışmadır. Çalışmanın sonuçlarına göre 5 yıllık bir süreçte karaçam ibrelerinin ancak parçalanmasının (48 ay sonunda ibrelerin 0,5 – 1 cm'ye kadar) mümkün olduğu humusa dönüşmediği belirlenmiştir (Irmak ve Çepel, 1974).

Karaçam üzerine 1961 ile 2000 yılları arasındaki yayınlarda çeşitlenme görüldü de asıl konu çeşitliliği 2000 yılından sonra olmuştur. Örneğin, karaçam topraklarının mikromorfolojik özellikleri üzerine çalışılmıştır (Polat, 2012). Karaçam ölü örtüsünün bir kısmı olarak liken ölü örtüsü özellikleri ortaya konulmuştur (Sevgi ve ark., 2009; Sevgi ve ark., 2011b). Karaçam ölü örtüsünün ayrışma çalışmaları ise bu dönemde artarak devam etmiştir (Varan, 2008; Çakır ve ark., 2019; Tunç, 2019). Karaçam ölü örtüsünün önemli kısmını oluşturan ibrelerin ağaçlardan döküm miktarıyla ilgili çalışmalar da yapılmıştır (Sevgi ve ark., 2010; Koray, 2017). Karaçam toprak canlılarının taksonları, çeşitliliği, etkileri ve gösterge konuları üzerine araştırmalar yapılmıştır (Çolakoğlu, 2001; Kara, 2002; Oskay, 2007; Çakır ve Makineci, 2013; Çakır ve ark., 2019).

Karaçamın fidanlık aşamasındaki toprak çalışmaları güncelliğini korumakta olup, potasyum uygulaması (Çömez ve Gezgin, 2019), ya da diğer gübrelere karaçam fidanlarının gelişimine etkileri belirlenmiştir (Erdoğan, 2003).

Karaçam ormanlarına yangının etkileri konusunda sınırlı bilgiler bulunsa da özellikle Karadeniz Bölgesinde yapılan denetimli yakma denemeleri sonucunda yangınların karaçam orman toprağı üzerine etkileri araştırılmıştır (Berber, 2007; Kara ve Bolat, 2007; Tüfekçioğlu ve ark., 2010; Yılmaz, 2016; Sağlam ve ark., 2017; Kula, 2018; Kaptanoğlu, 2019). Söz konusu çalışmaların yangının daha fazla çıktığı bölgelerde yapılması veya doğal yangın alanlarında yapılması gerekmektedir. Karaçam orman toprak solunumu çalışmaları son zamanlarda farklı yetiştirme ortamlarında yapılmakta ve çalışmalar artma eğilimindedir (Küçük, 2006; Berber, 2014; Sağlam ve ark., 2017).

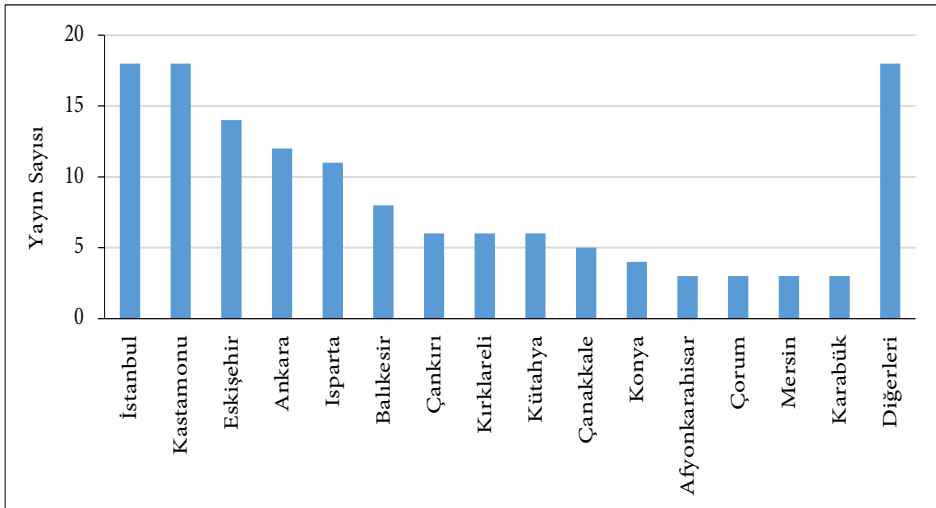
Karaçam ormanlarının verim gücü üzerine yapılan hasılat çalışmaları (Gülen, 1954; 1959; Kalıpsız, 1959; 1963) sonrasında söz konusu verimliliği açıklamak için yetiştirme ortamı özelliklerinin başında olan toprak çalışmaları yapılmıştır. Doğal karaçam ormanlarının büyümesi ve verimliliği ile toprak özellikleri arasında yöresel ölçekte (Dağ ölçeğinde) çalışmalar yapılmıştır (Sevgi, 2003; Altun ve ark., 2007; Kurt, 2010; Sevgi ve ark., 2010). Türkiyede yapılan ağaçlandırmaların önemli kısmının karaçam türü ile yapılması karaçam ağaçlandırma topraklarında çalışmaların yapılmasında hem geçmişte (Büyükduman, 1977; Özdemir, 1980) hem de günümüzde itici bir güç olmuştur. Karaçamla yapılan ağaçlandırmaların toprak özellikleri ve karaçamın büyümesi veya gelişimi arasındaki ilişkiler çeşitli çalışmalar ile ortaya ko-

nulmuştur (Güner ve ark., 2011; Güner ve ark., 2016; Toprak, 2016; Seçilmiş, 2019; Güner ve Özkan, 2019). Doğal ve ağaçlandırma alanlarında karaçamın büyümesi veya verimliliği ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler üzerine yapılan çalışmaların karaçamın yayılış yaptığı diğer alanlarda gerçekleştirilmesi ve Türkiye ölçeğinde bu ilişkilerin açıklığa kavuşturulması gerekmektedir.

Toprak çalışmalarının temel konusu olan toprağın organik madde çalışmaları farklı bir bakış açısı kazanarak çalışılmaktadır. Bu kapsamda karaçam doğal veya ağaçlandırma alanlarının karbon birikimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Güner ve Çömez, 2014; Knaz, 2017).

Karaçam orman toprakları üzerine yapılan yayınların sayısının 1990'lı yıllardan sonra arttığı görülmektedir (Şekil 1). 1990'lı yıllardan sonraki karaçam yayınlarında görülen artışın temel nedeni yeni kurulan orman fakültelerinin karaçam yayılış alanları içinde veya etrafında olmasından kaynaklanabilir. Kastamonu, Isparta ve Çankırı'da görülen yayın sayıları bu görüşü desteklemektedir (Şekil 2). Ayrıca Ormancılık Araştırma Enstitüleri'nin ve Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü çalışmaları da bu artışa katkı sağlamıştır.

Karaçam orman toprakları yayınlarının illere göre dağılımı incelendiğinde; 138 (bazı çalışmalar birden fazla ili içermekte) kayıt tespit edilmiş olup bu yayınların 73 adeti ilk beş ilde yapılmıştır (Şekil 2). Karaçam yayınlarının illere göre dağılımında İstanbul, Eskişehir ve Kastamonu en fazla yayına sahiptir. İstanbul'da 1857'den beri Orman Fakültesi'nin bulunması, Eskişehir'de Türkiye'nin tek Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü olması, Kastamonu'nun ise en fazla karaçam orman alanına sahip olması yayınları arttırmış olabilir. İstanbul ve Kırklareli illeri ise daha ziyade ağaçlandırmalar üzerine yapılan yayınlarla öne çıkmaktadır. Diğer illerde ise hem doğal karaçam alanlarında hem de ağaçlandırma alanlarında yayınlar yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Karaçam orman toprakları yayınlarının illere göre dağılımı.

3. Karaçam Orman Topraklarının Özellikleri

3.1. Toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yaklaşım

Orman topraklarının çalışmasında yöntem sorununun 1950'li yıllardan itibaren çözülmesi amaçlanmış ve konuyla ilgili doğrudan yöntem metinleri yazılmıştır. Bu eserlerin ilki niteliğinde olan “*Arazide ve Laboratuvarında Toprağın Araştırılması Metodları*” (Irmak, 1954b) daha sonra ise “*Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*” (Gülçur, 1974) isimli eserler yayınlanmıştır. Bunun dışında bazı elementlerin topraktaki tayini (Gülçur, 1965a;b; Gülçur, 1977) veya söz konusu yöntemlerin derlendiği çalışmalar (Karaöz, 1992a; b) ortaya konulmuştur. Karaçam orman topraklarında söz konusu yöntemler günümüze kadar özellikle bu çalışmada değerlendirmeye konu toprak özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmış, son yıllarda da diğer değişkenler için yeni yöntemler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sadece doğal karaçam ormanlarında yapılan çalışmalar esas alınmıştır. Mevcut çalışmalar çerçevesinde karaçam ormanlarının toprak özellikleri ortaya konularak karaçamın orman kurduğu toprak özelliklerinin genel değerlendirilmesi yapılmıştır. Doğal karaçam ormanlarına ait ölü örtü özelliklerinde çalışmalar ayrı ayrı değerlendirmeye konu edilmiştir. Doğal karaçam ormanlarının toprak özelliklerinin belirlenmesinde ise farklı çalışmaların bazıları birlikte değerlendirilmiştir. Karaçam orman topraklarının belirlenmesi üzerine odaklanmış dokuz yayın toprak özelliklerinin derlenmesinde esas olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında doğal karaçam ormanlarında yapılan Eruz (1984), Sevgi (2003), Özkan (2003), Gülsoy (2006), Sevgi ve Tecimen (2007) ve Karatepe (2009) çalışmaları yatmanlara göre hacim ağırlığı, ince toprak ve taş miktarlarının değerlendirilmesinde, Sevgi ve ark. (2010) ve Akarsu (2018) çalışmaları ise derinlik kademesine göre hacim ağırlığı, ince toprak ve taş miktarlarının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Söz konusu bu kaynakların verilerine Koray ve ark. (2012) verileri eklenerek doğal karaçam orman topraklarının toprak türü, pH'sı, kireci, organik karbon maddesi, azot ve toprak rengi sınıflarına dağılım özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Derinlik kademesi verileri ile yatmanlara göre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup karaçam toprak özelliklerinin değerlendirmeleri için 1817 adet toprak örneği verisi kullanılmıştır. Şekillerin değerlendirilmesi aşamasında verisi kullanılmayan yayınlara ise doğrudan atıf yapılarak verileri sunulmuştur.

Karaçamın toprak özellikleri üzerine yapılan çalışmalardan bazıları ise değerlendirmeye konu edilmemiştir. Örneğin fidanlıklarda ve ağaçlandırmalara ait toprak verileri değerlendirme dışı bırakılmıştır. Ayrıca bu çalışmaların dışında doğal karaçam ormanlarında derinlik kademesine göre alınan toprak örneklerinde üst toprakta 10 cm'den daha fazla kalınlıkta örnek alanlar ve organik maddeyi ateşte kayıp yöntemiyle belirlenen çalışma verileri kullanılmamıştır. Denetimli yakma üzerine yapılan çalışmaların ise sadece kontrol alanlarının verisi kullanılmıştır.

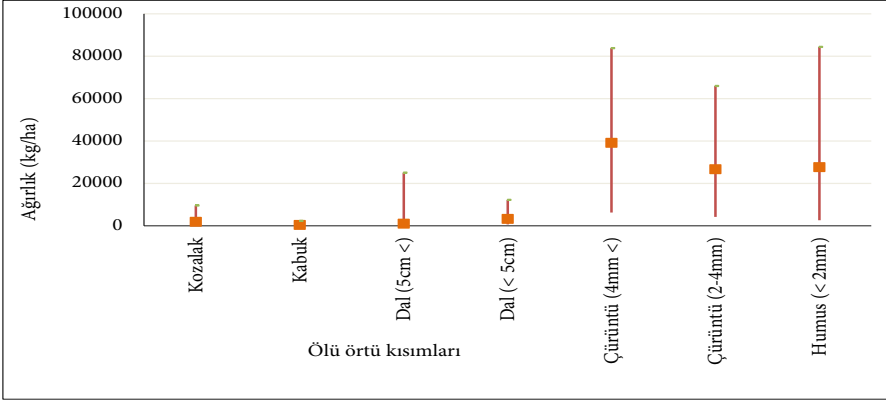
3.2. Ölü örtü ağırlıkları

Ölü örtü ağırlıklarının belirlenmesinde örnek alanın örneklenmesi yani bir alandan kaç alt örnek alınacağı ve nereden alınacağı başlı başına bir sorun teşkil etmektedir. Bazı çalışmalarda geçen örnek alanı temsil edecek şekilde bir, üç veya beş örnek alınacağı belirtilse de söz konusu alt örneklerin örnek alanı temsilinin nasıl belirlendiği ifade edilmemektedir. Örnek alan içinde değerlerin farklılaşması örnek alanlar arasındaki karşılaştırmaları bazen anlamsız hale getirebilmektedir. Onun için örnek alanın alt örnekleme için kullanılacak sayı iyi bir gözleme dayanmalı ve bazı ölçütlerle belirlenmelidir. Bu kapsamda karaçam ölü örtüsü konusunda ilk sistematik çalışma Alaçam Dağları'nda yapılmıştır (Sevim, 1951).

Karaçam ölü örtüsü üzerine türün yayılış yaptığı doğal alanlarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ölü örtünün alt bölümlere ayrılması çalışmalara göre farklılık göstermektedir. Çalışmalarda ölü örtü tabakaları; yaprak, çürüntü ve humus şeklinde sınıflandırılmıştır. Son yıllarda ise karaçam ölü örtüsü kısımlarının yapılan sınıflandırılmasında kaba ve ince ölü örtü olarak ayrılmış, kaba ölü örtü sınıfı içinde kabuk (parçalanmamış kısım), kozalak (bütünlüğünü koruyan veya kısmen bütünlüğünü koruyan), çapı 5 cm'den küçük dal (yeni düşmüş veya parçalanmamış dal) ve çapı 5 cm'den büyük dal (yeni düşmüş veya parçalanmamış dal) olmak üzere 4 alt bölüme ayrılmıştır (Sevgi ve ark., 2010: 92). “*İnce ölü örtü ise çapı 4 mm'den büyük kaba döküntü (bu kısım esas olarak ölü örtünün yaprak tabakasını oluşturup kapsam olarak buna ilaveten kaba ölü örtüye katılamayacak kadar küçük parçalar veya ayrışma derecesi ileri seviyelerde olup yaprak tabakası içine karışmış parçaları içermektedir), çapı 2-4 mm arasında değişen bir kısım (bu kısım esas itibariyle ince ölü örtünün çürüntü kısmına karşılık gelmektedir) ve çapı 2 mm'den küçük olan kısımlardan (bu kısım ise esas itibariyle ince ölü örtünün humus tabakasına karşılık gelmektedir) oluşan ögeler esasında değerlendirilmiştir*” (Sevgi ve ark., 2010: 92). Böylece çalışmalarda kozalak, kabuk ve dal şeklinde yeni sınıflar kullanılmıştır (Sevgi ve ark., 2010). Bunun yanı sıra ölü örtüye katılan diğer canlılar da ayrı sınıf olarak değerlendirilmiştir. Bu sınıfa örnek olarak karaçam orman ölü örtüsüne katılan liken ölü örtüsü verilebilir (Sevgi ve ark., 2011b).

Karaçam ölü örtü miktarı üzerine ilk değerlendirmeler Alaçam Dağları'nda yapılmış, ibre tabakası, çürüntü tabakası ve *bütün ölü örtü* şeklinde değerler verilmiştir (Sevim, 1954a). Bu bilgilere göre saf yaşlı karaçam ormanları için kuzey bakı için toplam ölü örtü miktarı 9.578 kg/ha ve güney bakı için 12.364 kg/ha olarak belirlenmiş, sıriklık devresindeki karaçam için kuzey bakıda toplam ölü örtü miktarı 63.845 kg/ha olarak belirlenmiştir (Sevim, 1954a). Alaçam Dağları'nda bulunan karaçam ormanlarında yapılan bir başka çalışmada 118 örnek alanda toplam ölü örtü değerlerinin 17.833 ile 207.125 kg/ha arasında değiştiği ve ortalaması 100.766 kg/ha olduğu belirlenmiştir (Sevgi ve ark., 2010). Karaçam

ölü örtü kısımları içinde bütünlüğünü koruyan kozalak, kabuk ve dal kısımlarının diğer ölü örtü unsurlarına göre daha düşük seviyede olduğu görülmektedir (Sevgi ve ark., 2010; Tecimen ve ark., 2019; Şekil 3). Alaçam Dağları'nda bakım faaliyetlerinin yoğunlaşması doğal koşullardan daha fazla olacak şekilde bakım artıkları olan gövde odunun dışındaki kabuk, dal ve ibrelerin ölü örtüye beklenenden daha önce katılması ölü örtü değerlerini arttırmış olabilir.



Şekil 3. Alaçam Dağları karaçam ölü örtü kısımlarının en düşük, en yüksek ve ortalama ağırlık değerleri (Sevgi ve ark., 2010).

Alaçam Dağları'nda yapılan hasılat çalışması değerlerine göre V. verim sınıfında sıklık derecesi 0,4 olan karaçam meşceresinin toplam gövde hacmi 30 yaşında 50,3 m³ ile I. verim sınıfında sıklık derecesi 1,3 olan 200 yaşında karaçam meşceresinin toplam gövde hacmi 1.952,3 m³ arasında bulunmuştur (Sevgi ve ark., 2010). Bu değerlere dal, ibre, kozalak, kabuk değerleri dahil olmadığı gibi söz konusu gövde kısmı dışındakiler belirli aralıklarla ölü örtüye katılan döngüsel bir üretim söz konusudur. Örneğin ibreler her yıl yenilenmekte, daha önceki yıllarda (genelde 3 yaşından büyükler) oluşan ibreler ise ölü örtüye katılmaktadır. Ayrıca hasılat tablolarına dayalı hesaplanan canlı kütle miktarları gerçek ağaçların canlı kütlelerinde düşük bulunmaktadır (Eraslan, 2009). Alaçam Dağları'nda ölü örtüye katılan maddenin çok olmasının yanı sıra ölü örtüye katılan maddelerin diğer türlere göre daha geç ayrışması da (Irmak ve Çepel, 1974) bu birikimi teşvik etmiştir. Alaçam Dağları'nın karaçam verimliliği açısından Türkiye'nin önemli alanları olması ölü örtü miktarına da yansımış görünmektedir. Alaçam Dağları karaçam ormanlarının ölü örtü miktarlarını belirleyen özellikler genç, olgun ve yaşlı meşcerelerde farklılık göstermektedir (Tecimen ve ark., 2019).

Karaçam ormanlarının ölü örtü miktarları üzerine yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde 2001 yılına kadar yapılan yayınlarda ölü örtü miktarı 6.235 ile 41.980 kg/ha arasındadır (Tecimen ve ark., 2001). Karaçam ormanlarının ölü örtüsü üzerine yapılan çalışmalarda yeni veriler üretilmiştir. Kaz Dağları'nın 400-1400 m yükselti aralığında 36 örnek alanın ölü örtü değerleri 11.062,5 ile 107.915,0 kg/

ha arasında değişmektedir (Sevgi, 2003). Kapalılığın düştüğü yüksek kısımlarda 1400-1700 m arasında 37 örnek alanın ölü örtü miktarı 616,5 ile 64.070 kg/ha arasındadır (Sevgi ve Tecimen, 2007). Dolayısıyla kapalılık doğrudan karaçam ölü örtüsünü etkilemektedir (Sevgi ve Tecimen, 2007; 2008) Sündiken dağlarında genelde kapalılığı düşük ve dış toprak hali yeşillenmiş olan karaçam ormanlarının ölü örtü değerlerinin son derece düşük olduğu görülmektedir (Çelik, 2006). Sündiken dağlarının en yüksek beş ölü örtü değerleri sırasıyla; 19.476, 17.436, 16.667, 16.323 ve 16.046 kg/ha olarak tespit edilmiştir (Çelik, 2006).

Karaçam ölü örtü miktarları yayılış alanlarında geniş bir aralıkta değişim göstermektedir. Karaçam orman topraklarının ölü örtü miktarları 207.125 kg/ha'a kadar ulaşabilmektedir (Sevgi ve ark., 2010). Bu geniş aralığı etkileyen faktörler; karaçam ormanlarının bulunduğu iklim tipi, mevki özellikleri, meşcere özellikleri (kapalılık, ağaç sayısı, yaşı, karışımı gibi) ve uygulanan ormancılık uygulamaları olarak sıralanabilir.

3.3. Ölü örtü pH'sı

Karaçam doğal ormanlarının ölü örtü ve kısımlarının pH değerleri çalışmalara konu olmuştur. Alaçam Dağları karaçam ormanlarından 118 örnek alan incelenmiş, 4 mm üstü, 2-4 mm arası ve 2 mm altı kısmında ölü örtü pH değerleri 4,07 – 6,30 arasında tespit edilmiştir. Kütlelerin ortalama pH değerleri; 4 mm üstü kısmında 4,61, 2-4 mm kısmında 4,96 ve 2 mm altı kısmında 5,07 olarak belirlenmiştir (Sevgi ve ark., 2010). Kaz Dağları'nda iki farklı yükselti aralığında yapılan çalışmaların verilerine göre; 400-1400 m arasında 36 örnek alanın yaprak tabakasının pH değerleri 3,91 ile 5,41 arasında, çürüntü tabakasının 4,37 ile 5,88 arasında ve humus tabakasının 5,0 ile 6,24 arasında değişmektedir (Sevgi, 2003). Kaz Dağları'nda 1400-1700 m arasında 37 ölü örtü humus tabakasının pH değerleri 3,98-6,80, yaprak+çürüntü tabakasının pH değerleri 3,52-5,54 arasındadır (Sevgi ve Tecimen, 2007). Bu çalışmalara göre karaçam ormanlarının ölü örtü tabakalarının pH değerlerinin 3,98 ile 6,80 arasında değiştiği görülmektedir.

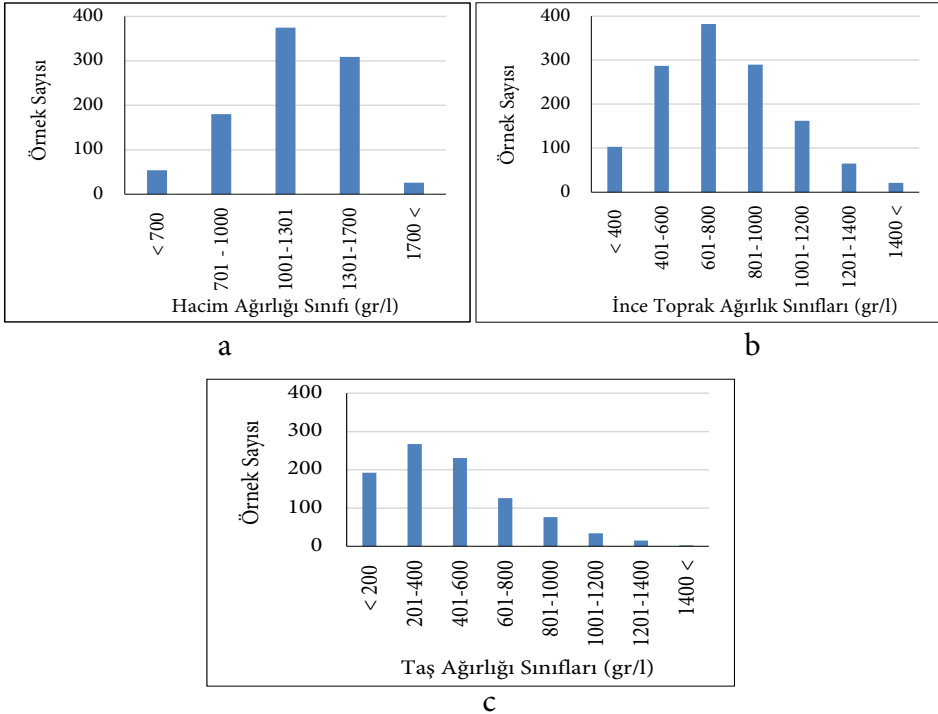
3.4. Ölü örtü azotu

Alaçam Dağları karaçam ölü örtüsünün 4 mm üstü, 2-4 mm arası ve 2 mm altı kısımlarından alınan 118 örnek alanın ortalama azot değeri %0,143 ile 1,327 arasında değişmektedir. Alanın 4 mm üstü kısmında ortalama azot değeri %0,566, 2-4 mm arasındaki kısmın ortalama azot değeri %0,736 ve 2 mm altı kısmın ortalama azot değeri %0,723 olarak belirlenmiştir (Sevgi ve ark., 2010). Kaz Dağları'nda 400-1400 m arasında 36 örnek alanda ve 1400-1700 m arasında 37 örnek alanda yapılan çalışmaların sonuçlarına göre azot oranları; 400-1400 m arasındaki yaprak tabakasında %0,44-1,27, çürüntü tabakasında %0,32-1,56, humus

tabakasında %0,19-2,21 aralığında belirlenmiştir (Sevgi, 2003). 1400-1700 m arasındaki alanların yaprak+çürüntü tabakasının azot oranları %0,300 ile 1,599 arasında, humus tabakasının %0,266 ile 1,900 arasındadır (Sevgi ve Tecimen, 2007). Karaçam ormanlarının ölü örtü tabakalarının azot değerleri incelenen bütün çalışmalar kapsamında %0,143 ile 2,21 arasında değişmektedir.

3.5. Hacim, ince toprak ve taş ağırlıkları

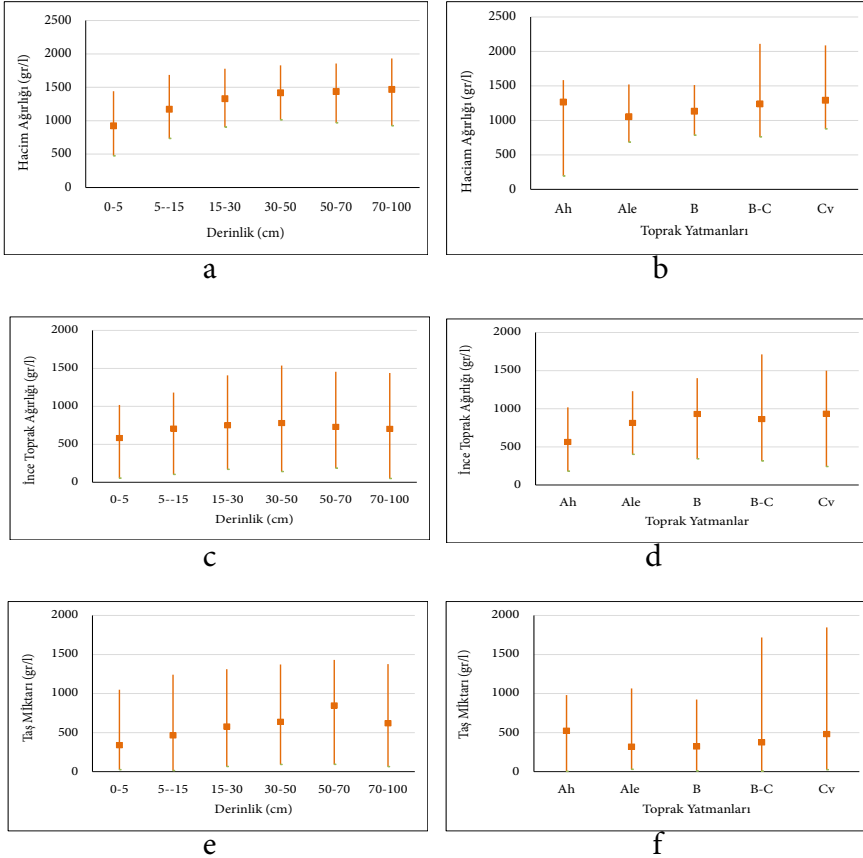
Karaçam orman topraklarının 944 adedinde hacim ağırlığı ve taş miktarı, 1310 adedinde ise ince toprak miktarlarının dağılımı belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda sadece ince toprak miktarı verilmesi ince toprak miktarlarında kullanılan örnek sayısını arttırmıştır. Hacim ağırlıkları açısından karaçam orman topraklarının genel olarak 701-1.700 g/l arasında olduğu görülmekte, en fazla ise 1.001-1.301 g/l arasında 375 toprak bulunmaktadır (Şekil 4a). İnce toprak değerleri ise genel olarak 401-1.200 g/l arasında tespit edilmiş, toprakların %40'ının ince toprak ağırlığı 601 ile 800 g/l arasında yer almıştır (Şekil 4b). Karaçam orman topraklarının taş miktarları genel olarak 0 ile 1.000 g/l arasında bulunurken, bazı örnekler 1.400 g/l üzerine de çıkabilmekte, toprakların %53'ünde 201-600 g/l arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4c).



Şekil 4. Karaçam orman topraklarının hacim ağırlıkları (a), İnce toprak (b) ve Taş miktarları (c) sınıflarına dağılımı.

Karaçam ormanlarının derinlik kademelerine göre (606 adet toprak örneği) hacim ağırlıkları incelendiğinde ortalama değerler açısından toprak yüzeyinden 100 cm derinliğe doğru bir yükselme görülmektedir (Şekil 5a). Derinlik kademesine göre karaçam ormanlarının ince toprak değerlerinin ortalaması 0-5 cm derinlik kademesi dışındakiler birbirine yakın bulunmaktadır (Şekil 5c). Taş miktarlarının ortalama değerleri ise derinlik kademelerine göre 50-70 cm'ye kadar yükselmekte ve sonra nispeten düşmektedir (Şekil 5e). Bunun nedeni bazı örnek alanlarda anakayanın 50-70 cm yaklaşmış olması bu değerleri yükseltirken, bazı anakayaların ise 100 cm aşağı olması 70-100 cm derinlik kademesindeki taş miktarlarını aşağıya çekmiş olabilir.

Karaçam orman topraklarının yatmanlarına göre alınmış 313 toprak örneğinin Ah yatmanları hariç düşey yönde hacim ağırlıklarının ortalama değerleri artmaktadır (Şekil 5b). İnce toprak ağırlıkları belirlenen 664 toprak örneğinin Ah yatmanı dışındaki yatmanların ortalama değerleri birbirine yakındır (Şekil 5d). Benzer şekilde taş miktarları belirlenen 313 toprak örneğinin Ah yatmanı hariç diğer yatmanlarda düşey yönde nispeten artış görülmektedir (Şekil 5f).



Şekil 5. Derinlik ve yatmanlara göre hacim ağırlıkları, ince toprak ve taş miktarları (g/l).

Kastamonu, Daday'da ikişer toprak kesitinde 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 20-30 cm toprak derinliklerinden alınan toprakların güney bakıda hacim ağırlığı 1,10–1,36 kg/l arasında (Gonifeda, 2017), kuzey bakıda hacim ağırlığı 0,93–1,78 kg/l arasında (Masoud, 2017; Knaz, 2017) değerlere sahip olduğu bulunmuştur. Çankırı - Hızardere Orman İşletme Şefliğinde sarıçam ve karaçam karışık ormanında bir alanda 35 rastgele yerden alınan 0-10 cm derinlik kademesi toprak hacim ağırlığı değerleri 1,00 ile 1,75 kg/l arasında tespit edilmiştir (Yılmaz, 2016).

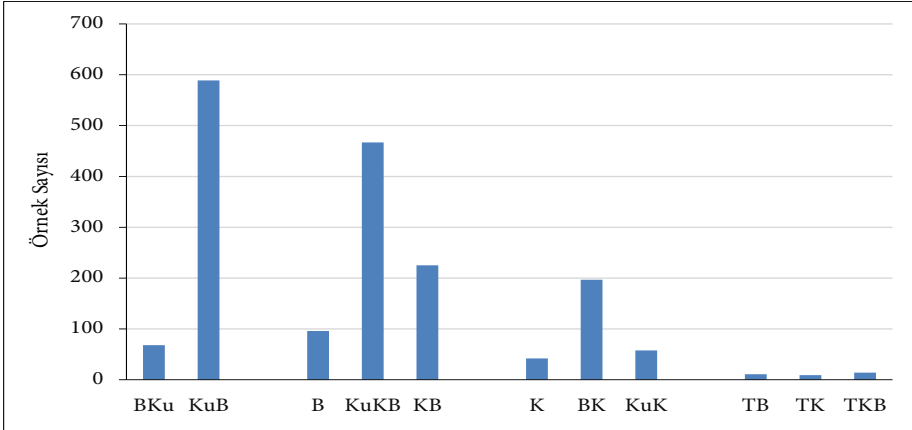
Karaçam orman topraklarının hacim ağırlıkları, ince toprak ve taş miktarları, toprak oluşum faktörlerinin etkisi altında belirlenmektedir. Karaçam orman topraklarının hacim ağırlığı organik maddece zengin olan toprak kesitinin üst kısımlarında (yüzey taşlılığı olan yerler hariç) daha hafif alt kısımlarında ise anakayanın etkisiyle daha ağır değerlere ulaşmaktadır. Karaçam orman topraklarının hacim ağırlıkları genelde 701 ile 1.700 g/l arasında bulunmaktadır. İnce toprak ve taş miktarlarının toprağın su tutma sığasını (kapasitesini) ve besin maddesi tutma miktarını etkilemektedir (Irmak, 1970; Kantarcı, 1987; Çepel 1988). Dolayısıyla doğal karaçam orman topraklarının ince toprak ve taş miktarının geniş aralıkta bulunması su ve besin tutma sığaları farklı olan topraklarda karaçamların orman kurduğunu göstermektedir.

3.6. Toprak türü

Karaçam ormanlarının toprak türü verisi olan 1776 toprak örneğinin dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Karaçam topraklarının %37'si kumlu topraklar olan balçıklı kum (BKu) ve kumlu balçık (KuB) türünde, %44'ü balçıklı topraklar olan balçık (B), kumlu killi balçık (KuKB) ve killi balçık (KB) türünde, %17'si killi topraklar olan kil (K), balçıklı kil (BK) ve killi balçık türünde ve sınırlı sayıda da tozlu topraklar olan tozlu balçık (TB), tozlu killi balçık (TKB) ve tozlu kil (TK) türünde olduğu görülmektedir (Şekil 6).

Söz konusu verilere ek olarak Kastamonu – Kösdag Orman İşletme Şefliğinde yedi örnek alanda 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademelerine ait toprak türleri balçıklı kil (5 adet) ve killi balçık (2 adet) olarak tespit edilmiştir (Kula, 2018). Kastamonu, Daday'da kuzey ve güney bakılardan ikişer toprak kesitinde 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 20-30 cm toprak derinliklerinden alınan toprakların türleri kumlu killi balçık (17 adet) ve kumlu kil (7 adet) bulunmuştur (Ali, 2017). Uşak Murat Dağı karaçam orman toprak türleri kumlu kil balçık (18 adet), balçıklı kil (15 adet), kumlu balçık (7 adet), killi balçık (1 adet), balçıklı kum (4 adet) ve kumlu kil (7 adet) şeklinde belirlenmiştir (Yılmaz, 2004).

Karaçam ormanlarının üzerinde yaygın yetiştiği anakayaların granit, gnays vb. olması kumlu toprakların oranını arttırırken, şist, kil taşı gibi anakayaların üzerinde bulunması killi toprakların oranını arttırmış olabilir. Karaçam genelde su tutma kapasitesi düşük olan kumlu topraklar üzerinde ve daha az olmakla birlikte su tutma kapasitesi yüksek killi topraklar üzerinde de bulunabilmektedir.



Şekil 6. Karaçam orman topraklarının türü.

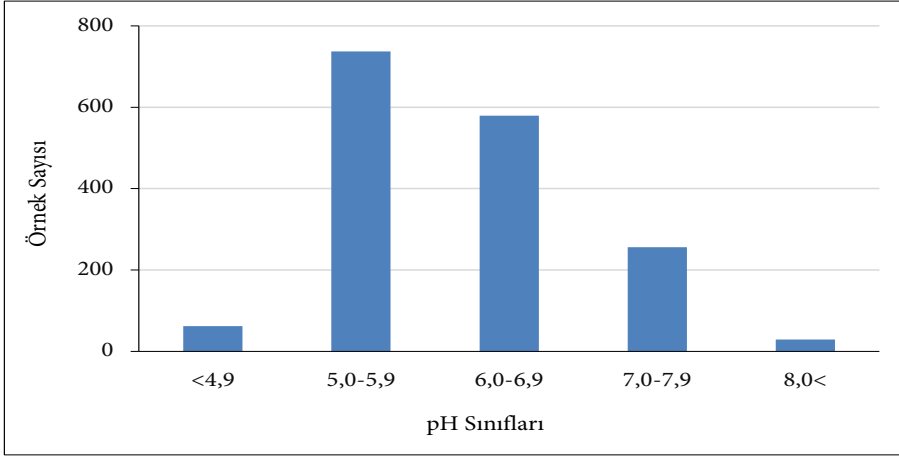
3.7. Toprak pH'sı

Karaçam ormanlarından alınmış olan 1.663 toprak örneğinin dağılımı bakımından toprakların pH değerlerinin sınıflamasına göre (Irmak, 1968, Çepel, 1995) toprakların %4'ü kuvvetli asit, %44'ü orta derecede asit, %35'i zayıf asit, %15'i zayıf alkalen, %2'si orta derecede alkalen gruplarında yer almıştır (Şekil 7).

Alaşam Dağları'nda yapılan çalışmada dokuz toprak kesitinin derinlik kademelerinin pH değerleri 5,5 ile 7,0 arasında bulunmuştur (Sevim, 1954a). Kastamonu, Daday'da ikişer toprak kesitinde 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 20-30 cm toprak derinliklerinden alınan topraklar güney bakıda pH 6,71 - 7,91 arasında (Gonifeda, 2017), kuzey bakıda pH 5,93 ile 7,14 arasında (Masoud, 2017; Knaz, 2017), kuzey ve güney bakıda pH 5,93 ile 7,93 arasında (Ali, 2017) değerlere sahip olduğu bulunmuştur. Çorum Osmançık İşletme Şefliği alanı dört yerden 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademesinden iki ayrı dönemde alınan toprak örneklerinin pH'sı 5,23 ile 7,34 arasındadır (Kılıç, 2018). Çorum Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde Osmançık Orman İşletme Şefliği bir toprak çukurunun üç derinlik kademesinin pH değerleri 6,06 ile 6,30 arasındadır (Gözler, 2016). Yine aynı Orman İşletme Şefliği sınırlarındaki 12 adet yaşlı karaçam meşcerelerinin 0-5 cm, 5-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinin toprak pH değerleri 6,24 ile 6,41 arasındadır (Sağlam ve ark., 2017). Kastamonu - Kösdag orman işletme şefliğinde yedi örnek alanda 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademelerinin toprak pH değerleri 5,83 ile 7,09 arasında belirlenmiştir (Kula, 2018). Çankırı - Hızardere Orman İşletme Şefliğinde sarıçam ve karaçam karışık ormanında bir alanda 35 rastgele yerden alınan 0-10cm derinlik kademesi toprak örneklerinin pH değerleri 6,30 ile 7,40 arasında tespit edilmiştir (Yılmaz, 2016). Karabük - Safranbolu'da üç örnek alandan 0-7,5 cm ve 7,5-15 cm derinlik kademesinden beş dönemde alınmış toprak örneklerinin ortalama pH değerleri 5,77

ile 6,40 arasında bulunmuştur (Berber, 2014). Murat Dağı (Uşak) yöresi karaçam ormanlarından 15 toprak kesitinde yatmanlara göre örneklenen toprakların pH değerleri 5,7 ile 8,3 arasında tespit edilmiştir (Yılmaz, 2004).

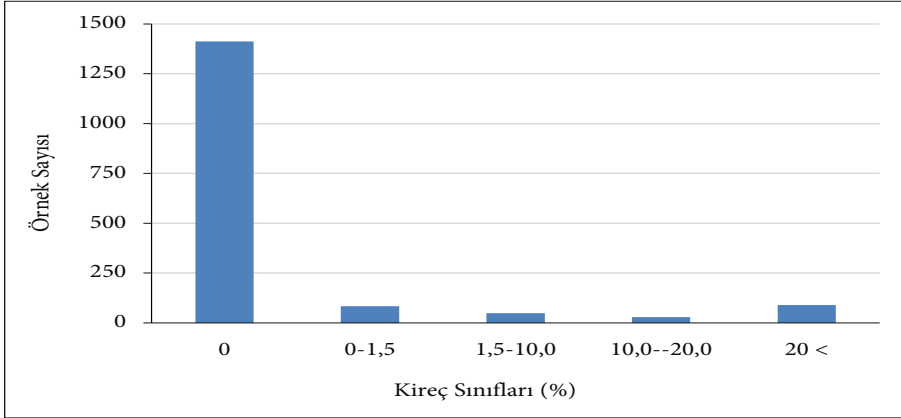
Karaçam orman topraklarının pH'sı kuvvetli asitten orta derecede asite kadar geniş bir ekolojik genlikte yer almakta, sınırlı alanda ise orta derecede alkalendir. Söz konusu pH değerleri doğrudan beslenme ekonomisini etkilediğinden (Gülçur, 1961) karaçamın farklı beslenme koşullarına uyum sağlayabilen toplumlarının olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Karaçam orman topraklarının pH'sı.

3.8. Toprak kireci

Karaçam ormanlarının toprak kireç değerleri belirlenen 1.663 toprak örneğinin kireç değerleri sınıflarına (Çepel, 1995) göre dağılımı ise; %85'i kireçsiz, geriye kalan kısım ise az karbonatlıdan çok fazla karbonatlıya kadar çeşitli değerlere sahiptir (Şekil 8). Kastamonu – Köşdağ orman işletme şefliğinde yedi örnek alanda 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademelerinin toprak kireci değerleri %0,55 ile 1,39 arasında bulunmuştur (Kula, 2018). Çankırı - Hızardere Orman İşletme Şefliğinde sarıçam ve karaçam karışık ormanında bir alanda 35 rastgele yerden alınan 0-10 cm derinlik kademesi toprak kireci değerleri % 0,35 ile 7,27 kg/l arasında tespit edilmiştir (Yılmaz, 2016). Karabük – Safranbolu'da üç örnek alandan 0-7,5 cm ve 7,5-15 cm derinlik kademesinden beş dönemde alınmış toprak örneklerinin ortalama kireç değerleri %0,0 ile 1,28 arasında bulunmuştur (Berber, 2014). Doğal karaçam ormanlarının toprakları genelde kireçsiz olsa da, çok kireçli alanlarda da yayılım yapabilmektedir. Dolayısıyla yüksek kirecin getirdiği olumsuzluklara da dayanabilen karaçam toplumlarının bulunduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 8. Karaçam orman topraklarının kireci (%).

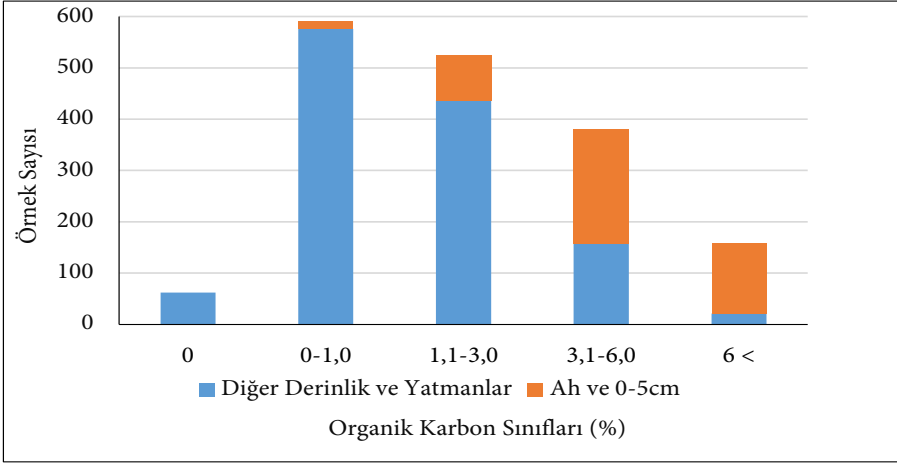
3.9. Toprağın organik karbonu

Karaçam ormanlarının toprak organik karbon değerleri belirlenen 1.717 toprak örneğinin dağılımına göre toprakların %38'i fakir veya yok, %31'i orta, %31'i ise zengin veya çok zengin organik karbon seviyesinde yer almaktadır (Şekil 9). Söz konusu karaçam topraklarının derinlik kademesine göre 0-5 cm ve Ah yatmasına ait 463 organik karbon değerlerinin dağılımı genel dağılımdan farklılaşmaktadır (Şekil 9). En üst toprakların %78'inin zengin ve çok zengin organik karbon düzeyine sahip olduğu, diğerlerinin ise orta ve fakir düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 9). Organik karbonun yukarıdan aşağıya doğru azaldığı göz önüne alındığında düşük değerlerin toprağın alt kısımlarında olduğu düşünülebilir.

Alaçam Dağları'nda yapılan çalışmada dokuz toprak kesitinin 0-5 cm derinlik kademesi organik karbon değerleri %2,87-10,35 arasında bulunmuştur (Sevim, 1954a). Çorum Osmancık İşletme Şefliği'nde dört yerden alınan 0-5cm derinlik kademesi topraklarının organik maddesi %6,23 ve 9,0 olarak tespit edilmiştir (Kılıç, 2018). Osmancık Orman İşletme Şefliği'nde açılan bir toprak çukurunun 0-5 cm derinlik kademesinin organik madde oranı %8,77'dir (Gözler, 2016). Bu İşletme Şefliği sınırlarındaki 12 adet yaşlı karaçam meşcerelerinin 0-5 cm derinliğinde ortalama organik madde %8,61 olarak belirlenmiştir (Sağlam ve ark., 2017). Kastamonu – Köşdağ Orman İşletme Şefliğinde yedi örnek alanda 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademeleri toprak organik madde değerleri %1,45 ile 7,24 arasındadır (Kula, 2018). Çankırı - Hızardere Orman İşletme Şefliğinde sarıçam ve karaçam karışık ormanında bir alanda 35 rastgele yerden alınan 0-10 cm derinlik kademesi toprak organik madde değerleri %2,06-12,71 arasında tespit edilmiştir (Yılmaz, 2016). Karabük – Safranbolu'da üç örnek alandan 0-7,5 cm derinlik kademesinden beş dönemde alınmış toprak örneklerinin ortalama organik madde değerleri %5,96 ile 7,07 arasında bulunmuştur (Berber, 2014). Murat Dağı (Uşak) yöresi karaçam ormanlarında 15 toprak kesitinin en üst yat-

manının organik madde değerleri %0,1 ile 15,2 arasındadır (Yılmaz, 2004).

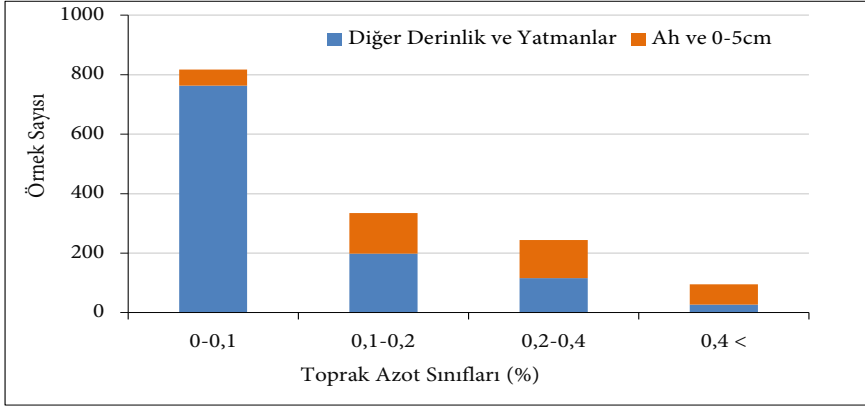
Toprağın organik karbon değeri aynı zamanda belirli bir katsayıyla çarpıldığında toprağın organik maddesi olarak kullanılmaktadır (Irmak, 1954b; Gülçur, 1974; Karaöz, 1992b). Toprağın organik maddesi topraktaki bitki besin maddeleri havuzlarını etkilemektedir (Tecimen, 2020). Dolayısıyla doğal karaçam orman topraklarının önemli kısmı bitki besin maddeleri havuzunu destekleyecek zengin bir organik maddeye sahipken, daha az rastlanmakla birlikte bazı yerlerde organik maddece daha düşük değerlere rastlanabilmektedir.



Şekil 9. Karaçam orman topraklarının Ah ve 0-5 cm ile diğer yatman ve derinlik örneklerinin organik karbon miktarları (%).

3.10. Toprak azotu

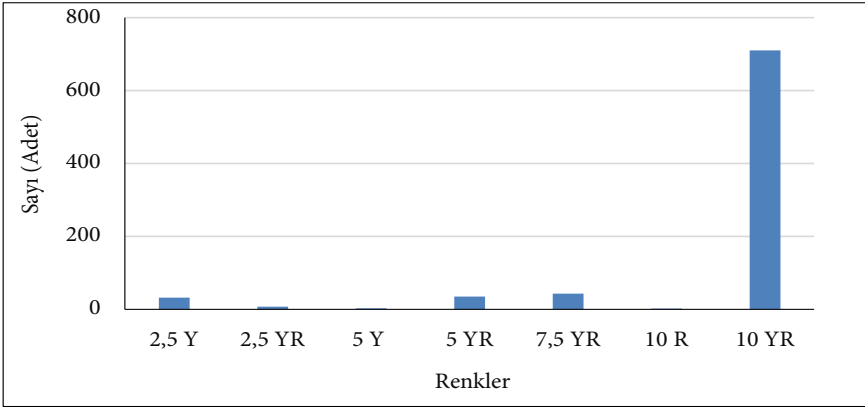
Karaçam orman topraklarının toplam azot değerleri belirlenen 1.491 toprak örneğinin dağılımı Şekil 10'da sunulmuştur. Karaçam orman topraklarının %77'sinin toplam azotunun %0,2'nin altında sadece %6'sının toprak toplam azotunun %0,4'ün üzerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 10). Gerek derinlik kademesine gerekse yatmanlara göre alınan örneklerin 0-5 cm ve Ah topraklarına ait 367 verinin dağılımında azot değerlerinin %0,1 ile %0,4 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 10). Bu verilere ek olarak, Alaçam Dağları'nda yapılan çalışmada dokuz toprak kesitinin 0-5 cm derinlik kademesi toplam azot değerleri %0,19 ile 0,55 arasında bulunmuştur (Sevim, 1954a). Karabük – Safranbolu'da üç örnek alandan 0-7,5 cm derinlik kademesinden beş dönemde alınmış toprak örneklerinin ortalama azot değerleri %0,18 ile 0,31 arasında tespit edilmiştir (Berber, 2014). Doğal karaçam ormanlarının toprak kesitinin üst toprak (Ah ve 0-5 cm) kısmının azot değerleri genelde %0,1 ile 0,4 arasında bulunmaktadır. Bununla birlikte sınırlı alanda toprak azot değerlerinin %0,1'den daha az veya %0,4'den daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 10. Karaçam orman topraklarının Ah ve 0-5 cm ile diğer yatman ve derinlik örneklerinin azot değerleri (%).

3.11. Toprak rengi

Karaçam ormanlarının toprak rengi belirlenen 832 örneğin %85'i 10 YR olarak ve geriye kalanlar ise 2,5 Y, 2,5 YR, 5 Y, 7,5 YR ve 10 R olarak belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Karaçam orman topraklarının renk dağılımları.

4. Genel Değerlendirme

Doğal karaçam ormanlarının toprak özelliklerinin belirlenmesi konusunda bütüncül bir amacı öncelemenin dışında birbirinden bağımsız ve yöresel amaçlar güden çalışmaların verileri üzerine yapılan bu çalışmanın, karaçam orman topraklarının özelliklerini tam yansıtmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte karaçam ormanlarının toprak özelliklerinin genel eğilimleri sunulmuştur. Doğal karaçam ormanlarının toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla doğrudan yapılacak geniş çaplı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Böyle bir kapsamlı çalışma yapılana kadar da daha az incelenmiş yörelere yönelmek gerekmektedir. Bu konuda Kütahya, Kastamonu, Bolu, Denizli, Konya, Adana, Kahramanmaraş, Bursa, Karabük, Muğla, Sinop ve Amasya gibi illerde geniş yayılış yaptığı alanları kapsayacak toprak araştırmalarının öncelikli yapılması gerekmektedir.

Mevcut çalışmalara göre karaçam orman toprakları hava, su ve besin maddesi bütçeleri açısından farklı özelliklere sahiptir. Bir taraftan havalanma koşullarını teşvik eden kumlu topraklarda, diğer taraftan havalanma koşullarını olumsuz etkileyen killi topraklarda yer alabilmektedir. Bununla birlikte karaçam orman topraklarının genelde taş miktarlarının ve kum tane çapları sınıfının yüksek olması havalanma koşullarını olumlu yönde etkilemektedir. Dolayısıyla karaçam orman topraklarının gözenekliliğinin hava ile dolu olması da önemlidir. Özellikle İstanbul'da durgun su üzerinde yapılan karaçam ağaçlandırmalarıyla oluşturulan ormanlarının belirli bir dönemden sonra büyümesi yavaşlamış, bireylerde ibre kaybı ve kurumalar görülmüştür (Çalışkan ve Goshu, 2004). Karaçamın durgun su üzerinde orman kurduğuna yönelik bilgiler sınırlıdır.

Ekosistemin en önemli besin maddesi kaynağı olan organik madde (Dünder, 1987) açısından da çeşitli seviyelerde karaçam toprakları bulunmaktadır. Karaçam ormanlarında hem organik maddece zengin topraklara hem de organik maddece fakir topraklara rastlanmaktadır. Benzer şekilde su bütçesini destekleyen, ince toprak miktarı yüksek ya da kil miktarı veya organik maddece zengin karaçam orman toprakları bulunurken aynı zamanda taş miktarı yüksek olan veya kum miktarı fazla olan ya da organik maddesi az bulunan topraklara da rastlanmaktadır. Dolayısıyla karaçam ormanları farklı toprak özelliklerine uyum sağlaması açısından ormancılık faaliyetlerine geniş uygulama alanları sunmaktadır. Mevcut verilerle dahi karaçamın, ağaçlandırma faaliyetlerinde (tohum aktarım bölgeleri, fidanlık aşaması gibi faaliyetler dahil), bakım çalışmalarında ve gençleştirme uygulamalarında bu uyumdan faydalanılmasına yönelik yaklaşımların geliştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Doğal karaçam orman topraklarının özellikleri için yapılan bu değerlendirme kapsamında öncelikle toprak çalışmalarının arttırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Karaçamın yaygın yayılış yaptığı alanların toprak özellikleri hakkında bilgiler henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Söz konusu ormanların sürdürülebilirliği için, karaçam orman topraklarının ormancılık faaliyetlerine verdiği tepkilerin ortaya konulması, çevre koşullarının (kirlilik, iklim değişikliği gibi) değişimine vereceği yanıtların bilinmesi konularında çalışmaların yapılması ve ormanların yönetimi için ivedilikle bu bilgi eksikliklerinin tamamlanması gerekmektedir.

Kaynaklar

Akarsu, F., 2018. Gönen Baraj Havzasındaki Orman Ekosistemlerinin Üst Toprak Özelliklerinin İncelenmesi ve Haritalanması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, I. Danişman; Orhan Sevgi, II.

- Danışman; O. Yalçın Yılmaz, 114 sayfa, İstanbul.
- Akbin, N. A., 1994. İzmit Yöresindeki Bazı Karaçam Ormanlarında Toprakların Kimyasal Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ertan Erüz, 62 sayfa, İstanbul.
- Akgül, E., 1985. Bazı Fidanlıklarda Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold) Ekimi Sırasında Toprağa Verilen Azotlu ve Fosforlu Gübrelerin Fidan Gelişimine Olan Etkileri. Teknik Bülten: 136 (Or. Araş. Ens. Dergisi Ocak 1985, Cilt:31 Dergi Sayı:61), 28 sayfa.
- Ali, H. A., 2017. Meşe, Sarıçam ve Karaçamın Karbon ve Azot Tutma Kapasiteleri Üzerinde Bakının Etkisi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 93 sayfa, Kastamonu.
- Altun, L., Yılmaz, E., Günlü, A., Ercanlı, İ., Usta, A., Yılmaz, M., Bakkaloğlu, M., 2007. Murat Dağı (Uşak) Yöresinde Yayılış Gösteren Ağaç Türlerinin (Kızılcım, Sarıçam ve Karaçam Verimliliğini Etkileyen Kimi Ekolojik Etmenlerin Araştırılması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7 (1): 1-22.
- Anonim, 1992. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayın Kataloğu (1952-1992)*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınları Serisi Nu:68, 155 sayfa, Ankara.
- Baysal, İ., 2007. Karaçam Ölü Örtüsünde Yangın Büyüme ve Gelişimi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Süleyman Akbulut, 79 sayfa, Bolu.
- Berber, K. A. S., 2014. Karaçam ve Meşe Ormanında Yangın Sonrası Toprağın Bazı Özelliklerindeki Değişmeler. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora, Danışman; Ayten Namlı, 125 sayfa, Ankara.
- Boydak, M., Çalikoğlu, M., 2008. *Toros Sediri'nin (Cedrus libani A. Rich.) Biyolojisi ve Silvikültürü*. Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, 284 sayfa, Ankara.
- Bussotti, F., 2002. *Pinus nigra* Arnold. In: Flinn, D. (Ed.) *Pines of Silvicultural Importance*; CABI Publishing, pages: 266-285, Wallingford.
- Büyükduman, M., 1977. Ankara Eymir Gölü Havzasında Ağaçlandırma Alanlarında Kurulan Teraslarda, Fidanların Dikileceği En Uygun Yerlerin Seçimine Esas Olmak Üzere Nem Profillerinin Saptanması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten 90, 101 sayfa, Ankara.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Ölü Örtü Ayrışması ile Mikroeklembacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK Proje Nu: 215O572, 139 sayfa.
- Çakır, M., Makineci, E., 2013. Humus Characteristics and Seasonal Changes of Soil Arthropod Communities in a Natural Sessile Oak (*Quercus petraea* L.) Stand and Adjacent Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 8943-8955.
- Çalışkan, A., Goshu, T. B., 2004. İstanbul Fatih Ormanının Silvikültürel Değerlendirmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 54B (1): 69-82.
- Çelik, N., 2006. Sündiken Dağları Kütlesinin Yetiştirme Ortamı Özellikleri Ve Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman Doğanay Tolunay, 310 Sayfa, İstanbul.

- Çepel, N., 1961. Hasılat Faktörü Olarak Toprakta Mevcut Besin Maddeleri ve Bunların Bitki Hayatındaki Rollerini. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11B (1): 95-103.
- Çepel, N., 1988. *Toprak İlimi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları 3416/389, 288 sayfa, İstanbul.
- Çepel, N., 1995. *Orman Ekolojisi*. Dördüncü Baskı, İstanbul Üniversitesi Yayın Nu: 3886, 536 sayfa, İstanbul.
- Çolakoğlu, G., 2001. İstanbul/Belgrad Ormanında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Meşe (*Quercus* spp.) Meşcerelerinin Topraklarındaki Mikrofungus Floraları ve Bunların Karşılaştırması Üzerine Bir Araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51A (1): 95-117.
- Çömez, Ö., Gezgin, S., 2019. Potasyum Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Fidanlarının Gelişimine Etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6(1): 77-86.
- Deniz, M., 1993. Demirköyde Sarıçam ve Karaçam Ağaçlandırma Alanlarının Toprak Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 110 sayfa, İstanbul.
- Dündar, M., 1987. Toprağın Organik Maddesi ve Ekolojik Yönden Önemi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37B (1): 109-124.
- Efeoğlu, İ., 1973. Eskişehir, Konya-Ereğlisi Orman Fidanlıklarında Mevcut 1-0 Yaşlı Karaçam, Sarıçam, Sedir Fidanlarında ve Kavak Kültürlerinde Görülen Sararma ve Ölüm Sebeplerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman Asaf Irmak, 313 sayfa, İstanbul.
- Eraslan, T., 2009. Tesadüfi Dal Örnekleme ve Önem Örnekleme Kullanarak Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ağaç Türü İçin Toprak Üstü Biyokütle Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ramazan Özçelik, 73 sayfa, Isparta.
- Erdoğan, H., 2003. Elazığ Orman Fidanlığında Ticari Gübrelerin Karaçam Fidanlarının (Tohum Yetiştirilen) Gelişmeleri Üzerine Olan Etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Aydın Türüdü, 68 sayfa, Trabzon.
- Eruz, E., 1984. *Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3244/368, 72 sayfa, İstanbul.
- Gonifeda, R. K., 2017. Güney Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 71 sayfa, Kastamonu.
- Gözler, M., 2016. Yangın Görmüş Karaçam Meşcerelerinde ve Bitişindeki Kontrol Alanlarında Toprak Özelliklerinin Değişiminin Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bülent Sağlam, 98 sayfa, Artvin.
- Gülçur, F., 1957. Vejetasyon Örtüsünün Toprak Teşekkülüne Genel Tesiri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7B (2): 211-216.

- Gülçur, F., 1961. Toprağın Reaksiyonu ve Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin Maddelerinden Olan İstifadeye Tesiri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11B (2): 51-59.
- Gülçur, F., 1965a. Toprakta ve Bitki Küllerinde Mevcut Kalsiyum ve Magnezyum Titriflex Iı Titrasyonu ile Kantitatif Tayini. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14B (1): 23-30.
- Gülçur, F., 1965b. Kalignost ile Toprakta ve Bitki Küllerinde Potasyumun Gravimetrik Tayini. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14B (1): 43-47.
- Gülçur, F., 1974. *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1970/201, 225 sayfa, İstanbul.
- Gülçur, F., 1977. Topraklarda Fosfor Tayinleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 27B (1): 234-260.
- Gülen, İ., 1954. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Çap Artımı ile Hacim Artımı Arasındaki Münasebetler Üzerinde Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*P. nigra* Arnold) Gövde Hacim Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A (1): 97-113.
- Gülsoy, S., 2006. Sütçüler (Isparta) Yöresinde Karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Boy Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Danışman; Kürşad Özkan, 101 sayfa, Isparta.
- Güner, D., Özkan, K., 2019. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırma Alanlarında Besin Stoklarının Belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6 (2):192-207.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu: ESK-10(6303), 46s, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırmalarının Verimlilik Modellemesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66 (1): 159-172.
- Güner, Ş.T., Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., Özkan, K., 2011. Eskişehir ve Afyonkarahisar İllerindeki Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarının Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkileri. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 1, Bakanlık Yayın No: 434, 83 sayfa, Eskişehir.
- Irmak, A., 1954a. Yetiştirilecek Orman Ağacları Türlerinin Seçilmesinde Toprak Araştırmalarının Rolü. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4B(1): 3-6.
- Irmak, A., 1954b. *Arazide ve Laboratuvarında Toprağın Araştırılması Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 599/27, 150 sayfa, İstanbul.
- Irmak, A., 1958. Altı Muhtelif Cins İğne Yapraklı Orman Ağacı Fidanlarının Fidanlık Toprağından Aldığı Besin Maddeleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (2): 5-30.
- Irmak, A., 1968. *Toprak İlmi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları

- 1268/121, 292 sayfa, İstanbul.
- Irmak, A., 1970. *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları 1650/149, 365 sayfa, İstanbul.
- Irmak, A., Çepel, N., 1974. *Bazı Karaçam , Kayın ve Meşe Meşcerelerinde Ölü Örtünün Ayrışma ve Humuslaşma Hızı Üzerine Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları 1973/204, 48 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana*) Hasılat Tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9A: 110-140.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiyede Karaçam (Pinus nigra Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Tarım Bak. O.G.M. Yay. Nu: 349/8, Yenilik Basımevi, 141 sayfa, İstanbul.
- Kantarıcı, M. D., 1987. *Toprak İlmi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları 3444/387, 370 sayfa, İstanbul.
- Kaptanoğlu, A. S., 2019. Orman Yangınının ve Yangın Sonrası Boşaltma Kesimlerinin Toprak Özelliklerine Etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6(1): 29-46.
- Kara, Ö., 2002. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofunguslarının Mevsimsel Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantaracı, 140 sayfa, İstanbul.
- Kara, Ö., Bolat, İ., 2007. Karaçam Ağaçlandırma Alanında Yangının Toprakların Mikrobiyal Biyokütle C İçeriğine Etkisi. sayfa: 1021-1030, *150th Anniversary of Forestry Education in Turkey* 17-19 October, 2007, İstanbul.
- Karaöz, Ö. M., 1991. Atatürk Arboretumu'ndaki Bazı İğne Yapraklı Plantasyonlarda Ölü Örtünün Kimyasal Özellikleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 41A (2): 68-86.
- Karaöz, M. Ö., 1992a. Toprakların Bazı Kimyasal Özelliklerinin (pH, Karbonat, Tuzluluk, Organik Madde, Total Azot, Yararlanılabilir Fosfor) Analiz Yöntemleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 39B (3): 64-82. ,
- Karaöz, Ö. M., 1992b. Toprakların Su Ekonomisine İlişkin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Laboratuvarında Belirlenmesi Yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39B (3): 133-144.
- Karaöz, Ö. M., 1993. Bazı Yerli ve Yabancı İğne Yapraklı Ağaç Türlerine ait Plantasyonlarda Ölü Örtü Miktarı ile Bunlardaki Besin Maddesi Rezervleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43A (1): 93-117.
- Karatepe, Y., 2009. Eğirdir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Danışman; Doğan Kantaracı, 293 sayfa, İstanbul.
- Kılıcı, M., Akbin, G., Sayman, M., 2014. *Fıstık Çamı (Pinus pinea L.)*. Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu: 74, ISBN: 978-605-4610-59-4, 228 sayfa, İzmir.
- Kılıç, M., 2018. Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Toprağın Mikrobiyal Biyokütlesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi: Osmanlı Orman İşletme Şefliği Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bülent Sağlam, 70 Sayfa.

- Knaz, R. R. E., 2017. Aynı Yetiştirme Ortamı Altında, Farklı Ağaç Türlerinin Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 69 sayfa, Kastamonu.
- Koray, E. Ş., 2017: Türkmen Dağı Karaçam Meşcerelerinde İbre Dökümü ile Ekosisteme Giren Besin Maddesi Miktarları. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Doğanay Tolunay, 66 sayfa, İstanbul.
- Koray, Ş., Güner, Ş. T., Çömez, A., Çelik, N., Karataş, R., Gürpınar, A. D., Tuncer, E., Karakaş, A., 2012. Eskişehir, Sakarya, Bilecik ve Bolu Yörelerinde Hava Kirliliğinden (SO₂) Kaynaklanan Orman Zararlarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten Nu:4, 65 sayfa.
- Kula, B., 2018. Karaçam Meşcerelerindeki Örtü ve Tepe Yangınlarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Küçük, 70 sayfa, Kastamonu.
- Kurt, F., 2010. Kunduz (Vezirköprü-Samsun) Yöresi Karaçam Orman Ekosistemlerinin Verimliliğine Etki Eden Bazı Yetiştirme Ortamı Faktörlerinin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Lokman Altun, 71 sayfa, Trabzon.
- Küçük, M., 2006. Genç Karaçam Meşcerelerinde Yangının Toprak Solunumu, Kök Kütlesi ve Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Aydın Tüfekçioglu, 61 sayfa, Artvin.
- Masoud, M. A. M., 2017. Kuzey Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 69 sayfa, Kastamonu.
- Oskay, F., 2007. Çankırı İli Eldivan İlçesi Karaçam Ormanı Topraklarındaki Fungal Floranın ve in-Vitro'da Antagonistik Etkileşimlerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ziya Şimşek, 100 sayfa, Ankara.
- Özdemir, Ö. L., 1980. *Türkiye'nin Önemli Kurak Mıntıkalarında Karaçamla Ağaçlandırma Tekniği Üzerinde Bazı Denemeler*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 100, 133 sayfa, Ankara.
- Özdemir, Ö. L., 1968. Toprak pH'sını Düşürmek için Kullanılan Kimyevi Maddelerden Kükürt, Demir Sülfat, Potasyum-Alüminyum Sülfat ve Sülfirik Asid'in Karaçam Tohum Yastığındaki Fidelerin Yaşama ve Gelişmeleri Üzerine Olan Tesirlerin Tetkiki. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayınlar 28: 64-69.
- Özkan, K., 2003. Beyşehir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri Ve Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 188 sayfa, İstanbul.
- Polat, S., 2012. Karstik Doğal ve Ağaçlandırma Sahalarında Sedir (*Cedrus libani* A. Rich) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Topraklarının Fiziksel, Kimyasal, Mine-

- ralojik ve Mikromorfolojik Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Selim Kapur, 297 sayfa, Adana.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Sağlam, B., Tüfekçioğlu, A., Tüfekçioğlu, M., Küçük, M., Ateş, M., 2017. Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Erozyon, Toprak Solunumu, Azot Mineralizasyonu ve Mikrobiyal Biyokütle ile Diğer Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Proje Nu: 213O193, 95 sayfa, Ankara.
- Seçilmiş, A., 2019. İç Anadolu Bölgesinde Farklı Yaşlardaki Karaçam Ağaçlandırma Sahalarında Toprak ve Bitkideki Bazı Besin Elementleri Oranlarının Yıllara Göre Değişimi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Sargıncı, 104 sayfa, Düzce.
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesi'nde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Yükseltiye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 221 sayfa. İstanbul.
- Sevgi, O., Çobanoğlu, G., Tecimen, H. B., Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., 2009. Karaçam Ekosistemlerinde Kabuk Likenlerinin Ölü Örtü Miktarları ve Ormanların Azot Beslenmesine Yaptığı Katkıların Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi BAP Kesin Raporu, 113 sayfa, Ankara.
- Sevgi, O., Makineci, E., Karaöz, Ö., 2011a. The Forest Floor and Mineral Soil Carbon Pools of Six Different Forest Tree Species. *Ekoloji*, 20 (81): 8-14.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2007. Kazdağları'nın Yüksek Dağlık Kesiminde (1400m-1750m) bulunan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ormanlarının Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi BAP Proje Nu: 228/ 29042004, 160 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2008. Changes in Austrian Pine Forest Floor Properties in Relation with Altitude in Mountainous Areas. *Journal of Forest Science*, 54 (7): 306-313.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., 2011b. Alaçam Dağları Karaçam Ormanlarının Liken Ölü Örtü pH'sının İrdelenmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 61 (2): 45-52.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., Dündar, T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-TOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Sevim, M., 1951. Alaçam (Dursunbey) Ormanında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1A (2): 115-142.
- Sevim, M., 1954a. *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar*. Orman Umum Müd. Yayınlarından Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.
- Sevim, M., 1954b. Muhtelif Toprak Türlerinde Karaçam ve Sarıçam Fidiciklerinin Pörsüme Noktaları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4A (1-2): 65-73.
- Sevim, M., 1956. Belgrad Ormanının Bazı Meşcerelerinde Üst Toprağın Fizik ve Şi-

- mik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6A (1): 114-129.
- Sevim, M., 1961. Bazı Orman Ağaçlarının Kök Sistemleri ve Yetiştirme Muhiti Şartları ile Münasebetleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11B (1): 49-65.
- Sözen, M. E., 1994. Vize-Değirmendere Serisindeki Karaçam Meşcerelerinin Boylanması ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 99 sayfa, İstanbul.
- Tacener, İ. A., Efeoğlu, İ. A., 1979. Türkiye'nin Bazı Orman Fidanlıklarında Üretilen İğne Yapraklı Fidanların Aldığı Besin Maddeleri ve Gübreleme Gereksinimi Üzerine Araştırmalar. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu 142 sayfa.
- Tecimen, H. B., 2020. Topraktaki Bitki Besin Maddesi Havuzu Kapsamına Giren Bazı Terimlerin Kullanılışları. *Avrasya Terim Dergisi*, 8(1): 35-43.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Makineci, E., 2001. Investigations on Physical and Chemical Properties of Forest Floor in Turkey. *Proceedings of the Fifty International Conference on the Development of Wood Science Wood Technology and Forestry, ICWSF 2001*, sayfa: 185-195, Ljubljana, Slovenia.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Kavgacı, A., Akburak, S., 2019. Estimation of Forest Litter Fractions by Regression Analysis in Different Aged Stands of *Pinus nigra*. *Bosque*, 40(1): 41-48,
- Toprak, B., 2016. Ekto- ve Arbusküler Mikoriza Aşlanmış Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının İç Anadolu'nun Yarı Kurak Sahalarındaki Ağaçlandırma Başarısı. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Oktay Yıldız, 172 sayfa, Düzce.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Sağlam, B., Bilgili, E., Altun, L., 2010. Soil Properties and Root Biomass Responses to Prescribed Burning in Young Corsican Pine (*Pinus nigra* Arn.) Stands. *Journal of Environmental Biology*, 31: 369-373.
- Tunç, T., 2019. Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Geliştirme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölü Örtü Ayrışması. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Meriç Çankır, 49 sayfa, Çankırı.
- Varan, S., 2008. Artvin Orijinli Kestane (*Castanea sativa*), Meşe (*Quercus petraea*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türleri ile Ankara orijinli Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türlerin Ölü Örtü Ayrışma Oranları Üzerinde Kimyasal Bileşenlerinin ve İklim Özelliklerinin Etkisi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 45 sayfa, Artvin.
- Yılmaz, A. E., 2016. Bir Sarıçam+Karaçam Karışık Meşceresinde Örtü Yangını Takiben Toprak Özelliklerindeki Değişimin Belirlenmesi: Ilgaz-Hızardere Orman İşletme Şefliği Örneği. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sema Camcı Çetin ve Sabit Erşahin, 71 sayfa, Çankırı.
- Yılmaz, E., 2004. Murat Dağı (Uşak) Yöresinde Yayılış Gösteren Ağaç Türlerinin (Sarıçam, Karaçam, Kızılçam) Gelişimini Etkileyen Kimi Ekolojik Etmenlerin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Lokman Altun, 117 sayfa, Trabzon.



Eldivan, 2016
Serdar AKBURAK

12

KARAÇAM ORMANLARINDA TOPRAK SOLUNUMU

1. Giriş

Toprak, atmosferdeki CO₂'in önemli küresel kaynaklarından bir tanesidir. Bundan dolayı CO₂'in atmosferdeki yoğunluğunun düzenlenmesinde önemli rol oynamakta ve atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun yaklaşık % 10' u her yıl toprak yoluyla atmosfere geçmektedir (Raich ve Schlesinger, 1992). Toprak solunumu; topraktaki çeşitli mikroorganizma faaliyetleri ve bitki köklerinden çıkan CO₂'in zamansal ve mekânsal faktörler etkisi altında atmosfere verilmesi olarak ifade edilebilir (Akburak, 2008). Toprak solunumu ekosistemlerdeki ekolojik süreçler hakkında bilgi elde etmek amacıyla kullanılan göstergelerden bir tanesidir (Oyonarte ve ark., 2012). Toprak solunumunun ekosistemdeki karbon dengesi, besin döngüsü, bölgesel ve küresel karbon dengesi, iklim değişimi ve karbon depolaması üzerinde önemi büyüktür (Luo ve Zhou, 2006). Bu yüzden toprak solunumu sadece ekologların değil aynı zamanda atmosfer dinamiklerini ve ekosistemlerin fonksiyonlarını araştıran bilim adamlarının da ilgi konusu olmuştur (Akburak, 2008).

Toprak solunum oranı çevresel faktörler (sıcaklık, nem, pH vb.) ile değişim göstermektedir. Vegetasyon toprak solunumu üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkileyebilmekte ve bunu toprağın mikro iklimini ve yapısını, toprağa çeşitli bitki türlerinden katılan farklı bitkisel artıkların miktarını, kalitesini ve özellikle de kökleri etkileyerek gerçekleştirmektedir (Akburak, 2008). Bundan dolayı insan faaliyetleri sonucu vegetasyondaki değişiklikler ve buna bağlı olarak küresel çaptaki çevre değişimi topraktan atmosfere CO₂ akışını değiştirme potansiyeline sahiptir (Raich ve Tüfekçioğlu, 2000).

Atmosferdeki CO₂ yoğunluğundaki artış oranı karbonun bağlanma süreci ile azaltılabilir (Lorenz ve Lal, 2010). Bu bakımdan orman ekosistemlerinin bu süreçteki önemi artmaktadır. Toprak solunumu ormanların karbonu depolanmasını belirlemede önemli role sahiptir (Valentini ve ark., 2000). Farklı orman ekosistemlerindeki karbon döngüsüne ait mekanizmaların ortaya konulması ve değerlendirilmesi bu açıdan önemlidir. Nitekim farklı türlerden oluşan orman ekosistemleri içerisinde bu konuya yönelik çalışmaların gerçekleştirildiğini görmekteyiz. Karaçam türü Akdeniz havzasında çok geniş bir yayılış göstermektedir. En geniş yayılışı Türkiye'de yapmakta olup, kızılçam türünden sonra en önemli

¹⁾ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: sakburak@iuc.edu.tr

ikinci ibreli türdür. Bu yüzden karaçam ekosistemlerindeki süreçlerin anlaşılması ülke genelinde CO₂ üretimiyle ilgili yaklaşım, uygulama ve siyasetin oluşmasına katkı sağlaması açısından son derece önem arz etmektedir. Bu çalışma ile karaçam ekosistemlerindeki toprak solunumu üzerine ülkemizde ve uluslararası alanda yapılmış çalışmalar değerlendirilerek karaçam ekosistemlerinin toprak solunum süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. Toprak Solunumunu Etkileyen Faktörler

Toprak solunumu toprak-atmosfer ortak yüzeyinde CO₂'in akışını temsil eder (Luo ve Zhou, 2006). Toprak solunumu; toprak yüzeyinden çıkan CO₂ oranı diğer bir deyişle kök solunumu ve mikrobiyal solunum yoluyla ortaya çıkan CO₂'in toplamıdır (Luo ve Zhou, 2006). Tanımdan da anlaşıldığı gibi toprak solunumu iki bileşenden oluşur. Bunlar kök solunumu (canlı bitki kökleri ve simbiyotik mikrorizal mantarlar) ve mikrobiyal solunumdur (toprak organik maddesi ve artıkların ayrışmasını içeren mikroorganizmalar) (Hanson ve ark., 2000). Kök solunumu ve mikrobiyal solunum küresel karbon döngüsünde önemli bir akıştır. Bu farklı bileşenlerin dinamikleri toprak sıcaklığı, toprak nemi, ölü örtü kalitesi, toprak üstü vejetasyon yapısı, kök biyokütlesi, toprak kimyası ve fiziksel özelliklerini kapsayan değişkenler tarafından kontrol edilmektedir.

Toprak solunumu etkileşimlerini ayırmak güç olmasına rağmen solunuma etki eden faktörler genellikle karşılıklı olarak birbirini etkilemektedir. Bitkiler ve mikroorganizmalar diğer birçok fizyolojik süreçlerdeki sınırlayıcı faktöre tepki verdiği gibi toprak solunumu genellikle en sınırlayıcı faktöre tepki verir. Sonuç olarak, toprak CO₂ akışı toprak ve gaz difüzyonundaki biyolojik aktivitelere bağlıdır ve hem biyolojik aktiviteler hem de gaz difüzyonunun ikisi de toprak ve vejetasyon özelliklerinden etkilenir (Hanson ve ark., 2000).

3. Karaçam Ormanlarında Toprak Solunumu

Toprak solunumu ekosistemlerdeki karbon döngüsü içerisinde önemli bir akışı temsil etmesi sebebiyle önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi orman ekosistemlerindeki ekolojik süreçlerin değerlendirilmesinde kullanılan bir göstergedir. Buna bağlı olarak toprak solunumu üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ibreli ve yapraklı türler altında yapılmış çalışmaların olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların içinde karaçam türü ile ilgili olanlar sınırlı sayıdadır. Karaçam türü altında gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen ortalama toprak solunum değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde Karaçam türünde yapılan çalışmalar sonucu Türkiye'de elde edilen sonuçların diğer ülkelerde yapılan çalışma sonuçları ile benzer olduğunu söylemek mümkündür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Karaçam ormanlarında gerçekleştirilen bazı çalışmalar.

Solunum (Ortalama)	Orman Tipi	Yaş (Yıl)	Yükselti (m)	Yer	Kaynak
2,01 2,02	Saf Karışık (Çz, Çk, Ar, G, S)	-	-	Türkiye Mersin	Berberoğlu ve ark., (2015)
3,14 3,42	Saf Karışık (Çk, G, S)	92 100	1.555 1.460	Türkiye Adana	Evrendilek ve ark., (2006)
1,62	Saf	5-15 ve 80	1.250	Türkiye Samsun	Akbaş ve ark., (2017)
0,46	Karışık (Çk, S, Mkr, Ar)	-	1.569-2.271	Türkiye Isparta	Erol ve ark., (2016)
0,81	Ağaçlandırma	50	140	Türkiye İstanbul	Akburak ve Makineci (2013)
1,29	Ağaçlandırma	20-25	1.050	Türkiye Kastamonu	Tüfekçioğlu ve ark., (2006)
1,19	Ağaçlandırma	25	1.050	Türkiye Kastamonu	Tüfekçioğlu ve ark., (2010)
1,29 1,03	Ağaçlandırma Saf	15 -	1.050	Türkiye Kastamonu	Küçük (2006)
0,27 - 1,32*	Karışık (Çk, Çp, Ml)	50-60	60-800	İtalya	Lagomarsino ve ark., (2020)
2,28-3,32 *	Saf Karışık (Çk, Çp)	-	1.250-1.300 1.000-1.050	İspanya	Plaza-Álvarez ve ark., (2017)
1,75- 15,47*	Karışık (Çk, Çp)	35-45	1477	İspanya	Maránón-Jiménez ve ark., (2011)
0,12*	Saf	-	300-1.200	İspanya	Chang ve ark., (2014)
1,20-1,41*	Saf	-	1.400	İspanya	Martínez-García ve ark., (2017)
4,26*	Ağaçlandırma	24-30**	150	Polonya	Reich ve ark., (2005)
1,85*	Saf	44	420	İtalya	Rodeghiero ve Ces- catti (2005), Rodeg- hiero ve ark., (2013)
15,03*	Saf	97-99	456-753	Romanya	Yuste ve ark., (2019)
2,13	Ağaçlandırma	22	615	Yeni Ze- landa	Dickie ve ark., (2011)

*g C m³ gün olarak hesaplanmıştır.

** yaşlar tahmini olarak hesaplanmıştır.

Çk: Karaçam, Çp: Pendarosa çamı (*Pinus pendarosa*), S: Sedir (*Cedrus libani*), Çz: Kızılcım, Çh: Halep çamı, G: Toros göknarı (*Abies cilica*), Ar: Ardiç (*Juniperus excelsa*), Ml: Saçlı meşe, Mkr: Kermes meşesi.

Orman ekosistemlerinde karbon bütçelerinin hesaplanmasında toprak solunu-
mu ile ilgili çalışmalar yapılmış olup, bu çalışmalar özellikle iklim değişimindeki
gelecek senaryoları ve etkileri bakımından değerlendirmeler içermektedir. Örne-

ğın Türkiye’de yapılan Berberoğlu ve ark. (2015), tarafından Akdeniz bölgesindeki saf ve karışık ibrelili ormanlarda yapılan çalışmada saf karaçam ve karışık meşcereler için yıllık ortalama solunum miktarının (734 gCm² yıl ve 737 gCm² yıl) 2070 yılındaki tahmin senaryosunda (677 gCm² yıl ve 576 gCm² yıl) daha düşük olacağını belirtmişlerdir. Bununla birlikte net ekosistem üretimindeki (NEÜ) değişimin karaçam ormanlarında % -7,7 karışık ormanlarda % -21,9 olacağı belirtilmekte ve özellikle kuzey bakıdaki yüksek bölgeler hariç diğer bölgelerde suyun sınırlayıcı faktör olacağını ifade edilmektedir (Berberoğlu ve ark., 2015). Benzer olarak, Matias ve ark. (2012), Akdeniz ekosistemi içerisinde karışık meşcerelerde (Sarıçam, karaçam ve pırnal meşesi) iklim değişikliği senaryosu altında toprak solunumu üzerinde etkili olan canlı ve cansız faktörlerin etkilerinin konu edildiği çalışmasında yağış rejimindeki değişimin gelecek 20 yıl içinde toprak solunumu üzerinde diğer faktörlerden daha önemli etki yaratacağı sonucuna ulaşmışlardır. Başka bir çalışmada, Chang ve ark. (2014), İspanya’da artan kuraklık altında toprak solunumunun nasıl değişeceğini anlamaya yönelik dere kıyısı (riparian) zonunda yapmış olduğu iki yıllık çalışmada yaz döneminde en yüksek solunum değerinin karaçam türünde olduğunu ve sıcaklıkla doğru orantılı değişim gösterdiğini tespit etmiştir. Ayrıca iklim değişimi altında çoğu karasal ekosistem için toprak suyunun muhtemelen sınırlayıcı faktör olacağı ifade edilmiştir (Chang ve ark., 2014). Nitekim kuraklık etkisinin neden olduğu ölümler üzerinde Yuste ve ark. (2019), tarafından Romanya’da bölgesel ölçekli değerlendirmenin yapıldığı çalışmada, karaçam (96-99 yaş) meşceresindeki ölü ağaçların altında toprak solunumunun canlı ağaçların altındaki solunumdan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun ağaçların ölümden sonra meydana gelen organik madde miktarı, kalitesi, mikroiklim, pH ve kılcal kök yapısındaki değişimle güçlü ilişkisi olduğunu belirtmiştir.

Ormancılık uygulamaları (denetimli yakma, aralama vb.) meşcere içi dinamikleri etkilemesi (sıcaklık, nem, ışık vb.) sebebiyle toprak solunumu üzerine etkilerin değerlendirildiği çalışmalar gündeme gelmiştir. Akbaş ve ark. (2017), Samsun bölgesinin iki tabakalı karaçam ormanlarında yaptığı denetimli yakma uygulamasının toprak mikrobiyal canlı kütle ve diğer toprak özelliklerinin ilişkisini değerlendirdiği çalışmasında kontrol alanlarındaki toprak solunum oranının diğer alanlardan daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Fakat yangının solunum üzerinde önemli değişim yapmadığı belirtilmiştir (Akbaş ve ark., 2017). Benzer olarak, Tüfekçioğlu ve ark. (2006) ile Tüfekçioğlu ve ark. (2010), Kastamonu bölgesinde genç karaçam ağaçlandırma sahalarında yangının solunum ve kök canlı kütlelerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmada, yıllık toplam solunum miktarının yanmış alanlarda kontrol alanlarından daha yüksek olduğunu tespit etmiş ayrıca solunumun sıcaklık ve nem ile yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir. Küçük (2006) karaçam orman alanlarıyla yangın alanları arasındaki toprak solunumunu ve toprak özelliklerini belirlemek üzere yaptığı çalışmada da orman alanlarındaki toprak solunum oranının yangın alanından düşük olduğunu gözlemlemiş, top-

rak sıcaklığı ile toprak solunumunun arttığını tespit etmiştir. Ayrıca genç karaçam meşceresindeki (15 yaşında) solunum oranını yaşlı meşcereden daha yüksek bulmuştur (Küçük, 2006). Bu çalışmaların aksine, Martínez-García ve ark. (2017), İspanya karaçam ormanlarında farklı şiddetteki yangının etkilerini değerlendirdiği çalışmada yanmamış alanlarda ile yanmış alanlar arasında benzer sonuçlar tespit etmiştir. Yangından sonra düşük şiddetli yangının olduğu alanlarda yangın ve boşaltım kesimi arasındaki etkileşiminin toprak solunumunu etkilemediğini, fakat yüksek şiddetteki alanlarda bu etkinin toprak solunumunu arttırdığını belirtmiştir (Martínez-García ve ark., 2017). Keza Maránón-Jiménez ve ark. (2011), Akdeniz ekosistemi içerisinde karaçam ve fıstıkçamı (35-45 yaş) karışık alanlarında ve saf sarıçam alanlarında yangından sonra yapılan uygulamalara (boşaltım kesimi, traşlama kesim, kütüklerin çıkartılması) göre karışık meşcere alanlarında uygulamalar arasında farklılık tespit etmişlerdir. Solunumu yönlendiren faktör olarak toprak neminin olduğu ayrıca yangın sonrası alan yönetiminin (boşaltma kesimi ve kütüklerin çıkartılması vb.) değişen toprak parametreleri ile net karbon dengesinin ve ekosistemin doğal iyileşme ritmini belirleyeceği belirtilmiştir (Maránón-Jiménez ve ark., 2011). Başka bir çalışmada, Plaza-Álvarez ve ark. (2017), İspanyada saf karaçam ve sahil çamı karaçam karışık meşcerelerinde denetimli yakmanın toprak solunumu üzerine etkilerini değerlendirmiş ve toprak solunum değerlerinin karışık ve saf ormanlar arasında benzer olduğu, bunun çalışılan türün ibreliliğinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Düşük yoğunluklu yangının kısa dönemde solunumu etkilemediğini bununda yangından sonra sıcaklığın düşük seviyelere ulaşmasına bağlanmıştır (Plaza-Álvarez ve ark., 2017). Bu sonuçlara ek olarak saf meşcerelerde toprak solunumu ile org. C ve C/N oranı arasında doğrusal ilişki tespit etmişlerdir (Plaza-Álvarez ve ark., 2017). Toprak solunumu hakkında bilgiler ve farklı yangın uygulamalarının tekrarlanmasının sürdürülebilir ekosistem yönetimi için anahtar olabileceği ifade edilmiştir (Plaza-Álvarez ve ark., 2017). Lagomarsino ve ark. (2020), İtalyada karaçam türünün de yer aldığı karışık çam ormanlarında aktivite (solunum ve enzim) ile ölü örtü arasındaki ilişkiyi yapılan farklı aralama uygulamalarıyla değerlendirdiği çalışmada solunum ile sıcaklık arasında pozitif ilişki olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca kısa dönemde aralamanın etkisini ve değişkenlerin değişimini yönlendiren faktörün ölü örtü olduğunu belirtmiştir (Lagomarsino ve ark., 2020).

Toprak solunumunun vejetasyon tipi ile değişim gösterebileceği yukarıda belirtilmişti. Bu açıdan değerlendirmeler yapıldığında karaçam türü için farklı sonuçlar literatürde görülebilmektedir. Örneğin, Evrendilek ve ark. (2006), Adana (Aladağ - Katran Çukuru) bölgesindeki karışık ve saf (sırası ile 103 ve 92 yaşında) ibrelili ormanlarda karbon bütçesini değerlendirdiği çalışmada karaçam türü altında yıllık ortalama toprak solunum değerinin sedir türünden daha yüksek oysa kızılçam, boylu ardıç ve karışık ormanlardan (*Abies cilicica* (%55), *Cedrus libani* (%28), ve *Pinus nigra* (%17)) daha düşük olduğu ortaya konulmuştur. Rodeg-

hierro ve Cescatti (2005) ile Rodeghiero ve ark. (2013), İtalya Alp dağlarında 11 farklı orman tipinde yapmış olduğu çalışmada karaçam türünde yıllık ortalama solunum oranının baltalık işletilen ormanlardan daha düşük fakat diğer ibreli ormanlardan genel olarak daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Bu çalışmalar dışında ağaçlandırma alanları bakımından toprak solunumu değerlendirildiğinde; Reich ve ark. (2005), Polonya'da 14 türle yapılmış ağaçlandırma sahalarında yaptığı çalışmada karaçam türü altında toprak solunumunun ladin ve duglas göknarından daha yüksek diğer yapraklı ve ibreli türlerden daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Türler altındaki topraklarda büyük ve hızlı değişimler olduğunu gözlemlemişlerdir (Reich ve ark., 2005). Benzer olarak, Akburak ve Makineci (2013), Belgrad Ormanında 5 farklı ağaç türü altında toprak solunumunun mevsimsel değişiminin incelendiği çalışmada karaçam ağaçlandırma alanlarına ait toprak solunumunun ladin türünden daha yüksek, fakat göknar, sarıçam ve meşe türünden daha düşük olduğu tespit edilmiş ve karaçam türündeki solunum değişiminin kök ile doğrusal ilişkili nem ve sıcaklık ile negatif ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Dickie ve ark. (2011), tarafından Yeni Zelanda'da karaçam ağaçlandırması (22 yaşında) ve çalılık (*Kunzea ericoides*) alanlarında toprak ekosistem fonksiyonlarının değerlendirildiği çalışmada toprak solunumu karaçam alanlarında yıllık ortalama 2,13 gCm² gün olarak tespit edilmiş ve bu solunum değişiminin yaprak yüzey indeksi ile doğru orantılı olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmalar dışında alan kullanım tipinin değerlendirilmesinde toprak solunum oranı kullanılabilir. Örneğin, Erol ve ark. (2016), Akdeniz ekosistemlerinde arazi kullanım tipinin su, karbondioksit, karbon ve azot değişkenleri üzerindeki etkisini modellediği çalışmada karışık (karaçam, sedir, kermes meşesi, boylu ardıç) ormanlardaki solunum miktarının (0,46 gCm² gün) diğer alan kullanımlarından (mera tarım alanı) daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Arazi kullanım tipinin toprak karbonu, azotu ve solunum oranı ile doğrusal ilişkili olduğunu belirtmiştir (Erol ve ark., 2016).

Mikrobiyal solunumun toprak solunumunun önemli bir bileşeni olduğu daha önce vurgulanmıştı. Bununla birlikte mikrobiyal solunum ekosistemdeki süreçlerin (ayırışma, besin döngüsü, toprak kalitesi vb.) mekanizmaların anlaşılmasında dikkate alınan önemli bir faktördür. Buna ek olarak mikrobiyal solunum topraktaki toprak organik bileşenlerinin biyolojik ayrışması ve parçalanması ile ilişkili olabilen toprak mikro florasının aktivitesini yansıttığı ifade edilmiştir (Brohon ve ark., 2001). Mikrobiyal solunum üzerine çeşitli ekosistemlerde yapılan araştırmalara rastlanmakla (Akburak, 2020; Akburak ve ark., 2018; Bolat ve ark., 2015; Cheng ve ark., 2013) birlikte karaçam saf, karışık ve ağaçlandırma ekosistemlerinde de yapılmış çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Bu çalışmaların bazı mikrobiyal solunum oran verileri çizelge 2'de sunulmuştur. Söz konusu sonuçlar değerlendirildiğinde mikrobiyal solunum oranının geniş aralıkta değişim gösterdiği görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Karaçam ormanlarında mikrobiyal solunum üzerine gerçekleştirilen bazı çalışmalar.

Solunum (Ortalama)	Orman Tipi	Yaş (Yıl)	Yükselti (m)	Yer	Kaynak
1,31 – 1,57**	Ağaçlandırma	10-25	1.037-1.164	Türkiye Eskişehir	Sepken ve ark., (2014)
0,21*	Karışık (Çk, Mt)	-	720-760	Türkiye Karabük	Kaptanoğlu ve Namlı (2020)
156,72-285,84*	Ağaçlandırma	24-111	1.400-1.600	Türkiye Çankırı	Çakır ve ark., (2019)
17,76*	Ağaçlandırma	-	1.250	Türkiye Bolu	Bolat (2014)
5,28*	Ağaçlandırma	40***	850	İtalya	Hopkins ve ark., (2007)
48,59-82,93 55,30-79,53	Saf Karışık (Çk,Çs,Ar,MI)	100-180 100-120	1.200	İspanya	Lucas-Borja ve ark., (2012b)
6,40 – 66,7*	Ağaçlandırma	-	-	Bulgaristan	Nedyalkova ve ark., (2018)
835,44*	Ağaçlandırma	45	800	İtalya	Vittozzi ve ark., (2007)
10,32*	Karışık Ağaçlandırma (Çp, Çk)	19	800	Yeni Zelanda	Chen ve ark., (2003)
15,36*	Karışık Ağaçlandırma (Çp, Çk)	19	800	Yeni Zelanda	Chen ve ark., (2000)
63,58-105,0	Saf	-	996-1.400	İspanya	Andrés-Abellán ve ark., (2019)

* $\mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{gün}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.** $\text{gCm}^{-2}\text{gün}^{-1}$

*** yaşlar tahmini olarak hesaplanmıştır.

Çk:Karaçam, Çp:Pendarosa çamı, Çs: Sarıçam, MI: Saçlı meşe, Mt: Tüylü meşe, Ar: Ardıç.

Mikrobiyal özellikler orman toprakları üzerinde gerçekleştirilen uygulamaların etkilerini değerlendirmede yardımcı göstergelerdir (Akburak, 2013). Çünkü çevresel değişkenliğe veya değişime hızlıca tepki verirler (Zimmermann ve Frey, 2002). Bu yüzden ormancılık uygulamalarının etkilerini değerlendirmek için mikrobiyal solunum ölçümleri ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalarda görülmektedir. Örneğin Bolat (2014) Bolu Mudurnu bölgesinde yaptığı çalışmada karaçam ormanlarında aralamanın toprak mikrobiyal parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiş, mikrobiyal solunumun aralama alanlarında kontrol alanlarından daha düşük olduğunu ve aralama alanlarında mikrobiyal toplumun organik madde kullanımında daha etkili olduğunu belirtmiştir. Aynı çalışmada, solunumdaki değişimlerin toprak nemi, mikrobiyal canlı kütle C ve N, organik-C ve toplam azot içeriği ile doğru orantılı olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışma-

da, Kaptanoğlu ve Namlı (2020) Karabük-Safranbolu bölgesinde karaçam meşe karışık meşçerelerinde yangının etkilerinin araştırıldığı çalışmada ortalama mikrobiyal solunum oranının yanan ve yanmayan alanlar arasında önemli farklılık göstermesine rağmen yanmayan alanlarda bu oranın daha yüksek olduğu belirtilmiş ve bu durumun yanmış alanlarda artan sıcaklıkla meydana gelen kuraklık etkisinden olabileceği tahmin edilmiştir.

Bitki örtüsü mikro iklim, ölü örtü miktarı ve kalitesi üzerindeki etkisi vasıtasıyla mikrobiyal aktiviteyi ve mikrobiyal canlı kütleyle doğrudan etkileyebilir (Akburak, 2020). Nitekim Lucas-Borja ve ark. (2010), İspanya'da Akdeniz nemli ikliminin toprak mikrobiyal aktivitesi üzerinde etkili olan farklı vejetasyon türlerinin etkilerini araştırdığı çalışmada, mikrobiyal solunumun organik madde miktarı, toprak sıkışması ve enzim aktiviteleri ile doğrusal ilişkili olduğu, vejetasyon tipinin mikrobiyal ve biyokimyasal süreçleri etkilediği bildirilmiştir. Ayrıca karaçamın saf olduğu alanlarda mikrobiyal solunum oranının karışık karaçam (%75) - sarıçam (%25) alanlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Toprağın mikrobiyolojik aktivitesi; mineralizasyon, çözünme, mobilizasyon ve besin varlığı için temeldir (Akburak, 2013). Bu yüzden meşçere gelişim çağlarındaki bu süreçleri anlamaya yönelik olarak mikrobiyal aktivitenin değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Lucas-Borja ve ark. (2016), taafından İspanya'da karaçam ormanında meşçere yaşı ve yapısının toprak dinamiği üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada meşçere gelişim çağı boyunca mikrobiyal solunumun arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun genç (yaş 1-19) meşçerelerdeki C/N oranının yüksek olması ile açıklanabileceğini ve ayrıca toprak kalitesinin orta yaş (40-100 yaş) grubunda yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada, Herrero ve ark. (2016), Kuzey İspanya'da doğal meşe ve saf – karışık ibreli (Karaçam, sarıçam, sahil çamı) ağaçlandırma sahalarında karaçam türü altında toprak mikrobiyal solunum oranının ağaç yaşına (24, 33 ve 36 yaş) bağlı olarak artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Benzer olarak, Çakır ve ark. (2019) tarafından Çankırı bölgesi karaçam ağaçlandırmalarında yaptığı çalışmada toprak mikrobiyal solunumunun gelişim çağı boyunca artma eğilimi gösterdiği tespit edilmiş ve bu durumun genç meşçerede solunum oranının C ve C/N oranı ile ilişkili olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Lucas-Borja ve ark. (2012b)'de İspanya'da saf karaçam ve karışık ormanlarında (karaçam, sarıçam, ardıç, meşe) toprak organik maddesi ve ölü örtü mikrobiyal toplumlarının incelendiği çalışmada yaşlı saf meşçerelerde ortalama mikrobiyal solunum oranının karışık ormandan daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bunun nedeni C/N oranının yüksekliği ve nemli Akdeniz ikliminde toprak pH'sına bağlı mikrobiyal yapıda yaşanan değişim olduğu düşünülmektedir (Lucas-Borja ve ark., 2012b). Bunun yanında Lucas-Borja ve Delgado-Baquerizo (2019) İspanya'da yaşı 1 ile 120 arasında değişen karaçam ve karışık ormanlarda ekosistemin çok işlevselliğinin (Besin döngüsü, ayrışma, odun üretimi, su rejimi ve iklim rejimi) şekillenmesinde zamanın oynadığı rolün değerlendirildiği çalışmada mikrobiyal solunum ve enzim aktivitesi ayrışma süreci içeri-

sinde değerlendirmiştir. Sonuç olarak artan yaş ile ayrışmanın ve çok işlevselliğin doğru orantılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Lucas-Borja ve Delgado-Baquerizo, 2019). 100 yaş üstü ile altı karşılaştırıldığında önemli olarak ayrışmanın 100 yaş üstünde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum C/N oranı ile ters orantılı ve fonksiyonelliği önemli oranda etkilediği anlaşılmıştır (Lucas-Borja ve Delgado-Baquerizo, 2019). Ayrıca aynı çalışmada her 50 yıllık süreç ile fonksiyonelliğin arttığı vurgulanmıştır. Benzer olarak Lucas-Borja ve ark. (2012a), İspanya'da yükselti boyunca saf ve karışık çam ormanlarındaki toprak mikrobiyal toplum üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği çalışmada yükselti boyunca mikrobiyal solunumun artma eğiliminde olduğu yükselti basamaklarında saf karaçam ormanı ile karışık orman (karışım oranı karaçam %45-65-50, sarıçam % 55-35-50) arasında anlamlı farklılığın olmadığını tespit etmişlerdir. Bu artışın orta ve yüksek kesimlerde daha uygun sıcaklık ve nem şartlarının olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Lucas-Borja ve ark., 2012a). Ayrıca genel olarak solunum oranının enzim, karbon, fosfor ve C/N oranı ile doğru orantılı olduğu belirtilmiştir (Lucas-Borja ve ark., 2012a). Bu çalışmalar dışında mikrobiyal aktivite toprak gelişimi ve kalitesini değerlendirmede gösterge olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Hopkins ve ark. (2007), İtalya'da farklı gelişim aşamasındaki volkanik topraklar üzerinde yapmış olduğu çalışmada toprak gelişimi ile minerilizasyon sürecinde mikrobiyal toplumların verimliliğinin arttığı ortaya konulmuştur. Başka bir çalışmada, Andrés-Abellán ve ark. (2019), İspanya'da çok değişkenli toprak kalite indeksi geliştirmek için yaptığı çalışmada saf karaçam ormanında mikrobiyal solunum oranının yüksek olduğunu tespit etmiş ve bu alanların toprak kalite indeksi bakımından çok yüksek sınıfta olduğu belirtilmiştir.

Mikrobiyal aktiviteyi farklı arazi kullanımları etkiler ve bu yüzden topraktaki mikrobiyolojik aktivitenin durumunu bilmek önemlidir (Johnson ve ark., 2003; Cañizales-Paredes ve ark., 2012). Chen ve ark. (2000), Yeni Zelanda 19 yaşında *Pinus ponderosa* ve *Pinus nigra* karışık ormanında ve mera alanlarında yapmış olduğu çalışmada mikrobiyal solunum oranının ormanlık alanlarda daha düşük olduğu ve bunun meşcerenin gelişim çağlarının başında olması ile mineralizasyonun daha yüksek olmasına bağlamıştır. Buna ek olarak, Chen ve ark. (2003), aynı bölgede mevsimsel olarak mikrobiyal özellikler ve fosfor dinamiğindeki değişimi incelediği çalışmada çevresel koşullardaki (yağmur, nem ve sıcaklık) mevsimsel değişimlerin biyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilediği vurgulanmıştır. Bahar ve yaz döneminde mikrobiyal aktivitedeki artış ile fosfor mineralizasyonun arttığı ve fosfor döngüsünün mera ekosisteminde ölen kökler ile orman ekosisteminde ise yaprak ölü örtüsü ile etkilendiği belirtilmiştir (Chen ve ark., 2003). Bunun dışında Lucas-Borja ve ark. (2011), İspanya'da rekreasyonel faaliyetin toprak ve bitki çeşitliliği üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmada korunmuş alanlarda mikrobiyal solunumun yüksek ve düşük rekreasyonel faaliyetin olduğu alanlara kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bitki örtüsünün devamlılığının toprak sağlığı ve verimliliğinin korunması için önemli olduğu vurgulanmıştır (Lucas-Borja ve ark., 2011).

Ağaçlandırmaların toprak üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi aşamasında mikrobiyal aktivite ölçümleri önemli bilgiler sunmaktadır. Örneğin, Sepken ve ark. (2014), Eskişehir bölgesi karaçam ağaçlandırmalarının toprak biyokimyasal özelliklerine etkisini değerlendirdiği çalışmada genç meşcerelerin (10 yaş) daha düşük mikrobiyal solunum oranına sahip olduğu ve solunum oranının pH ve kireç içeriği ile doğrusal ilişkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca otlatmaya maruz açık alanın karaçamla ağaçlandırılarak dönüştürülmesi ile erken dönemde toprak organik karbonundaki azalmanın, toprak verimliliği ve karbon depolanması açısından olumsuz sonuçlar doğurduğu fakat bu negatif etkinin ağaçlandırmanın ilerleyen yaşlarında kaybolduğu vurgulanmaktadır (Sepken ve ark., 2014). Başka bir çalışmada Nedyalkova ve ark. (2018), Bulgaristan'da kömür madeninde ıslanma sorunu olan (hidrofobik) ve ıslanabilen (hidrofilik) toprakların mikrobiyal özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada karaçam ağaçlandırma alanlarının açık alanlara göre daha yüksek solunum değerine sahip olduğunu tespit etmiş ve ıslanma sorunu olan (Hidrofobik) topraklarda karaçamın mikrobiyal parametreler üzerinde olumlu etki yarattığını belirtmiştir. De Marco ve ark. (2018), Güney İtalya'da Akasya ve karaçam ile ağaçlandırılmış sahalarda ölüörtü mikrobiyal özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada hem toprak hem de ölüörtü mikrobiyal solunum oranının anlamlı olarak karaçam ağaçlandırmalarında daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte akasya türündeki su da çözülebilir maddelerin mikroorganizmaları etkilemesinden kaynaklandığını ve ekosistem seviyesinde organik maddenin minerilizasyonun azalmasına neden olacağı ifade edilmiştir (De Marco ve ark., 2018).

4. Sonuç ve Öneriler

Karaçam ekosistemlerinde toprak solunumu üzerine yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde solunum oranı bakımından saf ormanlarda 0,12–3,14 gCm² gün arasında, karışık ormanlarda 0,46–15,47 gCm² gün arasında ağaçlandırma alanlarında 0,81–4,26 gCm² gün arasında değişim göstermekle birlikte ulusal ve uluslararası çalışmaların benzer sonuçlara sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar saf, karışık ve ağaçlandırma alanlarında gerçekleştirilmekle birlikte karaçam ekosistemlerindeki süreçler ile ilgili iklim senaryosuna bağlı değişimler, alan kullanım tipinin, vejetasyon tipinin ve ormancılık uygulamalarının etkileri üzerine değerlendirmeler yapılmış ve farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Fakat ağırlıklı olarak solunum üzerinde toprak nem oranının bu süreçlerde daha etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Mikrobiyal solunum bakımından değerlendirildiğinde solunum oranlarının geniş ölçekte değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre saf ormanlarda 48,59–105,0 µg CO₂-C g gün arasında, karışık ormanlarda 6,40–835,44 µg CO₂-C g gün arasında ve ağaçlandırma alanlarında 0,21–79,53 µg CO₂-C g gün arasında değişim

göstermektedir. Bu çalışmaların vejetasyon tipinin, ormancılık uygulamalarının, arazi kullanım türünün ve ağaçlandırmaların mikrobiyal solunuma etkisi üzerine yapıldığı görülmektedir. Özellikle ulusal çalışmalar ağırlıklı olarak ağaçlandırma sahalarında gerçekleştirilmiştir. Solunum oranındaki değişim üzerinde en fazla organik madde, karbon ve karbon/azot oranı faktörlerinin etkili olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, toprak solunum ile ilgili çalışmalar bakımından karaçam türü altında yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğunu söylemek mümkündür. Bu yüzden gelecekte yapılacak çalışmaların;

- Gelecek iklim senaryolarının etkilerini değerlendirme bakımından farklı bölgelerdeki doğal meşcelerde daha fazla yapılması,
- Ormancılık uygulamalarının (farklı şiddetteki aralama, traşlama kesim, yangın sonrası faaliyetler) bütüncül değerlendirilmesi aşamasında doğal meşcelerde yapılması,
- Bölgesel ölçekte karbon yönetimi ve modellerin oluşturulması bakımından toprak solunumu üzerine çalışmaların artırılması,
- Doğal ekosistemlerde ayrışma ve besin döngüsü gibi süreçlerin daha iyi anlaşılması bakımından mikrobiyal özelliklerin daha fazla değerlendirilmesi gereklidir.

Kaynaklar

- Akbaş, M., Kılıç, M., Tüfekçioglu, A., Sağlam, B., 2017. Midterm Results of Different Intensity Prescribed Fires on Soil Microbial Biomass in Black Pine Stands. Sayfa: 102-107, *ISFOR - International Symposium on New Horizons in Forestry*, Isparta.
- Akburak, S., 2008. *Belgrat Ormanında Farklı Ağaç Türleri Altında Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ender Makineci, 168 sayfa, İstanbul.
- Akburak, S., 2013. Meşe ve Gürgen Meşcelerinde Aralamanın Toprak Solunumu Ve Mikrobiyal Solunum Üzerine Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ender Makineci, 199 sayfa, İstanbul.
- Akburak, S., 2020. Seasonal Variation of Microbial Activity in Soil and Forest Floor under Three Different Fir Plantations. *Eurasian Journal of Forest Science*, 8 (2): 109-122.
- Akburak, S., Makineci, E., 2013. Temporal Changes of Soil Respiration under Different Tree Species. *Environmental monitoring and assessment*, 185 (4): 3349-3358.
- Akburak, S., Son, Y., Makineci, E., Çakir, M., 2018. Impacts of Low-Intensity Prescribed Fire on Microbial and Chemical Soil Properties in a *Quercus frainetto* Forest. *Journal of Forestry Research*, 29: 687-696.
- Andrés-Abellán, M., Wic-Baena, C., López-Serrano, F. R., García-Morote, F. A., Martínez-García, E., Picazo, M. I., Rubio, E., Moreno-Ortego, J. L., Bastida-López, F., García-Izquierdo, C., 2019. A Soil-Quality Index for Soil from

- Mediterranean Forests. *European Journal of Soil Science*, 70 (5): 1001-1011.
- Berberoglu, S., Donmez, C., Evrendilek, F., 2015. Coupling of Remote Sensing, Field Campaign, and Mechanistic and Empirical Modeling to Monitor Spatiotemporal Carbon Dynamics of a Mediterranean Aatershed in a Changing Regional Climate. *Environmental Monitoring and Assesment*, 187 (179): 1-16.
- Bolat, I., 2014. The Effect of Thinning on Microbial Biomass C, N and Basal Respiration in Black Pine Forest Soils in Mudurnu, Turkey. *European Journal of Forest Research*, 133 (1): 131-139.
- Bolat, İ., Kara, Ö., Tunay, M., 2015. Effects of Seasonal Changes on Microbial Biomass and Respiration of Forest Floor and Topsoil under Bornmullerian Fir Stand. *Eurasian Journal of Forest Science*, 3: 1-13.
- Brohon, B., Delolme, C., Gourdon, R., 2001. Complementarity of Bioassays and Microbial Activity Measurements for the Evaluation of Hydrocarbon-Contaminated Soils Quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (7): 883-891.
- Cañizales-Paredes, N., Tolón-Becerra, A., Lastra-Bravo, X., Ruiz-Dager, F., 2012. Evaluation of the Effects of Soil Depth on Microbial Activity in Three Agroecosystems in Venezuela. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43 (9): 1273-1290.
- Chang, C. T., Sabaté, S., Sperlich, D., Poblador, S., Sabater, F., Gracia, C., 2014. Does Soil Moisture Overrule Temperature Dependency of Soil Respiration in Mediterranean Riparian Forests. *Biogeosci Discuss*, 11: 7991-8022.
- Chen, C. R., Condrón, L. M., Davis, M. R., Sherlock, R. R. 2000. Effects of Afforestation on Phosphorus Dynamics and Biological Properties in a New Zealand Grassland Soil. *Plant and Soil*, 220 (1-2): 151-163.
- Chen, C. R., Condrón, L. M., Davis, M. R., Sherlock, R. R., 2003. Seasonal Changes in Soil Phosphorus and Associated Microbial Properties under Adjacent Grassland and Forest in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 177 (1-3): 539-557.
- Cheng, F., Peng, X., Zhao, P., Yuan, J., Zhong, C., Cheng, Y., Cui, C., Zhang, S., 2013. Soil Microbial Biomass, Basal Respiration and Enzyme Activity of Main Forest Types in the Qinling Mountains. *PLoS One* 8.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması ile Mikroeklembacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK 3501 Projesi, Proje Nu: 215O572, Kesin Rapor 136 sayfa, Ankara.
- De Marco, A., Esposito, F., Berg, B., Zarrelli, A., Virzo De Santo, A., 2018. Litter Inhibitory Effects on Soil Microbial Biomass, Activity, and Catabolic Diversity in Two Paired Stands of *Robinia pseudoacacia* L. and *Pinus nigra* Arn. *Forests*, 9 (766): 1-19.
- Dickie, I. A., Yeates, G. W., St. John, M. G., Stevenson, B. A., Scott, J. T., Rillig, M. C., Peltzer, D. A., Orwin, K. H., Kirschbaum, M. U. F., Hunt, J. E., Burrows, L. E., Barbour, M. M., Aislabie, J., 2011. Ecosystem Service and Biodiversity Trade-offs in Two Woody Successions. *Journal of Applied Ecology*, 48 (4): 926-934.

- Erol, A., Ekinci, K., Akbolat, D., Evrendilek, F., 2016. Modeling Impacts of Land Uses on Carbon and Nitrogen Contents, Carbon Dioxide and Water Effluxes of Mediterranean Soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(4).
- Evrendilek, F., Berberoglu, S., Taskinsu-Meydan, S., Yilmaz, E., 2006. Quantifying Carbon Budgets of Conifer Mediterranean Forest Ecosystems, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119(1-3): 527-543.
- Hanson, P., Edwards, N., Garten, C., Andrews, J., 2000. Separating Root and Soil Microbial Contributions to Soil Respiration: A Review of Methods and Observations. *Biogeochemistry*, 48 (1): 115-146.
- Herrero, C., Nieves, M. B. T., Fernández, V. P., 2016. Carbon Content of Forest Floor and Mineral Soil in Mediterranean *Pinus* spp. and Oak stands in Acid Soils in Northern Spain. *Forest systems*, 25(2): 14.
- Hopkins, D. W., Badalucco, L., English, L. C., Meli, S. M., Chudek, J. A., Ioppolo, A. 2007. Plant Litter Decomposition and Microbial Characteristics in Volcanic Soils (Mt Etna, Sicily) at Different Stages of Development. *Biology and Fertility of Soils*, 43 (4): 461-469.
- Johnson, D., Booth, R. E., Whiteley, A. S., Bailey, M. J., Read, D. J., Grime, J. P., Leake, J. R., 2003. Plant Community Composition Affects the Biomass, Activity and Diversity of Microorganisms in Limestone Grassland Soil. *European Journal of Soil Science*, 54 (4): 671-678.
- Kaptanoglu, A. S., Namli, A., 2020. Wildfire and Harvesting Effects on Carbon Dynamics in an Oak-Pine Mixed Forest. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 13 (5): 435.
- Küçük, M., 2006. Genç Karaçam Meşcerelerinde Yangının Toprak Solunumu, Kök Kütlesi ve Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Aydın Tüfekçioğlu, 72 sayfa, Artvin.
- Lagomarsino, A., Mazza, G., Agnelli, A. E., Lorenzetti, R., Bartoli, C., Viti, C., Colombo, C., Pastorelli, R., 2020. Litter Fractions and Dynamics in a Degraded Pine Forest After Thinning Treatments. *European Journal of Forest Research*, 139 (2): 295-310.
- Lorenz, K., Lal, R., 2010. *Carbon Sequestration in Forest Ecosystems*. Springer, London. ISBN: 978-90-481-3265-2.
- Lucas-Borja, M. E., Delgado-Baquerizo, M., 2019. Plant Diversity and Soil Stoichiometry Regulates the Changes in Multifunctionality During Pine Temperate Forest Secondary Succession. *Science of The Total Environment*, 697: 134-204.
- Lucas-Borja, M. E., Bastida, F., Moreno, J. L., Nicolás, C., Andres, M., Lopez, F. R., Del Cerro, A., 2011. The Effects of Human Trampling on the Microbiological Properties of Soil and Vegetation in Mediterranean Mountain Areas. *Land Degradation & Development*, 22 (4): 383-394.
- Lucas-Borja, M. E., Bastida, F., Nicolás, C., Moreno, J. L., del Cerro, A., Andrés, M., 2010. Influence of Forest Cover and Herbaceous Vegetation on the Microbiological and Biochemical Properties of Soil Under Mediterranean Humid Climate. *European Journal of Soil Biology*, 46 (5): 273-279.

- Lucas-Borja, M. E., Candel Pérez, D., López Serrano, F. R., Andrés, M., Bastida, F., 2012a. Altitude-related Factors but not *Pinus* Community Exert a Dominant Role Over Chemical and Microbiological Properties of a Mediterranean Humid Soil. *European Journal of Soil Science*, 63 (5): 541-549.
- Lucas-Borja, M. E., Candel, D., Jindo, K., Moreno, J. L., Andrés, M., Bastida, F., 2012b. Soil Microbial Community Structure and Activity in Monospecific and Mixed Forest Stands, Under Mediterranean Humid Conditions. *Plant and soil*, 354 (1-2): 359-370.
- Lucas-Borja, M. E., Hedo, J., Cerdá, A., Candel-Pérez, D., Viñegla, B., 2016. Unravelling the Importance of Forest Age Stand and Forest Structure Driving Microbiological Soil Properties, Enzymatic Activities and Soil Nutrients Content in Mediterranean Spanish Black Pine (*Pinus nigra* Ar. ssp. *salzmannii*) Forest. *Science of the Total Environment*, 562: 145-154.
- Luo, Y., Zhou, C., 2006. *Soil Respiration and the Environment*. Elsevier. London, ISBN 13:978-0-12-088782-8
- Marañón-Jiménez, S., Castro, J., Kowalski, A. S., Serrano-Ortiz, P., Reverter, B. R., Sánchez-Cañete, E. P., Zamora, R., 2011. Post-fire Soil Respiration in Relation to Burnt Wood Management in a Mediterranean Mountain Ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 261 (8): 1436-1447.
- Martínez-García, E., López-Serrano, F. R., Dadi, T., García-Morote, F. A., Andrés-Abellán, M., Pumpanen, J., Rubio, E., 2017. Medium-term Dynamics of Soil Respiration in a Mediterranean Mountain Ecosystem: the Effects of Burn Severity, Post-fire Burnt-wood Management, and Slope-aspect. *Agricultural and Forest Meteorology*, 233: 195-208.
- Matías, L., Castro, J., Zamora, R., 2012. Effect of Simulated Climate Change on Soil Respiration in a Mediterranean-type Ecosystem: Rainfall and Habitat Type are More Important than Temperature or the Soil Carbon Pool. *Ecosystems*, 15 (2): 299-310.
- Nedyalkova, K., Petkova, G., Atanassova, I., Banov, M., Ivanov, P., 2018. Microbiological Properties of Hydrophobic and Hydrophilic Technosols from the Region of Maritsa-Iztok Coal Mines. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 71(4).
- Oyonarte, C., Rey, A., Raimundo, J., Miralles, I., Escribano, P., 2012. The Use of Soil Respiration as an Ecological Indicator in Arid Ecosystems of the SE of Spain: Spatial variability and Controlling Factors. *Ecological Indicators*, 14 (1): 40-49.
- Plaza-Álvarez, P. A., Lucas-Borja, M. E., Sagra, J., Moya, D., Fontúrbel, T., De las Heras, J., 2017. Soil Respiration Changes After Prescribed Fires in Spanish Black Pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) Monospecific and Mixed Forest Stands. *Forests*, 8 (7): 248.
- Raich, J. W., Schlesinger, W. H., 1992. The Global Carbon Dioxide Flux in Soil Respiration and its Relationship to Vegetation and Climate. *Tellus B*, 44, 2: 81-99.
- Raich, J.W., Tüfekçioğlu, A., 2000. Vegetation and Soil Respiration: Correlations and Controls. *Biogeochemistry*, 48: 71-90.
- Reich, P. B., Oleksyn, J., Modrzyński, J., Mrozinski, P., Hobbie, S. E., Eissenstat,

- D. M., Chorover, J., Chadwick, O. A., Hale, C. M., & Tjoelker, M. G., 2005. Linking Litter Calcium, Earthworms and Soil Properties: a Common Garden Test with 14 Tree Species. *Ecology Letters*, 8 (8): 811-818.
- Rodeghiero, M., Cescatti, A., 2005. Main Determinants of Forest Soil Respiration Along an Elevation/Temperature Gradient in the Italian Alps. *Global Change Biology*, 11 (7): 1024-1041.
- Rodeghiero, M., Churkina, G., Martinez, C., Scholten, T., Gianelle, D., Cescatti, A., 2013. Components of Forest Soil CO₂ Efflux Estimated from $\Delta 14$ C Values of Soil Organic Matter. *Plant and Soil*, 364 (1-2): 55-68.
- Sepken, K. B., Farast, S., Namlı, A., 2014. Afforestation Effects on Soil Biochemical Properties. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1 (1): 25-34
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Saglam, B., Bilgili, E., Altun, L., 2010. Soil Properties and Root Biomass Responses to Prescribed Burning in Young Corsican Pine (*Pinus nigra* Arn.) Stands. *Journal of Environmental Biology*, 31 (3): 369.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Saglam, B., Bilgili, E., Altun, L., Kucuk, O., 2006. Influence of Fire on Root Biomass Dynamics and Soil Respiration Rates in Young Corsican Pine (*Pinus nigra*) Stands in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 234: 195.
- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A. J., Schulze, E. D., Rebmann, C. J. M. E. A. G., Moors, E. J., Garnier, A., Gross, P., Jensen, N. O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C., Grünwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A. S., Vesala, T., Rannik, Ü., Berbigier, P., Loustau, D., Guðmundsson, J., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S., Jarvis, P. G., 2000. Respiration as the Main Determinant of Carbon Balance in European forests. *Nature*, 404 (6780): 861-865.
- Vittozzi P., De Marco A., Virzo De Santo A., 2007. Nitrogen, Lignin, Cellulose and ADSS [Acid-Detergent Soluble Substances] Dynamics During Decomposition of *Pinus nigra* Arn. Needles Assessed by Direct Field Measurements. In: Leone V. (ed.), Lovreglio R. (ed.). *Proceedings of the international workshop MEDPINE 3: conservation, regeneration and restoration of Mediterranean pines and their ecosystems*. Bari : CIHEAM, 2007. p. 207-211. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 75). Proceedings of the International Workshop, 2005/09/26-30, Bari (Italy).
- Yuste, J. C., Flores-Rentería, D., García-Angulo, D., Hereş, A. M., Bragă, C., Petritan, A. M., Petritan, I. C., 2019. Cascading Effects Associated with Climate-Change-Induced Conifer Mortality in Mountain Temperate Forests Result in Hot-spots of Soil CO₂ Emissions. *Soil Biology and Biochemistry*, 133: 50-59.
- Zimmermann, S., Frey, B., 2002. Soil Respiration and Microbial Properties in an Acid Forest Soil: Effects of Wood Ash. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 (11): 1727-1737.



Kastamonu, 2020
Yetkin USTA

13

KARAÇAM EKOSİSTEMLERİNDE ORMAN YANGINLARININ EKOLOJİK RÖLÜ

1. Giriş

Orman yangınları birçok ekosistemde yer alan, sistem dinamiklerini ve verimliliğini etkileyen ve aynı zamanda da sistemin sürekliliğinde önemli rol oynayan doğal bir bileşendir (Dafis, 1987; Agee, 1993; Pausas ve Keeley, 2019). Yangınların ekosistemlerdeki rolü ve yangın-ekosistem ilişkisi oldukça karmaşık bir yapıda olup, bu etkileşimden ekosistemler farklı şekillerde etkilenir (Harper ve ark., 2018). Yangına bağımlı ve yangından etkilenen ekosistemlerde, vejetasyonun yapı, kompozisyon ve sürekliliği, yangının mevsimi, sıklığı ve şiddeti gibi faktörlere bağlı olarak şekillenir (Çanakçıoğlu, 1985; Jhariya ve Raj, 2014). Birçok bitki formasyonları yangına hassas olmakla birlikte yapılarını devam ettirebilmeleri için belirli aralıklarla çıkan yangınlara ihtiyaç duyarlar (Kayll, 1968; Swan, 1970; Trabaud, 1980; Bilgili, 2014). Yangınların nerede, ne sıklıkta, ne zaman ve nasıl gerçekleştiği, yangınların ekosistemler üzerindeki etkilerinin derecesini belirler (Hardesty ve ark., 2005). Dolayısıyla, yangınların orman ekosistemlerindeki ekolojik rollerinin ortaya konulması ve yapılacak planlamalara dahil edilmesi, ormanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından oldukça önemlidir (Baysal ve ark., 2016).

Yangınların orman ekosistemleri içerisindeki rolü, yangınların zamansal ve mekânsal durumu, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile vejetasyon yapısında meydana getirdiği değişiklikleri dikkate alan yangın rejimi kavramıyla açıklanmaktadır (Lloret ve Zedler, 2009). Yangınlar, fiziksel ve kimyasal bir süreç olarak değerlendirildiğinde, hava halleri, topoğrafya ve yanıcı maddenin tipi, miktarı ve durumuna bağlı olarak değişen şiddeti, sıklığı, mevsimi ve büyüklüğüne bağlı olarak orman ekosistemini etkilemektedir. Etkinin derecesi, yangın rejimi özellikleri ve ekosistemlerin esneklik ve dayanıklılığına bağlı olarak değişmektedir (Robichaud ve ark., 2000). Bu sebeple, yangınların orman ekosistemleri üzerin-

¹⁾ Orman Genel Müdürlüğü, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Giresun

²⁾ Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma, Trabzon, Elmek: bilgili@ktu.edu.tr

³⁾ Dr. Öğretim Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma, Trabzon, Elmek: kacoskuner@ktu.edu.tr

deki etkisi, orman ekosistemlerinin yapı, kompozisyon ve süreç dinamikleri ile yangın rejimi özelliklerinin birlikte değerlendirilmesiyle ortaya konulabilir.

Yangınların ekosistemler üzerindeki rollerinin ortaya konulması amacıyla, dünya üzerindeki ekosistemler ekolojik bölgelere ayrılmıştır (Hardesty ve ark., 2005). Her bir ekolojik bölge kendine özgü bir yangın rejimine sahiptir (Shlisky ve ark., 2007). Bu ekolojik bölgelerde bulunan türler, yangınlara karşı geliştirdikleri adaptasyonlarla koşullara uyum sağlamışlardır. Kuzey yarım kürenin en zengin iğne yapraklı türleri olan çamlar (Scaltsoyiannes ve ark., 2009; Christopoulou ve ark., 2014) da bu ekolojik bölgeler içerisinde geniş bir yayılış alanına sahip olup, yangınlara etkileşim halindedir.

Çamlar bitkiler âleminin en eski cinslerinden biridir. Günümüzde çam cinsine ait 100'den fazla tür vardır (Farjon, 2003; Christopoulou ve ark., 2014; López ve Flores, 2020). Sadece Akdeniz havzası boyunca, 13 milyon hektardan fazla alanı kaplayan 9 çam türü bulunmaktadır (Barbéro ve ark., 1974; Christopoulou ve ark., 2014). Yangınlar, çam türlerinin hakim olduğu ekosistemlerde de önemli bir ekolojik faktördür. Yangın rejimi farklılıklarına bağlı olarak, yangınların değişik çam ekosistemlerinde farklı etkileri olmaktadır (Agee, 1998).

Çam türlerinin en önemlilerinden biri karaçam (*Pinus nigra* ssp.)'dır. Karaçam dünyada ve ülkemizde oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir (Burns ve Honkala, 1990; Turna ve Bilgili, 2006). Ancak, karaçamın yangın ekolojisi hakkında diğer çam türlerine oranla daha az bilgi bulunmaktadır (Camarero ve Gutierrez, 2002; Fule ve ark., 2008). Bu sebeple, karaçamın egemen tür olduğu orman ekosistemlerinde yangınlarının ekolojik rollerinin anlaşılması, karaçam ekosistemlerinin yönetimi ve sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

Bu bölümde, yangın etkileşimlerine bağlı olarak karasal ekosistemler içerisinde karaçamın yeri ve karaçamın yayılış alanı içerisindeki alanlarda karaçam-yangın ilişkileri ile kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının karaçam ormanlarında kullanımı ve önemi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda dünya genelinde yapılmış çalışma sonuçları ile yapılan uygulamalar değerlendirilerek, ülkemiz karaçam orman alanlarında yapılabilecek uygulamalar konusunda öneriler sunulmuştur.

2. Yangınla Etkileşimlerine Bağlı Olarak Karasal Ekosistemler

Dünya üzerindeki karasal ekosistemler, yangınla etkileşimlerine ve üzerinde yaşayan bitki topluluklarının yapı, kompozisyon ve ekolojik süreçler açısından yangınlara karşı vermiş oldukları tepkiye bağlı olarak yangına duyarlı, yangına bağımlı ve yangından bağımsız olmak üzere üç farklı ekolojik bölgeye ayrılmaktadır (Hardesty ve ark., 2005). Her bir ekolojik bölge kendine özgü bir yangın rejimine sahiptir. Türler geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla içerisinde

yaşadıkları ekolojik bölgenin şartlarına uyum sağlamışlardır. Bu durum, bitki topluluklarının farklı ekolojik bölgelerde yangınlara karşı olan tepkilerini ve etkilenme şekillerini değiştirmiştir (Shlisky ve ark., 2007; Heikkilä ve ark., 2010).

Orman yangınları, yangınların ekosistemin bir bileşeni olmadığı ve yangından bağımsız ekosistemlerde önemli problemler oluşturur. Bu ekosistemlerde türler yangının olumsuz etkilerini ortadan kaldıracak adaptasyonlardan yoksundur ve düşük şiddetli yangınlarda bile zarar görebilirler (Meyers, 2006). Ekvator kuşağı ekosistemleri ile ülkemizdeki sürekli orman formundaki karışık, farklı yaşlı ve çok tabakalı seçme işletmeleri bu özellikte alanlardır. Ancak, yangına bağımlı ekosistemlerde, ekosistemi oluşturan türler yangınlara adapte olmuşlardır, ve süreklilikleri için periyodik yangınlara ihtiyaç duyarlar (Kruger, 1983; Trabaud, 1987; Neyişçi, 1989; Naveh, 1991; Arianoutsou, 1998). Çoğu Akdeniz ekosistemleri, Afrika ve Güney Amerika savanları ile Boreal kuşak (sibirya ladin) ormanları bu gruba örnek teşkil eder. Yangınlara bağımlı ekosistemlerden yangınların uzaklaştırılması ya da hakim yangın rejiminin insan eliyle değiştirilmesi, bu ekosistemlerde geri dönülmesi zor yapısal hasarlara neden olabilir (Bilgili ve ark., 2001; Meyers, 2006; Shlisky ve ark., 2007; Heikkilä ve ark., 2010; Tavşanoğlu ve ark., 2017; Usta ve ark., 2019). Yangına bağımlı ekosistemlerde, yangınlar tahribat değil, yenilenmenin bir gereği olmaktadır (Rowe ve Scotter, 1973; Pickett ve White, 1985; Barnes ve ark., 1998). Yangından bağımsız ekosistemler ise, yangınların çok az ya da hiç rol oynamadığı ekosistemlerdir. Bu ekosistemler yanma olayının gerçekleşemeyeceği kadar çok nemli, soğuk ya da kuru ekosistemlerdir (ör., çöl, tundra, tropikal yağmur ormanları). Yangınlar, bu tip ekosistemlerde sadece arazi kullanım faaliyetleri, yabancı tür istilaları ve iklim değişikliği gibi ekosistemin yapısında farklılaşmaya neden olan değişikliklerin olması durumunda bir tehdit haline gelebilmektedir (Meyers, 2006; Heikkilä ve ark., 2010).

Karasal ekosistemlerin ekolojik bölgelere ayrılmasında ekosistemi oluşturan türlerin yangına karşı verdiği genel tepki dikkate alınmıştır. Ancak, farklı tepkilerin ortaya çıkabileceği, ekolojik bölgeler arasındaki geçiş zonunda yer alan, yangınlarla iç içe olan ve planlamalara dahil edilmesi gereken ekosistemler de vardır. Bu ekosistemler dördüncü bir kategoride yangından etkilenmiş ekolojik bölgeler olarak değerlendirilmektedir. Yangından etkilenmiş ekolojik bölgeler yangına bağımlı, yangına duyarlı veya yangından bağımsız olan ekosistemler arasındaki geçiş bölgelerinde yer alan bitki türlerini içermektedir. Bu bölgeler, genellikle ya yangına duyarlı olan ve yangını tolere edebilen, ya da yangını tolere edemeyen türleri ihtiva eden ekosistemlerdir (Meyers, 2006; Heikkilä ve ark., 2010). Bu tür ekosistemlerde yangınlarla ekosistem ilişkisinin ortaya konulması, ekosistemlerin korunması ve sürdürülebilir yönetimlerinin sağlanmasında önemlidir (Heikkilä ve ark., 2010).

Yangına bağımlı olmayan ancak yangınlarla iç içe olan birçok ekosistem,

yangınlardan önemli derecede etkilenmektedir. Bu etkilenme çok şiddetli ve geniş çaplı yangınlarda olumsuz sonuçlar doğururken, özellikle aynı yaşlı, tek tabakalı ve saf meşçere oluşturan bazı türlerin çimlenme, büyüme ve gelişiminde yangınların önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir (Neyişçi, 1986, 1989; Hanley ve Fenner, 1997; Hancock ve ark., 2005; Hille, 2006; Daskalaku ve Thanos, 2010; van Wilgen ve ark., 2012; González-De Vega ve ark., 2018). Bazı çam türlerinin hâkim olduğu doğal ekosistemler (Christopoulou ve ark., 2014) ile ülkemizde aynı yaşlı, saf karaçam ve sarıçam meşçereleri de bu özelliğindedir.

3. Yangınlarla Etkileşimlerine Bağlı Olarak Çam Ekosistemleri

Çamlar, çoğunluğu kuzey yarı kürede olmak üzere dünya üzerinde oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir (Keeley, 2012). Bu yayılış alanı farklı ekolojik bölgeleri ve yangınla etkileşimleri kapsamaktadır. Yangının, çam türlerinin hakim olduğu orman ekosistemleriyle ilişkili önemli bir ekolojik faktör olduğu bilirse de, bu ekosistemler aynı yangın rejimine sahip değildir. Çamlar yangın rejimine bağlı olarak geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla, buldukları ekolojik bölgenin şartlarına uyum sağlamışlardır. Bu durum, çam türlerinin farklı ekolojik bölgelerde yangınlara karşı olan tepki ve etkilenme şekillerini değiştirmiştir. Dolayısıyla, yangınların çam ekosistemlerinde meydana getirmiş olduğu etki, içerisinde yaşadığı ekolojik bölgenin sahip olduğu yangın rejimine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Agee, 1998).

Yangınla etkileşimlerine göre, çam ekosistemleri iki ana gruba ayrılmaktadır (Keeley, 2012). İlk grupta yer alan ekosistemler, yangının normal bir sistem bileşeni olmadığı ve yangına karşı dayanıklı olmayan türlerden oluşan ekosistemlerdir. Bu türler yangının olumsuz etkilerini hafifletebilecek adaptasyonlara sahip olmayıp, yangına uyum olarak yorumlanabilecek sadece sınırlı özelliklere sahiptirler. Bu grupta yer alan çam türleri düşük şiddetli yangınlarda bile zarar görebilmektedir (Meyers, 2006; Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Yangına karşı hassas ya da yangını tolere edemeyen türler olarak değerlendirilen bu gruptaki çam türlerini yüksek dağ (*Pinus cembra*, *Pinus sibirica*, *Pinus albicaulis*, *Pinus aristata*) ve çöl (*Pinus cembroides*, *Pinus edullis*, *Pinus monophylla*, *Pinus quadrifolia*) ekosistemlerinde yer alan çam türleri oluşturmaktadır. Türlerin iğne yapraklarının kısa ve yoğun, kabuklarının ise ince ve tüm gövdede eşit kalınlıkta olması yangına hassas olduklarını göstermektedir (Keeley, 2012).

İkinci ve en büyük grubu oluşturan ekosistemler ise, yangına adapte olmuş ya da yangını tolere edebildiği düşünülen türlerden oluşan ekosistemlerdir (Keeley, 2012). Çam türlerinin hiçbiri tamamen yangına adapte olmuş değildir. Buna karşılık, türler içerisinde yaşadıkları ekosistemde hüküm süren yangın

rejimi koşullarına adapte olmuşlardır (Christopoulou ve ark., 2014). Bu durum, çam türlerinin yangına karşı geliştirdikleri dayanıklılık mekanizmaları ve alana gelme istekleri ile açıklanabilir. Yangına adapte olmuş ekosistemler kendi içerisinde yangına dayanıklı, yangına bağımlı, yangından sakınan ve yangın etkilerinin bölgelere göre değişiklik gösterdiği ekosistemler olarak dört ayrı gruba ayrılmaktadır.

Yangına dayanıklı ekosistemlerde türler, yangınlarla iç içedir ve belirli aralıklarla farklı şiddetlerde meydana gelen yangınlara maruz kalırlar. Bu ekosistemlerdeki türler çok şiddetli ve geniş çaplı yangınlardan olumsuz etkilenirken, düşük şiddetli yangınlardan geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla kurtulmakta hatta yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden (çimlenme, büyüme ve gelişimleri için) olumlu yönde etkilenirler (Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Yangına dayanıklı ekosistemleri oluşturan çam türlerinden bazıları *Pinus pinea*, *Pinus pinaster*, *Pinus ponderosa*, *Pinus sylvestris* ve *Pinus nigra*'dır (Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Yangına dayanıklı ekosistemlerde yaşayan çam türleri, ekosistemde hüküm süren yangın rejimine bağlı olarak yangınlara karşı geliştirdikleri bir takım adaptasyonlara sahiptir. Bu türler, şiddetli tepe yangınlarından olumsuz etkilenirler. Bu sebeple, bu türlerin genelde sahip olduğu doğal dal budanması iyi, gövde üzerinde kuru dalların fazla olmadığı ve tepe altı yüksekliğinin fazla olduğu meşcereler yapıları yangınlara karşı iyi bir adaptasyondur (Keeley, 2012). Kalın kabuklar, kambiyum dokusunu yangın esnasında ortaya çıkan yüksek ısıdan koruyarak ağaçların hayatiyetini devam ettirmesini sağlamaktadır (van Mantgem ve Schwartz, 2003; Bova ve Dickinson, 2005). Yapılan çalışmalar, bu tip ekosistemlerdeki türlerin yangından etkilenme oranı ile boy, tepe altı yüksekliği ve kabuk kalınlığı arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır (Schwilk ve Ackerly, 2001). Ayrıca, bu grupta yer alan türler uzun iğne yapraklara sahip olup (Fonda ve ark., 1998), fidanlar ilk yıllarında hızlı bir büyüme gerçekleştirerek tepe altı yüksekliklerini örtü yangınlarının etkileyemeyeceği bir seviyeye çıkarırlar (Keeley ve Stephenson, 2002). Yangına dayanıklı ekosistemlerde türler sadece yangının olumsuz etkilerini ortadan kaldırmakla kalmayıp, aynı zamanda geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden de olumlu yönde etkilenmektedir.

Yangına dayanıklı ekosistemlerde yer alan bazı çam türleri gölgeye dayanıklı olmayan türlerden olup, genelde ışıklı meşcere kuruluşları oluştururlar. Meşcere içerisinde ışık alan boşluklarda, ara ve alt tabakada gençlik bulunabilir. Ancak, yangına dayanıklı ekosistemlerde dayanıklılık ve hayatiyeti devam ettirme kavramları üst tabakada yer alan ağaçlar için geçerli bir tanımlamadır (Agee, 2002). Bu ekosistemlerde orta ve alt tabakada yer alan genç bireyler için düşük şiddetli örtü yangınları dahi çoğu zaman ölümcül sonuçlar doğurur. Dikey yanıcı madde sürekliliğinin sağlandığı bu boşluklarda örtüde devam eden

yangın pasif tepe yangını oluşturabilir ve örtü yangınlarını pasif tepe yangınları ile birleştiren karışık bir yangın rejiminin ortaya çıkmasına sebep olabilir (Keeley, 2012). Yangın sonucunda oluşan boşluklu yapı ekosistemi oluşturan türlerin başarılı bir şekilde gelişmesi için uygun alan koşullarını sağlar. Bu koşullar; *i*) tohum ağaçları için tohumlama mesafesindeki boşluklara tohumlarını ulaştırma imkânı, *ii*) tohumun çimlenmesi için mineral toprağın açığa çıkarıldığı tohum yatağının oluşturulması, *iii*) büyüme için gerekli olan ışık ve yaşam alanının sağlanması ve *iv*) fidanların yangın etkilerini tolere edebilecekleri boyaya ulaşmaya kadar yangın riskini artıran yanıcı madde miktarının azaltılmasıdır (Keeley ve Stephenson, 2002).

Yangına bağımlı ekosistemlerde türler, geliştirdikleri adaptasyonlarla yangınların yıkıcı etkilerini kolaylıkla bertaraf etmekle kalmayıp, çoğu zaman periyodik olarak gerçekleşen yangınlara ihtiyaç duyarlar. Bu tip ekosistemlerdeki çam türleri, yangın oluşumunu ve yangının ilerlemesini kolaylaştıran bir takım adaptasyonlara sahiptir. Türlerin geliştirmiş olduğu adaptasyonlar yangını tolere edebilme ve sürekliliğini sağlamaya yöneliktir. Bu grupta yer alan çam türlerinden bazıları; *Pinus halepensis*, *Pinus brutia*, *Pinus contorta*, *Pinus banksiana* ve *Pinus attenuata*'dır (Keeley, 2012). Bu çam türlerinin bulunduğu ekosistemlerde yangınların çoğunlukla şiddetli örtü yangını ve tepe yangını şeklinde ilerlemesi, kozalakların yangın esnasında oluşan ısı ile açılması ve tohumların etrafa yayılması (serotiny), iğne yaprakların yangına dayanıklı olan ekosistemlerdeki türlere oranla daha ince ve gövde kabuğunun daha kalın olması, yangınlara karşı geliştirilmiş olan adaptasyonlar arasındadır (Anderson ve Romme, 1991; Fonda ve ark., 1998; Neeman ve Izhaki, 2006).

Yangına adapte olmuş ekosistemlerde bazı çam türleri (*Pinus sabiniana* gibi) yangına dayanıklı ve yangına bağımlı ekosistemlerin özelliklerini tam anlamıyla yansıtmayabilir. Bu türler yayılış alanlarında tepe yangınlarından olumsuz etkilenirken, tohumlarını yangın esnasında oluşan ısı sonucunda etrafa yayamaz (serotiny) ve yangın sonrasında hayatiyetini devam ettiremezler. Ancak, türler kayalık alanlar, sulak alan kenarları veya yanıcı madde miktarının az olduğu sığınak bölgelerde yangın sonrasında hayatta kalabilmektedir. Sonraki süreçte bu sığınak bölgelerden etrafa yayılarak ekosistemdeki varlıklarını sürdürebilirler. Yangına adapte olmuş ekosistemler içerisindeki gruplarla belirgin şekilde tezatlıklar içeren çam türlerinin hâkim olduğu bu tip ekosistemler, yangından sakınan ekosistemler olarak farklı bir grupta değerlendirilmektedir (Schwilk ve Keeley, 2006; Harvey ve ark., 2011; Keeley, 2012).

Benzer şekilde, aynı çam türünün hâkim olduğu ekosistemler farklı yangın rejimi altında varlığını sürdürebilmektedir. Yangın rejimindeki farklılıklara göre türün sahip olduğu adaptasyonlar da değişmektedir. Bu da aynı türün yangınla etkileşimine bağlı olarak ekosistem temelinde farklı gruplarda yer almasına neden olmaktadır. Örneğin, *Pinus coulteri*, sürekli tepe yangınlarıyla

karşı karşıya olduğu ekosistemlerde sınırlı da olsa doğal dal budanması yaparak örtü yangınının tepe yangınına dönüşmesini engellemeye yönelik adaptasyonlar göstermektedir. Yangın esnasında kozalaklarını açarak tohumlarının etrafa yayılmasını sağlamaktadır. Fakat örtü yangınlarının hâkim olduğu ekosistemlerde serotiny adaptasyonuna sahip değildir (Keeley, 2012). Benzer şekilde *Pinus canarensis* ve *Pinus contorta* ekosistemde hüküm süren yangın rejimine göre farklı ekosistemlerde yangına dayanıklı ya da yangına bağımlı ekosistemlerde yer alabilmektedir (Critchfield, 1957; Climent ve ark., 2004). Yangın rejimindeki farklılıklara bağlı olarak ekolojik bölgelere göre değişiklik gösteren türlerin hakim olduğu ekosistemler yangın etkilerinin bölgelere göre değişkenlik gösterdiği ekosistemler olarak farklı bir grupta değerlendirilmektedir (Keeley, 2012).

Çam türlerinin yangınlarla etkileşimleri değerlendirildiğinde, saf karaçam ekosistemleri, yangına dayanıklı türler grubunda yer almaktadır. Karaçam, şiddetli ve büyük çaplı yangınlardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Ancak, geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla düşük şiddetli yangınlardan sonra yaşamlarını sürdürmekte ve yangınların ekosistemde meydana getirmiş olduğu değişikliklerden olumlu yönde de etkilenebilmektedir (Christopoulou ve ark., 2014).

4. Karaçam Yayılış Alanı İçerisindeki Bölgelerde Karaçam-Yangın İlişkileri

Karaçamın dünya üzerindeki yayılış alanı, farklı çevresel ve ekolojik koşulları içerisinde barındırmaktadır. Karaçam; Arnavutluk, Cezayir, Andora, Avusturya, Bosna Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Fransa, Yunanistan, İtalya, Makedonya, Karadağ, Fas, Romanya, Rusya, Slovenya, İspanya, Ukrayna ve Türkiye gibi ülkelerde doğal; Avustralya, Kanada, Büyük Britanya, Yeni Zelanda, Portekiz ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde ise doğallaşmış olarak bulunmaktadır (URL-1, 2021). Tür, yayılış alanı içerisinde deniz seviyesinden 2000 m'ye kadar değişen yükselti kademelerinde bulunabilmekte (Scaltsoyiannes ve ark., 2009), geliştirmiş olduğu adaptasyonlarla -30°C'ye kadar sıcaklıklarda yaşamını devam ettirebilmektedir. Ayrıca, karaçam asidikten bazik özellikli topraklara kadar değişen farklı yetiştirme ortamı koşullarında yayılış göstermektedir. Karaçamın yayılış alanının geniş, içerisinde yaşadığı ekolojik ve çevresel koşulların değişken olması türe ait farklı alttürlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Yazgan, 2013). Bu alttürler i) *Pinus nigra* subsp. *nigra*, ii) *Pinus nigra* subsp. *dalmatica*, iii) *Pinus nigra* subsp. *laricio*, iv) *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ve v) *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*'dir (Farjon, 2010). Oldukça geniş bir yayılış alanına sahip olan ve farklı yangın rejimlerinin hüküm sürdüğü karaçam ekosistemlerinin yangınlarla olan etkileşimleri de farklı olmaktadır.

Karaçam ekosistemleri yangına adapte olmuş ekosistemler içerisinde yan-

gına dayanıklı olan türler grubunda yer almaktadır. Yangınlarla iç içe olan karaçam ekosistemleri, geliştirmiş olduğu adaptasyonlar ve içerisinde bulunduğu yangın rejimi özelliklerine bağlı olarak yangınlardan olumlu veya olumsuz yönde etkilenmektedir. Karaçam, düşük şiddetli yangınlardan geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla hayatiyetini sürdürebilmekte, bazı durumlarda yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden (çimlenme, büyüme ve gelişimleri için) olumlu yönde etkilenmektedir (Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Ancak, özellikle yaz aylarında gerçekleşen şiddetli ve geniş çaplı yangınlardan karaçam olumsuz etkilenmektedir. Bu durum, yangın şiddeti, sıklığı, yanıcı madde tüketimi, yanma derinliği, yanan alan büyüklüğü ve yangın mevsimi gibi yangın rejimi bileşenleri ile türün biyolojik özellikleri ve ekolojik istekleri ile açıklanabilir. Karaçam ekosistemleri şiddetli tepe yangınlarından olumsuz etkilenmekte ve tepe yangınlarından sonra karaçam meşcerelerinde yerel tohum kaynakları çoğu zaman hiç kalmamaktadır (Trabaud ve Campant, 1991; Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve ark., 2004; Pausas ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Karaçamın erken çiçeklenme ve yanmadan kalan tohum kaynakları (serotiny) gibi yangına karşı geliştirilmiş üreme adaptasyonları yoktur (Habrouk ve ark., 1999; Tapias ve ark., 2004; Fernandes ve ark., 2012; Kakouros ve Dafis, 2012). Bu sebeple, tepe yangınlarından sonra meşcerelerin doğal yollardan geri kazanımı, ya yangını canlı atlatan ağaçlardan ya da yanan alanın çevresindeki bireylerden sağlanan uzun mesafeli tohum dağılımına bağlıdır (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve Retana, 2004; Ordóñez ve ark., 2005; Ordóñez ve ark., 2006; Arianoutsou ve ark., 2010; Christopoulou ve ark., 2014). Meşçere içerisinde ya da çevresinde bulunan tohum ağaçlarının etkin tohumlama mesafesi, topografya, rüzgâr yönü ve ağacın boyuna göre değişmekle birlikte ortalama 100 m'dir (Ordóñez ve ark., 2006; Kakouros ve Dafis, 2012). Bununla birlikte yanan alana uçarak gelen tohumlar meşcerenin mutlaka geri kazanımı anlamına gelmemektedir (Retana ve ark., 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Vegetasyon, toprak özellikleri, rekabet, kemirgenler gibi birçok biyotik ve abiyotik faktör de karaçam bireylerinin yangın sonrası alana gelmesini etkilemektedir (Trabaud ve Campant, 1991; Ordóñez ve Retana, 2004; Ordóñez ve ark., 2006; Kerr ve ark., 2008; Christopoulou ve ark., 2014). Çoğunlukla şiddetli yangınlar sonrası karaçam meşcerelerinde doğal yollardan gelen fidan yoğunluğu düşük olmaktadır (Rodrigo ve ark., 2004; Fernandes ve ark., 2012). Yangın şiddeti ve yanan alan büyüklüğünün artması, karaçamın doğal yollardan alana tekrar gelme olasılığını azaltmakla kalmayıp, yerini başka türlere bırakma olasılığını artırmaktadır (Pausas ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012; Retana ve ark., 2012). Karaçam ekosistemlerini olumsuz yönde etkileyen bir diğer yangın rejimi bileşeni yangın mevsimidir. Karaçam kozalakları kış sonundan ilkbahar başına kadar (Kasım-Mart) olgunlaşarak tohumlarını döker (Skordilis ve Thanos, 1997; OGM, 2014). Bu sebeple, ilkbahar

ve yaz aylarında meydana gelen bir yangın hem zemindeki tohumları hem de çimlenmiş olan fidanları yakar. Ayrıca, olgunlaşan tohumlar ilkbahar başında döküldüğünden özellikle yaz aylarında meydana gelen yangınlardan sonra alanda çimlenebilir olgunlukta tohum bulunmaz (Ordóñez ve ark., 2005). Bu durum, karaçam ekosistemlerinin sürekliliğini tehlikeye sokar (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve ark., 2006). Benzer şekilde, karaçam ekosistemlerindeki yangın sıklığı (frekansı) 30 ila 750 yıl arasında değişmekle birlikte, yangın sıklığının azalması meşcerede meydana gelen zararı artırmakta ve (Christopoulou ve ark., 2014; Leys ve ark., 2014) sık aralıklarla meydana gelen yangınlardan olumsuz yönde etkilenmektedir (Fernandes ve ark., 2012).

Düşük şiddetli yangın rejimi altındaki çamlar, tipik olarak yangına dayanıklı olup, düşük-orta şiddetli yangınlarda hayatta kalmayı sağlayan adaptasyonlara sahiptir. Çam türlerinin yangınlara karşı geliştirdikleri önemli adaptasyonları kalın kabuk yapıları, büyük ve korunmuş tomurcukları, nispeten kalın iğne yaprakları, kanatlı tohumları ve derin köklenme özellikleri ile örtü yangınlarının başlaması ve gelişimi ile yangınların kolaylıkla tepe yangınına dönüşmesini engelleyen doğal dal budanması, tepelerin yerden yüksek ve yanıcı madde dökümünün az olmasıdır (Fernandes ve ark., 2008). Karaçam ekosistemleri geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla düşük şiddetli örtü yangınlarının etkilerini ortadan kaldırmakta ve hayatiyetlerini devam ettirebilmektedirler. Karaçamın yangınlardan sonra hayatiyetlerini devam ettirebilmeleri, yangınların ekosistemde meydana getirmiş olduğu olumlu değişimlerden yararlanmalarını sağlamaktadır. Bu durum, karaçamın hâkim olduğu ekosistemlerde, türün biyolojisi ve ekolojisine bağlı olarak, yangınların ormancılık amaçlarının gerçekleştirilmesinde bir yönetim aracı olarak kullanılabilenliği göstermektedir.

5. Karaçam Meşcerelerinde Yangın Kullanımı ve Önemi

Yangınlar orman ekosistemlerinde en yaygın karşılaşılan, sistem dinamiklerini ve verimliliğini etkileyen ve aynı zamanda sistemin sürekliliğinde de önemli rol oynayan doğal bir bileşendir (Dafis, 1987; Agee, 1993). Bu durum, yangınları çeşitli ormancılık amaçları doğrultusunda kullanılabilir bir araç haline getirmektedir (Weber ve Taylor, 1992). Kontrollü ve amaçlı yakma, yangın uzmanı bir ekip tarafından önceden belirlenmiş bir alanda, belirli çevresel koşullar altında, bir idare amacını gerçekleştirmek için yangının planlanması ve uygulanması işlemidir (Ivars, 2018; Usta ve ark., 2019). Kontrollü yakma uygulamaları yanıcı madde miktarının azaltılması ve kesim artıklarının temizlenmesine yönelik yapılan çalışmalardır. Amaçlı yakmalar ise, tohumlama ve dikim için alanın hazırlanması, yaban hayatı habitat koşullarının iyileştirilmesi, türler arasındaki rekabetin kontrolü, böcek ve hastalıkların kontrolü, görsel

değerlerin artırılması ve hareketin kolaylaştırılması, yangına bağımlı türlerin sürekliliğinin sağlanması gibi çeşitli ormancılık amaçlarının gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır (Wade ve Lunsford, 1989; Weber ve Taylor, 1992; Waldrop ve Goodrick, 2012; Lucas-Borja ve ark., 2016). Yangınların orman ekosistemleri üzerine olan etkilerinin belirlenebilmesi ile belirli bir ekolojik ve idari amacı gerçekleştirmek üzere kontrollü ve amaçlı yakmalar dünya genelinde yangına adapte olmuş ekosistemlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Wade ve Lunsford, 1989; Waldrop ve Goodrick, 2012).

Karaçam yangına adapte olmuş ve yangının olumsuz etkilerinden kendini koruyacak dayanıklılık mekanizmalarına sahip olan bir türdür (Kakouros ve Dafis, 2012; Christopoulou ve ark., 2013; Christopoulou ve ark., 2014). Tür, geliştirmiş olduğu adaptasyonlarla düşük şiddetli yangınlardan sonra hayatiyetini devam ettirebilmekte ve dahası yangınların ekosistemde meydana getirdiği değişikliklerden olumlu yönde yaralanabilmektedir. Bu sebeple, uygun zamanda ve düşük-orta şiddetli örtü yangınları şeklinde gerçekleştirilecek kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları, karaçam ekosistemlerinde ormancılık amaçları doğrultusunda kullanılabilir.

Karaçam meşcerelerinde yangın şiddeti ve yanan alan büyüklüğünün artması, türün doğal yollardan alana tekrar gelme olasılığını azaltmakla kalmayıp, yerini başka türlere bırakma olasılığını artırmaktadır (Pausas ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012; Retana ve ark., 2012). Ayrıca, karaçam ekosistemleri şiddetli tepe yangınlarından olumsuz yönde etkilenmektedir (Kakouros ve Dafis, 2012; Christopoulou ve ark., 2013; Christopoulou ve ark., 2014). Kontrollü ve amaçlı yakmalar yangın şiddetinin azaltılması ve örtü yangınlarının tepe yangınlarına dönüşme olasılığının düşürülmesi gibi amaçlarla kullanılan etkin bir yöntemdir (González ve ark., 2007; Ivars, 2018). Genellikle karaçam, yangına karşı geliştirilmiş adaptasyonlar olarak değerlendirilebilecek, tepelerin yerden yüksek, gövde üzerinde kuru dalların olmadığı, kalın kabuklu, büyük tomurcuklu, ölü yanıcı madde miktarının az olduğu ışıklı meşcereler oluşturmaktadır (Tapias ve ark., 2004; Fule ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012). Ancak, bu yapı tüm karaçam meşcereleri için aynı değildir (bakım ve gençleştirme müdahalelerine bağlı ölü yanıcı madde miktarının artması gibi). Özellikle, orman zeminindeki ölü yanıcı madde miktarının yüksek olduğu karaçam meşcerelerinde yanıcı madde miktarının azaltılması amacıyla kontrollü yakmalardan yararlanılabilmektedir. Yanıcı madde miktarının azaltılması, meşcere içerisinde meydana gelebilecek örtü yangınının hem düşük şiddette seyretmesini hem de tepe yangınına dönüşme ve büyük alanları etkileme olasılığının düşük olmasını sağlayacaktır.

Gençleştirme çalışmalarında gençliğin alana başarılı bir şekilde getirilmesi, iyi bir saha hazırlığı ile mümkün olmaktadır. Tohum çimlenmesi ve başarılı fidan büyüme ve gelişimi için tohumun mineral toprakla buluşması ve toprağın

bitki besin maddelerince zengin olması gereklidir. Ülkemizde karaçam meşcerelerinin doğal gençleştirme çalışmalarında standart silvikültürel uygulama olarak büyük alan siper metodu kullanılmaktadır. Standart silvikültürel uygulamalarda saha hazırlığı iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, toprak üzerindeki ölü ve canlı örtünün uzaklaştırılmasıyla mineral toprağın açığa çıkarılmasıdır. İkinci aşama ise, mineral toprağın tohum çimlenme ve daha sonrasında fidan gelişimi için işlenmesidir (Genç, 2013). Amaçlı yakmalar ekim, dikim ya da doğal gençleştirme çalışmalarında saha hazırlığı safhasında kullanılan, çeşitli amaçlara hizmet eden, pratik ve ekonomik bir ön işlemdir (Wade ve Lunsford, 1989; Weber ve Taylor, 1992; Waldrop ve Goodrick, 2012).

Amaçlı yakmalar, tekniğine uygun bir şekilde kullanıldığında iyi bir saha hazırlama yöntemidir (Genç, 2013). Yangınların bu faydası, yangın sonrasında meşcere yapı ve toprak dinamiklerinde meydana gelen ani değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Amaçlı yakma uygulamaları sonucunda orman zeminde bulunan yanıcı maddelerin (ibre, humus, kabuk, dal ve kesim artıkları gibi) azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılmasıyla mineral toprak açığa çıkarılır (Bulkman, 1964; Weber ve Taylor, 1992; Lucas-Borja ve ark., 2016). Yangın sonrasında meşcere kapalılığı kırılır ve organik madde ayrıştırılır. Bu durum toprağın bitki besin maddeleri açısından zengin bir hale gelmesine ve böylece bitki beslenmesine olumlu katkıda bulunur (Neyişçi, 1986; Eron ve Gürbüz, 1988; Alcañiz ve ark., 2018; Úbeda ve ark., 2018). Yangından sonra tohum ve bol iğne yaprak dökümü görülür. İnce ve gözenekli bir iğne yaprak örtüsü ile kaplı kül tabakası ve mineral toprak, oldukça uygun bir çimlenme ortamı oluşturur. Amaçlı yakmalar esnasında, fidanlarla rekabet içerisinde olabilecek diğer türler ve tohumları da çoğunlukla ölür (Drews ve Fredericksen, 2013). Yakmalar sonrasında genellikle daha iyi kök ve gövde gelişimi yapan başarılı bir gençlik gelir (Neyişçi, 1986; Hille ve Den Ouden, 2004; Hancock ve ark., 2005; Hancock ve ark., 2009). Bu etkinin ortaya çıkmasında küldeki karbonun su tutucu etkisi, koyu renkli yüzeyin termal etkisi ve çimlenme yastığının fiziksel, kimyasal (özellikle pH, katyon değişim kapasitesi ve bitki besin maddeleri) ve biyolojik özelliklerindeki değişimin payı vardır (Neyişçi, 1986; Eron ve Gürbüz, 1988; Neyişçi, 1989; Boydak ve ark., 1996; Şirin ve Sarıbaşak, 1997; Alcañiz ve ark., 2018). Amaçlı yakmalar, sadece ölü ve diri örtüyü ortadan kaldırmaktan ibaret olmayıp, organik maddelerdeki bitki besin maddelerini serbest hale getirerek yangından sonraki birkaç yıl süresince bitkilerin kullanımına sunmak; ayrıca, böcek ve mantar zararlarını belli oranlarda ortadan kaldırarak gençliğin başarılı bir şekilde gelişebilmesi için ortam hazırlamaktır. Bu durum standart silvikültürel uygulamalardaki saha hazırlığı ile özdeşleştirilebilir ve karaçam ekosistemlerinin gençleştirme sürecine katkı sağlayabilir.

Karaçam yangına adapte olmuş ve oldukça geniş yayılış alanına sahip olan bir türdür. Doğal saf karaçam meşcereleri olarak gördüğümüz alanlar ya doğal

olarak kendiliğinden ya da orman işletmelerinin yapmış olduğu işletmecilik faaliyetleri sonucunda oluşmuştur. Doğal olarak kendiliğinden gelen aynı yaşlı, tek tabakalı, saf çam meşcerelerin büyük çoğunluğunun yaşlı meşcerelerdeki yangın izleri, yangın istatistikleri, eski yerel kaynaklar ve yöre halkından elde edilen bilgilere göre yangın orijinli olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda saf karaçam ormanları yangından bağımsız değildir ve aynı yaşlı, tek tabakalı saf doğal karaçam meşcerelerin önemli bir kısmı yangın kökenlidir. Dolayısıyla, saf karaçam meşcereleri dayanıklılık mekanizmaları (diaspor) ve alana gelme istekleri (yangınları tolere edebilen ve açık alana gelen) ve kritik hayat olayları (tohum tutma yaşı vs.) bakımından değerlendirildiğinde; amaçlı yakmaların, karaçamın gençleştirilmesinde tekniğine uygun silvikültürel bir araç olarak kullanılabilmesi söylenebilir. Tekniğine uygun yapılacak amaçlı yakmalarla çimlenme için ideal tohum yatağının hazırlanmasına katkı sağlanarak yeterli fidan yoğununun yakalanması temin edilebilir (Lucas-Borja ve ark., 2016).

Karaçam meşcerelerinde yangın kullanımı ile ilgili dikkate alınması gereken bir diğer husus yanan alan büyüklüğüdür. Karaçam meşcerelerinin sürekliliği alanda var olan tohum ağaçları ya da çevredeki bireylerden sağlanan uzun mesafeli tohum dağılımına bağlıdır (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve Retana, 2004; Ordóñez ve ark., 2005; Ordóñez ve ark., 2006; Arianoutsou ve ark., 2010; Christopoulou ve ark., 2014). Karaçamın yanmadan kalan tohum rezervlerine (serotiny) sahip olmaması bu durumu oldukça önemli kılmaktadır (Schwilk ve Ackerly, 2001). Bu sebeple, karaçam meşcerelerinde yangını bir yönetim aracı olarak kullanırken, ağaçların etkin tohumlama mesafesinin dikkate alınması ve alanda yeteri kadar tohum ağacının bırakılması gereklidir. Yakma uygulamasının gerçekleştirileceği alanda bulunan ağaçların bol tohum tutmadığı ya da tohum miktarının yetersiz kaldığı durumlarda, yakma uygulamasını takiben bol tohum döküm zamanında yapılacak olan tohum takviyesi ile gençlik başurısı artırılabilir (Genç, 2013).

Karaçam kozalakları sonbahar sonunda olgunlaşmakta ve olgunlaşan tohumlar Kasım-Mart aylarında dökülmektedir (Skordilis ve Thanos, 1997; OGM, 2014). Tohum dökümünü takiben ilkbahar mevsiminde çimlenmeler başlamaktadır. Bu sebeple, türün doğal gençleştirme çalışmalarında saha hazırlığı aşamasının tohum dökümünden önce tamamlanması gerekmektedir (OGM, 2014). Karaçam meşcerelerinde saha hazırlığı amaçlı kullanılacak yakma uygulamasından istenilen sonucun elde edilmesi, tohum dökümünden önce gerçekleştirilecek olan bir yangına bağlıdır. Örtü yangını şeklinde bol tohum dökümünden hemen önce geç sonbahar ve erken kış aylarında gerçekleştirilecek yakma uygulaması karaçam meşcerelerinin gençleştirilmesinde önemli bir rol oynayacaktır (Kakouros ve Dafis, 2012).

Yakma uygulamalarının uzman bir ekip tarafından türün biyolojisi ve ekolojisine uygun olarak planlı bir şekilde gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir.

Aksi takdirde yakma uygulamalarından beklenen fayda elde edilemeyecek, hatta uygulama sonuçları tür için zararlı olacaktır. Karaçam şiddetli tepe yangınlardan zarara görürken, düşük şiddetli örtü yangınlarına karşı dirençli bir türdür. Gerçekleştirilecek olan amaçlı yakma uygulamasının da düşük şiddetli örtü yangını şeklinde gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu nedenle yakma uygulamalarının tepelerin yerden yüksek, doğal dal budanmasının iyi olduğu yaşlı meşcerelerde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yakma uygulamasının meşcere koşullarının uygun olmadığı yerlerde ve zamanda gerçekleştirilmesi, karaçam için olumsuz sonuçlar oluşturabilir. Örneğin, karaçamın gençleştirilmesinde saha hazırlığı amaçlı gerçekleştirilecek bir yakma uygulamasında, etkin tohumlama mesafesinin dışında büyük bir alanın yakılması, yeterli gençliğin gelmesini engelleyebilir. Benzer şekilde yakma uygulamasının ilkbahar ve yaz aylarında gerçekleştirilmesi hem çimlenmiş olan fidanları hem de olgunlaşmamış kozalakları etkileyeceğinden türün sürekliliğini tehlikeye sokabilir (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve ark., 2006). Dolayısıyla, amaçlı yakma uygulamalarının karaçam meşcerelerinde planlanması ve uygulamaya aktarılması birçok faktörün bir arada değerlendirilmesini gerekli kılar.

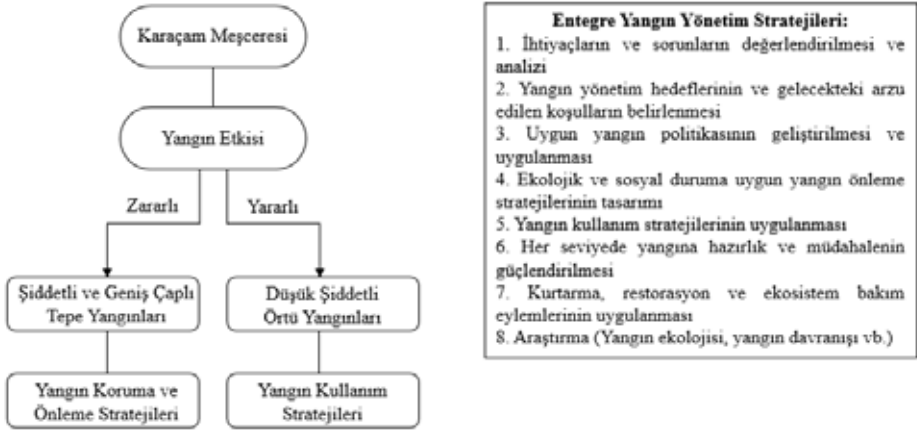
6. Sonuç

Orman yangınları, besin döngüsünden bitki örtüsünün dağılımına dek geniş bir yelpazede ekosistemin yapı ve işlevini etkileyerek/değiştirerek ekosistemlerin şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu etkileşim ekosistemler için bazen bir tehdit, bazen de bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Yangınların orman ekosistemlerindeki etkisinin yönü, ekosistemde hüküm süren yangın rejimi özelliklerine bağlıdır. Türler içerisinde yaşadıkları ekosistemlerde hüküm süren yangın rejimine göre çeşitli adaptasyonlar geliştirmiş ve şartlara uyum sağlamışlardır.

Karaçam yangına adapte olmuş ekosistemler içerisinde yayılış gösterir ve yangına dayanıklı olan türler grubunda yer alır. Saf, aynı yaşlı ve tek tabakalı doğal karaçam meşcereleri çoğu kez yangın orijinelidir. Çok şiddetli ve geniş çaplı yangınlardan olumsuz etkilenen karaçam, yangınlara karşı geliştirmiş olduğu adaptasyonlarla düşük şiddetli yangınlardan kurtulmakta ve yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden çoğu zaman olumlu yönde etkilenmektedir.

Yangınların bir yönetim aracı olarak karaçam ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetiminde kullanılması bağlamında; kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları türün doğal yayılış alanları içerisinde gün geçtikçe yaygın bir kullanım alanına kavuşmaktadır. Bu bağlamda, türün geliştirmiş olduğu uyum mekanizmaları ve yangınlarla olan etkileşimlerine göre geliştirilen ve bireysel yangın-

lardan çok uluslu işbirliklerine kadar birçok seviyede gerçekleştirilen Entegre Yangın Yönetimi uygulamaları bulunmaktadır. Entegre Yangın Yönetimi uygulamaları, türün yayılış alanlarında yangınların ekolojik rolü ile yangının risk ve faydalarını anlamayı ve yangınlarda uygulanacak stratejileri geliştirmeyi içermektedir (Meyers, 2006).



Şekil 1. Karaçam meşcerelerinde entegre yangın yönetimi (Meyers, 2006'dan uyarlanmıştır.).

Karaçam ekosistemlerinde uygulanacak entegre yangın yönetimi, yangının ekonomik, ekolojik ve sosyal anlamda olumlu ve olumsuz etkilerinin tanımlanmasını ve analiz edilmesini içermektedir. Yangının zararlı etkilerinin yararlarından daha ağır bastığı yerlerde, koruma ve önleme stratejileri geçerli olmaktadır. Buna karşılık yangının yararlı etkilerinin zararlı etkilerinden daha fazla olduğu yerlerde ise yangın kullanım stratejileri dikkate alınmaktadır. Geliştirilen stratejiler hedef belirlemeyi, politika geliştirmeyi, eğitimi, yangın yönetim ve teknolojilerini değerlendirmeyi içermektedir. Karaçam ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi; yangın kaynaklı zararların azaltılması ve yangın kullanımının sağladığı faydanın artırılması ile sağlanabilir.

Kaynaklar

- Agee, J. K., 1993. *Fire Ecology of Pacific Northwest Forests*. Island Press, 2nd Edition, ISBN-10: 0070082057, 505pages, Washington D. C., Covelo, California..
- Agee, J. K., 1998. Ecology and Biogeography of Pinus. *Ecology and Biogeography of Pinus*, D. M. In: Richardson (Ed.), Cambridge University Press, UK.
- Agee, J. K., 2002. The Fallacy of Passive Management. *Conservation Biology in Practice*, 163: 18-25.

- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Úbeda, X., 2018. Effects of Prescribed Fires on Soil Properties: A Review. *Science of the Total Environment*, 613-614: 944-957.
- Anderson, J. E., Romme, W. H., 1991. Initial Floristics in Lodgepole Pine (*Pinus contorta*) Forests Following the 1988 Yellowstone Fires. *International Journal of Wildland Fire*, 1 (12): 119-124.
- Arianoutsou, M., 1998. Aspects of Demography in Post-fire Mediterranean Plant Communities of Greece. In *Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-type Ecosystems*, Rundel, P. W., Montenegro, G. and Jaccic, F. M. (Ed.), pages; 273-295, Springer, Berlin.
- Arianoutsou, M., Christopoulou, A., Kazanis, D., Tountas, T., Ganou, E., Bazos, I., Kokkoris, Y., 2010. Effects of Fire on High Altitude Coniferous Forests of Greece. *VI International Conference on Forest Fire Research (ICFFR)*, 15-18 November, Coimbra, Portugal, Proceedings Book D. X. Viegas (Ed.), 1-12.
- Barbéro, M., Loisel, R., Quezel, P., 1974. Pines of the Mediterranean Basin. In *Pinus, Ecology and biogeography of Pinus*, Richardson, D. M. (Ed.), Cambridge University Press, UK, 153-170.
- Barnes, B. V., Zak, D. R., Denton, S. R., Spurr, S. H., 1998. *Forest Ecology*. John Wiley and Sons, Inc, ISBN: 978-0-471-30822-5, 792 pages, New York.
- Baysal, I., Bilgili, E., Baskent, E. Z., 2016. Orman Yangınları ve Orman Amenajman Planları. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16 (1): 169-180.
- Bilgili, E., 2014. Orman Koruma Dersi Geçici Ders Notları. KTÜ Orman Fakültesi, 155 sayfa, Trabzon.
- Bilgili, E., Sağlam, B., Başkent, E. Z., 2001. Orman Amenajmanı Planlamalarında Yangın Tehlike Oranları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (2): 88-97.
- Bova, A. S., Dickinson, M. B., 2005. Linking Surface-Fire Behavior, Stem Heating, and Tissue Necrosis. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 35 (4): 814-822.
- Boydak, M., Eler, Ü., Pehlivan, N., 1996. Antalya-Elmalı Yöresi Sedirlerinin (*Cedrus libani* Rich.) Gençleştirilmesinde Denetimli Yakma ve Diğer Bazı Faktörlerin Başarı Üzerine Etkileri. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Rapor Nu: 2, 42 sayfa, Antalya.
- Bulkman, R. E., 1964. Effects of Prescribed Burning on Hazel in Minnesota. *Ecology*, 45 (3): 626-629.
- Burns, R. M., Honkala, B. H., 1990. *Silvics of North America Volume 1. Conifers*. Agricultural handbook 654, U.S. Department of Agriculture Forest Service, 675 pages, Washington.
- Camarero, J. J., Gutierrez, E., 2002. Plant Species Distribution Across Two Contrasting Treeline Ecotones in the Spanish Pyrenees. *Plant Ecology*, 162 (2): 247-257.

- Christopoulou, A., Fule, P. Z., Andriopoulos, P., Sarris, D., Arianoutsou, M., 2013. Dendrochronology-Based Fire History of *Pinus nigra* Forests in Mount Taygetos, Southern Greece. *Forest Ecology and Management*, 293: 132-139.
- Christopoulou, A., Fyllas, N. M., Andriopoulos, P., Koutsias, N., Dimitrakopoulos, P. G., Arianoutsou, M., 2014. Post-fire Regeneration Patterns of *Pinus nigra* in a Recently Burned Area in Mount Taygetos, Southern Greece: The Role of Unburned Forest Patches. *Forest Ecology and Management*, 327: 148-156.
- Climont, J., Tapias, R., Pardos, J. A., Gil, L., 2004. Fire Adaptations in the Canary Islands pine (*Pinus canariensis*). *Plant Ecology*, 171 (1-2): 185-196.
- Critchfield, W. B., 1957. *Geographic Variation in Pinus contorta*. Harvard University, 2nd Edition, ISBN-10: 0070082057, 118 pages, Cambridge.
- Çanakçıoğlu, H., 1985. *Orman Koruma*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3315/376, 486 sayfa, İstanbul.
- Dafis, S. A., 1987. Ecology of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forests (in Greek). *1st Scientific Conference on Pinus halepensis and Pinus brutia forest*, 30 September-2 October, Halkida, Greece, In: Proceedings of the Hellenic Society of Forestry, pages: 17-25.
- Daskalakou, E. N., Thanos, C. A., 2010. Postfire Seedling Dynamics and Performance in *Pinus halepensis* Mill. Populations. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 36 (5): 446-453.
- Draws, M. J., Fredericksen, T. S., 2013. The Effect of Experimental Prescribed Fire on White Pine Regeneration. *The Open Forest Science Journal*, 6: 31-35.
- Eron, Z., Gürbüz, E., 1988. Marmaris 1979 Yılı Orman Yangını ile Toprak Özelliklerinin Değişimi ve Kızılçam Gençliğinin Gelişimi Arasındaki İlişkiler. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Nu: 195, 50 sayfa, Ankara.*
- Farjon, A., 2003. The Remaining Diversity of Conifers. *ISHS Acta Horticultura*, 615 (1): 75-89.
- Farjon, A., 2010. *A Handbook of the World's Conifers (2 vols.)*. Brill Academic Publishers, 2nd Edition, ISBN-10: 0070082057, Leiden, 1150 pages, Netherlands.
- Fernandes, P. M., Fernandes, M. M., Loureiro, C., 2012. Survival to Prescribed Fire of Plantation-Grown Corsican Black Pine in Northern Portugal. *Annals of Forest Science*, 69 (7): 813-820.
- Fernandes, P. M., Vega, J. A., Jiménez, E., Rigolot, E., 2008. Fire Resistance of European Pines. *Forest Ecology and Management*, 256 (3): 246-255.
- Fonda, R. W., Belanger, L. A., Burley, L. L., 1998. Burning Characteristics of Western Conifer Needles. *Northwest Science*, 72 (1): 1-9.
- Fule, P. Z., Ribas, M., Gutierrez, E., Vallejo, R., Kaye, M. W., 2008. Forest Structure and Fire History in an old *Pinus nigra* Forest, Eastern Spain. *Forest Ecology and Management*, 255 (3-4): 1234-1242.

- Genç, M., 2013. *Sivikültür Tekniği*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın Nu: 46, 400 sayfa, Isparta.
- González-De Vega, S. G., de las Heras, J., Moya, D., 2018. Post-Fire Regeneration and Diversity Response to Burn Severity in *Pinus halepensis* Mill. *Forests*, 9 (299): 1-15.
- González, J. R., Trasobares, A., Palahí, M., Pukkala, T., 2007. Predicting Stand Damage and Tree Survival in Burned Forests in Catalonia (North-East Spain). *Annals of Forest Science*, 64: 733-742.
- Habrouk, A., Retana, J., Espelta, J. M., 1999. Role of Heat Tolerance and Cone Protection of Seeds in the Response of Three Pine Species to Wildfires. *Plant Ecology*, 145 (1): 91-99.
- Hancock, M., Egan, S., Summers, R., Cowie, N., Amphlett, A., Rao, S., Hamilton, A., 2005. The Effect of Experimental Prescribed Fire on the Establishment of Scots Pine *Pinus sylvestris* Seedlings on Heather *Calluna vulgaris* Moorland. *Forest Ecology and Management*, 212 (1-3): 199-213.
- Hancock, M. H., Summers, R. W., Amphlett, A., Willi, J., 2009. Testing Prescribed Fire as a Tool to Promote Scots Pine *Pinus sylvestris* Regeneration. *European Journal of Forest Research*, 128 (4): 319-333.
- Hanley, M. E., Fenner, M., 1997. Seedling Growth of Four Fire-Following Mediterranean Plant Species Deprived of Single Mineral Nutrients. *Functional Ecology*, 11: 398-405.
- Hardesty, J., Myers, R., Fulks, W., 2005. Fire, Ecosystems and People: A Preliminary Assessment of Fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*, 22: 78-87.
- Harper, A. R., Doerr, S. H., Santin, C., Froyd, C. A., Sinnadurai, P., 2018. Prescribed fire and its impacts on Ecosystem Services in the UK. *Science of the Total Environment*, 624: 691-703.
- Harvey, B. J., Holzman, B. A., Davis, J. D., 2011. Spatial Variability in Stand Structure and Density-Dependent Mortality in Newly Established Post-Fire Stands of a California Closed-Cone Pine Forest. *Forest Ecology and Management*, 262 (11): 2042-2051.
- Heikkilä, T. V., Grönqvist, R., Jurvelius, M., 2010. *Wildland Fire Management Handbook for Trainers*, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest Management Teams, Forestry Department, 248 Pages, Rome.
- Hille, M., 2006. Fire Ecology of Scots Pine in Northwest Europe. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Hille, M., Den Ouden, J., 2004. Improved Recruitment and Early Growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Seedlings After Fire and Soil Scarification. *European Journal of Forest Research*, 123: 213-218.
- Ivars, T. V., 2018. The Effects of Prescribed Fire Burning on the Vigour of Mediterranean Pine Species, PhD Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), Barcelona.

- Jhariya, M. K., Raj, A., 2014. Effects of Wildfires on Flora, Fauna and Physico-Chemical Properties of Soil-An Overview. *Journal of Applied and Natural Science*, 6 (2): 887-897.
- Kakouros, P., Dafis, S., 2012. Guidelines for Restoration of *Pinus nigra* Forests Affected by Fires Through a Structured Approach. Version 2, Grek Biotope-Wetland Centre, Thermi, 27.
- Kayll, A. J., 1968. The Role of Fire in the Boreal Forest of Canada. Report PS-X-7, Environment Canada Forestry Service Information, Chalk River, Ontario, 15.
- Keeley, J. E., 2012. Ecology and Evolution of Pine Life Histories. *Annals of Forest Science*, 69: 445-453.
- Keeley, J. E., Stephenson, N. L., 2002. Restoring Natural Fire Regimes to the Sierra Nevada in an Era of Global Change. *Wilderness science in a time of change conference*-Volume 5: Wilderness ecosystems, threats, and management, 23-27 May, Missoula, MT. Proceedings RMRS-P-15-VOL-5. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 255-263 pages.
- Kerr, G., Gosling, P., Morgan, G., Stokes, V., Cunningham, V., Parratt, M., 2008. Seed Production and Seedling Survival in a 50-year-old Stand of Corsican Pine (*Pinus nigra* subsp *laricio*) in Southern Britain. *Forestry*, 81 (4): 525-541.
- Kruger, F. J., 1983. Plant Community Diversity and Dynamics in Relation to Fire. *Mediterranean Type Ecosystems*, F. J. In: Kruger, Mitchell, D. T. and Jarvis, J. U. (Ed.), 446-472 pages, Springer, Berlin.
- Leys, B., Finsinger, W., Carcaillet, C., 2014. Historical Range of fire Frequency is not the Achilles'heel of the Corsican Black Pine ecosystem. *Journal of Ecology*, 102: 381-395.
- Lloret, F., Zedler, P. H., 2009. The Effect of Forest Fire on Vegetation. In *Fire Effects on Soils and Restoration Strategies*, A. Cerdà and P. R., Robichaud (Ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, 257-295 pages.
- López, G. M., Flores, A., 2020. Economic Importance of Pine (*Pinus* spp.) as a Natural Resource in Mexico. *Mexicana de Ciencias Forestales*, 11 (60): 161-185.
- Lucas-Borja, M. E., Madrigal, J., Candel-Pérez, D., Jiménez, E., Moya, D., de las Heras, J., Guijarro, M., Vega, J. A., Fernández, C., Hernando, C., 2016. Effects of Prescribed Burning, Vegetation Treatment and Seed Predation on Natural Regeneration of Spanish Black Pine (*Pinus nigra* Arn. ssp *salzmannii*) in Pure and Mixed Forest Stands. *Forest Ecology and Management*, 378: 24-30.
- Meyers, R. L., 2006. Living with Fire—Sustaining Ecosystems and Livelihoods Through Integrated Fire Management. The Nature Conservancy, Tallahassee, U.S.A., 28 pages.
- Naveh, Z., 1991. The Role of Fire in Mediterranean Vegetation. *Botanical Chro-*

nicles, 10: 609-615.

- Neeman, G., Izhaki, I., 2006. Stability of pre- and post-fire Spatial Structure of Pine Trees in Aleppo Pine Forest. *Ecography*, 21 (5): 535-542.
- Neyişi, T., 1986. Antalya Bölgesi Kızılçam Orman Alanlarında Kontrollü Yanıkların Toprak Besin Maddesi Üzerine Yaptığı Etkiler ve Bu Etkiler ile Kızılçam Gençliğinin Gelmeye ve Gelişmesi Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Danışman; Necmettin Çepel, İstanbul.
- Neyişi, T., 1989. Kızılçam Orman Ekosistemlerinde Denetimli Yakmanın Toprak Kimyasal Özellikleri ve Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Nu: 205, 56 sayfa, Ankara.
- OGM, 2014. Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları. Tebliğ No: 298, Orman Genel Müdürlüğü Orman Silvikültür Başkanlığı, Ankara.
- Ordóñez, J. L., Molowny-Horas, R., Retana, J., 2006. A Model of the Recruitment of *Pinus nigra* from Unburned Edges After Large Wildfires. *Ecological Modelling*, 197 (3-4): 405-417.
- Ordóñez, J. L., Retana, J., 2004. Early Reduction of Post-Fire Recruitment of *Pinus nigra* by Post-Dispersal Seed Predation in Different Time-Since-Fire Habitats. *Ecography*, 27 (4): 449-458.
- Ordóñez, J. L., Retana, J., Espelta, J. M., 2005. Effects of Tree Size, Crown Damage, and Tree Location on post-fire Survival and Cone Production of *Pinus nigra* Trees. *Forest Ecology and Management*, 206 (1-3): 109-117.
- Ordóñez, J. S., Franco, S., Retana, J., 2004. Limitation of the Recruitment of *Pinus nigra* in a Gradient of Post-Fire Environmental Conditions. *Ecoscience*, 11 (3): 296-304.
- Pausas, J. G., Keeley, J. E., 2019. Wildfires as an Ecosystem Service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17 (5): 289-295.
- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, R., 2008. Are Wildfires a Disaster in the Mediterranean Basin? A Review. *International Journal of Wildland Fire*, 17 (6): 713-723.
- Pickett, S. T. A., White, P. S., 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, ISBN: 978-0-12-554520-4, Orlando, 472 pages.
- Retana, J., Arnan, X., Arianoutsou, M., Barbati, A., Kazanis, D., Rodrigo, A., 2012. Post-Fire Management of Non-Serotinous Pine Forests. *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests*, M. In: Moreira, Arianoutsou, M., Corona, P. and De las Heras, J. (Ed.), Springer, Series Managing Forest Ecosystems, vol. 24, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 151-170.
- Retana, J., Espelta, J. M., Habrouk, A., Ordóñez, L. J., de Solà-Morales, F., 2002. Regeneration Patterns of Three Mediterranean Pines and Forest Changes After a Large Wildfire in Northeastern Spain. *Ecoscience*, 9 (1): 89-97.
- Robichaud, P. R., Beyers, J. L., Neary, D. G., 2000. *Evaluating the Effectiveness*

of *Postfire Rehabilitation Treatments*. General Technical Report RM-RS-GTR-63, U. S. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Fort Collins, 85 pages, USA.

- Rodrigo, A., Retana, J., Picó, F. X., 2004. Direct Regeneration is not the only Response of Mediterranean Forests to Large Fires. *Ecology*, 85 (3): 716-729.
- Rowe, J. S., Scotter, G. W., 1973. Fire in Boreal Forest. *Quaternary Research*, 3: 444-464.
- Scaltsoyiannes, A., Tsaktsira, M., Pasagiannis, G., Tsoulpha, P., Zhelev, P., Iliev, I., Rohr, R., 2009. Allozyme Variation of European Black (*Pinus nigra* Arnold) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Populations and Implications on Their Evolution: A Comparative Study. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 11: 95-106.
- Schwilk, D. W., Ackerly, D. D., 2001. Flammability and Serotiny as Strategies: Correlated Evolution in Pines. *Oikos*, 94 (2): 326-336.
- Schwilk, D. W., Keeley, J. E., 2006. The Role of Fire Refugia in the Distribution of *Pinus sabiniana* (Pinaceae) in the Southern Sierra Nevada. *Madroño*, 53 (4): 364-372.
- Shlisky, A., Waugh, J., Gonzalez, P., Gonzalez, M., Manta, M., Santoso, H., Alvarado, E., Nuruddin, A. A., Rodríguez-Trejo, D. A., Swaty, R., Schmidt, D., Kaufmann, M., Myers, R., Alecar, A., Kearns, F., Johnson, D., Smith, J., Zollner, D., 2007. *Fire, Ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation*. GFI Technical Report 2007-2, The Nature Conservancy, Arlington, VA., 17.
- Skordilis, A., Thanos, C. A., 1997. Comparative Ecophysiology of Seed Germination Strategies in the Seven Pine Species Naturally Growing in Greece. *Basic and Applied Aspects of Seed Biology*, R. H. In: Ellis, Black, M., Murdoch, A. J. and Hong, T. D. (Ed.), 623-632 pages, Springer Science+Business Media, B. V., UK.
- Swan, F. R., 1970. Postfire Response of Four Plant Communities in Southcentral New York State. *Ecology*, 51 (6): 1074-1082.
- Şirin, G., Sarıbaşak, H., 1997. Yangın Yönetimi ve Denetimli Yakma. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 3: 57-75.
- Tapias, R., Climent, J., Pardos, J. A., Gil, L., 2004. Life Histories of Mediterranean Pines. *Plant Ecology*, 171 (1-2): 53-68.
- Tavşanoğlu, Ç., Ergen, G., Çatav, Ş. S., Zare, G., Küçükakyüz, K., Özüdoğru, B., 2017. Multiple Fire-Related Cues Stimulate Germination in *Chaenorrhinum rubrifolium* (Plantaginaceae), a Rare Annual in the Mediterranean Basin. *Seed Science Research*, 27: 26-38.
- Trabaud, L., 1980. Influence du feu sur les Semences Enfouies Dans les Couches Superficielles du sol d'une garrigue de chêne kermès. *Naturalia Monspelienis*, 39: 1-19.
- Trabaud, L., 1987. Fire and Survival Traits of Plants. *The Role of Fire in Ecologi-*

cal Systems, L. In: Traboud (Ed.), SPB Academic Publishing, The Hague, 65-89 pages.

Traboud, L., Campant, C., 1991. Difficulté de Recolonisation Naturelle du Pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco Après Incendie. *Biological Conservation*, 58 (3): 329-343.

Turna, I., Bilgili, E., 2006. Effect of Heat on Seed Germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp *pallasiana*. *International Journal of Wildland Fire*, 15 (2): 283-286.

Úbeda, X., Pereira, P., Badía, D., 2018. Prescribed Fires. *Science of the Total Environment*, 637-638: 385-388.

URL-1, https://www.conifers.org/pi/Pinus_nigra.php. The Gymnosperm Database, 14/03/2021.

Usta, Y., Bilgili, E., Coskuner, K. A., Balcioglu, K., 2019. The Use of Fire as a Management Tool in Anatolian Black Pine and Scots Pine Stands. III. *International Mediterranean Forest and Environment Symposium (IMFES 2019)*, 3-5 October, 134-138 pages, Kahramanmaras, Proceedings Book.

van Mantgem, P., Schwartz, M., 2003. Bark Heat Resistance of Small Trees in Californian Mixed Conifer Forests: Testing Some Model Assumptions. *Forest Ecology and Management*, 178 (3): 341-352.

van Wilgen, B. W., Forsyth, G. G., Prins, P., 2012. The Management of Fire-Adapted Ecosystems in an Urban Setting: the Case of Table Mountain National Park, South Africa. *Ecology and Society*, 17 (1): 1-10.

Wade, D. D., Lunsford, J. D., 1989. *A Guide for Prescribed Fire in Southern Forests*. Technical Publication R8-TP 11, 63 pages, U. S. Department of Agriculture Forest Service Southern Region, Atlanta, Georgia.

Waldrop, T. A., Goodrick, S. L., 2012. *Introduction to Prescribed Fires in Southern Ecosystems*. Science Update SRS-054, 80 pages, U. S. Department of Agriculture Forest Service Southern Research Station, Asheville, North Carolina, USA.

Weber, M. G., Taylor, S. W., 1992. The Use of Prescribed Fire in the Management of Canada's Forested Lands. *The Forestry Chronicle*, 68 (3): 324-334.

Yazgan, İ., 2013. Kastamonu-Araç Yöresi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Doğal Gençleştirme Uygulamalarının Başarısını Etkileyen Faktörler. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Halil Barış Özel, 83 sayfa, Bartın.



KARAÇAMIN SİLVİKÜLTÜRÜ



Bolu - akmaklar, 2004
Metin KARADAĞ

14

KARAÇAMDA DOĞAL GENÇLEŞTİRME

1. Giriş

Karaçam, Türkiye'de 2.727.524 ha normal kapalı, 1.517.397 ha boşluklu kapalı olmak üzere toplam 4.244.921 ha yayılış alanına sahiptir (Anonim, 2015). Bu yayılış alanında genel olarak aynı yaşlı tek katlı meşcereler oluşturan karaçam, yaşlı meşcere altında gençlik, sıklık ve yer yer direklik çağına ulaşmış farklı yaşta ve çapta bireylerle katlı meşcereler de oluşturmaktadır (Karadağ, 1999).

Gençleştirme: Ormanın son ürününü oluşturan ve kesim çağına ulaşmış olan ağaç ve ağaç toplulukları ve maktalı koru ormanında meşcerelerin, yararlanma amacıyla kesilerek yerine yeni jenerasyonun getirilmesi olayıdır. Doğal ya da yapay yöntemlerle yapılan gençleştirme çalışmalarının amacı, ormanda devamlı faydalanmayı emniyet altına almaktır (Saatçioğlu, 1979).

Yurdumuz ormanlarının büyük bir kısmı doğa ormanı niteliğindedir. Yüz yıllardan beri devam eden doğal seleksiyonla ortaya çıkmış ağaç türü, varyete ve yetiştirme ortamı ırkları, meşcere stabilitesini sağlamakta ve yetiştirme ortamını değerlendirmekte başta gelen kaynaklardır (Odabaşı, 1993; Odabaşı ve ark., 2004). Çalışkan ve ark. (2014), ormanlarımızın büyük bir kısmının doğal ve yaşlı olması, doğal gençleştirmeyi ön plana çıkarmaktadır. Doğal gençleştirme, meşceredeki genetik çeşitliliğin sürdürülmesinde önemli bir yere sahiptir. Uygun yetiştirme ortamında, biyolojik ve ekolojik istekleri göz önünde bulundurularak işletilmesi ve devamlılığının sağlanması, ülkemiz orman varlığı açısından önemlidir.

Tohum ve orijin sorununun çözülmediği ve bu konuda yeterli çalışmaların yapılamadığı ülkemizde olabildiğince doğal gençleştirme çalışmalarından yararlanılmalıdır (Odabaşı, 1993; Odabaşı ve ark., 2004). Kaya ve Temerit (1997), İç Toroslar Bölgesi doğal karaçam popülasyonlarının genetik strüktürleri çalışmasında, mevcut Anadolu karaçamı ile doğal gençleştirmeye gitmenin veya Orta Anadolu'daki ağaçlandırmalarda ülkemiz karaçam marjinal popülasyonlarını tohum kaynağı olarak kullanmanın genetik olarak emniyetli olacağını ifade etmektedir.

Ancak, bazı idari ve sosyal nedenler, teknik personelin sık yer değiştirmesi, bazı çalışmalarda ekonomik amaçların ön plana çıkarılması, türün gençliğinin biyolojisi ile ekolojik istekleri konusundaki bilgi yetersizliği doğal gençleştirmede başarısızlığa sebep olmaktadır. Bir kısmı karaçam yayılışının üst sınırında bulunan bu başa-

¹Dr., Orman Yüksek Mühendisi Emekli,
Ankara, Elmek: metinkaradag@hotmail.com

risiz alanlar çoğunlukla yapay gençleştirmeye konu edilmişlerdir (Karadağ, 1999).

Karaçam ormanlarının optimum yetiştirme ortamları dışında, genellikle düzensiz bir kuruluşa sahip olması, doğal gençleştirmesinde başarısızlığa neden olurken, teknik personelin sık sık değişmesi, bilgi ve deneyim eksiklikleri bu başarısızlıkta önemli bir paya sahiptir. Çeşitli sebeplerle başarısız olmuş sahalara ya terk edilerek yabanlaşmakta ya da doğal gençleştirmeye oranla çok daha fazla emek ve para harcanarak yapay gençleştirme ile başarılı hale getirilmeye çalışılmaktadır (Çalışkan ve ark., 2014).

Bölgesel (Karadağ, 1999; Çelik ve ark., 2000) ve yöresel (Çalışkan ve ark., 2014) araştırma sonuçları ile uygulamalardan edinilen bilgiler ve yapılan gözlemler karaçamın doğal gençleştirilmesinde karşılaşılan zorlukların çözümüne katkı sağlamıştır.

2. Karaçamda Doğal Gençleştirme

Yetiştirme ortamı koşullarına göre karaçam, hem siper durumuyla hem de etek şeridi tıraşlama durumuyla doğal gençleştirmeye uygun bir türdür (Oda-başı ve ark., 2004). Bununla birlikte, uygulamada genellikle büyük alan siper durumu tercih edilmektedir (Karadağ, 1999). Karışık meşcerelerin gençleştirilmesinde ise grup metotları en uygun yöntemdir (Oda-başı ve ark., 2004).

Büyük alan siper durumunun uygulama tekniğinde, elde edilecek gençliğin oluşmasına ve gelişmesine yönelik olarak birbirinden ayrılan üç evre bulunur. Bunlar “hazırlama kesimleri evresi”, “tohumlama kesimi evresi” ve “ışık kesimleri evresi”. Hazırlama kesimleri kuvvetli yüksek aralama niteliğindedir. Bu kesimlerle hasta, geri kalmış, kötü nitelikli tepelere sahip ağaçlarla, yeni jenerasyona katılması istenmeyen ağaç türleri çıkarılır. Hazırlama kesimleri evresinin süresi ve hazırlama kesimlerinin sayısı meşcere kuruluşuna ve toprak özelliklerine bağlıdır. Tohumlama kesimi zengin bir tohum yılında yapılır ve mümkün olduğu kadar eşit bir siper oluşturulur. Gençleştirme alanının tohumlanması ve gençliğin ilk yıllardaki ışık ihtiyacının karşılanması işlevini görür. Işık kesimleri gençliğin alana gelip yerleşmesini izleyen yıllarda yapılır. Amacı, gelişmekte olan gençliğin ışık ihtiyacını zamanında karşılamaktır. Gençliğin giderek artan ışık gereksinimi dikkate alınarak siper, birbirini izleyen kesimlerle iyice azaltılır ve gençliğin, bağımsız duruma gelip, siper gereksinimi kalmayınca yaşlı meşcere tümüyle çıkarılır. Yapılan bu kesime “boşaltma kesimi” denir (Oda-başı ve ark., 2004).

Karaçam bir yarı ışık ağacıdır. İyi yetiştirme ortamlarında uzun süre sipere dayanabilir. Doğada tahrip ve aşırı müdahalelerle kendiliğinden oluşmuş büyük alan siper durumlarına ve bunun sonucunda gelen çeşitli yaştaki gençliklere, özellikle optimum yetiştirme ortamlarında, sık sık rastlanır. Karaçam bu özellikleriyle, yetiştirme ortamı koşullarına göre değişmek üzere, hem siper durumuyla hem de etek şeridi tıraşlama durumuyla doğal gençleştirmeye elve-

rişli bir türdür. İyi yetişme ortamlarında her iki yöntem uygulanmakla birlikte, kötü yetişme ortamlarında, çok eğimli arazi yapısı ve diri örtü tehlikesi olan yetişme ortamları hariç tutulursa, etek şeridi tıraşlama uygulaması, siper etkisi ve kök mücadelesini azaltma bakımından yararlı olur (Odabaşı ve ark., 2004).

Büyük alan siper durumu uygulamasında, tohumlama kesimi evresinde oluşturulan siper, gençleştirme alanına dökülecek tohum miktarını önemli oranda etkilemektedir. Tohumlama evresinde oluşturulan siper için ağaç sayısının esas alınması doğru bir yaklaşım değildir. Çünkü, bir hektar alanda bırakılacak tohum ağacı sayısı ile oluşturulmak istenen siper derecesi arasında her ortamda doğrusal bir ilişki bulunmayabilir. Belirli bir siper derecesi için sahada bırakılan tohum ağacı sayısı, yetişme ortamı koşullarına, bonitete, meşcerenin gördüğü silvikültürel işlemlere ve özellikle zamanında yapılan aralama uygulamalarına göre farklı olabilmektedir. Silvikültürel işlemlerin ağaçların tepe gelişimine olan etkileri, tohumlama evresinde hedeflenen siper için alanda bırakılan tohum ağacı sayısını da farklı kılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, tohumlama kesimi evresinde siper derecesi esas alınarak uygulama yapılmalıdır. Gençleştirme alanının optimal tohumlanması için %60 siperin gerekli olduğu belirtilmektedir (Karadağ, 1999). Odabaşı (1994), doğal gençleştirmenin başarısız olması ya tohumun oluşmaması ya da yetersiz olması ya da periyodik tohum yıllarında diğer ekolojik koşulların elverişli olmamasından kaynaklanmaktadır.

Karaçamın doğal gençleştirmesinde toprak işlemenin yapılması ve mineral toprağın tüm alanda ya da tercihen şeritlerde yüze çıkarılması gerekmektedir (Saatçioğlu, 1979; Atay, 1990; Odabaşı, 1994; Ata, 1995; Karadağ, 1999; Çelik ve ark., 2000; Çalışkan ve ark., 2014).

Tohum dökümünden önce sahada hazırlıklarının tamamlanarak tohumun çimlenmesi için uygun koşulların oluşturulması, gençlik bakımlarının düzenli ve zamanında yapılması iş gücüne uygun alanlarda çalışılması ile mümkündür. Hem bir plan döneminde gençleştirmeye ayrılan alanlarının hem de bir tohum yılında uygulama yapılan alanın büyüklüğü gençleştirmede başarısızlığa neden olabilmektedir (Karadağ, 1999).

Şerit siper durumu teknik olarak büyük alan siper durumunun daha küçük alanlarda uygulanmasıdır. Etek şeridi tıraşlama durumu esas olarak yandan tohumlamaya dayanır. Karaçamda etek şeridi genişliği 25-30 m kadardır. Başarılı bir gençleştirme için özellikle tohum döküm zamanında hakim rüzgar yönünün bilinmesi gerekmektedir (Odabaşı ve ark., 2004; Genç, 2013).

3. Doğal Gençleştirmede Başarıyı Etkileyen Faktörler

Doğal gençleştirmede tohum verimi, toprak nitelikleri ve tohumlama evresinde oluşturulan siper (tohum ağaçlarının dağılımı) gençleştirmenin başarısında ve alanın homojen olarak gençlikle kaplanmasında etkili olur.

3.1. Tohum dökümünün seyri ve birim alana dökülen tohum miktarı

Karaçam kozalakları Ocak-Şubat aylarında olgunlaşmakta, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında tohum dökümü gerçekleşmektedir (Atay, 1959; Varol, 1968; Saatçioğlu, 1971; 1979; Odabaşı, 1994; Ata, 1995). Dursunbey şartlarında, Ekim ve Kasım ayında olgunlaşan karaçam kozalakları, sıcak ve güneşli havalara paralel olarak Şubat-Mart aylarından itibaren açılmaya başlamakta ve tohum dökümü aralıklarla Nisan sonuna kadar, yükseklerde Mayıs ayında da devam etmektedir (Pamay, 1960).

Dursunbey yöresinde yapılan çalışmada (Boydak ve ark., 2002); yıl içindeki genel ortalama tohum veriminin %37'si Nisan, %36'sı Ocak-Mart periyodu, %19'u Mayıs, %6'sı Haziran ve %3'ü Temmuz-Aralık periyodunda dökülmüştür. Tüm yılları ve deneme alanlarını kapsayan genel ortalama boş tohum oranı %29 olmuştur. Boş tohum oranı zengin tohum yılında genel olarak en düşük düzeydedir. Orta kuşakta zengin tohum yılları 2-3 yılda bir, ancak yayılışının üst kısımlarında zengin tohum yılları 4-5 yılda bir oluşmaktadır. Metrekarede ortalama olarak en düşük ve en yüksek tohum miktarı 1972 yılında 71-240 adet, 1973 yılında 1-21 adet, 1974 yılında 8-45 adet, 1975 yılında 4-78 adet, 1977 yılında 15-52 adet, 1978 yılında ise 15-57 adet olarak saptanmıştır.

Çelik ve ark. (2000), Orta ve Güney Egede 1993-1994 yıllarında görülen bol tohum yılında m² ye ortalama 63-94 adet tohum döküldüğü tespit edilmiştir.

Karadağ (1999), Bolu yöresinde iki bakıda (kuzey-güney) ve üç farklı kapalılıkta (0,3-0,6-0,8), iki yıl (1995-1996) süreyle tohum dökümünün seyrini ve yoğunluğunu belirlemek amacıyla, Şubat sonundan Haziran sonuna kadar aylık dökülen tohum miktarı ve kalitesi saptanmıştır. 1995 yılında en fazla tohum dökümü Mart ayında (%44) gerçekleşmiştir (Çizelge 1). Bunu Mayıs (%31), Nisan (%13), Şubat (%8) ve Haziran (%4) ayları izlemiştir. Toplam tohumun %74'ü dolu, %26'sı boş danelerden oluşmaktadır. 1996 yılında tohum dökümü çoğunlukla Nisan ayında (%60) gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Bunu Mayıs (%21), Mart (%9), Haziran (%5) ve Şubat (%5) ayları izlemiştir. Toplam tohumun %71'i dolu, %29'u boş danelerden oluşmaktadır. İki yıl süreyle elde edilen veriler, Bolu yöresinde (çalışma yapılan mıntikalarla sınırlı kalmak şartıyla) toplam tohumun, 1995 yılında %88'i, 1996 yılında ise %90'ı ilkbahar aylarında dökülmüştür (Karadağ, 1999).

Çerkeş-İsmetpaşada yapılan çalışmada; tohum dökümü en fazla Nisan ayında olmuştur. Bunu Mart, Mayıs, Şubat ve Haziran ayları izlemiştir. Genel itibariyle tohum dökümünün %77'si ilkbahar aylarında gerçekleşmiş, geriye kalan tohum ise Şubat ve Haziran ayında dökülmüştür. Ayrıca dolu tohumun da %92'si ilkbaharda dökülmüştür (Çalışkan ve ark., 2014).

3.2. Tohum çimlenme değerleri

Atay (1959), Bahçeköy (İstanbul) şartlarında Eylül ayında elde edilen tohumların, sonraki aylarda toplananlara nazaran daha düşük çimlenme kabiliyeti gösterdikleri, Ekimden Marta kadar ve Mart ayında toplanan tohumlarda ise çimlenmenin oldukça yüksek seviyede olduğu saptanmıştır. Karaçam tohumları 15 Eylül-30 Ekim arasında olgunlaşmaktadır (Ürgenç, 1986). Karaçam kozalaklarının en uygun hasat zamanı Mart ayı olmasına karşın, Eylül sonlarında veya Ekim ayı içinde de toplanabileceği, çünkü Ağustos ayı sonlarında toplanan kozalıklardan elde edilen tohumların %82 oranında çimlenme yüzdesine sahip olduğu belirtilmektedir (Varol, 1968). Boydak (1982), Eskişehir-Çatacık 1350 m yükseltiden 15 Eylül 1972 tarihinden, 15 Mart 1973 tarihine kadar topladığı kozalıklardan elde ettiği tohumlarla yaptığı çimlendirme denemelerinde, 15 Eylül 1972 yılı (%84) dışında, diğer örneklere ait çimlenme yüzdelerinin %90'ın üzerinde olduğunu belirtmektedir.

Batı Karadeniz Bölgesinde yapılan çalışmada (Karadağ, 1999), ekim denemelerinde kullanılacak tohumun üç tekrarlı çimlendirme testleri yapılmıştır. Çimlendirmelerde 1994 yılı Mart ve Aralık ile 1995 yılı Ocak ve Şubat ayı örneklerinin 7. 10. 14. ve 21. gün % çimlenme değerleri belirlenmiştir (Bu çalışmada sadece 21. gün değerleri verilmiştir). 1994 yılı Mart ayı Boyabat-Elekçami kuzey bakı (%76) ve Bolu-Belkaraağaç güney bakı (%87) örnekleri dışında diğer örnekler %90'ın üzerinde çimlenme yüzdelerine sahiptir (Çizelge 3).

Bolu ve Kastamonu yöresinde, karaçamın yayılışının alt ve üst sınırları esas alınarak üç yıl (1991, 1992, 1993) süreyle yapılan çalışmada (Tosun ve ark., 1997); 1991 ve 1993 yılı 15 Ekim örnekleri, genellikle, %90'ın üzerinde, 1992 yılı aynı dönem örnekleri ise %52-%77 arasında çimlenme yüzdelerine sahiptirler. Bu verilerden hareketle, Batı Karadeniz Bölgesi karaçam doğal gençleştirme çalışmalarında tohumlama kesimine 800-1000 m yükseltilerde 15 Eylül'den itibaren, 1300-1500 m yükseltilerde ise Ekim ayı başından itibaren başlanmasının uygun olacağı ifade edilmektedir.

Elde edilen bulgular, tohum çimlenme yüzdelerinde yıldan yıla bazı farklılıklar olmakla birlikte, büyük alan siper durumuyla gençleştirmede önemli bir sorun bulunmadığını göstermektedir.

3.3. Toprak işlemenin doğal gençleştirme başarısına etkisi

Doğal gençleştirme çalışmalarında toprak işlenmesi tohumun çimlenmesi, olu-şan fideciklerin yaşamlarını sürdürmesi ve gelişiminde önemli bir işleve sahiptir.

Doğal gençleştirmenin koşulları deyince yeni orman jenerasyonunun gençleştirme alanına devamlı olarak gelmesi, yerleşmesi ve gelişiminin hangi koşullar altında mümkün olabileceği sorusu akla gelir. Doğal gençleştirme başarısının

Çizelge 1. Tohum dökümünün seyri-1995 (Karadağ, 1999).

Mıntıka	Kapalılık	Yükselti (m)	Bakı	Şubat adet/m ²			Mart adet/m ²			Nisan adet/m ²			Mayıs adet/m ²			Haziran adet/m ²			Genel toplam adet/m ²		
				D	B	T	D	B	T	D	B	T	D	B	T	D	B	T	D	B	T
Çakmaklar	0,6	1050	Güney	17	15	32	130	18	148	32	12	44	82	12	94	2	8	10	263	65	328
	0,8	1050	Güney	13	4	17	112	27	139	39	7	46	85	17	102	8	12	20	257	67	324
	0,3	1030	Güney	7	7	14	45	15	60	7	9	16	15	19	34	1	0	1	75	51	126
Belkaraağaç	0,6	1040	Kuzey	26	9	35	126	56	182	38	19	57	97	35	132	1	14	15	288	133	421
	0,8	1040	Kuzey	24	9	33	148	36	184	31	25	56	123	31	154	1	14	15	327	114	441

Çizelge 2. Tohum dökümünün seyri-1996 (Karadağ, 1999).

Mıntıka	Kapalılık	Yükselti (m)	Bakı	Şubat adet/m ²			Mart adet/m ²			Nisan adet/m ²			Mayıs adet/m ²			Haziran adet/m ²			Genel toplam adet/m ²		
				D	B	T	D	B	T	D	B	T	D	B	T	D	B	T	D	B	T
Çakmaklar	0,6	1050	Güney	4	1	5	11	7	18	95	24	119	17	10	27	3	6	9	130	48	178
	0,8	1050	Güney	7	0	7	15	7	22	107	30	137	35	10	45	7	5	12	171	52	223
	0,3	1030	Güney	6	1	7	10	3	13	41	19	60	13	6	19	0	7	7	70	36	106
Belkaraağaç	0,6	1040	Kuzey	7	3	10	11	5	16	112	22	134	52	23	75	3	13	16	185	66	251
	0,8	1040	Kuzey	15	10	25	16	15	31	173	59	232	46	28	74	6	12	18	256	124	380

D: Dolu tohum sayısı B: Boş tohum sayısı T: Toplam tohum sayısı

Çizelge 3. Tohum çimlenme değerleri (Karadağ,1999).

Örnek Mıntıkası	Gün Sayısı	Aralık 1994				Ocak 1995				Şubat 1995				Mart 1994			
		A	B	C	O	A	B	C	O	A	B	C	O	A	B	C	O
Boyabat K	21									98	95	95	96	82	77	69	76
Boyabat G	21									94	99	96	96	89	96	89	91
Bolu-Belkaraağaç G	21	97	96	98	97	96	98	97	97	100	100	99	100	93	88	80	87
Bolu-Belkaraağaç K	21									87	100	98	98	98	96	92	94
Bolu-Çakmaklar G	21	98	98	99	98	98	99	98	98	100	100	100	100	97	99	98	98
Bolu-Mudurnu	21	99	98	94	97	94	93	92	93	93	91	89	91	93	92	93	93
Bolu-Tekke	21	99	99	98	99	97	98	99	98	98	99	96	98	97	96	98	97

da ana ağaçlardan tohumun uçarak ya da düşerek gençleştirme alanına ulaşmış olmaları tek başına yeterli değildir. Fakat bu tohumların çimlenebilecekleri, fidan meydana getirebilecekleri ve fidanların organik ve anorganik etkilere ve bilhassa rakip bitkilerin mücadelesine karşı koyabilecekleri bir yetiştirme ortamına yani toprağa, iklime ve canlı ortama kavuşmaları gerekir (Saatçioğlu, 1979). Gençleştirme alanına düşen tohumların çimlenmesi ve meydana gelen fidelerin gelişmesi, her şeyden önce içinde buldukları ortamın ekolojik özelliklerine bağlıdır (Çepel, 1982).

Batı Karadeniz Bölgesinde, toprak işlemenin yapılmadığı ya da yeterli dozda olmadığı karaçam doğal gençleştirme alanları genellikle başarısız olmuştur. Bu başarısız alanların bir kısmında, tohumlama kesimi yılından 5-8 yıl sonra, makinalı toprak işleme yapılarak tohum ekimi yapılmıştır. Yeterli gençlik oluşmayan alanlar ya yabanlaşmış ya da yapay gençleştirmeye konu edilmişlerdir (Fotoğraf 1). Bazı alanlarda ise yeterli gençlik oluşmuştur. Yapılan derim sürüm tohum ağaçlarında kurumalara (Fotoğraf 2) neden olmuştur (Karadağ, 1999).

Toprak işleme doğal gençleştirmenin daimi yardımcısı ve bazı hallerde kurtarıcısıdır (Saatçioğlu, 1946). Çepel (1982), organik horizon ve üst mineral toprak horizonu bir çimlenme yatağı olarak doğal gençleşmenin ilk aşamasını olumlu ya da olumsuz yönde belirler. Özellikle ölü örtünün kalınlığı ve dolayısıyla humus formu, üst toprağın tekstür ve strüktürü bu hususta kesin etkilere sahiptirler. Karaçam meşcerelerinde yer yer ölü örtü birikmesi olabileceği (Ata, 1995), bu gibi yerlerde toprağın çapalarla karıştırılarak mineral toprağın açığa çıkarılmasını, bunun için ölü örtünün sıyırılmasına ve belirli yerlere yığılmasına izin verilmesini, keçeleşmiş ot tabakası varsa bu tabakanın parçalanması gerektiğini belirtmektedir. Odabaşı ve ark. (2004), karaçam gençleştirme alanlarında toprak işleme başarıyı büyük ölçüde artırır. Toprak işlemenin uygun alanlarda pullukla,

uygun olmayan alanlarda çapa ile yapılması doğru olur. Ancak, kurak yetişme ortamlarında çok kalın olmayan ince bir ölü örtü tabakası yerinde bırakılmalıdır. Kalın humus tabakasının bulunduğu alanlarda, başlangıçta fidanlar yaşama yeteneği gösterebilirler bile, sıcak ve kurak mevsimlerde kuruyarak yok olurlar.



Fotoğraf 1. Bolu-Belkarağaç 23 bölme-2004.



Fotoğraf 2. Boyabat-Elekçanı. 59 bölme-1995.

Ege Bölgesinde yapılan araştırmada (Çelik ve ark., 2000), çapa ile sıkışmış ve kompaktlaşmış çimlenme yatağının gevşetilmesi, tırmık ile ölü örtünün yerinde karıştırılması ve kontrol olmak üzere üç farklı işlem parseli oluşturulmuştur. Tüm yörelerde, toprak işleme yapılan (çapa-tırmık) parsellerde, kontrol parsellerine göre daha iyi sonuçlar alındığı, bu nedenle, doğal gençleştirme çalışmalarında toprak işlemenin mutlaka yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Batı Karadeniz Bölgesi karaçam doğal gençleştirme meşcerelerinin genelinde gençleştirmeye engel ölü örtü, çoğunlukla otsu türlerden oluşan diri örtü ile daha ziyade kuzey bakıda olmak üzere yosun bulunmaktadır. Yapılan çalışmada, ölü örtü kısmen, yosun tabakasını ise tamamen çekildikten sonra, toprak çapa ve tırmıkla işlenmiştir. Çapa ile yaklaşık 5-8 cm derinlikte, yerinde toprak işleme yapılmıştır. Çıkan kesekler parçalanmış, otsu diri örtü toprağından temizlendikten sonra saha dışına çıkarılmıştır. Tırmıkla eş yükselti eğrilerine paralel ve tırmık ucunun toprağına girebileceği derinlikte işleme yapılmıştır. Toprak işlemenin karaçamın doğal gençleştirme başarısına etkisini saptamak amacıyla, çapa ve tırmıkla toprak işleme yapılan parsellerde ve kontrol parsellerinde, tohum ekimi ve doğal tohum dökümü sonucunda oluşan çimlenmeler ile 1. ve 2. yılın sonunda bu parsellerde yaşayan fidan sayıları ve yaşama oranlarını karşılaştırılmıştır (Çizelge 4). Tohum ekimi verileri 1995 yılında ekilen tohumdan, doğal tohum dökümü verileri ise 1995 ve 1996 yılı tohum dökümünden elde edilmiştir (Karadağ, 1999).

Her biri 2,5 m² olan, toprak işleme parselleri ve kontrol parsellerine, m²'ye 48 adet dolu tohum ekimi yapılmıştır. İlk çimlenme ve 2. yıl sonu fidan sayıları bakımından, genel olarak, çapa ile toprak işleme parselleri ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 4). Bunu tırmıkla toprak işleme parselleri izlemekte, kontrol parselleri ise son sırada yer almaktadır. Bolu-Çakmaklar 0,6 kapalılık derecesi

alanına ekilen 48 adet/m² dolu tohumun, ortalama olarak çapa işlem parsellerinde 24(%50), tırmık işlem parsellerinde 22(%46), kontrol parsellerinde 3(%6) adedi çimlenmiştir. 2. yılın (1996) sonunda çapa, tırmık, kontrol parsellerinde, m²'de yaşayan ortalama fidan sayısı sırasıyla 13(%27), 11(%23) ve 1(%2)'dir. Bolu-Belkaraağaç ve Boyabat-Elekçanı toprak işleme parsellerinde de oluşan çimlenmeler ile 1. ve 2. yıl sonu fidan sayıları yeterli durumdadır. Bolu-Tekke toprak işleme (çapa-tırmık) parselleri ve Mudurnu-Vakıfaktaş çapa ile toprak işleme parselleri 2. yıl sonu fidan sayıları diğer yöreler toprak işleme parsellerine göre daha azdır (Çizelge 4). Bu alanlara ekilen tohumun, zararlılarınca kısmen başka yerlere taşınmış ya da yenmiş olması olasılığı bu parsellerde çimlenmelerin daha az sayıda olmasına sebep olmuştur. Parsellerin bazı kısımlarında görülen toplu çimlenmeler, tohumların taşınarak belirli yerlere toplandığı düşüncemizi doğrulamaktadır. Bolu-Belkaraağaç 0,3 kapalılık derecesi deneme alanı, 1986 yılında TK yapılmış fakat başarısız olmuş 23 numaralı bölmede bulunmaktadır. Bu deneme alanına ekilen 48 adet/m² dolu tohumun çapa, tırmık ve kontrol parsellerinde ortalama çimlenme sayıları 21(%44), 16(%33) ve 7(%15)'dir. 2. yılın (1996) sonunda, çapa, tırmık ve kontrol parsellerinde yaşayan ortalama fidan sayıları ise sırasıyla 16(%33), 14(%29) ve 4(%8)'tür (Karadağ, 1999).

Çizelge 4. Ekim +doğal tohum döküm parsellerinde 3 yıl süreyle fidan sayısal değişimi (adet/m²).

Deneme alanı	Kapalılık	İşlem parseli	Sayım dönemleri					Toplam	
			1995*		1996**			1996	1997
			V.B	V.S	V.B. YÇ	VS 1 yaşlı	V. S. 2 yaşlı		
Bolu Çakmaklar	0,6	Çapa	24-%50	15-%31	22-%12,4	10	13-%27	23	20
		Tırmık	22-%46	12-%25	21%11,8	12	11-%23	23	14
		Kontrol	3-%6	1-%2	1-%0,6	0	1-%2	1	0
Bolu-Tekke	0,6	Çapa	3-%6	1-%2	44	15-%34,1	1-%2	16	15
		Tırmık	1-%2	0%0	31	17-%54,8	0-%0	17	14
		Kontrol	1-%2	0%0	17	4-%23,5	0-%0	4	1
Bolu Belkaraağaç	0,3	Çapa	21-%44	17-%35	13	7	16-%33	23	23
		Tırmık	16-%33	15-%31	8	4	14-%29	18	12
		Kontrol	7-%15	7-%15	4	2	4-%8	6	5
	0,6	Çapa	21-%44	19-%40	19 %7,6	11	16-%33	27	21
		Tırmık	17-%35	14-%29	14 %5,6	14	12-%25	26	20
		Kontrol	12-%25	7-%15	9-%3,6	7	7-%15	14	10
Boyabat-Elekçanı	0,6-G	Çapa	33-%69	26-%54	32	3-%9,4	18-%38	21	21
		Tırmık	28-%58	24-%50	29	4-%13,8	19-%40	22	21
		Kontrol	10-%21	5-%10	5	0	4-%8	4	4
	0,6-K	Çapa	9-%19	9-%19	28	4-%14,3	4-%8	8	5
		Tırmık	6-%13	4-%8	37	3-%8,1	2-%4	5	5
		Kontrol	5-%10	3-%6	13	3-%23,1	1-%2	4	3
Mudurnu-Vakıfaktaş	0,6	Çapa	6-%12	3-%6	17	4-%23,5	1-%2	5	2
		Tırmık	9-%19	7-%15	22	8-%3,4	4-%8	12	7
		Kontrol	0	0	1	0	0	0	0

VB: Vejetasyon başı VS: Vejetasyon sonu YÇ: Yeni çimlenme G: Güney bakı K: Kuzey bakı. *1995 yılında ekilen tohumdan elde edilen veriler. ** 1996 yılı; YÇ ve 1 yaşlı; 1996 yılı doğal tohum dökümü verileri. 2 yaşlı; 1995 yılında ekilen tohum elde edilen fidan sayıları.

Ortalama deđerler dikkate alındıđında, bazı kontrol parsellerinde 2. yılın sonunda yařayan fidan sayısının (izelge 4) yeterli olduđu dűřnűlebilir. Dođal gençleřtirmede bařarı; gençleřtirme alanında yeterli ve tűm alana eřit dađılmıř gençlik elde edilmesi ile sađlanır. Yapılan sayımlarda, kontrol parsellerinde hem parcel içi hem de parseller arası fidan dađılımlarının homojen olmadıđı, çimlenmelerin bu parsellerin mevcut fiziki yapısından ziyade, çeřitli nedenlerle (sűrűtme, iđnenme vb.) ۆlű ۆrtűnűn kısmen ya da tamamen sıyrıldıđı ve bu nedenle mineral toprađın yűze çıktıđı kısımlarda, parsellerde bulunan iri tařların veya kesilmiř ađaç kűtűklerinin etrafında ya da bir çalı kűmesinin içinde daha yođun olarak oluřtuđu gۆrűlműřtűr (Karadađ, 1999).

Her biri 4 m² bűyűklűđűnde, űclű riperi olan dozerle, traktۆre monte edilmiř pullukla ve çapa ile toprak iřleme yapılan parsellere ve kontrol parsellerine, m²'ye 48 adet tohum ekimi yapılmıřtır. Ripерle toprak iřleme yapılan deneme parsellerinde diđer iřlem parsellerine gۆre daha fazla çimlenme (ortalama 9,0 adet/m²) olmuřtur. Pullukla toprak iřleme yapılan sahalarda ikinci sırada yer alırken (ortalama 7,0 adet/m²), űcűncű sırayı kontrol parselleri (ortalama 3,8 adet/m²), çapa ile toprak iřleme parselleri ise son sırada yer almıřtır (ortalama 3,3 adet/m²). 2013 yılı Kasım ayında en fazla gençlik ripерle toprak iřleme yapılan parsellerde sayılmıřtır (ortalama 5,9 adet/m²). Bunu sırasıyla pullukla toprak iřleme yapılan parseller (ortalama 1,9 adet/m²) ile çapa iřlem parselleri (ortalama 0,35 adet/m²) izlemiřtir. Kontrol parselleri (ortalama 0,17 adet/m²) ise son sırada yer almaktadır (alıřkan ve ark., 2014).

Pamay (1960), toprak iřlemenin tohumların çıkma miktarı űzerine etkili olduđunu ve tohumun mineral toprađa ulařmasını temin etmek için, toprak ۆlű ve diri ۆrtűsűnűn kaldırılması ve toprađın yűzeysel olarak iřlenmesi gerektiđini belirtmektedir. Sevim (1954), karaçam ormanlarının yayılıř alanlarında hűkűm sűren yaz kuraklıđından dolayı bu ormanların dođal olarak gençleřtirilmesinde bařarılı olunmasının ilk řartının, tohumların imlenebilecekleri ve meydana gelen fideciklerin kۆklerini geliřtirmeye kadar onları kuraklık tehlikesine karřı korunmalarını sađlayacak ve bu nedenle dođal gençleřtirmede çimlenme yatađı vazifesini gۆren űst toprak tabakasında rutubet, strűktűr ve biyolojik aktivitesinin iyileřtirilmesine yۆnelik tedbirlerin alınmasıdır.

Karadađ (1999), toprak iřleme ilk çıkma sayısı űzerinde etkili olmuřtur Deneme parsellerine ekilen 48 adet/m² dolu tohumun; ortalama olarak çapa iřlem parsellerinde 17 adedi (%35), tırmık iřlem parsellerinde 14 adedi (%29), kontrol parsellerinde 5 adedi (%11) imlenmiřtir. Çalıřkan ve ark. (2014), m²'ye ekilen 48 adet tohumun 5,8 adedi (%12) imlenerek fidecik haline gelmiřtir. Karaçam ekimlerinde bir bűtűn olarak deđiřik

şartlar altında çıkma oranı (atılan tohum miktarına göre) %0,56-16,43 arasında değişmektedir (Pamay,1960).

Toprak işleminin ara tohum yıllarında dökülen tohumun çimlenmesinde de önemli bir işlevi olduğu görülmüştür (Çizelge 4). 1996 yılında dökülen tohum (178 adet/m²), Bolu-Çakmaklar 0,6 kapalılık derecesi çapa, tırmık ve kontrol işlem parsellerinde, ortalama olarak, %12,4(22 adet), %11,8(21 adet), %0,6(1 adet) oranında çimlenmiştir. Diğer ekim alanlarında da, 1996 yılında dökülen tohumun oluşan fidecik ve yaşayan fidan sayılarına önemli bir katkısı olduğu anlaşılmaktadır. Bolu-Tekke ve Mudurnu-Vakıfaktaş deneme alanlarında, 1995 yılında ekilen tohumdan yeterli çimlenme oluşmadığı, buna karşın 1996 yılında dökülen tohumdan yeterli sayıda çimlenme oluştuğu görülmüştür (Karadağ, 1999).

İşlem parsellerine göre kuruma oranları da farklı olmuştur. 1995 yılında ekilen tohumdan oluşan çimlenme sayıları üzerinden yapılan değerlendirmede; Bolu-Çakmaklar 0,6 kapalılık derecesi çapa ile toprak işleme parsellerinde 1995 yılında %38, 1996 yılı sonuna kadar toplam %46 oranında kuruma olmuştur. Bu değerler tırmık ile toprak işleme parsellerinde sırasıyla %45 ve %50; kontrol parsellerinde ise 1995 yılında ve 1996 yılı sonuna kadar oluşan kuruma %67'dir (Karadağ, 1999).

Doğal tohum dökümü alanlarında da toprak işleme parselleri ile kontrol parsellerindeki ilk çimlenme ve 1996 yılı sonunda yaşayan fidan sayıları (Çizelge 5) farklı bulunmuştur. Bolu-Çakmaklar 0,6 kapalılık derecesi deneme alanına, 1995 yılında dökülen tohumun (328 adet/m²), ortalama olarak çapa işlem parsellerinde %7,6'sı, tırmık işlem parsellerinde %0,9'u, kontrol parsellerinde %1,2'si çimlenmiştir (Fotoğraf 3). 1996 yılı sonunda (dökülen tohumun yüzdesi olarak) çapa, tırmık ve kontrol parsellerinde sırasıyla %7,0, %0,9 ve %1,2 oranında fidan (Fotoğraf 4) yaşamaktadır (Karadağ, 1999).

Karadağ (1999), toprakta yeterli fiziksel iyileştirme yapılması halinde, ara tohum yıllarında da azımsanmayacak sayıda yeni gençlik oluşmaktadır. 1996 ara tohum yılında, Bolu-Çakmaklar 0,6 kapalılık derecesi alanına dökülen tohumun (178 adet/m²), çapa, tırmık ve kontrol parsellerinde sırasıyla %7,3'ü, %4,5'i ve %1,7'si çimlenmiştir (Çizelge 5). Bu yılın sonunda bu parsellerde (dökülen tohumun yüzdesi olarak) sırasıyla %7,0, %3,4 ve %1,1 oranında fidan yaşamaktadır (Çizelge 5).

Saatçioğlu (1979), gençleştirmede genellikle zengin tohum yılını izleyen ara tohum yıllarının da dikkate alınması gerektiğini ve eğer edafik koşullar bozulmamışsa, gençlikte meydana gelen kayıpların büyük ölçüde, hatta tamamen giderilmesinin mümkün olduğunu belirtmektedir.



Fotoğraf 3. Gençlik oluşum yılında çimlenme yatağı görünümü-1995.



Fotoğraf 4. Fidan görünümü-Temmuz 1996.

Tosun (1984), Bolu-Şerif Yüksel Araştırma Ormanında yapılan çalışmada, sarıçamda toprak işlemenin ikinci yıl çimlenmeleri üzerine etkisinin olmadığı sap tanmıştır.

Çelik ve ark. (2000), ilk tohum yılında sahaya gelen gençliklerin yılı sonunda %70-80 oranında azaldığı, bu nedenle doğal gençleştirme çalışmalarında bir bol tohum yılına güvenilerek sahaların boşaltılmaması, yapılacak gözlemlerle 2. hatta bol tohum yılından da yararlanılması gerektiği belirtilmektedir.

3. yılın (1997) sonunda, 0,3 kapalılık tırmık işlem parseli dışında, diğer toprak işleme parsellerinde yeterli sayıda ve homojen dağılımlı gençlik bulunmaktadır. Bir kısım rakamsal veriler, kontrol parsellerde yeterli sayıda fidan olduğunu göstermesine karşın, bu parsellerdeki fidan dağılımlarının homojen bir yapıda olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 5).

Toprak işleme, fideciklerin köklerini derine göndermede ve özellikle ilk 2-3 yıl içindeki kök gelişiminde de etkili olmaktadır (Karadağ, 1999). Tohumun

mineral toprakta çimlenmesi ve meydana gelen fideciklerin kısa zamanda köklerini geliştirerek topraktan su ve besin maddeleri alabilmeleri, öncelikle üst toprak tabakasının yeter derecede humus ile karıştırılmış olmasına bağlıdır (Sevim, 1954).

Çizelge 5. Doğal tohum döküm alanlarında 3 yıl süreyle fidan sayısal değişimi (adet/m²) ve yaşama yüzdeleri (Karadağ, 1999).

Deneme alanı	Kapalılık	İşlem parseli	Sayım dönemleri					Toplam	
			1995		1996			1996	1997
			V.B	V.S	V.B.	V. S.			
					YÇ	1 yaşlı	2 yaşlı		
Bolu-Çakmaklar	0,6	Çapa	25-%7,6	23-%7,0	13-%7,3	13-%7,0	23-%7,0	36	35
		Tırmık	3-%0,9	3-%0,9	8-%4,5	6-%3,4	3-%0,9	9	9
		Kontrol	4-%1,2	4-%1,2	3-%1,7	2-%1,1	4-%1,2	6	6
Bolu-Belkaraağaç	0,3	Çapa	3-%2,4	3-%2,4	1-%0,9	1-0,9	3-%2,4	4	3
		Tırmık	0	0		0	0	0	0
		Kontrol	0	0			0	0	0
	0,6	Çapa	11-%2,6	11-%2,6	5-%2,0	3-%1,2	8-%1,9	11	7
		Tırmık	5-%1,2	5-%1,2	22-%8,8	19-%7,6	5-%1,2	24	19
		Kontrol	0	0	1-%0,4	1-%0,4	0	1	0

VB: Vejetasyon başı VS: Vejetasyon sonu YÇ: Yeni çimlenme

Toprağın su kapasitesi, havalanma yeteneği ve bunlara sıkı sıkıya bağlı olan toprak strüktürü en başta gelen fiziksel özelliktir. Doğal gençleşme için en mükemmel toprak hali kırıntı strüktürüdür. Bu strüktür sadece çimlenme için en iyi koşullar yaratmakla kalmaz, aynı zamanda körpe fidecik köklerinin toprağa engelsizce girmelerini kolaylaştırarak kök büyümesini hızlandırır ve gençliğin kurak dönemlerde kurumasını önlemektedir (Saatçioğlu, 1979).

Bolu-Çakmaklar'da iki (0,6 ve 0,8), Bolu-Belkaraağaç'da üç (0,3-0,6-0,8) farklı kapalılık derecesi toprak işleme ve kontrol parsellerinden alınan fidan örnekleri üzerinde kök gelişimine ilişkin ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Her iki mıntıkada da kapalılık ayırt edilmeden, çapa ile toprak işleme yapılan parsellerden alınan 1 ve 2 yaşlı fidanların ortalama kök uzunlukları, diğer işlem parsellerindeki aynı yaşlı fidanların ortalama kök uzunluklarından daha fazladır (Çizelge 6). 1 ve 2 yaşlı fidanlarda ortalama en uzun kök (160 mm-175 mm) 0,3 kapalılık derecesi çapa işlem parsellerinde ölçülmüştür (Karadağ, 1999).

Karaçamın yoğun ve derine giden bir kök sistemine sahip olduğunu ve bu özelliğinin erken yaşlardan itibaren başladığını belirten Röhring (1966), Hesselink'e atfen, 1 yaşındaki karaçam fidanının 69 cm uzunluğunda kazık kök yaptığını belirtmektedir. Pamay (1960), doğal tohum dökümü ile oluşmuş karaçam gençliklerinin ilk yaştan itibaren dik kök yaptığını, yapılan ölçümlerde karaçam fidanlarının 1 yaşında 13-32 cm, 2 yaşında 40-70 cm dik kök yaptığını belirtmektedir.

Çizelge 6. 1 ve 2 yaşındaki fidanların ortalama kök uzunlukları-mm (Karadağ, 1999).

Deneme alanı	Bolu Belkaraağaç						Bolu-Çakmaklar				
	0,3		0,6		0,8		0,6		0,8		
Fidan yaşı	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
İşlem parseli	Çapa	160	175	103	141	97	122	120	142	102	113
	Tırmık	81	110	74	96	71	93	87	107	89	93
	Kontrol	78	115	86	101	71	83	90	114	75	88

Elde edilen veriler; karaçamın doğal gençleştirilmesinde toprak fiziksel niteliklerinin başarıda önemli bir paya sahip olduğu, tohumun çimlenmesi ve çıkan fideciklerin yaşamlarını sürdürmesi için toprağın elverişli koşullara kavuşturulması gerektiği anlaşılmıştır. Doğal gençleştirmede tam alanda toprak işleme tercih edilir. Fakat gençlik oluşturulması için yeterli ise, 1-2 m genişlikte şeritlerin işlenmesi, şeritler arasında 1 m genişliğinde alanlar bırakılarak kısmi toprak işleme de yapılabilir. İşleme derinliği toprak niteliklerine göre değişir. Kalın humus (3-5 cm) tabakası olan gevşek yapıda kırıntılı topraklarda, humusun kısmen saha dışına çekilerek inceltmesi ve kalan humusun mineral toprakla karıştırılması yeterli olabilir. Sıkışık topraklarda (yabanlaşmış-keçeleşmiş) daha derin (yaklaşık 10 cm) toprak işlenmesi yapılması gerekmektedir. Toprak işlemenin aletle ya da makinalı yapılması seçiminde, arazinin eğim durumu ve toprağın yapısı göz önüne alınmalıdır. Toprak işlemenin, genel olarak sonbaharda yağışlardan sonra, güneşli bir dönemde yapılması işleme kolaylığı sağlamaktadır.

3.4. İlk çıkma zamanı ve çimlenme süresi ile gençliklerin yılı içindeki sayısal değişimi

Pamay (1960), Dursunbey yöresinde yapılan ekim denemelerinde, yükselti ve bakının çimlenme üzerine etkili olduğu, ilk çimlenmelerin alt yükselti ve güney bakılarda görüldüğü belirtilmektedir. Saatçioğlu (1979), çimlenmenin çoğu zaman tohum dökümünden 4-5 hafta sonra başlayabileceğini belirtmektedir. Karadağ (1999), bakı ve yükseltinin ilk çimlenme üzerine belirgin bir etkisi görülmemiştir.

1996 yılı doğal tohum dökümü ile oluşan çimlenmeler, Bolu mıntıkasında Haziran ayı ilk haftasında ya da ortasında, Boyabat-Elekçami'nde ise Mayıs ayı sonunda maksimum sayıya ulaşmıştır. Bu tarihten sonra kurumalar olmuştur. 1996 yılında, Bolu mıntıkasında en fazla kuruma Temmuz ayında (%31) meydana gelmiştir. Bunu Haziran (%27) ve Ağustos (%9) ayları izlemiştir. Boyabat mıntıkasında çapa ve tırmık parsellerinde en çok kuruma Temmuz ayında (%83-%77) olmuştur. Bunu Ağustos (%73-%50) ve Haziran (%13) ayları izlemiştir. Kontrol parsellerinde ise en fazla kuruma sırasıyla Ağustos (%85), Temmuz (56) ve Haziran (37) ayında olmuştur (Karadağ, 1999).

Haziran ayında, kontrol parsellerinde ani bir kuruma olurken (%68,8), top-rak işleme parsellerinde daha yavaş bir kuruma (%26,1-%34,8) meydana gelmiştir. Yine kontrol parsellerinde Ağustos ayında da diğer işlem parsellerine göre fazla sayıda kuruma görülmüştür (%49,3). Ekim ayında ise çapa işlem parsellerinde diğer işlem parsellerine göre aşırı kurumalar (%66,7) olmuştur (Çalışkan ve ark., 2014).

3.5. Kapalılığın doğal gençleştirme başarısına etkisi

Doğal gençleştirme çalışmalarında kapalılık; gençleştirme alanında tohumundan yeni jenerasyonun elde edilmesi amaçlanan bireylerden oluşturulan siperdir. Bu siper; dökülen tohum miktarı, çıkan fidecik sayısı ve bunların ilk 2-3 yıl için ışık ihtiyacının karşılanmasında etkili olmaktadır.

Tohumlama kesimi evresinde oluşturulacak siper için Mayer (1976), 0,4-0,5; Saatçioğlu (1979); Atay (1990), 0,6-0,7; Atahan (1986); Genç (2013); Anonim (2014), 0,5-0,6; Ata (1995) 0,3-0,4; Odabaşı (1994); Odabaşı ve ark. (2004) 0,6 olması gerektiği; 1 hektar alanda bırakılacak ağaç sayısının ise; Saatçioğlu (1979); Atay (1990) 60-70; Varol (1968); Atahan (1968); Genç (2013) 50-70; Ata (1995) 80-120; Odabaşı (1994); Odabaşı ve ark. (2004) 60-80 olması gerektiği belirtilmektedir.

Karadağ (1999), tohumlama kesimi evresinde hektarda bırakılacak tohum ağacı sayısı yetiştirme ortamı koşullarına, meşcerenin bonitetine ve ağaçların tepe gelişimine bağlı olarak değişmektedir. Gelişme çağlarına uygun ve yeterli ölçüde bakım görmemiş meşcerelerde, ağaçların yeterli tepe gelişimi yapmaları beklenmez. Batı Karadeniz Bölgesi karaçam doğal gençleştirme çalışmalarında, tohumlama evresinde, ağaç sayısına göre oluşturulan siper sonucu bazı sahalar- da yeterli gençlik oluşmamıştır. Bolu-Belkaraağaç Şefliği 23 numaralı bölmede, 1986 yılındaki tohumlama evresinde bırakılan ağaç sayısı 50 adet/ha, ortalama kapalılık %26; Boyabat-Elekçamı Şefliği 59 numaralı bölmede tohumlama kesimi evresinde bırakılan tohum ağaç sayısı 117 adet/ha, ortalama siper %28 olarak ölçülmüştür. Her iki bölmede de, yeterli gençlik oluşmamıştır. Aynı çalışmada, oluşturulan deneme alanlarında, tohumlama evresinde hektardaki ortalama ağaç sayısı 0,6 siperde, Bolu-Belkaraağaç'da 114 adet (Fotoğraf 5), Bolu-Çakmaklar'da 192 adet (Fotoğraf 6), Boyabat-Elekçamı'nda 525 adet; 0,8 siperde ise için Bolu-Belkaraağaç'da 212 adet, Bolu-Çakmaklar'da 340 adet tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Tohumlama kesimi evresinde siperi oluşturulan ağaçların tepe yapısı gençleştirme alanına dökülen tohum miktarında etkili olmaktadır. 1995 ve 1996 yıllarında, Bolu-Çakmaklar 0,6 ve 0,8 kapalılık derecesi alanlarına dökülen tohum miktarı, Bolu-Belkaraağaç 0,6 ve 0,8 kapalılık derecesi alanlarına dökülen tohum miktarından daha azdır. Bolu-Çakmaklar 0,6 ve 0,8 kapalılık derecelerinin her birinde, hektardaki ortalama ağaç sayısı, Bolu-Belkaraağaç 0,6

kapalılık derecesi hektar alanındaki ortalama ağaç sayısından daha fazla olmasına karşın, her iki yılda da Bolu-Belkaraağaç 0,6 kapalılık derecesine dökülen tohum miktarı, Bolu-Çakmaklar 0,6 ve 0,8 kapalılık derecelerinin her birine dökülen tohum miktarından daha fazla olmuştur (Çizelge 7).



Fotoğraf 5. Bolu-Belkaraağaç deneme alanı. **Fotoğraf 6.** Bolu-Çakmaklar deneme alanı.

Bu durumun deneme alanlarında bulunan ağaçların tepe yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bolu-Belkaraağaç deneme alanındaki ağaçların büyümleri yavaşlamış ve her birinin tepe izdüşümü, Bolu-Çakmaklar 0,6 ve 0,8 deneme alanlarındaki ağaçların tepesine göre daha geniş bir alanı kaplamaktadır. Diğer taraftan, Bolu-Belkaraağaç 0,3 kapalılık derecesi alanına iki yıl süreyle dökülen tohum sayısı, 0,6 ve 0,8 kapalılık derecelerinin her birine dökülen tohum sayısından daha azdır (Çizelge 7). Hektardaki ağaç sayısının azalması ve tepenin daha fazla gelişmesi tek ağaçta tohum verimini arttırabileceği, buna karşın gençleştirme alanına dökülen toplam tohum miktarını azaltabileceği düşünülmektedir (Karadağ, 1999).

Ürgeç (1967), karaçamda hektardaki ağaç sayısının azalması ve tepenin genişlemesiyle tohum veriminin arttığını, fakat ağaç sayısının belli bir sınırın altına düşmesi halinde tohum veriminin azaldığı belirtilmektedir. Boydak (1977) ise, kalıtsal faktörler saklı kalmak şartıyla, ağaç sayısının belli bir sınıra kadar azalması, meşcere orta çapının artması ve tepenin genişlemesiyle tohum veriminin de büyük ölçüde artacağı saptamıştır.

Tohumlama kesimi ile oluşturulan düşük siper, hem gençleştirme alanına dökülecek tohum miktarının azalmasına hem de siperin bir seferde ve şiddetli bir şekilde kırılması gençleştirme alanının kısa sürede yoğun diri örtü ile kaplanmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda ya yeterli gençlik oluşmamakta (toprakta fiziki iyileştirmeler yapılırsa bile) ya da az da olsa çıkan fidecikler diri örtü ile rekabet edemediklerinden kısa sürede alandan yok olmaktadır. Diğer taraftan tohumlama evresinde yeterli tepe gelişimine sahip ağaç sayısının fazla olması tohum dökümünü arttırmasına karşın ışık ve

boşaltmada kesimlerinde fazla ağaç sayısının gençlik üzerinde oluşturacağı zarar göz önünde bulundurularak, kapalılığın 0,6'dan daha az ya da daha fazla tutulmaması uygun olacaktır (Karadağ, 1999).

Çizelge 7. Kapalılık derecesine göre ağaç sayısı ve dökülen tohum miktarı.

Mıntıka	Kapalılık Derecesi	Dökülen tohum		Ağaç sayısı
		1995 adet/m ²	1996 adet/m ²	
Çakmaklar	0,6	328	178	192
Çakmaklar	0,8	324	223	340
Belkaraağaç	0,6	421	251	114
Belkaraağaç	0,8	441	380	212
Belkaraağaç	0,3	126	106	50

Ege Bölgesinde yapılan çalışmada; tohumlama evresinde oluşturulan %50-55 kapalılıkta (sık parseller) ortalama 160-170 adet/ha, %30-35 kapalılıkta (gevşek parseller) ise ortalama 105-110 adet/ha tohum ağacı saptanmıştır (Çelik ve ark., 2000).

Karaçam doğal gençleştirme çalışmalarında, tohumlama kesimi evresinde oluşturulacak siper için ölçüt olarak bir hektar alanda bırakılacak ağaç sayısı yerine, bu evrede oluşturulması hedeflenen siperin esas alınması uygun olacaktır. Zira, silvikültürel müdahalelerin zamanında ve yeterli dozda yapılmadığı meşcerelerde, hektardaki ağaç sayısı esas alınarak siper oluşturulması başarısızlığa sebep olabilmektedir (Karadağ, 1999). Genç (2013), tohumlama evresinde oluşturulacak kapalılık derecesi için ağaç sayısı dikkate alınmamalıdır.

Sıvacıoğlu (1996), karaçam gençliğinin 0,5-0,6 kapalılıkta (%30 ışıktaki) alana geldiğini, %15-25 ışıktaki oluşan gençliğin gelişmediğini ve çoğunlukla degrade olduğunu belirtmektedir. Demirel (1969), karaçam gençliğinin %30-35 ışık entansitesinde dejenerasyona uğramadığını, %40-50 ışık entansitesinde ise normal gelişimini gösterdiğini ifade etmektedir. Ata (1995)'ya göre, ışık entansitesi %20'nin altına düşmesi halinde karaçam gençlikleri yaşayamamaktadır.

Karadağ (1999), 0,3, 0,6, 0,8 kapalılık dereceleri için sırasıyla %64, %39, %18 ışık entansitesi değerleri ölçülmüştür. Bu değerler Demirel (1969) değerleri ile örtüşmektedir. %18 ışıktaki alana gelen karaçam gençliğinin gelişiminde, ilk 3 yıl süresince herhangi bir yavaşlamanın olmadığı, ortalama değerler dikkate alındığında 2. ve 3. yılın sonunda en fazla boylanma (52-88 mm) kuzey bakı %18 ışık entansitesinde olmuştur. 3. yılın sonunda %18 ışık entansitesini, güney bakı %64 ışık entansitesi (85 mm) izlemiştir. Bir genelleme yapmadan, ölçüm yapılan deneme alanlarında, karaçam gençliğinin ilk 2-3 yılda ışık isteği minimum seviyededir ve ışık yoğunluğunun ilk 2-3 yıl fidan boy büyümesi üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamaktadır (Karadağ, 1999).

Karaçam gençliğinin ilk 10 yıl içerisindeki boy gelişiminin ışık artışına paralel olarak artmadığı, 2 yaşındaki gençlik %30 ışıktaki 14,7 cm, %70 ışıktaki 23,8

cm boy yapmaktadır. 3 yaşındaki karaçam gençliği ise %30 ışıktta 19,7 cm, %70 ışıktta 33,8 cm, boy yapmakta ve en iyi gelişimini % 60 ışıktta (0,3-0,4 kapalılık) yapmaktadır (Sıvacıoğlu, 1996).

Çizelge 8. Fidan boyları (Karadağ, 1999).

Örnek alınan alan	Kapalılık derecesi	Bakı	Işık entansitesi değeri (%)	Boylar (mm)	
				2. yaş	3. yaş
Bolu-Çakmaklar	0,6	Güney	39	39	62
	0,8	Güney	18	32	48
Bolu-Belkaraağaç	0,3	Güney	64	38	85
	0,6	Kuzey	39	45	73
	0,8	Kuzey	18	52	88

Kuzeybatı Yunanistan'da yaptığı çalışmada Vergos (1985), gençleştirme evresinde karaçam meşcereleri en düşük göğüs yüzeyine (33 m²/ha) ve gençlik safhasında en fazla gövde sayısına (1687 birey/ha) sahiptir. Couchert (1990) ise, Fransa'nın güneyinde karaçam meşcerelerinde yaptığı doğal gençleştirme çalışmasında, kuvvetli bir tohumlama kesimi ile gövde sayısının 250-400 adet/ha, göğüs yüzeyinin 20-25 m²/ha düzeyine indirilmesi uygun olacaktır.

Doğal gençleştirme çalışmalarında, tohumlama kesimi evresinde göğüs yüzeyi değeri üzerinden siper oluşturulması düşünülebilir. Yapılan çalışmada, %60 siper için 24,09 m²/ha, %80 siper için ise 38,14 m²/ha göğüs yüzeyi değerleri hesaplanmıştır (Karadağ, 1999).

Yukarıda verilen bilgiler ışığında; karaçam doğal gençleştirme çalışmalarında tohumlama kesimi evresinde ağaç sayısı esas alınarak siper oluşturulmasının doğru olmayacağı kanaatindeyiz. Aynı siper derecesindeki ağaç sayısı yetiştirme ortamına, bonitete ve meşcerede silvikültürel işlemler uygulanıp uygulanmadığına göre farklı olabilmektedir. Meşcerenin gördüğü silvikültürel müdahaleler, tohumlama evresinde oluşturulan siper için hektarda bırakılan ağaç sayısını da farklı kılmaktadır. Çünkü, düzenli silvikültürel müdahalelerin yapıldığı meşcerelerde ağaçların tepe gelişimi, silvikültürel müdahalelerin yeterli ölçüde ve zamanında yapılmadığı meşcerelerdekilere göre daha fazla olacaktır. Doğal gençleştirme çalışmalarında optimal tohumlama için 0,6 siper derecesinin uygun olduğunu belirlenmiştir.

3.6. Doğal gençleştirmede denetimli yakmanın (yangın kültürü) fonksiyonu

Kesime olgun çam meşcerelerinde ölü ve diri örtünün, alana yayılmış kesim artıklarıyla birlikte, bir tohum yılından evvel örtü yangını ile yakılması metoduna denetimli yakma (yangın kültürü) denir (Saatçioğlu, 1979; Atay, 1987; Odabaşı ve ark., 2004). Yangın kültürü ile bir şekilde toprak hazırlığının yapılmaktadır. Bu sayede mineral toprağın yüzeye çıkması ile gençliğin

sahaya gelmesi daha kolay olacaktır (Atay, 1987). Ata (1995), yangın kültürünün faydalarını; gençleştirme alanını kısa sürede hazırlaması, ucuz bir yöntem olması, mineral toprakta daha kolay çimlenen çam türleri için toprağın fiziksel yapısını iyileştirmesi ve ormandaki kesim artıkları ve çalı parçalarının yakılması ile yangın tehlikesini azaltması olarak ifade etmektedir.

1994 yılında yapılan denetimli yakmadan sonra, 1995 yılında Boyabat-Elekçamı deneme parsellerine ekilen 48 adet/m² dolu tohumun, kontrol işlem parsellerindeki çimlenme oranları, çapa (yakma+çapa ile toprak işleme) ve tırmık (yakma+ tırmıkla toprak işleme) işlem parsellerine göre daha az olmuştur (Çizelge 9). Kontrol parsellerindeki yetersiz çimlenmenin, toprak yüzeyindeki organik maddenin tamamen yanması nedeniyle tohumların yağmur ve rüzgârla daha kolay sürüklenmesi ve açıkta kalan tohumların zararlılarınca yok edilmesi gibi sebeplerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Karadağ, 1999).

Benzer durum Bolu mintikası denetimli yakma alanlarında (Çizelge 10) da görülmektedir (Karadağ, 1999).

Çepel (1975), yangın sonrası toprak yüzündeki organik madde miktarının önemli derecede azaldığını, mineral toprak yüzünün sertleşmesi nedeniyle gözenekliliğin azaldığını, strüktürün bozulduğunu ve bunun sonucunda nem tutma kapasitesinin azaldığı ve yüzeysel akışın arttığını ifade etmektedir. Neyişçi (1989), yakmanın etkisinin ilk 2,5 cm'lik toprak derinliği ile sınırlı kalmaktadır. Ata (1995), yanan maddenin çok olması halinde toprak kurumaları meydana gelmektedir.

Çizelge 9. Boyabat denetimli yakma işlem parsellerinde, 3 yıl boyunca fidan sayısal değişimi (Karadağ, 1999).

Deneme alanı	Kapalılık	İşlem parseli	Sayım dönemleri					Toplam	
			1995		1996			1996	1997
			VB	VS	VB	V S			
YÇ	1 yaşlı	2 yaşlı							
Boyabat-Elekçamı G	0,6	Çapa	34-%71	10-%21	8	0	4	4	4
		Tırmık	39-%81	23-%48	19	0	13	13	12
		Kontrol	3-%6	2-%2	13	0	0	0	0
Boyabat-Elekçamı K	0,6	Çapa	14-%29	11-%23	68	4	8	12	12
		Tırmık	8-%17	4-%8	49	3	2	5	5
		Kontrol	4-%8	2-%4	35	9	1	10	9

VB: Vejetasyon başı, VS: Vejetasyon sonu YÇ: Yeni çimlenim

Tosun (1984), Bolu-Şerif Yüksel Araştırma Ormanında, sarıçamda dar şeritlerde yapılan denetimli yakmanın gençliğin gelmesinde önemli bir işlevi olmadığını belirtmektedir.

Atay (1975), çimlenmeyi takip eden günlerde pH'sı yüksek ortamda fide-

ciklerin büyük ölçüde damping-off zararına uğrayacaklarını belirtmiştir. Boyabat-Elekçanı güney bakı çapa işlem parsellerinde oluşan fideciklerin 17 Mayıs-23 Haziran tarihleri arasında %56 oranında damping-off nedeniyle yok oldukları saptanmıştır (Karadağ, 1999).

Denetimli yakmadan sonraki ilk yıl, kontrol parsellerinde oluşan çimlenme sayısı, toprak işleme parsellerine göre daha azdır. Kontrol parsellerindeki çimlenme sayıları yörelere, bakılara ve ölü ve diri örtü durumu göre farklı olmuştur. Denetimli yakma sonrası, ölü örtünün daha yoğun olduğu alanlarda (Güney bakı) toprak işleme yapılarak yeterli gençliğin elde edilmesi, yangın kültürü uygulaması yapılmayan alanlara göre daha çok emek ve zaman harcamayı gerektirmiştir. Diri örtü yoğun alanlar (Kuzey bakı) ile keçeleşmiş alanlarda, tırmık işlem parsellerinde yeterli gençlik elde edilemediği, çapa ile toprak işleme yapılan parsellerde ise denetimli yakma yapılmayan alanlara göre daha az sayıda gençlik elde edilmiştir. 1996 yılında dökülen tohumdan oluşan çimlenme sayıları, işlem parsellerine göre (0,3 kapalılık parselleri hariç) paralellik göstermektedir (Karadağ, 1999). Yukarıda yapılan açıklamalar, denetimli yakma konusunda daha fazla çalışma yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

Çizelge 10. Bolu denetimli yakma işlem parsellerinde, 3 yıl boyunca fidan sayısal değişimi (Karadağ, 1999).

Deneme alanı	Kapalılık	İşlem parseli	Sayım dönemleri					Toplam	
			1995		1996	1996		1996	1997
			VB	VS	VB	V S			
					YÇ	1 yaşlı	2 yaşlı		
Bolu-Çakmaklar G	0,6	Çapa	10-%21	10-%21	17	10	9	19	18
		Tırmık	6-%13	6-%13	27	18	6	24	24
		Kontrol	2-%0,4	2-%0,4	15	7	2	9	8
Bolu-Belkaraağaç K	0,6	Çapa	12-%21	10-%21	8	6	6	12	6
		Tırmık	2-%0,4	1-%0,2	7	5	1	6	3
		Kontrol	1-%0,2	0	6	4	0	4	0
Bolu-Belkaraağaç G	0,3	Çapa	4-%0,8	4-%0,8		1	4	5	4
		Tırmık	1-%0,2	1-%0,2		0	0	0	0
		Kontrol	0	0		0	0	0	0

VB: Vejetasyon başı, VS: Vejetasyon sonu, YÇ: Yeni çimlenme

4. Doğal Gençleştirme Çalışmalarında Başarı Saptama Zamanı ve Gençleştirme Süresinin Belirlenmesi

Odabaşı ve ark. (2004), gençleştirme amacıyla yaşlı meşcerede yapılan müdahalelerin başlamasından gençliğin alana kalıcı olarak yerleşmesi ve bağımsız duruma gelmesiyle yaşlı meşcerelerin alandan tamamen uzaklaştırılmasına ka-

dar geçen zamana “gençleştirme süresi” denir. Yaşlı meşcerenin (siper) alandan tamamen uzaklaştırılması süresi; ağaç türüne, tohum verimine, gençliğin kalitesine, toprak koşullarına, diri örtü durumuna, bu dönemdeki iklim koşullarına, yaban hayvanları, böcek ve mantar tehlikesine göre de değişebilir.

Doğal gençleştirmede başarı, elde edilen yeni jenerasyonun yaşlı meşcerenin ekolojik ve biyolojik desteği olmadan mevcut şartlar altında yaşamını sürdürebilmesi halinde mümkün olmaktadır. Doğal gençleştirmede başarı saptanma zamanı ve ölçütü konusunda Saatçioğlu (1979); Odabaşı (1994), boylanmış ve bağımsız hale gelmiş olan karaçam gençliklerinden m^2 'de ortalama 2-3, sıklıklar- da 1-2 iyi kalitede bireyin bulunması son meşcere için tamamen tatmin edicidir. Atay (1990), gençlik çağı bireylerin yaklaşık 0,5-1 m boya ulaşması ile tamamlanmakta ve karaçamda, BASİ uygulamasında başarı, uygulama sonunda hektarda 30-35 bin adet homojen dağılımlı fidan bulunmasını gerektirmektedir. Saatçioğlu (1979), karaçamda gençliğin biyolojik bağımsızlığına kavuşması 4-6 yıl (en fazla 8 yıl) arasında değişmektedir.

Anonim (2014), karaçam doğal gençleştirme sahalarında başarı; 2 m^2 'lik noktaların her birinde en az 1 gençlik bulunmasını ve sayım yapılan noktaların %70'inde, 4 vejetasyon dönemi sonunda homojen dağılımlı birden fazla ve sağlıklı fidan bulunması (Klasik yöntem) şeklinde tanımlanmaktadır.

Sıvacioğlu ve ark. (2008), klasik yöntemle başarılı bulunan doğal gençleştirme alanlarında, sıfır alan yöntemi kullanılarak yapılan tespit; iki yöntemin tüm alanlarda örtüşmediği, isabetli bir başarı saptanması için her iki yöntemin kombine edilerek kullanılmasının daha isabetli olacağı belirtilmektedir. Güner (2001), klasik yöntemle başarı tespiti için %70 alt sınırın kullanılabilir olduğunu, fakat m^2 'de yararlanılabilir en az bir fidan bulunması daha uygun olacaktır.

Eler ve ark. (1989), Gölhisar Orman İşletmesi, Tefenni Şefliğinde yaptıkları çalışmada; altı yaşındaki fidanların üç yıl siperde kalmış olanlarında ortalama boy 14,8 cm ve dip çap 0,7 cm tespit edilmişken, bir yıl siperde kalmış olanlarında bu değerler 4,9 cm ve 1,8 cm olarak ölçülmüştür. Uzun süre siperde kalmanın karaçam gençliğinin gelişimini engellediği, bu nedenle yeterli gençlik elde edildikten sonra yetiştirme ortamı özellikleri de dikkate alınarak mümkün olan en kısa sürede alanın boşaltılmasının uygun olacağı belirtilmektedir.

İlk 3-5 yıllık sürede, karaçam doğal gençliklerinin fizyonomisinde meydana gelen değişimlerin (boy büyümesi, dip kütük çapı artması vb.) doğal gençleştirme başarısını etkileyen unsurlar olarak değerlendirilmemelidir. Bunlar, yaşama periyodu içerisinde meydana gelen fizyolojik ve biyolojik özelliklerdir ve yetiştirme ortamı özelliklerine, ağaç türüne, yaşa bağlı olarak yavaş ya da hızlı bir gelişim gösterirler (Karadağ, 1999).

Parde (1964), siper kesimi ile büyük sahalar üzerinde sık, canlı ve sağlıklı gençlikler elde edilmesi için; tohumlama kesimi ile iyi bir gençlik elde edildikten 4 yıl sonra ilk ışık kesiminin yapılabileceğini, bundan sonra yetiştirme ortamı koşulları ve gençliğin büyüme seyri de dikkate alınarak ya tohumlama

kesiminden 8 yıl sonra ya da büyüme yavaş ise tohumlama kesiminden 7-8 yıl sonra ikinci bir ışık kesimi yapılarak, 10-12 yıl sonra da boşaltma kesimi yapılabileceğini belirtmektedir. Couchert (1990) ise, kuvvetli bir tohumlama kesiminden (hektarda 250-400 gövde bırakarak) 5 yıl sonra bir boşaltma kesimi yapılması gerektiğini belirtmektedir.

Genç (2013), karaçam gençlikleri 3-5 yaşında deforme olmuş gibi görünebilir. Ancak bu durum, yeterli ışık verilmesi halinde giderilebilir. Yarı ışık ağaca olan karaçamda bir ışık kesimi yeterlidir.

Karaçam bir yarı ışık ağacıdır. Özellikle iyi yetiştirme ortamlarında uzun süre siper dayanama yeteneği gösterebilir. Bu süre kötü yetiştirme ortamlarında azalır. Yurdumuzda karaçam ormanlarının gençleştirilmesinde büyük alan siper işletmesi uygulaması ön plana çıkmaktadır. Büyük alan siper işletmesi uygulanacak alanlarda meşcerenin kuruluş özelliğine göre, hazırlama kesimleri değişik ölçülerde ele alınabilir. Çok sık ve yeterli bakım görmemiş karaçam meşcerelerinde, özellikle fırtına ve yüksek yörelerde kar tehlikesinin olduğu alanlarda 2-3 yıl aralıklarla, 2-3 hazırlama kesimi yapılması gerekir. Buna karşılık, düzensiz bir kuruluş gösteren, yer yer gevşek yer yer sıkışık bir kapalılığa sahip meşcerelerde bir ya da iki hazırlama kesimiyle yetinilebilir. Tahripler ve kesimlerle gevşek bir yapıya sahip meşcerelerde hazırlama kesimine gerek yoktur. Karaçam gençlikleri başlangıçta siper oldukça dayanıklıdır. Bu nedenle yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak çoğu zaman siper altında normal bir gelişim gösterebilir. İlk yıllarda siperin boy gelişimi üzerine belirgin bir etkisi olmadığı halde, yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak 3. yıldan sonra siperin olumsuz etkileri görülebilir. Bu nedenle karaçamda ışık kesimlerine 2-3 yıldan sonra başlanması gerekir. Genelde bir ışık kesimi yeterli olur ve ışık kesiminden 2-3 yıl sonra, yani fidanlar 4-6 yaşlarına ulaştığında boşaltma kesimine geçebilir (Odabaşı ve ark., 2004).

Saatçioğlu (1979), gençliğin oluşumundan 2-3 yıl sonra genel kurallara uygun olarak ışık kesimlerine başlanır ve 2-3 yıl ara ile yapılacak iki ışık kesimi ile bu safha sona erebilir. Işık kesimleri safhası sonunda hektarda 30-50 bin fidanın bulunması durumunda gençleştirmenin başarıyla sonuçlandığı ve hazırlama kesimleri safhası hariç tutulursa karaçam meşcerelerinde genel gençleştirme süresi 6-9 yıl arasında değişebilir, bazı hallerde bu süre 10 yıl olabilir. Bu süre gençleştirme yapılan yöreye ve yetiştirme ortamı verim gücüne bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Kurak ve yarı kurak yörelerde bu süre kısılırken, nemli ve optimum yetiştirme ortamlarında uzayabilecektir.

Anonim (2014), tohum verimine katkısı nedeniyle hazırlama kesimleri, tohumlama kesiminden 3-4 yıl önce yapılmalıdır. Işık kesimlerine gençlik 4-5 yaşına geldiğinde başlanır. İlk ışık kesimi ile kapalılık 0,20-0,25 civarına düşürülebilir ve 10-12 yaşına kadar bu tablo devam ettirilebilir. Bundan sonra ikinci ışık kesimi ya da kısmi boşaltma ile kapalılık 0,10-0,20 civarına düşürülür. Ancak, ışık kesimlerine 4-5 yaşında değil de daha ileri yaşlarda başlanması

durumunda, 2. ışık kesimine ihtiyaç duyulmayabilir.

Atay (1990), gençleştirme evresine kadar planlı ve maksatlı silvikültürel müdahalelerin yapılmadığı sıkışık, normal kapalı meşcerelerde bir hazırlık kesiminin yapılması uygun olacaktır. Hazırlama kesiminin tohumlama kesiminden 3-5 yıl önce yapılması gerekmektedir. Karaçam yarı ışık ağacıdır. Bilhassa iyi bonitetlerde, 0,5-0,6 kapalılıkta 5 yaşına kadar, 0,2-0,3 kapalılıkta 12 yaşına kadar gelişme enerjisini kaybetmeden kalabilir.

Umut ve ark. (1996), karaçamın gençlikte uzun süre gölgeye dayanabildiğini ve optimum yetişme ortamı koşullarında %30-35 ışık yoğunluğunda dejenere olmadan gelişebildiğini; II. bonitette, %55 kapalılık derecesinde, 10-15 yaş grubunda ve 95 bin/ha olan öncü gençliklerin gelişemediğini; buna karşın aynı yaş grubunda ve %25 kapalılık derecesine sahip IV. bonitette ve hektarda 50 bin birey bulunan öncü gençliklerden yararlanılabileceğini saptamışlardır.

Ekim ve doğal tohum dökümü alanlarının toprak işleme parsellerinde, üçüncü yılın sonunda metrekarede bulunan fidan sayısı, Saatçioğlu (1979) ve Odabaşı (1994)'nın gençleştirme başarısı ölçütleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Yapılacak ışık kesimleri ile çalışmanın bundan sonraki aşamaları gerçekleştirilmeye çalışılacaktır (Karadağ, 1999).

Batı Karadeniz Bölgesinde yapılan çalışmada (Karadağ, 1999), gençlik oluşturmundan (1995) dört yıl sonra (1999-2000 kış mevsimi) Bolu-Çakmaklar (güney bakı) 0,6 ve 0,8 kapalılık derecesi deneme alanlarında, kar üzerinde, ilk ışık kesimi ile 0,6 siper 0,3, 0,8 siper 0,5 seviyesine düşürülmüştür. Işık kesiminden sonraki 4-5 yıl içerisinde gençliğin boy gelişiminde herhangi bir yavaşlamanın olmadığı (Fotoğraf 7) gözlemlenmiştir.



Fotoğraf 7. Işık kesimi 2000 yılında yapılmış gençliklerin görünümü-2004.

Ancak, bazı bürokratik engeller nedeniyle, sonraki yıllarda bu alanların takibi yapılamamış ve gençleştirme süreci tamamlanamamıştır. Ayrıca, Bolu-Belkaraağaç (kuzey bakı) deneme alanında da, yukarıda belirtilen engeller nedeniyle, ışık kesimleri yapılamamıştır (Fotoğraf 8). Yaklaşık 8-9 yıl %64 ışıktta (0,3 kapalılık) bulunan gençliğin (Fotoğraf 9), 4 yıl %39 ışıktta (0,6 kapalılık) ve 4-5 yıl süresince 0,3 kapalılıkta büyüyen gençliğe göre belirgin bir boy üstünlüğü olmadığı görülmüştür.

Karaçam doğal gençleştirme çalışmalarında yetişme ortamı özellikleri ve meşcere yapısı dikkate alınarak gençleştirme süresi ile ilgili olarak şu bilgileri vermek mümkündür. Çok sık ve bakım görmemiş meşcerelerde 2-3 yıl aralıklarla 2-3 hazırlama kesimi yapılması uygun olacaktır. Ancak, ülkemiz karaçam ormanlarında sık, bakım görmemiş meşcerelere sıklıkla rastlamak pek mümkün görünmemektedir. Bakım görmüş ve düzensiz bir kapalılık gösteren meşcerelerde 1 ya da 2 hazırlama kesimi yapılabilir. Tahrip olmuş, gevşek meşcerelerde hazırlama kesimleri yapılmayabilir. Hazırlama kesimlerinin tohum verimine sağlayacağı katkı dikkate alınarak, tohumlama kesiminin, hazırlama kesimlerinden en erken 3 yıl sonra yapılması uygun olacaktır. Işık kesimleri sayısı ve süresi yetişme ortamı koşullarına göre değişmektedir. Düşük bonitete sahip alanlarda, gençlik elde edildikten 2-3 yıl sonra 1 ya da 2 ışık kesimi yapılabilir.



Fotoğraf 8. Kapalılık 0,8 ve 9 yıl siperde kalmış gençliklerin görünümü-2004.

İyi bonitetli yetişme ortamlarında, gençlik 4-5 yaşında iken ışık kesimlerine başlanabilir. Işık kesimlerinin sayısı ve süresi gençliğin durumuna göre değişmekle birlikte 2-3 yıl aralıklarla 1-2 ışık kesimi yapılması uygun olacaktır. Hazırlama kesimleri yapılmaması halinde gençleştirme süresi 6-8 yıl kadar olabilir.

Yapılan değerlendirmeler ışığında, düşük bonitetlerde, 1 ya da 2 hazırlama ve bir ışık kesiminin yapılması durumunda gençleştirme süresinin yaklaşık 8-9 yıl süreceği, iyi boniteli meşcerelerde 1 ya da 2 hazırlama kesimi ve en az 2 ışık kesimi yapılması durumunda bu sürenin 10-12 yıl süreceği tahmin edilmektedir.

5. Sonuç

Yapılan çalışmalar ve literatürden edinilen bilgiler çerçevesinde; karaçamın doğal gençleştirilmesinde toprak nitelikleri, tohum ağaçlarının sayısı, dağılımı ve tohum verimi ile alana giren ışık yoğunluğu gençleştirmenin başarısında ve alanın homojen bir gençlikle kaplanmasında etkili olmaktadır.

Doğal gençleştirme çalışmalarında tohumlama kesimi mutlaka bol tohum yılında yapılmalıdır. Gençleştirme süresince oluşacak ara ya da bol tohum yılları, gençleştirme başarısına olumlu katkı yapmaktadır. Bu nedenle, bir zengin tohum yılında oluşan gençlik dikkate alınarak, gençleştirme süreci sonlandırılmamalıdır.



Fotoğraf 9. Meşcere kapalılığı 0.3 olan gençliklerin görünümü-2004.

Tohumların çimlenmesi ve çıkan fideciklerin yaşamını sürdürmesi için toprak koşullarının iyileştirilmesi gerekir. Toprak işleme, tam alanda ya da gençlik oluşturulması için yeterli ise, 1-2 m genişlikte şeritlerin işlenmesi şeklinde de yapılabilir. Kalın humus (3-5 cm) tabakası olan kırıntılı topraklarda, humusun kısmen saha dışına çekilerek inceltmesi ve kalan humusun mineral toprakla karıştırılması yeterli olabilir. Yabanlaşmış-keçeleşmiş alanlarda daha derin

(yaklaşık 10 cm) toprak işlenmesi yapılması gerekmektedir. Özellikle yarı kurak ve kurak alanlarda bu işlem daha önem kazanmaktadır. Toprak işlenmenin aletle ya da makinalı yapılması seçiminde, arazinin eğim durumu ve toprağın yapısı göz önüne alınmalıdır. Toprak işleniminin, genel olarak sonbaharda yağışlardan sonra, güneşli bir dönemde yapılması işleme kolaylığı sağlamaktadır.

Kapalılık, gençleştirme alanına dökülen tohum miktarı ve alana giren ışık yoğunluğunun ayarlanmasında önemli bir işleve sahiptir. Tohumlama kesimi evresinde, ağaç sayısı esas alınarak siper oluşturulması başarısızlığa neden olabilir. Eşit siper derecelerindeki ağaç sayısı yetişme ortamına, bonitete ve meşcerede silvikültürel işlemlerin yapılıp yapılmadığına göre farklı olabilmektedir. Doğal gençleştirme çalışmalarında optimal tohumlama için 0,6 seviyesindeki siperin uygun olduğu belirtilmektedir.

Doğada kendiliğinden tahrip olmuş ya da bilinçsiz müdahaleler sonucu başarısız olmuş fakat doğal gençleştirme koşullarının tamamen ortadan kalkmadığı meşcerelerde, tohum ekimi ya da fidan dikimi yapılarak doğal ve yapay gençleştirme kombine edilebilir. Bunun için öncelikle yerel orijinli tohum kullanılması, yerel kaynakların yetersiz olması durumunda ise Atalay ve Efe (2010)'nin çalışması doğrultusunda tohum temini kaynakları belirlenerek çalışmalar yapılmalıdır.

Karaçamın doğal gençleştirme süresi ile ilgili olarak şu bilgileri vermek mümkündür. Yurdumuz karaçam ormanlarında 2-3 hazırlama kesimi yapılmasını gerektiren kuruluştaki meşcerelere sıklıkla rastlamak pek mümkün görünmemektedir. Bakım görmüş ve düzensiz bir kapalılık gösteren meşcerelerde 1 ya da 2 hazırlama kesimi yapılabilir. Tahrip olmuş, gevşek meşcerelerde hazırlama kesimleri yapılmayabilir. Tohumlama kesimine, hazırlama kesimlerinden en erken 3 yıl sonra başlanması uygun olacaktır. Işık kesimlerinin sayısı ve süresi yetişme ortamı koşullarına göre değişmektedir. Düşük bonitetli alanlarda, gençlik elde edildikten 2-3 yıl sonra 1 ya da 2 ışık kesimi yapılabilir. İyi bonitetli yetişme ortamlarında, gençlik 4-5 yaşında iken ışık kesimlerine başlanabilir ve 2-3 yıl aralıklarla 1-2 ışık kesimi yapılması uygun olur. Hazırlama kesimleri yapılmaması halinde gençleştirme süresi 6-8 yıla inebilir. Düşük bonitetlerde, 1 ya da 2 hazırlama ve bir ışık kesiminin yapılması durumunda gençleştirme süresinin yaklaşık 8-9 yıl süreceği, iyi bonitetli meşcerelerde 1 ya da 2 hazırlama kesimi ve en az 2 ışık kesimi yapılması durumunda bu süre 10-12 yıla kadar çıkabilecektir.

Kaynaklar

- Anonim, 2014. Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları. Tebliğ No. 298, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Silvikültür Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2015. *Türkiye Orman Varlığı*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü
- Ata, C., 1995. *Silvikültür Tekniği Ders Kitabı*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

- Bartın Orman Fakültesi Yayın Nu: 4/3, 1. Baskı, 453 Sayfa, Bartın.
- Atahan, Y., 1986. Karaçamın Biyolojisi ve Tabii Gençleştirilmesi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi.
- Atalay, İ., Efe, R., 2010. *Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arnold subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe)'nın Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması*. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü Yayın Nu: 424/37, 240 sayfa, Ankara.
- Atay, İ., 1959. Karaçamın Tohumu Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A (1): 48-96
- Atay, İ., 1975. Silvikültürde Yangın Kültürü. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25B (1): 62-70.
- Atay, İ., 1987. *Doğal Gençleştirme Yöntemleri I-II*. İstanbul Üniversitesi Yayın Nu: 3461, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın Nu:1, 290 sayfa, İstanbul.
- Atay, İ., 1990. *Silvikültür II (Silvikültürün Tekniği)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3599/405, ISBN: 975- 04-174-1, 1. Baskı, 242 sayfa, İstanbul.
- Boydak, M., 1977. *Eskişehir-Çatacık Mıntıkası Ormanlarında Sariçam (Pinus silvestris L.)'ın Tohum Verimi Üzerine Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2325/230. Doktora Tezi, 193 Sayfa, İstanbul.
- Boydak, M., 1982. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold var. *caramanica* (Loud) Rehd.) Tohumlarının Olgunlaşma Zamanı ve Saklama Süreleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32A (2): 199-218.
- Boydak, M., Çalışkan, A., Bozkuş, H. F., 2002. Dursunbey-Alaçam Yöresi Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Tohum Verimi ve Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52A(2): 1-26.
- Couchert, B., 1990. Sylviculturc du Pin noir. *Arborcscnccs*, 26: 30-33.
- Çalışkan, A., Güney, H. S., Çalışkan, S., 2014. Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Gençleştirilmesi Üzerine Etkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 64(2): 56-68.
- Çelik O., Umut, B., Kaymakçı, E., DüNDAR, M., Ayhan, A. Ş., 2000. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb. Holmboe) Doğal Gençleştirilmesi Üzerine Araştırmalar. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu: 280, 90 sayfa.
- Çepel, N., 1975. Orman Yangınlarının Mikroklima ve Toprak Özellikleri Üzerine Yaptığı Etkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24B (1): 71-93.
- Çepel, N., 1982. Doğal Gençleştirmenin Ekolojik Koşulları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32B (2): 5-29.
- Demirel H., 1969. Orman Ağaçları ve Işık. *Orman Mühendisliği Dergisi*, Sayı 6.
- Eler, Ü., Genek, A., Yıldırım, K., 1989. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Gençliklerinde Erken Boşaltma ve Seyreltmenin Fidan Büyümesi Üzerine Etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Raporlar Serisi No 40-43, sayfa: 31-45.

- Genç M., 2013. *Silvikültür Tekniği*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No.46, 89 sayfa, Isparta.
- Güner Ş. T., 2001. Afyon Orman İşletme Müdürlüğü Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerindeki Doğal Gençleştirme Çalışmalarının Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 61-74.
- Karadağ, M., 1999. Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb. Holmboe) Doğal Gençleştirme Koşulları Üzerine Araştırmalar. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu: 4, 226 sayfa, Bolu.
- Kaya, Z., Temerit, A., 1997. İç Toroslar Bölgesinden Örneklenen Doğal Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Populasyonlarının Genetik Strüktürü. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi Nu: 265, 30 sayfa.
- Mayer, H., 1976. *Waldbau (auf soziologisch-ökologischer Grundlage)*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York. ISBN 3-437-30246-6 kart.
- Neyişçi, T., 1989. Kızılcım Orman Ekosisteminde Denetimli Yakmanın Toprak Kimyasal Özellikleri ve Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Nu: 205, 56 sayfa.
- Odabaşı, T., 1993. Türkiye'de Silvikültürel Uygulamaların Koşulları ve İlkeleri. 1. Ormancılık Şurası. Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları Cilt 3.
- Odabaşı, T., 1994. *Silvikültür Tekniği (Ders Notları)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Odabaşı, T., Çalışkan, A., Bozkuş, F., 2004. *Silvikültür Tekniği (Silvikültür II)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 4459/475, 314 sayfa, İstanbul.
- Pamay, B., 1960. *Dursunbey Alaçam Orman Mıntıkasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna Ait Denemeler*. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Yayın Sıra No. 321, Seri No. 29, 217 sayfa, İstanbul.
- Parde, J., 1964. La Regeneration Du Pin Noir D' Autriche En Lozcre. *Revue Forcsticrc Française* 931.
- Röhrig, E., 1966. Die Wurzelentwicklung der Walbäumen in Abhängigkeit von den ökologischen Verhältnissen. Aus dem Institut für Waldbau-Technik der Universität Göttingen.
- Saatçioğlu, F., 1946. Türkiye'de Orman Gençleştirme Tekniği. *Orman ve Av Dergisi*, Sayı 8.
- Saatçioğlu, F., 1971. *Orman Ağacı Tohumları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 1649/173. Üçüncü Baskı, 562 sayfa, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., 1979. *Silvikültür Tekniği (Silvikültür II)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 2490/268, 2. Baskı, 556 sayfa, İstanbul.
- Sevim, M., 1954. Muhtelif Toprak Türlerinde Karaçam ve Sarıçam İntaş Fideciklerinin Pörsüme Noktaları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4A (1-2): 65-73.
- Sivacioğlu, A., 1996. *Pinus silvestris* L. (Sarıçam), *Pinus nigra* Arnold, subsp. *pal-*

- lasiana* (Lamb.) Holmboe (Karaçam), *Abies bornmülleriana* Mattf. (Uludağ Göknaarı), *Fagus orientalis* Lipsky (Doğu Kayını) ve Meşe Türlerinin Işık İhtiyacı. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Cemil Ata, 61 sayfa, Bartın.
- Sıvacioğlu, A., Özdemir, E., Ayan, S., 2008. Karadere (Kastamonu) Orman İşletme Müdürlüğü Doğal Gençleştirme Alanlarında "Sıfır Alan Yöntemi" ile Başarı Kontrolü. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(2): 157-164.
- Tosun, S., 1984. Bolu-Şerif Yüksel Araştırma Ormanında Toprak Hazırlığı ve İşleme Şekillerinin Sarıçam (*P. silvestris* L.) ve Uludağ Göknaarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) Gençliklerinin Gelişine ve Gelişimine Olan Etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Serisi Nu: 128, sayfa: 128-142.
- Tosun, S., Karadağ, M., Karatepe, H., 1997. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallsiana* (Lamb) Holmboe) Erken Toplanan Kozalaklarından Yararlanabilme Olanaklarının Araştırılması. Orman Bakanlığı Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 1, Sayfa ISBN: 975- 829-54-4, 32 sayfa, Bolu.
- Umut, B., M. Dümдар, O. Çelik, 1996. İki Tabakalı Karaçam Meşcerelerinde Öncü Gençliklerden Yararlanma İmkanları Üzerine Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi Nu: 259, 45 sayfa.
- Ürgenç, S., 1967. Türkiyede Çam Türlerinde Tohum Tedarikine Esas Teşkil Eden Problemlere Ait Araştırmalar. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınlarından, Sıra Nu: 468, Seri Nu: 44, 192 sayfa, İstanbul.
- Ürgenç, S., 1986. Ağaçlandırma Tekniğı. İstanbul Üniversitesini Rektörlük Nu: 3314, Orman Fakültesi Yayınları Nu: 375, 525 sayfa, İstanbul.
- Varol, M., 1968. Acıpayam işletmesi Değne Serisi Ağlı mevkiindeki yaşlı karaçam meşcerelerinin gençleştirilmesi imkanları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi Nu: 28, sayfa: 52-63.
- Vergos, St., 1985. Strukturen und Entwinklungsdynamik natürliher Schwarzkiefem- Wälder, Nordwest- Griechenland. Forstarchiv, 56. Jahrgang.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

15

KARAÇAM ORMANLARINDA BAKIM ÇALIŞMALARI

1.Giriş

Karaçam (*Pinus nigra* J. F. Arnold) genellikle 30 m boy yapabilen ibreli türdür. Gövde kabuğu koyu gri renkten siyaha kadar değiştiğinden karaçam ismi verilmiştir. Dünyadaki geçmiş yayılışı, fosil çalışmaları cins düzeyinde kaldığı için tam olarak belirlenememekle birlikte yapılan makro fosil çalışmalarına göre pleistosen ve holosen dönemlerinde kuzey-batı Akdeniz havzasında yayılış yaptığı saptanmıştır. Holosen dönemindeki kuraklık ve bölgedeki yoğun insan baskısı nedeniyle yayılış önemli ölçüde daralmıştır. Bu nedenle günümüzdeki kuzey-batı Afrika'dan Anadolu'ya kadar uzanan parçalı yayılışı kalmıştır. Karaçam 3,5 milyon ha alanla Balkanlar ve Anadolu'da en geniş yayılış yapan ibreli türlerden birisidir (Enescu ve ark., 2016). Dünyadaki en geniş yayılışını 2,5 milyon ha alanla Türkiye'de yapmaktadır. Ülkemizdeki doğal yayılış alanına ait en karakteristik özellik yazın meydana gelen su açığıdır (Sevgi ve Akkemik, 2007). Günümüzdeki küresel iklim değişikliğinin karaçamı doğal yayılış alanının azalması yönünde etkileyeceği tahmin edilmektedir (Enescu ve ark., 2016).

Doğal ya da yapay yoldan bir orman veya bir meşcere kurulduktan sonra bu yeni generasyonu doğal gelişimine bırakmak (kendi haline terk etmek) ormandan çok yönlü yararlanma prensipleriyle bağdaşmaz. Yeni oluşturulan bir meşcerenin, kültürel önlemlerle, yetiştirme amacına uygun olarak yönlendirilmesi gerekir. Ancak böylece bakir ormanda söz konusu olmayan ekonomik gelir ve ormanın diğer yararları ekonomik süreçler içinde gerçekleştirilebilir. Bakım çalışmaları, meşcerenin kuruluş evresinden gençleştirme evresine kadar geçen uzun bir süre içinde, amaca uygun olarak yapılan bütün işlemleri kapsar. Silvikültürde çalışma birimini meşcere, çalışma konusunu da geniş anlamda orman oluşturduğu için bu önlemlere "orman bakımı önlemleri" veya sadece "orman bakımı" demek yerinde olur (Saatçioğlu, 1971). Bununla birlikte bir ormanda uygulanacak bakım önlemleri, ormanı oluşturan meşcerelerin çeşitli özellikleri ve işletme amaçlarına göre biçimlenir. Bu nedenle çalışma birimine bağlı kalarak yapılacak bakım önlemlerine "meşcere bakım önlemleri" ya da

¹⁾ Dr., Öğretim Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: aertas@istanbul.edu.tr

²⁾ Dr., Öğretim Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: adilkan@istanbul.edu.tr

sadece “meşcere bakımı” denebilir. Bakım ve geliştirme önlemlerinin zaman ve yer bakımından ayrımı aynı yaşlı meşcerelerde olasıdır. Aynı yaşlı ormanlar farklı gelişme çağlarındaki meşcerelerden oluştuğu için doğal yada yapay yoldan meşcerenin kurulması evresinden sonra hemen bakım çalışmaları başlar ve tekrar geliştirme evresine kadar sürer (Odabaşı ve ark., 2004).

Bu tanımlamalardan anlaşılacağı gibi ormanda uygulanacak bakım önlemleri, yetiştirme ortamı koşullarını göz önünde bulundurarak ormanın sürekliliğini ve ormandan beklenen yararların en üst düzeyde gerçekleşmesini sağlamayı hedef alır. Bunun için meşcere bütünlüğüne yönelik işlemler uygulandığı gibi tek ağaca yönelik bakım işlemleri de uygulanır. Ormandan beklenen yararların gerçekleştirilmesi her şeyden önce, ormanın yetiştirme ortamı koşullarına uygun bir tür bileşimine ve kuruluşa kavuşturulmasıyla mümkündür. Ancak böylece meşcerelerin dış etkilere karşı dayanıklılığı artırılarak sürekliliği sağlanabilir. Bu nedenle bakım önlemlerinin seçimi ve uygulanmasında ekolojik koşulların saptanması öncelik gösterir. Böylece orman gelişiminin her evresinde ekolojik koşullara, türlere ve beklenen yararlar için en uygun bir meşcere kuruluşunun oluşturulmasına çalışılır (Odabaşı ve ark., 2004). Bakım çalışmalarının belli bir dönem ihmal edilmesi veya yanlış uygulanması durumunda meşcere kuruluşunda bozulmalar meydana gelecektir. Takip eden bakım çalışmalarıyla bozulmanın tam anlamıyla telafi edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle meşcere gelişme çağları içinde her çağ için bakım önlemlerinin ihmal edilmemesi gerekmektedir.

2. Gençlik Bakımı

Karaçam meşcerelerinde bireyler arasında genetik bakımdan farklı bireyler bulunmasına karşılık, genelde gençlik ve sıklık çağlarında geniş tepeler ve kötü gövde biçimleri yapma eğilimi gösterirler. Bu nedenle değerli gövdelerin elde edilebilmesi için karaçam meşcerelerinin başlangıçtan itibaren sık yetiştirilmesi gereklidir. Gençlik bakımında bakım patikaları oluşturularak, gençlik bakımı önlemlerinin bir plan içinde yürütülmesi doğru olur. Gençlik bakımı özellikle ilk yıllarda her yıl yinelenmeli ve gerekli görülen işlemler yapılmalıdır. Gençlik bakım önlemlerinden bazıları, gereksinime göre, her yıl uygulanırken bazıları 2-3 yılda bir yinelenir. Örneğin diri örtü gelişiminin önemli olduğu yerlerde mücadelenin her yıl yapılması gerekir (Resim 1). Laden, böğürtlen ve eğreltiler önemli diri örtü olarak karşımıza çıkar.

Tamamlama çalışmaları, eğer yöre koşulları olanak veriyorsa, yöreye uygun türlerle ağaç türlerinin biyolojisine bağlı olarak grup ve kümelerde veya büyük alanlarda gençlik bakımı evresinde bir, iki yıl içerisinde yapılabilir. Böylelikle saf karaçam meşceresi karışık meşcereye dönüştürülmüş olur. Örneğin karaçamda yetiştirme ortamı koşullarına göre kayın veya meşe türlerinden tamamlamada yararlanılabilir.



Resim 1. Alana gençlik ile birlikte gelen diri örtü.

Saf karaçam meşcerelerinde tek katlı meşcere kuruluşu türün biyolojisi gereğidir. Bu nedenle gençlik çağında alt ve ara katta bulunup dolgu görevi yapamayacak bireyler sağlıklı bir gelişme ile kısa sürede meşcereden ayrılırlar. Bu nedenle sık gençliklerde seyreltme çalışmalarının, birbirini sıkıştıran, azman nitelikli olan ve alt kata geçmiş bireylerle hasta ve zarar görmüş bireyler üzerinde toplanması gerekir. Yetiştirme ortamı (bonitet) koşullarına bağlı olarak birim alandaki fert sayısı değişeceğinden, alanda kalması gereken birey sayısı bakımından kesin rakamlar vermek sakıncalı olabilir. Fakat yapılan araştırmalara göre, gençlik çağında sarıçamda bir metrekarede olabildiğince eşit dağılıfta en az 5-6 adet iyi nitelikli bireyin bulunması uygun görülmüştür. Karaçamda da buna benzer bir durum vardır. Fakat karaçam gençlikte sarıçama göre çok daha fazla gölgeye dayanma yeteneği gösterir. Bu nedenle doğal karaçam gençliklerinde fidan sayısı oldukça fazladır ve bunlar uzun süre yaşama yeteneği gösterirler. Sık karaçam gençliklerinde gerekli seyreltme işi yapılmadığında fidanlarda yeterli gelişme olmamaktadır. Bu konuda belirli ölçüler vermek olanağı yoktur, çünkü gelişme, sıklığın yanında yetiştirme ortamı ve yaşlı meşcere siperinin etkilerine göre değişmektedir (Odabaşı ve ark., 2004). Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Gölhisar İşletmesi, Tefenni Şefliğinde kurak yetiştirme ortamında (III. bonitet) siper altında oluşmuş karaçam doğal gençliklerinde yapılan bir araştırmaya göre fidan boyu, dip çapı ve son yıl sürgününün en yüksek değerleri, seyreltmenin en şiddetli yapıldığı (yaklaşık olarak m^2 de 1 fidan) deneme alanlarında bulunmuştur (Çizelge 1) (Eler ve ark., 1989).

Çizelge 1. Siper altındaki karaçam fidanlarında gelişim (Eler ve ark., 1989).

Deneme alanı	Hektarda Fidan sayısı	6 yaşındaki fidanlarda ortalama boy (cm)	6 yaşındaki fidanlarda ortalama dip çap (cm)	6 yaşındaki fidanlarda son yılın tepe sürgünü boyu (cm)
Üç yıl siper altında kalmış alanlar	37.500	14,8	0,7	Tepe sürgünü gelişmemiş
Bir yıl siper altında kalmış alanlar	30.555	49,9	1,8	13,8
Bir yıl siper altında kalmış, üç yaşındaki 0,4 m x 0,8 m aralıkla seyreltme yapılmış alanlar	20.250	43,2	1,8	12,7
Bir yıl siperde altında kalmış, üç yaşında 0,8 m x 1,25 m aralıkla seyreltme yapılmış alanlar	15.000	56,0	2,1	18,3

Bu değerlerin bütün karaçam gençlik alanları için genelleştirilmesi doğru olmaz. Karaçam gençliğinin başlangıçta yavaş büyüdüğü ve iklim etkileri altında bulunduğu göz önüne alınarak, seyreltme işlemlerinde ılımlı davranılması yararlı olacaktır. Yöre kurak ve III. Bonitet alan olması nedeniyle kök rekabeti belirleyici bir faktör olarak değerlendirilmelidir. Bu durumda m²'de 1 fert kalacak şekilde seyreltme yapılabilir, bonitetin iyi olduğu alanlarda ilk 2-3 yıl için metre-karede 3-5 fidanın bulundurulması yararlı olur. 20. yaş için bonitet tablosundaki fert sayısının 7.970 olduğu dikkate alındığında, hektarda 20.000 birey bırakan ılımlı seyreltme uygulanması güvenli olacaktır. Ayrıca araştırmanın yapıldığı bölgede don zararları etkili değildir, don riskinin yüksek olduğu alanlarda boşaltma kesimini erken yaşlarda yapmak yerine kapalılığı 0,3'e indirecek bir ışık kesimi ve 2-3 yıl sonra gençlik 5-6 yaşına geldiğinde boşaltma kesimi yapılabilir.

İspanya'da karaçam öncü gençliğinin gelişimi üzerinde ekstrem sıcaklık etkilerinden ve aşırı evapotranspirasyondan koruyan kapalılık etkili olmaktadır. Sıkışık kapalılık koşullarında gençlik yeterli ışık alamamakta ve kök rekabeti nedeniyle topraktan yeterli su alamamakta dolayısıyla yaz kuraklığını atlatamamaktadır. Bu nedenle 0,4-0,6 kapalılık koşullarında en tatminkar karaçam gençliğinin oluştuğu saptanmıştır (Tiscar ve Linares, 2011). Muğla Yılanlı'da III. bonitet, 30-35 yaşında, 0,3 kapalılıkta karaçam meşceresinde ortalama 3,5cm çap ve 3m boya ulaşmış meşcerede hektarda 120.000 fert saptanmıştır (Umut ve ark., 1996). Bu durum kapalılığın düşük olması durumunda karaçamın orta bonitetlerde de uzun yıllar varlığını sürdürdüğünü göstermektedir. Karaçam gençliğinin yetişme ortamı verim gücünün düşük ve kuraklığın etkin olduğu alanlarda 0,5-0,6 kapalılık altında 3 yıl üzerinde kaldığında gençliğin dejenere olma riski söz konusu iken iyi yetişme ortamlarında gençlik yoğun kapalılık koşullarında dahi dejenere olmadan kalabilmektedir (Eler ve ark., 1989), (Resim 2 ve 3).



Resim 2. ncü gençlikler (Balıkesir-Dursunbey).



Resim 3. İki tabakalı kuruluş (Kütahya-Simav).

Tabakalı kuruluştaki karaçam meşcerelerinde alt tabakadaki fertlerden yararlanma olanağı üzerinde meşcerenin boniteti, üst kat kapallığı, alt kattın yaşı, uygulanan bakım müdahalesine verdiği tepki (çap ve boy büyüme performansı) etkili olmaktadır. Umut ve ark. (1996:34-36) tabakalı karaçam meşcerelerini üç farklı durumda değerlendirmiştir;

1-Üst kat kapallığının 0,5 ve üzerinde olduğu ve alt katta yerli miktarda homojen dağılmış fertlerin olduğu durum. Bu durumda alt kattaki fertlerin büyüme performansı ve vitalitesi düşükse yok sayılıp, üst kattaki ağaçlardan yeni gençlik elde etmek amaçlanmalıdır. Eğer fertler faydalanılabilecek durumda ise üst kat boşaltılmalıdır.

2- Üst kat kapallığı %30'un altında olduğu, alt katta homojen tali meşcere olması durumu. Doğal gençliği alana getirecek yeterli tohum ağacı olmaması nedeniyle, gençlik faydalanılabilecek durumdaysa değerlendirilir. Aksi halde ise alan boşaltılıp ağaçlandırma yoluna gidilmelidir.

3- Üst kat kapallığı %30'un altında olduğu, alt katta heterojen tali meşcere olması durumunda ise, alt kat değerlendirilebilecek durumda olmadığı için doğrudan yapay gençleştirme düşünülmelidir. Ağaçlandırmalarda yerel orijinli fidan kullanılmalıdır. Alt kattaki fertlerin yararlanılabilir oldukları gövde analizleriyle ortaya konulmalıdır. Bu amaçla üst ve alt katı temsil eden yeterli sayıda ağaçta gövde analizi yapılmalıdır. Eğer alt kattaki fertlerin büyüme performansı üst kattaki ağaçlara yakınsa alt kat faydalanılabilir kabul edilmelidir. Alt kattaki ağaçların terminal sürgün uzunluğu yan dallardan fazla ise bu ağaçlar faydalanılabilir olarak değerlendirilebilir. Eğer alt kattaki ağaçların yan dalları terminal sürgünü yakalamış ya da geçmişse fertler apikal dominansiyi kaybetmiş demektir, faydalanılamaz olarak değerlendirilmeleri doğru olacaktır.

3. Sıklık Bakımı

Yurdumuzda yetişen çam türleri ışık ağacı olmaları nedeniyle tek katlı meşcereler oluştururlar. Karaçamın başlangıçta, yarı ışık ağacı olması nedeniyle genç yaşlarda ağaçların tepe siperi altında bir gelişim görülse de bu durumu uzun süre sürdürmek genç meşcerenin büyümesinde olumsuz etkiler yapar. Bu nedenle saf çam meşcerelerinde sıklık çağında tek katlı kuruluşa gitmek esastır (Resim 4). Karaçamın yüksek nitelikte kaliteli gövdeler oluşturabilmesi için sıklık çağında sık ve eşit kapallılıkta yetiştirilmesi gerekir. Çünkü bu durumda ağaçlar düzenli yıllık halka gelişimi ve doğal dal budanması yaparak düzgün gövdeler oluşturabilirler. Tam ve eşit kapallılığın sağlanması, bireylerde düzgün bir tepe biçiminin oluşumunu sağlandığı gibi azmanlaşma eğilimlerini de önler. Sıklık çağında bireyler arası mücadele sonunda gövde ayrılması hızlı bir tempoda yürür, alt ve ara katta bulunan bireyler genellikle

üst kata geçme yeteneği göstermez. Umut ve ark. (1996) tabakalı kuruluştaki karaçam meşcerelerinde sıklık çağındaki alt kattaki fert sayısının 6 yıl içinde ortalama %50 oranında gövde ayrılmasıyla azaldığını saptamışlardır. Bu nedenle alt ve ara katta bulunan ölmüş ya da gelecek umudu vermeyen hasta ve ölmek üzere olan bireyler uzaklaştırılır. Diğer yandan çam türlerimizde meşcerelerin üst katındaki bireylerin birçoğu, özellikle hızlı büyüyenler kalın dallar oluşturarak ve tepelerini yayarak azmanlaşırlar. Azmanların etrafındaki bireylere zarar vermemesi için, sıklığı bozmayacak biçimde kalın dalları veya tepeleri kesilir. Kapalılığın bozulma tehlikesi olmama durumunda azmanlar dipten de kesilebilir.



Resim 4. Sıklık çağında karaçam meşceresi.

“Ayıklama kesimlerinin şiddetinin ölçüsü, tepelerin birbirini sıkıştırılmaması ve aynı zamanda tepeler arasında boşluk kalmaması olarak belirtilebilir. Bu konuda yetiştirme ortamı faktörleri ve özellikle yükseltiyle birlikte artan abiotik faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Meşcere dayanıklılığının sağlanması ve artırılması ön planda gelen amaçtır. Buna göre üst yükseltelerde zayıf fakat daha sık, alt yükseltelerde kuvvetli ve daha geniş zaman aralıklarıyla müdahaleye girilebilir. Bu nedenle sıklık çağındaki meşcereyi oluşturan bireyler arasında büyüme ve tepe gelişimindeki ayrılıklar ayıklama şiddetini bireyler arasındaki uzaklıklara dayandırmak olanağı vermez” (Odabaşı ve ark., 2004). Karaçam sıklıklarına ba-

kım yapılmadığında veya geciktiğinde 35-40 yaşından sonra ağaçların asimilasyonla enerji üretecek tepeleri anlamlı ölçüde küçüldüğü için bakım çalışmalarına olumlu cevap vermemektedir (Kaymakçı ve ark., 2000). Sıklık bakımlarının ihmal edilmesi durumunda sorunlu direkli çağında bir meşcere oluşmaktadır.

“Sıklık bakımı için geç kalınmış ve gençlik bakımı önlemlerinden herhangi birinin uygulanmadığı alanlarda, mağlup tabakaya kesinlikle itibar edilmemeli ve bu işe yaramaz tabaka mutlaka kesilip uzaklaştırılmalıdır. Üst durumdaki bireylerin, kar baskısına karşı mağlup tabakaya ihtiyacı olduğu yetiştirme ortamlarında bu ara ve alt durumdaki bireyler tedricen uzaklaştırılır. Bu gibi yetiştirme ortamlarında üste çıkmış bireylerin tepeleri birbirine değecek şekilde bırakılır, sadece ara ve alt durumdakiler çıkarılır ve meşcere hafif gevşetilmiş olur” (Genç, 2011).

4. Aralama

4.1. Saf karaçam meşcerelerinde aralama

Saf çam meşcereleri, özellikle aralama çağının ilk evresinde, ışık ağaçlarına özgü hızlı bir gövde ayrılması gösterirler. Uzun süre müdahale görmemiş meşcerelerde ara (3. sınıf) ve özellikle alt durumdaki (4. sınıf) bireyler yaşamlarını sürdürmezler. Bu nedenle uzun süre işlem görmemiş meşcerelerde ara ve alt durumdaki bireyler süreklilik gösteremez ve bu gibi meşcerelerde bol miktarda ayakta kuru bireyler görülür. Bunlar doğal etkilerle zamanla çürür ve devrilirler. Alt ve ara katı oluşturan bu gövdelerin, toprak bakımı ve galip gövdelerin bakımında önemli bir rolü olmaz. Doğal ve uzun süre müdahale görmemiş çam meşcerelerinde alt katta tepeleri açık olan gövdeler (3. sınıf) önemli miktarlarda bulunabilir. Fakat genellikle bunların tepeleri sıkışmış ve küçülmüştür. Gecikilen durumlarda genellikle büyüme ve gelişme yeteneğini kaybeden bu bireyler, erken müdahale yapılabilmesi halinde hızlı bir büyüme yaparak üst kata geçebilirler. Bu özellikleri nedeniyle çam meşcereleri tek katlı bir kuruluş yaparlar ve alçak aralama konusu olurlar (Resim 5).

Yaşlı karaçam meşcerelerinde üst tabakadaki tepe siperinin gevşetilmesi sonucunda öncü gençlik oluşur ve karaçama özgü olarak bu gençlikler uzun süre yaşamlarını sürdürerek katlı meşcereler oluşturabilirler. Alt kattaki bu genç meşcerenin yaşama ve gelişme yeteneği üst katın kapalılık oranına, meşcerenin bonitetine ve gençliğin sıklığına göre değişir. Katlı kuruluşun uzun süre muhafaza edilmesi ve bu kuruluşun devamlı ölçüde yararlanması olanağı yoktur. Erken yaşta üst katın kaldırılması ve gerekli bakım müdahaleleri alt ve ara katın sağlıklı bir büyüme yapmasına olanak sağlayabilir. Umut ve ark. (1996) aynı yaşta (10-15 ve 30-35 yıl) olmasına karşılık, yukarıda belirtilen koşullara bağlı olarak, bazı karaçam öncü gençliklerden yararlanılabileceği fakat bazılarının da yararlanılamayacağı saptanmıştır.



Resim 5. Tek katlı karaçam meşçeresi.

Çam meşçerelerinde dalsız ve değerli gövdeler yetiştirebilmek için, doğal dal budanmasının gerçekleştiği direklik çağında kapalılığın sürdürülmesi gerekir. Ağaç boyunun yaklaşık 2/3 si kadar dalsız gövdeler yetiştirmek, gövde kalitesi bakımından bir amaçtır. Bunun için 5'nci sınıf gövdelerin tamamı, büyük boşluklar oluşturmamak koşuluyla 4. sınıf gövdelerin tamamı veya büyük çoğunluğu uzaklaştırılır. Ölü ve ölmek üzere bulunan alt kat elemanlarının uzaklaştırılması özellikle yangın tehlikesini azaltmak bakımından büyük önem taşır. Üst katta bulunan 2. sınıftan kusurlu, değersiz ve 1. sınıftakilere zarar verenler, ılımlı ölçülerle zaman içinde uzaklaştırılır. Bunlar özellikle kırbaçlayıcılar, hasta gövdeler ve kötü biçimli azmanlardır (Odabaşı ve ark., 2004).

Meşçerelerin sıklık bakım geçmişi yapılacak uygulamaları ve meşçerenin vereceği tepkileri etkilemektedir. “Genç karaçam meşçerelerinde uygulanacak aralamanın şiddeti meşçerenin sıklık bakımlarını düzenli görüp görmemesine bağlı olarak değişmektedir. Eğer meşçerede sıklık bakımları ihmal edilmişse ilk aralamalara zayıf alçak aralama şeklinde başlanmalıdır. Düzenli bakım görmüş meşçerelerde ılımlı alçak aralama ile aralamaya başlanabilir. Isparta yöresi 26 yaşındaki karaçam meşçeresinde yapılan aralama çalışmasında çap artımı, tepe gelişimi ve ağaç boyu- çap oranı (h/d) üzerinde kuvvetli aralama etkili olurken aralama işlemleri boy gelişimi üzerinde etkili olmamıştır. Aralama şiddetti olarak 3. yılın sonunda kapalılığın oluşumunu sağlayan, ılımlı alçak aralamanın uygulanması önerilmiştir” (Bayar ve Deligöz, 2019).

“36-40 yaş aralığında Beyşehir karaçam meşçerelerinde aralama derecesindeki artışa paralel olarak ağaçların göğüs çapı gelişimi artmaktadır. Saptanan orta-

lama değerlere göre, kontrol ile zayıf alçak aralama ve mutedil alçak aralama ile kuvvetli alçak aralama işlemleri arasındaki farklar önemsiz iken, kuvvetli alçak aralama parsellerinde tespit edilen göğüs çapı değerleri ile kontrol ve zayıf alçak aralama parsellerinde belirlenen değerler arasındaki farklar istatistikî olarak anlamlıdır. Ancak, özellikle yoğun kar yağışlı yetişme ortamlarındaki meşcerelerde, zamanında gençlik ve sıklık bakımı yapılmamış ve ilk aralama kesimlerinde de gecikilmişse, ilk birkaç aralama müdahalesinin mutedil yapılması gerekebilir ki bu sayede kar kırması ve devriği zararları muhtemelen asgariye inecektir. Aralama işlemleri, dört gelişme dönemi sonu itibariyle, boy gelişimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip değildir” (Genç ve ark., 2012:7).

Başlangıçtan beri düzenli müdahale görmüş çam meşcerelerinde kuvvetli müdahaleler yaklaşık olarak yönetim süresinin yarısından sonra başlar. Kuvvetli alçak aralamayla değerli gövdelerin, seçim yapılmışsa gelecek ağaçlarının bakımı gerçekleştirilir. Bu gövdelerin tepelerini yeterli ölçüde geliştirmesi ve değerli gövdeler yapması için gerekli önlemler alınır. Bu amaçla, ılımlı alçak aralamadan kalan 4. ve 5. sınıf gövdelerle birlikte 1. sınıf gövdelere zarar veren 2. sınıf gövdeler uzaklaştırılır. 3. sınıf gövdeler ileri yaşlarda gelişme olanağı göstermemekle birlikte, meşcere dayanıklılığı ve gelecek ağaçlarının dal budanması bakımından sağlıklı olanlar korunmalıdır.

Çamlarda kuvvetli aralamaların erken başlaması, tepelerin daha iyi gelişmesine ve dolayısıyla gövde hacminin artmasına olanak verirken, doğal dal budanmasının azalmasına bağlı olarak gövde kalitesinin düşmesine neden olunabilir. Gecikilmiş kuvvetli aralamalardan sonra ise yeterli tepe gelişmesi ve beklenen artım gerçekleştirilemez. Bu nedenle aralamaların zamanında başlatılıp giderek kuvvetlendirilmesi, beklenen çok yönlü yararların gerçekleştirilmesi için gereklidir.

Çam türleriyle yapılan ağaçlandırma alanlarında klasik alçak aralama, şematik (şematik) aralama ve gelecek ağacı seçimiyle aralama yapılabilir. Fakat yurdumuzda orman alanlarındaki toprak koşullarının heterojenliği ve fidan yetiştirmede gerekli genetik seleksiyonun yeteri ölçüde uygulanamaması, homojen yapıda meşcerelerin oluşmasına genellikle olanak vermemektedir. Bu durumda şematik ve selektif müdahalenin birleştirilmesi olanağı aranmalıdır. Örneğin hektardaki ağaç sayısını 1/3 oranında azaltacak olan, sıralar üzerinde iki ağacın bırakılarak bir ağacın alınması biçiminde yapılan aralamada, kural gereğince kesilmesi gereken bir ağacın, selektif düşüncelerle kesilmemesi gerekiyorsa selektif yöntemin gereği yapılmalıdır. Böyle bir durumda bazen üç ağaç yan yana ayakta kalabileceği gibi, yan yana iki ağaç da kesilebilir. Aynı değerdeki ağaçlar için şematik aralama kuralı uygulanır. İşin çabuk yürütülmesi bakımından, ağaçlar üzerinde karar verirken, ağaç, sıralar arasındaki durumuyla değil, sadece sıra üzerinde yan yana durduğu iki ağaca göre değerlendirilmelidir. Böyle bir durumda fazladan bırakılan bir ağaç yerine bir ağaç fazladan

kesilmeli, yani şematik aralamanın ağaç sayısı bakımından kuralına olabildiğince bağlı kalınmalıdır (Odabaşı, 1981). Şematik aralamaların yönetim süresi boyunca sürdürülmesi olanağı yoktur. Başlangıçta bir veya iki şematik müdahaleden sonra selektif müdahalelere dönülebilir ve gelecek ağacı seçimi yapılmışsa bu ağaçların yararına müdahaleler sürdürülebilir. Dikimle oluşturulmuş ormanlarında, doğal ormanlara göre birey sayısının daha az olması ve şematik müdahalelerle bireyler arasında düzenli aralıkların oluşturulması ağaçlarda rekabet durumunu azaltacağından selektif müdahale evresinde aralamanın dönüş süresini de uzatma olanağı oluşur. Böylece dönüş süresi, klasik anlamda ağaç yaşının 1/10'u kadar değil, gereksinimlere göre 8-10 yıl ve hatta ileri yaşlarda daha uzun bir zamana dönüşebilir (Odabaşı ve ark., 2004).

4.2. Karışık karaçam meşcerelerinde aralama

Yukarıda saf karaçam meşcereleri için açıklanan aralama işlemleri, karaçamın sarıçam, sapsız meşe ve Toros sediri gibi tek tabakalı kuruluş oluşturan ışık ağaçlarıyla karışım yaptığı meşcerelerinde de söz konusudur (Resim 6). Karaçam tabakalı kuruluş oluşturduğu doğu kayını ve göknar karışık meşcerelerinde yüksek aralama uygulanmalıdır (Resim 7). Uzun dönem yaşama kabiliyetinde bir ara ve alt tabaka bulundurma yeteneğinde olan saf gölge ve yarı gölge ağacı veya bunların ışık ağaçları ile karışık meşcerelerinde, ara ve alt kattaki bireyleri koruyarak, üst katta da kötü biçimli, kusurlu, hasta, böcek ve mantar zararları bulunan bireylerin kademeli olarak uzaklaştırılmasıyla meşcerenin iyileştirilmesini amaçlayan aralama yüksek aralamadır (Odabaşı ve ark., 2004).

Ara ve alt kattaki bireylerin korunması nedeniyle yüksek aralama tabakalı kuruluş yaratır. Yüksek aralama meşcerede, yukarıdan aşağıya doğru bir çalışma uygularken, alçak aralama aşağıdan yukarıya bir çalışma yapar. Bu iki aralama türü arasında en önemli fark mağlup gövdelerin gördüğü işlemdir, bunlar alçak aralamada çıkarılır, yüksek aralamada ise ilkesel olarak korunur. Genç meşcerelerde ılımlı yüksek aralama uygulanırken idare süresinin yarısından sonra kuvvetli yüksek aralamaya geçilir (Odabaşı ve ark., 2004).

İlimli yüksek aralamada prensip olarak mağlup katı oluşturan 3. ve 4. sınıf gövdeler korunur, sadece 5. sınıf gövdeler uzaklaştırılır. Aralamanın ağırlığı üst kattadır ve 1. sınıf gövdeleri sıkıştıran 2. sınıf gövdeler kapalılık geçici kırılacak şekilde kademeli olarak uzaklaştırılır. Dolayısıyla müdahale gören ağaçların büyük çoğunluğu üst kattaki kusurlu gövdeler olduğu için galip kattaki kaliteli gövdelerin tepelerini geliştirme olanağı alçak aralamaya göre daha yüksektir. Yine fonksiyonel mağlup kat bulması nedeniyle daha etkin doğal dal budanması gerçekleşir. Mağlup kat özellikle aralamadan sonra kapalılığın kırılmasına rağmen yoğun diri örtü gelişimi engellemekte ve meşcere gençleştirmeye alındığında gençleşme için daha ideal toprak koşulları oluşmuş olacaktır.



Resim 6. Karaçam+sarıçam+kayın karışık meşceresi (Zonguldak-Yenice).



Resim 7. Karaçam+meşe+gök nar karışık meşceresi (Karabük-Büyükdüz).

Kuvvetli yüksek aralama, bakıma konu olan meşcerelerde, ileri yaşlarda üst katta bulunması istenen iyi nitelikli bireylerin (gelecek ağacı) bakım ve korunmasını amaçlar. Bunun için meşcere henüz direklik çağında iken “gelecek ağaçları” seçilir. Gelecek ağaçları canlı ve gür bir büyüme gösteren, iyi biçimlenmiş

simetrik bir tepeye sahip, hiçbir yara ve kalıcı kusur göstermeyen, doğal dal budanması iyi ve ince dallı, düzgün, silindirik ve kaliteli gövdeye sahip, aralama kesimlerine karşı iyi bir tepki gösterme yeteneğinde olan ağaçlardır. Üstün nitelikli bu ağaçların gövdesi boya ile işaretlenerek yaşamları boyunca zararlı komşu ağaçların etkisinden korunması sağlanır. Meşcerede gelecek ağaçları dışındakiler yardımcı ve dolgu ağacı olarak kabul edilir ve gelecek ağaçlarının sıkıştırmaları durumunda meşcereden çıkartılırlar (Odabaşı ve ark., 2004).

Gelecek ağaçlarının sayısı üzerinde; meşcerenin son döneminde gençleştirme evresinde meşcerede kalması gereken ağaç sayısı ile genç yaşlarda bireyler arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin gelecek ağaçlarının niteliklerinin korunmasındaki etkileri önem kazanmaktadır. Aralama çalışmalarının başlangıcında birey sayısının ve buna bağlı olarak gelecek ağacı niteliğindeki ağaç sayısının fazla olması gelecek ağaçlarının da faza sayıda alınmasını gerektirir. Meşcerede bireylerin gelişimi ve bireyler arası ilişkilerin artmasıyla birey sayısı ve gelecek ağacı sayısında da bir azalma olacaktır. Bu nedenle kuvvetli yüksek aralamada başlangıçta seçilen gelecek ağacı sayısı da fazladır. Zamanla bu sayı azalacağı için ilk seçilen gelecek ağaçları “aday gelecek ağaçları”dır. Birbirini izleyen aralamalarla bu sayı azalacak ve meşcerenin ileri gelişim evresinde sabit bir sayıya ulaşacaktır. Kuvvetli yüksek aralamada bir yandan aday gelecek ağaçlarının korunması ve geliştirilmesi olanakları aranırken diğer yandan ara ve alt kattaki bireyler korunarak onların gerek gelecek ağaçları ve gerekse toprak üzerindeki olumlu etkilerinden sürekli olarak yararlanmaya yönelik meşcerede katlı bir kuruluş oluşturulur (Odabaşı ve ark., 2004).

Bu özellikleriyle yüksek aralama, yetiştirme ortamı ve ağaç türlerinin özelliklerine bağlı olarak katlı bir kuruluşun oluşturulmasına olanak veren bir aralama yöntemidir. Genel anlamda belirtmek gerekirse, saf gölge ağacı meşcereleri ya da gölge ve ışık ağacı karışık meşcereleriyle, katlı kuruluşun oluşturulması zorunluluğu bulunan ışık ağacı (meşe türleri) meşcerelerinde uygun yetiştirme ortamlarında yüksek aralama yöntemi uygulamak gerekir. Gelecek ağaçları karaçam meşceresi 30-40 yaşına geldiğinde idare süresi sonunda kaması gereken ağaç sayısının iki katı olacak şekilde (500-700) adet işaretlenir (Odabaşı ve ark., 2004).

4.3. Gelecek ağacı aralaması

Gelecek ağacı seçimi başlangıçta yüksek aralamaya konu olan katlı kuruluşu sahip meşcerelerde yapılırken, günümüzde bu teknikten yararlanarak tek katlı doğal ve yapay meşcerelerde de gelecek ağacı seçimi yapılarak ayrı bir aralama türü (Gelecek ağacı aralaması) geliştirilmiştir. Gelecek ağacı aralaması, işletme amacı olarak yüksek nitelikli ürün alınmasının hedeflendiği, yeterli sayıda kaliteli gövdenin yetiştirildiği iyi bonitetteki meşcerelerde uygulanmalıdır. Koruma ve rekreasyon amacı ağır basan ya da endüstri ve kağıt odununa yönelik olarak

işletilen meşcerelerde gelecek ağacı seçimi anlam taşımaz. Nitelikli meşcereler yanında orta nitelikteki meşcerelerde de gelecek ağacı seçimi bazı olanaklar sağlar. Böylece meşceredeki kötü nitelikli ağaçlar üzerinde daha enerjik müdahale olanağı elde edilebilir. Bunlara karşılık kötü nitelikli meşcereler, gelecek ağacı seçiminin amaçlarına ulaşmaya elvermediği gibi, yapılacak masrafları da karşılayamaz (Odabaşı ve ark., 2004).

Kaliteli karaçam gövdeleri yetiştirmeye olanak veren gölge ağacı karışık meşcereleri ve iyi bonitetteki saf karaçam meşcerelerinde gelecek ağacı aralaması düşünülebilir. Gelecek ağaçlarının seçiminin zaman ve emek gerektirmesi nedeniyle entansif bir ormancılık uygulamasıdır. Yeterli ve sürekli personel olanakları olmayan işletmelerde bu aralamanın tercih edilmesi ve uygulanması gereken periyodik aralamaların ihmal edilmesi durumunda gelecek ağaçlarının üstün ağaç özelliğini kaybetmelerine neden olacaktır. Bu haliyle de yapılan emek ve masraflar boşa gidecektir. Ülkemizde mevcut sosyo-ekonomik koşullar iyileşmeden, ormanlar üzerindeki sosyal baskılar azalmadan, entansif ormancılık koşulları tam olarak oluşmadan gelecek ağacı aralamasına geçmek riskli olacaktır.

5. Sonuç

Karaçam dünyadaki en geniş yayılışını ülkemizde yapması ve ülkemizde nemli yetiştirme ortamlarından kurak yetiştirme ortamlarına kadar oldukça farklı alanlarda saf veya karışık meşcereler oluşturması nedeniyle önemli bir türdür. Asli ağaç türlerimizin büyük çoğunluğu ile karışım yapmaktadır. Doğal yayılış alanı içindeki meşcereler işletme amacı, yetiştirme ortamı koşulları meşcere dinamiği dikkate alınarak işletilmelidir. İyi yetiştirme ortamlarında saf ve karışık meşcerelerinin tabakalı kuruluş oluşturuyor olması hem kaliteli tomruk üretmek için hem de önemi her geçen gün artarak odun üretiminin önüne geçen ekosistem hizmetlerini etkin olarak karşılayabilme olanağı vermektedir. Genç karaçam meşcerelerinde (sıklık ve direklik çağında) bakım çalışmaları konusunda eksiklik bulunmaktadır. Bu araştırmaların geniş yayılışı olan karaçam için bölgesel baz da yapılması yararlı olacaktır. Günümüzde başta küresel ısınma olmak üzere ağaçların yaşam koşullarını olumsuz yönde etkileyen çevre sorunlarını dikkate aldığımızda, karaçam meşcerelerinin sağlıklı gelişiminin sürdürülebilmesi için olası risk senaryolarına karşı alınacak önemleri içeren esnek bir ormancılık yönetim sistemi oluşturmamız gerekmektedir. Bu bağlamda geleneksel silvikültürel önlemlerin de bu yönde uyarlanması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Bayar, E., Deligoz, A., 2019. Effects of Precommercial Thinning on Growth Parameters in *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Stand. *Journal of Forestry Research*, 31 (5): 1803-1811.
- Enescu, C. M., Rigo, D. de., Caudullo, G., Mauris, A., .Houston Durrant, T., 2016. *Pinus nigra in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats*. European Atlas of Forest Tree Species, pages:126-127.
- Eler, Ü., Genek, A., Yıldırım, K., 1989. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Gençliklerinde Erken Boşaltma ve Seyreltmenin Fidan Büyümesi Üzerine Etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Raporlar Serisi Nu: 42, sayfa: 28-45.
- Genç, M., 2011. Orman Bakımı (Asli Orman Ağacı Türlerimizin Saf ve Karışık Meşcerelerinin Bakımı). III. Baskı, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın Nu: 14, 216 sayfa, Isparta.
- Genç, M., Özkan, K., Özçelik, R., Güner, T. Ş., Gülsoy, S., Deligöz, A., 2012. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder] Meşcerelerinde Uygulanan İlk Aralamaların Ekofizyolojik Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13: 5-13.
- Kaymakçı, E., Erkuloğlu, Ö. S., Eronat, A. F., 2000. Gördes İşletmesinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Gecikmiş Sıklık Bakımı Üzerine Araştırmalar. Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu: 20/113, Teknik Bülten Nu:15, 17 sayfa, İzmir.
- Odabaşı, T., 1981. Korudağ Kızılcım Plantasyonlarında Meşcere Bakımı Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 31A (1): 75-104.
- Odabaşı, T., Çalışkan, A., Bozkuş, F., 2004. *Orman Bakımı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu:4458/474, 314 sayfa, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., 1971. *Orman Bakımı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 1636/160, 303 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Akkemik, U., 2007. A Dendrological Study on *Pinus nigra* Arn. at Different Altitudes of Northern Slopes of Kazdağları, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(1): 73-78.
- Tiscar, P. A., Linares, J. C., 2011. Structure and Regeneration Patterns of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* Natural Forest:A Basic Knowledge for Adaptive Management in a Changing Climate. *Forests*, 2:1013-1030.
- Umut, B., Dündar, M., Çelik, O., 1996. İki Tabakalı Karaçam meşcerelerinde öncü gençliklerden yararlanma imkanları üzerine araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten, Nu: 259, 45 sayfa, Ankara.



Ankara, 2022
Murat ALAN

16

KARAÇAM ÜZERİNE YAPILAN GENETİK ISLAH ÇALIŞMALARI: ORİJİN DENEMELERİ VE TOHUM BAHÇELERİ

1. Giriş

Karaçam 4,2 milyon ha yayılış alanı ile Türkiye ormanlık alanının %19'unu oluşturmaktadır (OGM, 2015). Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından gerçekleştirilen orman ürünleri üretimini gösteren istatistiklerde ise karaçamın, kızılçam hariç “diğer çamlar” içinde yer aldığı görülmektedir (OGM, 2020). Bu istatistiklere göre karaçamın da içinde olduğu diğer çamların, endüstriyel ve yakacak üretim toplamının, 2010-2019 yılları arasında, ortalama %30'unu oluşturdukları görülmüştür. Diğer çamların; karaçam, sarıçam, Halep çamı ve fıstık çamı olduğu düşünüldüğünde, diğer çamlar içinde karaçamın üretimdeki payının oldukça yüksek olduğu kabul edilebilir. Yayılış alanının genişliği ve üretimdeki payı göz önüne alındığında karaçamın Türkiye'nin ekonomik önemi olan türlerinden biri olduğu açıkça görülmektedir. Ekonomik öneminden dolayı, karaçam sürekli ıslahın konusu olmuş ve Türkiye'de ıslah edilmesi gereken 5 hedef türden birisi olarak belirlenmiştir (Koski ve Antola, 1993). Ağaç ıslahı çalışmalarının verimli olarak sürdürülebilmesinin en önemli koşulu, ıslah edilmiş materyalin ağaçlandırmalarda kullanılmasıdır (White ve ark., 2007). Bu kapsamda karaçamın ıslah için hedef türlerden biri olmasının önemli nedenlerinden birisi de ağaçlandırmalarda kızılçamdan sonra en çok kullanılan tür olmasıdır (Koski ve Antola, 1994). Ağaçlandırmalar, ağaç ıslahı sonucu oluşturulan tohum kaynakları kullanılarak, genlerin birim alandan üretimi artırma yönünde çalışmasına hizmet etmesinin en önemli araçlarıdır. Bu açıdan bakıldığında ağaçlandırmalar, ağaç ıslahının uygulamaya aktarılmasını sağlamaktadırlar (Alan, 2020).

Türkiye'de karaçam ve diğer türler ile ilgili tohum kaynaklarının oluşturulması 1960'lı yıllarda başlamıştır (Ürgenç, 1967). Bu kapsamda tohum meşcerelerinin ve üstün (plus) ağaçların seçilme ölçütleri ortaya konulmuştur. Yine bu dönemde eğitim amaçlı 10 klondan oluşan, Dursunbey-Dursunbey orijinli ilk karaçam klonal tohum bahçesi 1964 yılında, Bahçeköy-Bentler'de kurulmuştur (OA-

¹⁾ Doç. Dr., Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Karabük, Elmek: muratalan@karabuk.edu.tr

TIAM, 2020). Bu dönemde aynı amaçla, yine Bahçeköy-Bentler'de kurulan diğer tohum bahçesi de Eskişehir-Çatacık orijinli sarıçam tohum bahçesidir. Bu tohum bahçeleri, aynı zamanda Türkiye'de kurulan ilk klonal tohum bahçeleri olmuştur. Yine 1960'lı yıllarda Saatçioğlu ve Ürgenç (1963) Ankara'da "Orman Tohumları Tedariki, Kontrolü ve Ambarlama İşleri Müessesesi"nin kurulmasını önermişlerdir. Bu öneri doğrultusunda Türkiye'de ağaç ıslahı çalışmalarından sorumlu olan ve OGM adına ıslah çalışmalarını yürüten, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü de 1964'te kurulmuştur (OATIAM, 2020).

Karaçamın diğer çam türleri ile tohum transfer kurallarının belirlenmesi (Atalay, 1977) ile karaçam için fenotipik seçimler başlatılmıştır. Bu kapsamda, tohum transfer zonları temel alınarak, tohum meşelerinin belirlenmesi, tohum meşcerelerinden üstün ağaçlar seçilmesi ve üstün ağaçlardan aşı kalemleri alınarak klonal tohum bahçelerinin kurulması gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, ormancılıkta fenotipik seçim (seleksiyon) veya kitle (mass) seçimi olarak adlandırılmaktadır (Shelbourne, 1969; Zobel ve Talbert, 1984; White ve ark., 2007). Karaçamda ıslah çalışmaları halen fenotipik seçim biçiminde sürdürülmektedir.

Atalay (1977) tarafından belirlenen tohum transfer zonlarında seçilmiş olan tohum meşcereleri kullanılarak, karaçamda 1984 yılında oldukça kapsamlı bir orijin denemesi kurulmuştur (Şimşek ve ark., 1995). Altı coğrafi Bölgede, 24 deneme alanında 36 orijini içeren bu denemelerin en son 31. yaş değerlendirilmeleri yapılmıştır (Çalıköğlü ve ark., 2018).

Ekonomik önemi olan türler ile 1960'lı yıllardan başlayan ağaç ıslahı çalışmalarının çıktısı olan tohum bahçeleri ve 1980'li yıllarda ağaç ıslahı çalışmalarının sağladığı birikimle kurulan orijin denemeleri, karaçam için Türkiye'de yapılan uzun dönemli genetik ıslah çalışmalarını oluşturmaktadırlar. Islah çalışmalarının temel amacı, birim alandan daha fazla ve daha kaliteli üretim (odun hammaddesi) sağlayacak ağaçlandırmalar kurmaktır. Bugüne kadar karaçamda orijin denemeleri ve fenotipik seçimi içeren ıslah çalışmalarını birlikte ele alan bir bakış açısı ile herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu kapsamda bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmaların incelenmesi ve yapılan değerlendirme ile bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

2. Karaçam Orijin Denemeleri

2.1. Orijin denemelerinin amacı

Yaşayan tüm canlıların, yetişmesi, gelişmesi ve üremesi genler ve çevre olmak üzere iki etken tarafından belirlenmektedir. Bu gerçeğin, tüm doğal varlıkların üzerinde yapılan çalışmalar ve yönetiminde göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Morgenstern, 1996). Orman ağaçları henüz evcilleştirmenin başlan-

gıncındadır. Yalnızca kavak, söğüt bazı ökalyptus cinslerinin seçilmiş genotipleri, ticari amaçlarla kitlesel (monoklonal) olarak üretilmektedir (Morgenstern, 1996; Matyas, 1996). Orman ağaçlarında tarımsal bitkilere göre evcilleştirmenin başlangıcında olunmasına karşın, orijin denemelerinin tarihi hayli eskilere gitmektedir. Kayıtlı ilk orijin denemelerinin, 1745-1755 yılları arasında, Fransada, sonuçlarına dair bilgi olmamasına karşın, Sarıçamın Baltık orijinlerinin karşılaştırılması için kurulduğu anlaşılmaktadır (Langlet, 1971; Matyas, 1996). Daha sonra 1820'lerde yine Fransada egzotik orijinlerin de bulunduğu sarıçam orijin denemeleri kurulmuş orijinler arasında farklılığın yanında, sürekli (clinal) varyasyona ilişkin 36 yıllık sonuçlar yayınlanmıştır. Yayınlanan sonuçlar oldukça dikkati çektiği için birçok dile çevrilmiştir (Wright ve Bull, 1963; Matyas, 1996). 1892' de IUFRO'nun kurulması ile Avrupa'da orijin denemeleri büyük ilgi görmüştür. Bu kapsamda IUFRO'nun girişimiyle 1962'de, 14 ülkede 20 paralel deneme ve 1100 Avrupa ladini orijinini içeren uluslararası bir orijin denemesi dikkati çekmektedir (Matyas, 1996). Yine ABD'de Douglas'ta 1959 yılında 6 eyalette, çoklu deneme alanı ve çoklu orijinle, kurulan (Oregon, Washington, British Columbia, Kuzey California), karşılıklılık (reciprocal) içeren orijin denemesi de dikkati çeken diğer orijin denemesi olmaktadır (Ching, 1965; Ye ve Jayawickrama, 2014). 1900'lerin başında sistematik orijin denemelerinin birkaç türde başlatılmasına karşın, 2000'lerde açık ve kapalı tohumların coğrafi genetik varyasyon modellerini tanımlayan yüzlerce sayıya ulaştığı görülmüştür (White ve ark., 2007).

Orijin denemelerinin gelişim süreci ve çok fazla sayıya ulaşması göz önüne alındığında, yerel tohum kaynaklarına bir seçenek olarak, yerel olmayan, uzak kaynaklara "niçin gerek duyulduğu?" sorusu akla gelmektedir. Eriksson ve Lundquist (1986) bu soruya açıklık getirmişler ve doğal (Darvinci) uyum (dölleri gelecek kuşaklara aktarma yeteneği) ile evcilleştirme uyumu (insanların taleplerini karşılama yeteneği) arasındaki ayrıma dikkat çekmişlerdir. Dolayısıyla orijin denemeleri ile, evcilleştirme uyumundan yararlanılmak istenmektedir. Bu kapsamda, Balıkesir-Dursunbey orijininin, Beyşehir-Kurucuaova'da yetiştirilmek istenmesi, Konya ili, Beyşehir ilçesinde Dursunbey orijininin aynı özelliği göstermesinin beklenmesindedir. Bu beklenti ile yapılan orijin denemelerinde yerel orijinlerin her zaman en iyi olmadığını gösteren örneklere rastlanmaktadır (White ve Ching, 1985; Stonecypher ve ark., 1996; Jones, 2013; Ye ve Jayawickrama, 2014; Lu ve ark., 2016). Dolayısıyla, ortada bir araştırma sonucu olmadığı zaman yöresel tohum kaynaklarını kullanmak doğru olmakla birlikte, daha iyi tohum kaynakları için genetik testler yapılması (yapay seçimler) bir seçenek olmaktadır. Bu durumda orijin denemeleri kurulabilmektedir.

Kurulan orijin denemeleri incelendiğinde orijin denemelerinin amaçlarının, doğal coğrafi varyasyonun modellerinin tanımlanması ve ağaçlandırmalar için en iyi orijin veya orijinlerin seçilmesi olduğu görülmektedir (White ve ark., 2007; Zeltins ve ark., 2019). Varyasyonun kısa süreli ve daha az masraflı ortak bahçe

testleri (common garden) veya moleküler teknikler ile de tanımlanabileceği düşünüldüğünde (Eriksson ve ark., 2013), tohum kaynaklarını seçmek için orijin denemelerinden başka yol olmadığı, orijin denemeleri ile aynı zamanda coğrafik varyasyon modellerinin de belirlenebileceğinin altı çizilmiştir (White ve ark., 2007). Bu açıklamalar, orijin denemelerinin asıl amacının en iyi tohum kaynaklarını seçmek ve bu kaynakları ağaçlandırmalarda kullanarak, birim alandan yapılacak odun hammaddesi üretiminin miktarını artırmak olduğunu göstermektedir.

2.2. Karaçam orijin denemeleri

2.2.1. Türkiye genelinde kurulmuş karaçam orijin denemeleri

Türkiye'de ilk ve en geniş çaplı karaçam orijin denemesi, 1984 yılında 24 deneme alanı ve 36 orijin ile kurulmuştur (Şimşek ve ark., 1995; Gökdemir ve ark., 2012; Çalıkoglu ve ark., 2018). Araştırma projesi olarak planlan orijin denemelerinde, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nün liderliğini yaptığı, diğer araştırma Müdürlüklerinin de (Batı Akdeniz, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz) destekleyici kurum olarak yer aldığı anlaşılmaktadır. İlk proje yürütücüsünün de İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nde çalışan Salih Aslan olduğu anlaşılmaktadır (Gökdemir ve ark., 2012). Bazı dönemlerde İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nün lider kurum olma özelliği kaldırılmış, araştırma müdürlükleri kendi sorumluluk alanında kalan deneme alanlarından sorumlu olmuş, aşağıda görüleceği üzere verileri toplayarak ayrı yayınlar da üretilmiştir.

Orijin denemelerindeki orijinlerin, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü tarafından seçilmiş olan 36 tohum meşceresi olduğu görülmüştür (OATIAM, 2020). O döneme kadar kurum tarafından seçilmiş tohum meşcerelerinin hemen tamamı kullanılmıştır (Şimşek ve ark., 1995; OATIAM, 2020). Her bir tohum meşceresinden 50 m aralıklarla 20'şer ağaç seçilmiş, ağaçlardan toplanan tohumlar karıştırılarak (bulk) her bir orijin için yeterli sayıda fidan yetiştirilmiştir. Orijin denemeleri, Akdeniz (4), Ege (5), İç Anadolu (5), Batı Karadeniz (4), Marmara (5) ve Güneydoğu Anadolu (1) Bölgelerinde toplam 24 deneme alanında kurulmuştur (Çizelge 1). İç Anadolu Bölgesinde 2+0 tüplü, diğer Bölgelerde ise 2+0 çıplak köklü fidanlar kullanılmıştır. Elazığ-Baskil deneme alanında 11, Konya-Kızılören deneme alanında 29 orijin bulunurken, diğer deneme alanlarının tamamında 36 orijin kullanılmıştır. Denemelerde 2x2 m aralık mesafe ile 3 yinelemeli tesadüf blokları deneme deseni kullanılmıştır. Bloklardaki parsel düzenlemesi kare olup, her bir orijin her blokta 25, deneme alanında ise 75 bireyle temsil edilmiştir. Denemeler kurulduktan bir yıl sonra gerekli görülenlerde bir kez tamamlama yapılmıştır. Denemelerin kuruluşundan hemen sonra (tesis boyu) ve ilk 5 yıl boyunca, her

yıl boylar ölçülmüştür. Toplanan ilk beş yıllık boy verilerin değerlendirilmesinin olmadığı görülmektedir (Şimşek ve ark., 1995).

Çizelge 1. Orijin denemelerinin kuruluşunda ve yapılan değerlendirmelerde bölgelere göre deneme alanı sayıları.

Dönem	Bölgelere göre deneme alanı sayısı	Toplam
Kuruluş	Akdeniz (4)*, Ege (5), İç Anadolu (5), Batı Karadeniz (4), Marmara (5) ve Güneydoğu Anadolu (1)	24
9. yaş	Akdeniz (3), İç Anadolu (2), Batı Karadeniz (3) ve Marmara (4)	12
25. yaş	Akdeniz (2), İç Anadolu (2), Batı Karadeniz (1) ve Marmara (1)	6
31. yaş	Akdeniz (1), İç Anadolu (2), ve Marmara (1)	4

*Deneme alanı sayısı

Orijin denemelerinin dokuz yaşında yapılan ilk değerlendirmesinde, boy ve yaşama yüzdesi özellikleri kullanılmıştır (Şimşek ve ark., 1995). Ege Bölgesindeki 5 deneme alanında fidanlar kuruduğu için değerlendirmelerden çıkarılmıştır. Ege Bölgesine ilave olarak, 6 deneme alanının kurumalar nedeniyle çeşitli tarihlerde elden çıktığı, Elazığ-Baskil deneme alanının ise durumunun iyi olmasına karşın 11 orijin içerdiği için değerlendirilmediği belirtilmiştir. Dolayısıyla değerlendirmeler 12 deneme alanı üzerinden yapılmıştır (Çizelge 1). Keşan deneme alanı en yüksek (322,3 cm), Mersin deneme alanı ise en düşük (67,3 cm) boy ortalamasına ulaşmıştır. Yaşama yüzdesi en yüksek deneme alanı Keşan (%99,7) olurken, en düşük deneme alanı ise Isparta-1150 (%8,9) olmuştur. Su açığı görülen, deneme alanlarındaki kurumaların çok olmasından dolayı, karacamanın kurak bölge ağaçlandırmalarında kullanılmaması, yalnızca Marmara ve Batı Karadenizde yapılacak ağaçlandırmalarda kullanılması, Marmara ve Batı Karadeniz için M.Kemalpaşa-Burhandağ, Alaçam-Gölcük ve Kastamonu-Karadere (sadece Batı Karadeniz) orijinleri önerilmiştir (Şimşek ve ark., 1995).

İlk değerlendirmede yaşama yüzdesi çok düşük olan deneme alanlarının (%8,9-15,7) istatistik değerlendirmeye alındığı görülmüştür. Bu deneme alanlarında her orijinde 75 fidan yerine, ortalama 7-12 fidan kaldığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bu kadar kuruma olan deneme alanlarından sağlıklı veri üretmek mümkün olmayacağı için orijinleri uyum ve büyüme açısından değerlendirmek doğru değildir. Nitekim bu deneme alanlarında, orijinlerin hemen hemen tamamının kuruma oranlarının çok benzer olması, deneme alanlarındaki bakım ve koruma sorunlarının olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, denemelerin değişik zamanlarda elden çıkması deneme alanlarına yeterince bakım ve koruma yapılmadığını göstermektedir. Ancak, bu konuda yeterli açıklamaya rastlanılmamıştır. Ayrıca Elazığ-Baskil deneme alanında bireylerin sağlıklı olmasına karşın, 11 orijini içermesinden dolayı değerlendirme dışı bırakılması anlaşılabilir. Elazığ için 11 orijin üzerinden sıralama yapılabilir ve bu deneme alanındaki bilgiler de kullanılabilir. Yine blok etkisine varyans analizi

değerlendirmesinde yer verilmemesi de açıklamaya muhtaçtır.

İkinci değerlendirme 25 yaşında boy, göğüs çapı ve gövde düzgünlüğü kullanılarak yapılmıştır (Gökdemir ve ark., 2012). İlk değerlendirmenin yarısı kadar, yani 6 deneme alanında, değerlendirme yapılmıştır (Çizelge 1). Deneme alanlarının azalmasında kuruma nedeni ile elden çıkmalar yanında, sağlıklı veri alınamayacak konuma gelenlerin de olduğu belirtilmiştir. Kullanılan istatistik modelin, deneme desenine uygun olduğu görülmüştür. Deneme alanlarının duyarlılığına ilişkin, parsel varyasyon katsayıları tahmin edilmiş ve denemelerin duyarlılıklarının oldukça düşük olduğu öne sürülmüştür. Deneme alanlarında en yüksek boy ortalaması Mengen-Coşur (871 cm), en düşük ise Eskişehir-Yusuflar (290 cm), yine en yüksek (168 mm) ve en düşük (70 mm) çap ortalamaları aynı sıra ile aynı deneme alanlarında görülmüştür. Yaşama yüzdeleri ise %34 (Keçiborlu-Söğütadağı) ile %79 (Mengen-Coşur) arasında değişmiştir. Marmara Bölgesi dışındaki deneme alanlarının yaşama yüzdelerinin daha düşük olduğu ve orijinler arasında boy, çap ve hacim açısından orijinler arasında istatistik olarak farklılık gözlenmediği belirtilmiştir (Gökdemir ve ark., 2012). Bu sonuç “her orijin her bölge için kaynak olarak kullanılabilir” anlamına gelmektedir.

Üçüncü değerlendirme 31 yaşında boy, göğüs çapı ve gövde düzgünlüğü kullanılarak yapılmıştır (Çalikoğlu ve ark., 2018). Deneme alanlarında eksilmeler sürmüş, değerlendirmede 4 deneme alanı kullanılmıştır (Çizelge 1). En yüksek (736,6 cm) boy ortalaması Gemlik, en düşük (457,2 cm) Eskişehir deneme alanında, en yüksek (179,7 mm) ve en düşük (106,9 mm) çap ortalamaları ise aynı sırayla aynı deneme alanlarında bulunmuştur. Orijinler arasında farklılık görülmemiştir. Diğer yandan 31. yaşın sonunda elde kalan denemelerin, toprak koruma karakterinde ağaçlandırmalar yapılan İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde olmasından dolayı ulaşılan noktada orijin denemelerinin beklenen amaçta ulaşmadığı belirtilmiştir (Çalikoğlu ve ark., 2018).

2.2.2. Ege Bölgesi karaçam orijin denemeleri

İlk kurulan orijin denemelerinde Ege bölgesindeki denemelerin tamamen kurulması nedeniyle, 1993 yılında ayrı bir seri olarak yeniden orijin denemeleri kurulmuştur (Doğan ve Acar, 2004; Acar ve ark., 2010). Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü'nün belirlemiş olduğu, Ege Bölgesindeki, tohum meşcereleri orijin olarak kullanılmıştır. Bu denemede, Türkiye genelinde kurulan orijin denemelerinde olduğu gibi her bir orijinde 50 m mesafe kullanılarak, 20 ağaçtan tohumlar toplanmış, toplanan tohumlar karıştırılarak 2+0 fidanlar üretilmiştir. Kuruluşlar, Ege Bölgesinde, 18 orijinle, üç yinelemeli tesadüf blokları deneme deseni kullanılarak üç deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Parsel düzenlemesi 16 fidanlı karedir. Deneme alanlarında kullanılan aralık mesafe 2,5 x 1,5 m'dir (Doğan ve Acar, 2004; Acar ve ark., 2010).

İlk değerlendirme boy, boy artımı ve yaşama yüzdesi kullanılarak beş yaşında yapılmıştır (Doğan ve Acar, 2004). Denemelerde yaşam yüzdelerinin %90'ın üzerinde olduğu ve yaşama yüzdesi bakımından istatistik farklılık, görülmediği, boy için ise M.Kemalpaşa-Burhandağı orijinin öne çıktığı belirtilmiştir. İkinci değerlendirme, 15. yaşta boy, göğüs çapı, hacim ve gövde düzgünlüğü üzerine yapılmış ve yalnızca Dursunbey-Dursunbey deneme alanında orijinler arasında istatistik farklılıklar gözlenmiştir. Hacim açısından öne çıkan orijinlerin Alaçam-Gölcük ve Gördes-Güneşli olduğu belirtilmiştir (Acar ve ark., 2010). Yine boy ve çap açısından da M. Kemalpaşa-Burhandağı, Domaniç-De-reçarşamba orijinleri öne çıkmıştır.

2.2.3. Diğer karaçam orijin denemeleri

Yukarıda söz edilen Türkiye geneli ve Ege Bölgesi orijin denemelerinden başka bazı orijin denemeleri veya yayınları bulunmaktadır. Bunlar hakkında aşağıda çok kısa bilgiler verilmiştir.

Türkiye çapında kurulmuş olan genel orijin denemelerinin içinde olan Marmara ve Batı Karadeniz Bölgesi orijin deneme alanları, 21 yaşında bölgesel olarak değerlendirilmiş ve öneriler getirilmiştir (Tosun ve ark., 2011). Ancak bu deneme alanları, yukarıda belirtildiği gibi 25. yaşta genel değerlendirme içinde zaten yer almıştır (Gökdemir ve ark., 2012).

Tunçtaner ve ark. (1986) Gemlik yarımadasında 1975 yılında kurulan orijin denemesinde 10. yaşta yerli ve yabancı orijinleri boy, çap ve gövde düzgünlüğü açısından karşılaştırmışlar, Korsika ve Tavşanlı-Çatak orijinlerinin öne çıktığını belirtmişlerdir.

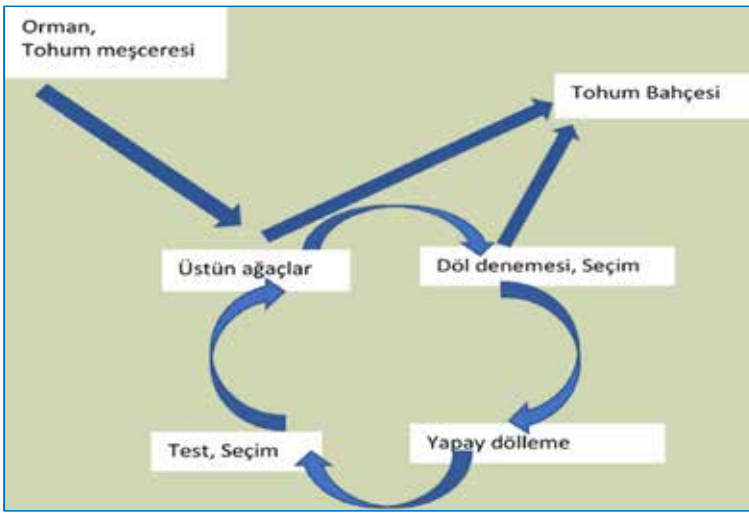
Tulukçu ve ark. (2002) Marmara bölgesinde, 1990 yılında kurulan iki deneme alanında yerli ve yabancı karaçam orijinlerinin gelişimlerini 11. yaşta değerlendirmişler, yabancı orijinlerin, tek yerli orijin olan M.Kemalpaşa-Burhandağı'dan daha iyi gelişim gösterdiğini bulmuşlardır.

Aslan (1991) iki deneme alanında, 1976 yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kurulmuş, ibreli türlerde 15 adet tür/orijin denemelerinin boy ve göğüs çapı özelliklerinde, 15. yıl değerlendirmesini yapmış, karaçamın Kütahya-Simav ve Balıkesir-Dursunbey orijinlerinin diğer ibreli türlere göre daha gerilerde kaldığını bulmuştur.

3. Karaçam Ağaç Islahı Çalışmaları: Tohum Bahçeleri

Orman ağaçlarında ıslahın amacı, genetik ilkeleri uygulayarak, ağaçlandırmalarda birim alandan üretilen odun ürünlerinin miktar ve kalitesini artırmaktır (Zobel ve Talbert, 1984; Ruotsalainen, 2014). Orman ağaçlarında yapılan ıslah çalışmaları, en iyi ağaçları seçmeyi, onlar arasında yapay döllemeler yapmayı ve

dölleri test ederek genetik değerini bulmayı içeren bir döngüyü içermektedir (Namkoong ve ark., 1988; Eriksson ve ark., 2013). Döngüsel seçim (recurrent selection) olarak adlandırılan yöntem (Şekil 1), ağaç ıslahı çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (White, 1987; White ve ark., 2007; Isik ve Mckeand, 2019). Diğer yandan döngüsel seçimin başlangıcını oluşturan, kitle (mass) veya fenotipik seçim denen seçimler, bireylerin klonları, ataları, dölleri veya diğer akrabalıklarının performansı hakkında bilgi olmaksızın bireylerin sadece dış görünüşleri temel alınarak yapılmaktadır (White ve ark., 2007). Bu durumda Şekil 1’de de görüleceği üzere tohum meşceresi seçilmesi, tohum meşcerelerinden üstün ağaçların seçilmesi ve üstün ağaçlardan tohum bahçesi kurulması, kitle (mass) veya fenotipik seçim olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1. Ağaç ıslahında döngüsel seçim (Ruotsalainen, 2014), döngüsel seçim, tohum meşcereleri seçimi, üstün ağaç seçimleri, döl denemeleri, yapay dölleme, (döl denemeleri), deneme sonucuna göre seçim şeklinde sürmekte ve her seçim sonunda tohum bahçesi kurulmaktadır.

Karaçamda ağaç ıslahı çalışmaları, fenotipik seçim biçiminde sürdürülmektedir. Buna göre Atalay (1977) tarafından belirlenen, daha sonra Atalay ve Efe (2010) ile güncellenen tohum transfer bölgeleri içinde kalınarak, Ürgenç (1982) tarafından ortaya konulmuş ilkelere göre tohum meşcereleri, tohum meşcereleri içinden üstün ağaçlar seçilmiş, üstün ağaçlardan alınan kalemler kullanılarak aşılı (clonal) tohum bahçeleri kurulmuştur. 1994 yılında, Milli Ağaç Islahı ve Tohum Üretim Programı (MAP) yürürlüğe girmiştir (Koski ve Antola, 1993). Atalay (1977) tarafından belirlenmiş tohum transfer bölgeleri (Şekil 2), MAP ile genişletilmiş ve ıslah zonları olarak adlandırılmıştır. MAP, ıslah zonlarında döl denemeleri kurmayı ve ıslah zonlarının uygunluğunu test etmeyi öngörmüştür. Ancak, bugüne kadar karaçamda döl denemeleri kurul-

mamıştır. Dolayısıyla, Atalay (1977) ile Koski ve Antola (1993) temel alınarak karaçamda fenotipik seçimler Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü Enstitüsü (OATIAM) sorumluluğunda sürdürülmektedir.

3.1. Tohum meşceresi seçimi

Tohum meşceresi seçimi fenotipik seçimin başlangıcını oluşturmaktadır. Ürgenç (1982) tarafından belirlenen esaslar dikkate alınarak, yöresine göre daha kaliteli ve hızlı gelişen ağaçlardan oluşan meşcereler tohum meşceresi olarak seçilmiş, amenajman planlarına tescil edilmiş ve OATIAM veri tabanına girilmiştir. Diğer yandan aynı tohum transfer bölgesinde, ağaçlandırmaların tohum ihtiyacı dikkate alınarak, birden fazla tohum meşceresi seçilebilmiştir. Seçilen tohum meşcereleri **71 adet 9.090,8ha'a** ulaşmıştır (OATIAM, 2020). Tohum meşcere alanları 35,9 ile 444,1 ha arasında değişmekte ve genellikle üstün ağaçların seçildiği bir nüve alanı da bulunmaktadır.



Şekil 2. Karaçam tohum transfer bölgeleri (Atalay ve Efe, 2010).

3.2. Üstün ağaç seçimi

Fenotipik (boy, çap gibi gözlenebilen özellikler kullanılarak) seçimde, tohum meşcerelerin belirlenmesinden sonraki aşama üstün ağaç (plus tree) seçilmesidir (Ürgenç, 1982; Zobel ve Talbert, 1984; Ruotsalainen, 2014). Üstün ağaç seçimlerinin değerlendirildiği bir derlemede, üstün ağaçların tohumları ağaçlandırmalarda kullanıldığında tohum meşceresine göre, boy ve çap için %15, hacim için %35'e kadar artış sağlanabileceği, ancak seleksiyon yoğunluğu, kalıtım derecesi ve genetik varyansa bağlı olarak bu artışların değişebileceği belirtilmiştir (Cornelius, 1994). Diğer yandan, Morgenstern ve Mullin (1988) ise üstün ağaç seçiminde boy için sağlanabilecek artışın sınırlı olduğunu ve üstün ağaç

seçimi için yapılan masrafa değemeyebileceğini belirtilmişlerdir. Ayrıca, üstün ağaçlar, tohum meşceresinde üstün olmayan ağaçlarla polen alışverişinde bulunabilmelerinden dolayı, ağaçlandırmalardaki boy, çap veya hacim artışlarının da bundan olumsuz etkilenmeleri beklenmektedir. Üstün ağaç seçimi, Şekil 1'de görüleceği üzere, fenotipik seçimde bir aşama olarak kullanılmaktadır.

Üstün ağaç seçimlerinde, çoğunlukla regresyon, kıyas ve sübjektif (kişisel) yöntem diye bilinen yöntemler kullanılmaktadır (Zobel ve Talbert, 1984; White ve ark., 2007). *Regresyon yönteminde*, hacimde (diğer özellikler de olabilir) meşcere ortalamasının üzerinde olan ağaçlar seçilirken, aynı zamanda kalite özellikleri dikkate alınmaktadır. *Kıyas yönteminde* aynı alanda seçilebilecek 4-6 aday ağaç, hacim ve kalite özellikleri açısından karşılaştırılarak üstün ağacın seçilmesine karar verilmektedir. *Sübjektif yöntemde* ise belirli bir hat üzerinde üstün ağaç özellikleri taşıdığı düşünülen ağaçlar seçilmektedir (Ledig, 1974; Zobel ve Talbert, 1984; White ve ark., 2007).

Üstün ağaç seçiminde seçim ölçütlerini içeren bir karne kullanılmakta (Ek 1), karnede, üstün ağacın büyüme, kalite ve zararlılara karşı (biyotik, abiyotik) dayanıklılığına ilişkin ölçütler kullanılmaktadır (Ürgenç, 1982). Üstün ağaç seçiminde dikkat edilen diğer bir konu da akrabalık etkisini engellemek amacıyla belirli bir aralık korunarak seçim yapılmasıdır. Uygulamada, yaklaşık 70 m mesafe bırakılarak, hektarda 2 ağaç seçilmektedir. Karaçamda üstün ağaç seçimlerinde (Şekil 2) kıyas ve regresyon yöntemleri kullanılmış ve 2014 yılı sonu itibarı ile toplam **2.375 adet üstün ağaç** seçilmiştir (OATIAM, 2020).



Şekil 2. Karaçam'da seçilmiş bir üstün ağaç ve aşılı fidanlar (OATIAM Arşivi).

3.3. Tohum bahçeleri

Üstün ağaç seçilmesinden sonra, üstün ağaçlardan aşılı kalemi alınıp, aşılı fidanlar ile (Şekil 2), klonal tohum bahçeleri kurulmaktadır (Şekil 3). Tohum bahçeleri, sık, bol ve kolay tohum üretilen, dışardan polen alışverişinin engellendiği veya azaltıldığı döller (aşısız tohum bahçeleri) veya klonların (aşılı tohum bahçeleri) bir ağaçlandırması olarak tanımlanmaktadır (OECD, 1974). Tanımdan da anlaşılacağı üzere tohum bahçeleri aşısız (seedling seed orchard) ve aşılı (clonal seed orchard) olarak ikiye ayrılmaktadır (Zobel ve Talbert, 1984; White ve ark., 2007). Tohum bahçeleri, tohum üretimini artırmak için daha alt yükseltile, güney bakılara ve daha geniş aralık mesafeler kullanılarak kurulmaktadır (Ürgenç, 1982; Zobel ve Talbert, 1984).



Şekil 3. Andırın-Fındıklıdere orijinli, 80 ulusal kayıt nolu (UKN) karaçam tohum bahçesi (OATIAM Arşivi).

Tohum bahçeleri kurulduktan sonra, tohum meşcerelerinden tohum toplanmasına gerek bulunmamaktadır. Bunun birinci nedeni tohum bahçeleri seçilmiş bireylerden (üstün ağaçlar) oluştuğu için genetik kazanç (ağaçlandırmalarda birim alandaki hacim artışı) daha yüksektir. İkinci nedeni ise tohum meşcerelerine göre tohum bahçelerine daha kolay ulaşılması ve daha kolay tohum toplanmasıdır (Şekil 4). Dolayısıyla, tohum toplama ve üretmenin maliyeti daha düşük olmaktadır. Bu bakımdan tohum meşcereleri geçici, tohum bahçeleri ise sürekli tohum kaynakları olarak nitelendirilmektedir (Zobel ve Talbert, 1984). Dolayısıyla, tohum bahçeleri, ıslah edilen materyalin ağaçlandırmalara aktarılmasını sağlayan bir işlev görmekte ve ağaç ıslahı açısından üretim popülasyonları olarak da adlandırılmaktadır (White ve ark., 2007; Funda ve El-Kassaby, 2013). Diğer yandan tohum bahçeleri kuruluşunda akrabalı yetiştirmeyi engelleyecek veya azal-

tacak özel bir desenleme kullanılmakta, akrabalık etkilerini giderebilmek için her bir üstün ağaca ait rametler (aynı klona ait bireyler, kopyalar) birbirinden yeteri kadar uzak kalacak şekilde tohum bahçesi alanına yerleştirilmektedir (White ve ark., 2007). Anlaşılacağı üzere tohum bahçeleri en üst düzeyde tohum üretimi sağlamak üzere oluşturulmakta ve ağaç ıslahının çıktısını oluşturmaktadır.



Şekil 4. Karaçam tohum bahçesinde bir birey ve tohum bahçesinde kozalakların verimi (OATIAM Arşivi).

Türkiye’de aşılı (klonal) tohum bahçeleri kullanımı tercih edilmektedir. Tohum bahçelerinin kuruluşlarının planlanması, türün biyolojisi ve üretilen tohum miktarına bağlı olmaktadır (Koski ve Antola, 1994; Alan ve ark., 2007). Türkiye’de karaçam tohum bahçeleri 9-10 yaşlarında tohum vermeye başlamakta, 1 kg tohumdan 12.500 fidan elde edilebilmekte, ağaçlandırmalarda hektara 3.200 fidan dikilmekte, hektardaki tohum ihtiyacı 0,256 kg/ha/yıl olmakta, tohum meşçeresinden ortalama 4,33 kg/ha/yıl ve tohum bahçesinden ortalama 37 kg/ha/yıl tohum üretimi yapılmaktadır (Koski ve Antola, 1994). Bu varsayımlarla, karaçam ağaçlandırmalarının tohum gereksinimini karşılamak için bugüne kadar ıslah zonlarına göre kurulan tohum bahçeleri Çizelge 2’de görülmektedir. Toplam karaçam bahçesi **55 adet 467,4 ha’a** ulaşmıştır (OATIAM, 2020).

Orman Genel Müdürlüğü, son yıllarda yıllık ortalama 40.000 ha ağaçlandırma yapmaktadır (Alan, 2021). Yıllık ağaçlandırma alanı içinde karaçamın payı bilinmemektedir. Bu konuda veriye erişilememiştir. Yıllık ağaçlandırmanın yarısının (20.000 ha) karaçamlarla yapıldığı varsayıldığında $(20.000 \text{ ha/yıl} * 0,256 \text{ kg/ha/yıl}) / 37 \text{ kg/ha/yıl} = 140 \text{ ha}$ 140 ha tohum bahçesine ihtiyaç duyulmaktadır. Karaçam tohum bahçelerinin, yapılacak ağaçlandırmaların tohum ihtiyacının çok üzerinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Karaçam tohum bahçelerinin ıslah zonlarına göre dağılımı.

Zon ve alt zonlar	Adet	Alan (ha)
Akdeniz Bölgesi	9	111,3
Orta (800-1200 m)	1	8,9
Yüksek (1201-1600 m)	8	102,4
Ege Bölgesi	5	65,1
Orta (800-1200 m)	3	57,5
Yüksek (1201-1600 m)	2	7,6
Marmara Bölgesi	14	92,0
Alçak (500-900 m)	2	25,1
Orta (901-1300 m)	9	49,2
Yüksek (1301-1700 m)	3	17,7
Karadeniz Bölgesi	17	132,8
Alçak (400-800 m)	7	55,9
Orta (801-1200 m)	5	41,0
Yüksek (1201-1600 m)	5	35,9
Kuzey İç Anadolu	6	52,4
Özel formlu	4	13,8
Genel Toplam	55	467,4

4. Sonuç ve Öneriler

Türkiye’de çok büyük emek, çaba ve masraf ile kurulan orijin denemelerinin ulaştığı aşama, orijin denemelerinden beklenen uygun orijinleri seçme amacını gerçekleştiremeyecek noktaya gelmiştir. Eğer 30 yılın sonunda deneme alanları elde tutulabilmiş ve deneme alanlarının duyarlılığı yeterli düzeyde olmuş olsaydı, hemen hemen her orijine ait tohum bahçeleri de bulunduğu için belirlenen orijinler ağaçlandırmalar için doğrudan kaynak olarak kullanılabilir durumda olabilecekti. Ancak bu gerçekleşmemiştir. Yapılan yayınlardan ve orijin denemelerinde görev alan araştırmacılarla kişisel görüşmelerden anlaşılabilirdiği kadar başarısızlığın aşağıdaki nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Birincisi deneme alanlarının koruma, bakım ve takibinin sağlanamamasıdır. Deneme alanı sayısının 24’ten 4’e düşmesine (elden çıkmasına), dair yayınlarda net bilgiler olmamakla birlikte, başta kurumlar olmak üzere, korumanın olmaması ve denemeden sağlıklı veri alınamaması gibi nedenler bu kanıyı güçlendirmektedir. Bu kapsamda deneme alanının bulunduğu orman işletmelerinin deneme alanlarına, orijin denemelerinde öngörülmeven bakım vb. silvikültürel işlemler uyguladığı örneklerle de rastlandığı belirtilmektedir.

İkincisi kurumsal sorumluluğun oluşturulamamasıdır. Denemenin her beş yılda ölçülmesi ve yayın olması amaçlanmıştır. Hatta, ilk beş yıl her yıl ölçüm yapılmıştır. Toplanan ilk verilerin akıbetinin ne olduğu anlaşılammıştır. Dolayısıyla, ilk değer-

lendirme ancak 9. yaşta, ikincisi değerlendirme birinciden 16 yıl sonra 25. yaşta ve son olarak 31. yaşta değerlendirme yapılabilmektedir (Şimşek ve ark., 1995; Gökdemir ve ark., 2012; Çalikoğlu ve ark., 2018). Bu kapsamda araştırma müdürlükleri arasında sorumluluk ve eşgüdüm konusunda da sorunlar yaşandığı anlaşılmaktadır. Sorumlu kuruluş İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü olmasına karşın, bir dönem her araştırma müdürlüğü kendi bölgesindeki deneme alanlarından sorumlu olmuştur. Sonuç olarak, orijin denemelerinin verilerinin (sadece ölçüm verileri değil, deneme alanları gözlemleri, biyotik abiyotik zararlılar vb.) araştırmacılar arasında sürekli bir biçimde devredildiği bir sistem kurulamadığı anlaşılmaktadır.

Üçüncüsü deneme alanlarının yer seçimi, kuruluşu ve deneme deseninin oluşturulmasında bazı sorunların olmasıdır. İkinci (25. yaş) değerlendirme-sinde, parsel varyansının yüksek olduğu ve çevresel varyansın kontrol edilemediğinin belirtilmesi bu durumu teyit etmektedir. Ancak deneme alanlarının çevresel varyansı kontrol etmesinde yetersiz duruma gelmesinde deneme alanlarında bakım ve korumanın yapılamaması, dolayısıyla parsellerde yaşanan fazla sayıda kaybın da etkisinin olabileceği dikkate alınmalıdır.

OATIAM'ın sorumluluğunda, 1960'larda başlatılan ve halen sürdürülen karaçamda fenotipik ağaç ıslahı çalışmalarının başarılı bir noktaya geldiği görülmektedir. Bu çalışmalarının çıktısı olarak, karaçamın yayılış alanını temsil eden 55 adet 467,4 ha aşılı tohum bahçesi bulunmaktadır. Söz konusu tohum bahçelerinin karaçam ağaçlandırmalarının tohum ihtiyacını fazlasıyla karşılayabileceği anlaşılmaktadır.

Karaçamda orijin denemeleri ve fenotipik seçim (ıslah) çalışmaları birlikte düşünüldüğünde, öncelikle karaçam yayılış alanları içinde ekonomik ağaçlandırmaların yoğun olduğu veya ekonomik olarak ağaçlandırma yapılabilecek alanlar belirlenmelidir. Bu alanlar için, daha ileri ağaç ıslahı çalışmaları (genetik testler) yapılmasına karar verilirse, mevcut ıslah zonları dikkate alınarak, tohum bahçeleri tohumları ile döl denemeleri kurulmalıdır. Ayrıca orijin denemelerinde başarılı görülen, M. Kemalpaşa-Burhandağ, Alaçam-Gölcük, Kastamonu-Karadere, Domaniç-Dereçarşamba gibi orijinlerin tohum bahçelerinden tohum toplanarak, döl denemelerinde yer alması sağlanabilir, döl denemeleri, orijin döl denemeleri olarak planlanabilir. Böylece yerel olmayan orijinlerin test edilmesi ve kaynak olarak kullanılması da değerlendirilmiş olur.

Kaynaklar

- Acar, F. C., Altun, Z. G., Boza, A., 2010. Ege Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Am. subsp. *nigra* var. *caramanica*) Orijin Denemesi: Onbeşinci Yıl Sonuçları. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 50, 46 sayfa, İzmir.
- Alan, M., 2020. Silviculture and Tree Breeding for Planted Forests. *Eurasian Journal of Forest Science*, 8(1): 74-83.
- Alan, M., 2021. Amerika Birleşik Devletleri'nin Güney Eyaletlerinde Yapılan

- Ağaçlandırmaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 8 (1): 42-53.
- Alan, M., Öztürk, H., Sıklar, S., 2007. Seed Orchard Planning and Management in Turkey. *Proceedings of a Seed Orchard Conference*, 11-12, Sweden.
- Aslan, S., 1991. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İyi Gelişim Gösteren Bazı İğneyapraklı Ağaç Türlerinin Seçimi (1988 yılı sonuçları). *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi Nu 216*.
- Atalay, İ. 1977. *Türkiye'de Çam Türlerinde Tohum Transfer Rejyonlaması*. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu:1, 47 sayfa, Ankara.
- Atalay, İ., Efe, R., 2010. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Yayın Nu: 424/37, 240 sayfa, Ankara.
- Ching, K. K., 1965. *Early Growth of Douglas-fir in a Reciprocal Planting*. Res. Pap. 3, For. Res. Lab., Oregon State Univ., Corvallis.
- Cornelius, J., 1994. The Effectiveness of Plus-Tree Selection for Yield. *Forest Ecology and Management*, 67(1-3): 23-34.
- Çalıkoglu, M., Akbin, G., Semerci, H., Arslan, M., Aslan, V., Taşdemir, C., Tokcan, M., 2018. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijin Denemelerinin 31. Yıl Sonuçları (Proje Ara Sonuç Raporu). <https://yayin.ogm.gov.tr/index.php?yay=1773&secA=1> (Erişim tarihi: 19.11.2020).
- Doğan, B., Acar, F. C., 2004. Ege Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Am. subsp. *nigra* var. *caramanica*) Orijin Denemesi: Beş Yıllık Sonuçlar. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 24, 29 sayfa, İzmir.
- Eriksson, G., Ekberg, I., Clapham, D., 2013. Genetics Applied to Forestry an Introduction. Genetic Center Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU Box 7070, 750 07 Uppsala, Sweden.
- Eriksson, G., Lundquist, K., 1986. Adaptation and Breeding of Forest Trees in Boreal Areas. In: Lindgren, D., editor. *Provenances and forest tree breeding for high latitudes*, pp. 67-80, Kempe Symp. Rapp. 6, Umea.
- Funda, T., El-Kassaby, Y. A., 2013. Seed Orchard Genetics. In: Hemming D (ed) *Plant Sciences Reviews 2012*, First Edition, CABI, pp 21-44, UK.
- Gökdemir, Ş, Tosun, S., Palazoglu, Z.O., Arslan, M., Coşgun, S., Turker, H., Tokcan, M., 2012. Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Orijin Denemeleri Yirmibeşinci Yıl Ara Sonuçları. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Seri Nu: 293, 40 sayfa, Ankara.
- Isik, F., McKeand, S., 2019. Fourth Cycle Breeding and Testing Strategy for *Pinus taeda* in the NC State University Cooperative Tree Improvement Program. *Tree Genetics & Genomes*, 15(5): 1-12.
- Jones, T. A., 2013. When Local isn't Best. *Evolutionary Applications*, 6(7): 1109-1118.

- Koski, V., Antola, J., 1993. Turkish National Tree Breeding and Seed Production Program for Turkey (1994-2003). Prepared in Cooperation with ENSO Forest Development Inc and Forest Tree Seeds and Tree Breeding Institute, Ankara.
- Koski, V., Antola, J., 1994. Turkish National Tree Breeding and Seed Production Program for Turkey (1994-2003). Volume 2: Technical Instructions. Prepared in Cooperation with ENSO Forest Development Inc and Forest Tree Seeds and Tree Breeding Institute, Ankara.
- Langlet, O., 1971 . Two Hundred Years of Genecology. *Taxon*, 20 (5/6): 653-722.
- Ledig, F. T., 1974. An Analysis of Methods for the Selection of Trees from Wild Stands. *Forest Science*, 20: 2-16.
- Lu, P., Parker, W. C., Colombo, S. J., Man, R., 2016. Restructuring Tree Provenance Test Data to Conform to Reciprocal Transplant Experiments for Detecting Local Adaptation. *Journal of Applied Ecology*, 53(4): 1088-1097.
- Matyas, C., 1996. Climatic Adaptation of Trees: Rediscovering Provenance Tests. *Euphytica*, 92 (1-2): 45-54.
- Morgenstern, E. K., 1996. *Geographic Variation in Forest Trees*. UBC Press, Vancouver, BC.
- Morgenstern, E. K., Mullin, T.J., 1988. Plus-tree Selection: Controlling its Cost. Conference: 21st Canadian Tree Improvement Association At: Truro, Nova Scotia Volume 2: 108-116.
- Namkoong, G., Kang, H. C., Brouard, J. S., 1988. *Tree Breeding: Principles and Strategies*. Springer Science & Business Media, 186 pages.
- OATIAM, 2020. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü web sitesi <https://ortohum.ogm.gov.tr/SitePages/OGM/OGMDefault.aspx>, Erişim tarihi 09.11.2020.
- OECD, 1974. Establishing an OECD Scheme Fort the Control of Forest Reproductive Material Moving in International Trade, C (74) 29, pp.: 23.
- OGM, 2015. Türkiye Orman Varlığı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. 32 sf. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2016-2017.pdf>, Erişim tarihi: 09.11.2020.
- OGM, 2020. Resmi İstatistikler. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx?>, Erişim tarihi: 18.11.2020.
- Ruotsalainen, S., 2014. Increased Forest Production Through Forest Tree Breeding. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (4): 333-344.
- Saatçioğlu, F., Ürgenç, S., 1963. Ankara'da Kurulmasına Karar Verilen "Orman Tohumları Tedariki, Kontrolü ve Ambarlama İşleri Müessesesinin" Amaç, Plan ve Cihazlandırılmasına Ait Teklifler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13B (2): 1-16.
- Shelbourne, C. J. A., 1969. *Tree Breeding Methods*. Forest Research Institute New Zealand Forest Service. 43 pages, Wellington.

- Stonecypher, R.W., Piesch, R.F., Heilman, G.G., Chapman, J.G. and Reno, H.J., 1996. Results from Genetic Tests of Selected Parents of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in an Applied Tree Improvement Program. Forest Science Monographs, 32 pages.
- Şimşek, Y., Erkuloğlu, O.S., Tosun, S., 1995. Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* Am. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijin Denemelerinin İlk Sonuçları. İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi, Nu: 247, 64 sayfa, Ankara.
- Tosun, S., Palazoğlu, Z.O., Arslan, M., Duyar, A., Şenel, P., Tokcan, M., 2011. Batı Karadeniz ve Marmara Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana*) Orijin Denemeleri 21. Yıl Sonuçları. Batı Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Seri Nu: 16, Bakanlık Yayın Nu: 380, Müdürlük Yayın Nu: 26, 33 sayfa, Bolu.
- Tulukçu, M., Toplu, F., Tunçtaner K., Akçiğdem, E., Durcan, E., 2002. Marmara Bölgesinde Korsika Karaçam (*Pinus nigra* Am.subsp. *laricio* Poirlet Maire) Orijin Denemelerinin 11 Yıllık Sonuçları. *Kavakçılık Araştırma Dergisi*, 28: 3-26.
- Tunçtaner, K., Tulukçu, M., Toplu, F., 1986. Gemlik Yarımadasında Yerli ve Yabancı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Orijinlerinin Büyüme Yönünden Karşılaştırılmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni Nu:22, İzmit.
- Ürgeç, S., 1967. Türkiye'de Çam Türlerinde Tohum Tedarikine Esas Teşkil Eden Problemlere Ait Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayın Sıra Nu: 468, Seri Nu: 44, 192 sayfa, Ankara.
- Ürgeç, S., 1982. *Orman Ağaçlarının Islahı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını Nu: 2836/293, 414 sayfa, İstanbul.
- White, T. L., 1987. A Conceptual Framework for Tree Improvement Programs. *New Forests*, 1: 325-42.
- White, T. L., Adams, W. T., Neale, D. B., 2007. *Forest Genetics*. Cabi, 704 pages, USA
- White, T. L., Ching, K. K. 1985. Provenance Study of Douglas-fir in the Pacific Northwest Region. IV. Field Performance at Age 25 years. *Silvae Genetica*, 34: 84-90.
- Wright, J. W., Bull, W. I., 1963 . Geographic Variation in Scots pine. *Silvae Genetica*, 12: 1-40.
- Ye, T. Z., Jayawickrama, K. J. S. 2014. Geographic Variation and Local Growth Superiority for Coastal Douglas-Fir-Rotation-Age Growth Performance in a Douglas-Fir Provenance Test. *Silvae Genetica*, 63 (1-6): 116-124
- Zeltins, P., Katrevics, J., Gailis, A., Maaten, T., Desaine, I., Jansons, A., 2019. Adaptation Capacity of Norway Spruce Provenances in Western Latvia. *Forests*, 10 (10): 840.
- Zobel, B., Talbert, J., 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons, 505 pages, New York.



Eğirdir Orman Fidanlığı, 2012
Ayşe DELİGÖZ

17

KARAÇAM FİDAN ÜRETİMİ

1. Giriş

Türkiye'nin orman varlığı 2015 yılında 22,3 milyon ha iken 2020 yılında 22,9 milyon ha'ya ulaşmıştır (OGM, 2021). Bu artış; yeni ormanların tesisi, baltalık ormanları ile boşluklu kapalı orman alanlarındaki azalışa bağlı olarak koru orman alanı payının yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte hala ormanlarımızın %43'ü boşluklu kapalı orman olup, verimsiz orman alanlarının verimli hale getirilmesi için yöreye uygun türler kullanılarak bu sahaların ağaçlandırma yoluyla verimli hale getirilmesi gereklidir. Burada ilk ve en önemli kararlardan biri yöreye uygun ağaç türünün seçimidir. Tür seçiminde; ağaçlandırma amacının belirlenmesi, yetişme ortamının ekolojik karakteristiklerinin incelenmesi ve yetişme ortamının ekolojik karakteristikleriyle ağaç türlerinin biyolojik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi temel ilkelerdir (Ürgeç ve Çepel, 2001). Dikim çalışmaları emek, zaman ve para olarak önemli masrafları getiren ve başarısız olunması durumunda büyük zararlara yol açan güç ve riskli faaliyetlerdir.

Türkiye'de ağaçlandırma faaliyetleri uzun yıllardan beri devam etmekte ve 2008-2018 yılları arasında yıllık ortalama 43.301 ha sahada ağaçlandırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir (OGM, 2020a). Anadolu karaçamı ülkemizin farklı iklim ve toprak koşullarına sahip farklı coğrafik alanlarda yapılan ağaçlandırma çalışmalarında tercih edilen ve yoğun olarak kullanılan türler arasında yer almaktadır. İğne yapraklı türler arasında en fazla yayılış alanı gösteren kızılçam ormanlarından sonra 4,3 milyon ha yayılış alanı ile ülkemiz ormanlık alanının %19'unu oluşturarak oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir (OGM, 2015). Doğu ve Güneydoğu Anadolu coğrafi bölgeleri ile Doğu Karadeniz Bölümü dışında tüm bölgelerde yayılış gösterir. En az yaygın olduğu bölge İç Anadolu'dur. İklim açısından denizsel iklimle karasal iklim arasındaki geçiş kuşağı arasındaki dağ ortamında yer alan karaçam, İç Anadolu bozkırına doğru uzanan, yıllık ortalama yağışın 400 mm'nin altına düştüğü yerlerden kaçınan, yarı nemli ortamlarda optimum gelişmesini sağlayan ve genellikle her türlü ana materyal üzerinde yetişen orman ağacı türümüzdür (Atalay ve Efe, 2010). Karaçamın İç Anadolu'daki doğal marjinal popülasyonlarının, bulunduğu ortamdaki mikro çevre koşullarına uyum sağlayabilmek için popülasyon içinde büyük bir genetik çeşitliliği muhafaza ettiği bildirilmiştir (Kaya ve Teremit, 1994). Bununla birlikte karaçam türü ile yapılan bazı ağaçlandırma sahalarında özellikle yarı kurak bölgelerdeki alanlarda kurumaların gözlemlendiği, bunun nedenleri ara-

¹⁾ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Isparta, Elmek: aysedeligoz@isparta.edu.tr

sında uygun orijinli tohum ve fidan kullanımını sorununun da yer alabileceği belirtilmiştir (Dağdaş, 2016). Bu nedenle, Anadolu karaçamı türü ile yapılan ağaçlandırma çalışmalarında başarılı olmak ve yüksek verim elde etmek için öncelikle, yöre ve yükseltilere uygun tohum kaynaklarını belirlemek ve onlardan elde edilen tohumları kullanarak kaliteli fidan üretimini ve kullanımını sağlamak önem arz etmektedir.

Ağaçlandırma için ihtiyaç duyulan karaçam fidanları devlet orman fidanlıklarında yetiştirilmektedir. Orman Genel Müdürlüğü (OGM) bünyesinde 2018 yılı itibariyle 137 adet orman fidanlığı bulunmakta ve bu fidanlıklarda toplam 214,8 milyon adet yeni fidan üretimi ve 320,3 milyon adet fidan bakımı (devreden ve yeni üretim) gerçekleştirilmiştir (OGM, 2019). Karaçam türü ile yapılan ve yapılması öngörülen ağaçlandırma çalışmalarının başarısı öncelikle bu fidanlıklarda kaliteli fidan üretimi ve kaliteli fidan yetiştirmek için yöre ve türe özgü özelliklere uygun fidanlık tekniğinin geliştirilmesi gibi henüz tam olarak çözümlenmemiş sorunlarımızın çözüme ulaşmasına bağlıdır. Bu çalışmada orman fidanlıklarımızda üretimi yapılan karaçam fidanlarının yetiştirme tekniği ile fidan özelliklerine ilişkin güncel bilimsel çalışmalar ve deneyimler incelenerek, kaliteli fidan üretimine ilişkin uygulamada yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri sunulmuştur. Çalışma kapsamında Anadolu karaçamının tohum kaynakları, kozalak ve tohum özellikleri ve fidan üretimi incelenmiştir.

2. Tohum Kaynakları

Ülkemizde ağaç ıslahı çalışmaları 1960'lı yıllarda ağaçlandırma çalışmalarına üstün kaynaklardan (tohum meşçeresi) tohum elde etmek amacı ile başlamıştır (Şengün ve Alan, 2005). Ağaç ıslahı çalışmaları kapsamında, ilk aşama üstün fenotipli meşçere seçimi ile tohum meşçerelerinin tespiti, ikinci aşama ise üstün nitelikli populasyonlar içinde seçilen plus ağaçlardan alınan aşı kalemeleri veya tohumlar ile tohum bahçelerinin tesisidir. Tohum bahçeleri tesis çalışmaları ile gelecekteki tüm tohum ihtiyaçlarının bu bahçelerden sağlanması, genetik çalışmalara temel oluşturması, iyi nitelikli yok olma tehlikesi bulunan populasyonların korunması amaçlanmıştır. Türkiye'de karaçam türünde ilk tohum bahçesi 1965 yılında Suad ÜRGENÇ tarafından Belgrad ormanında araştırma amacıyla kurulmuştur (Boydak, 1979). İlk ağaç ıslah programı (Milli Ağaç Islahı ve Tohum Üretimi Programı) ise 1994 yılında uygulamaya konulmuş ve bu programda karaçam hedef tür olarak gösterilmiştir. Karaçamla ilgili olarak 2020 yılı itibariyle 9.090,8 hektar alanda toplam 71 adet tohum meşçeresi, 467,4 ha alanda toplam 55 adet tohum bahçesi ve 6.589,2 ha alanda toplam 42 adet gen koruma ormanı bulunmaktadır (OGM, 2020b). Hangi tohum kaynaklarının nerelerde kullanılacağına bilinmesi ağaçlandırma çalışmalarının başarısı açısından büyük önem arz etmektedir. Bu konuda karaçamda tohum transfer rejonlama çalışması yapılmıştır (Atalay ve Efe, 2010). Karaçam ormanları ekolojik özellikleri dikkate alınarak tohum nakli açısından 6 bölgede (Karadeniz, Karadeniz ardı, Marmara, Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgesi) top-

lam 32 bölüme ayrılmıştır. Ülkemizde 12 ayrı bölgede kurulan karaçam orijin denemelerinin 9 yaşındaki değerlendirmelerine göre, ağaçlandırma çalışmaları için Marmara Bölgesinde Dursunbey-Gölcük orijini ile M. Kemalpaşa-Burhandağı orijininin, Batı Karadeniz Bölgesinde Dursunbey-Gölcük orijini ile Kastamonu-Karadere orijininin kullanımı önerilirken, İç Anadolu Bölgesinde yetişme ortamı uygun olmayan alanlarda karaçamın kullanımından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir (Şimşek ve ark., 1995).

Kurak ve yarı kurak alanlarda etkili olan ekstrem iklim şartları ağaçlandırma çalışmalarının başarısını olumsuz etkileyebilmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nde olduğu gibi bazı ağaçlandırma alanlarında don veya kuraklık stresi etkili olabilmektedir. Bu alanlarda dona ve kuraklığa dayanıklı orijinleri kullanmak en doğru karar olacaktır. Andırın, Göksun ve Mengen orijinleri kışın dona daha dayanıklı iken, Balıkesir ve M. Kemalpaşa orijinlerinin dona duyarlı olduğu, M. Kemalpaşa, Tavşanlı, Yılanlı ve Afyon orijinlerinin ise kuraklığa daha dayanıklı orijinler olduğu tespit edilmiştir (Semerci ve ark., 2008). Kızılcahamam, Yılanlı ve M. Kemalpaşa orijinlerinin yaz kuraklığın daha şiddetli olduğu potansiyel alanlardaki ağaçlandırmalarda kullanımı Çalikoğlu (2002) tarafından da önerilmiştir. M. Kemalpaşa orijini Çerkeş orijini ile birlikte Larsen ve Suner (1986) tarafından da ülkemizdeki 13 orijin içerisinde kuraklığa en dayanıklı orijinler olarak tespit edilmiştir. Anadolu'nun iç kesimlerine düşen orijinlerin ise dona daha dayanıklı olduğu belirtilmektedir. Dona veya kuraklığa dayanıklı orijinlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar hızla devam etmelidir.

3. Kozalak ve Tohum Özellikleri

Türkiye'de karaçamın yayılış alanlarını temsil etmek üzere farklı bölgelerden ve yükseltilerden seçilen sahalardan toplanan kozalak örneklerinde Eylül ayında toplanan kozalaklardan elde edilen tohumlarda çimlenme kabiliyetinin düşük olduğu, Ekim ayından itibaren Mart ayına kadar çimlenme yüzdesinin değişmeyen seviyede (stabil) yüksek olduğu, özellikle Mart ayında en yüksek çimlenmenin gerçekleştiği belirlenmiştir (Atay, 1959). Batı Karadeniz bölgesinde alt ve üst yükselti basamağında erken toplanan karaçam kozalaklarından yararlanma imkanları araştırıldığında; Ağustos ortasında %5,2 olan çimlenme yüzdesinin yavaş yavaş arttığı ve 1 Ekim tarihinden itibaren %50'nin üzerine çıktığı görülmüştür. Bu nedenle özellikle üst yükselti basamağında kış koşullarının erken gelmesi nedeniyle kozalak toplama imkanlarının güçleştiği meşcerelerde 1 Ekim tarihinden sonra kozalak hasadına başlanmasının tohum hasadı verimini arttıracığı vurgulanmaktadır (Tosun ve ark., 1997). Sündiken dağları Çatacık yöresinde 1350 m rakımda kuzey bakıda 15 Eylül-15 Mart döneminde yapılan tohum çimlendirme denemelerinde 15 Eylül (%84) dışındaki diğer tüm zamanlarda çimlenme yüzdesi %90'ın üzerinde bulunmuştur (Boydak, 1981). Yerel iklim koşulları dikkate alınarak ülkemiz koşullarında genel olarak ekim ayından itibaren kozalak hasadına başlanabilir. Bununla birlikte zorunlu haller dışında Aralık ayından önce

kozalak toplanmamalıdır. Tohum dökümü yöre, rakım ve bakıya bağlı olarak en fazla Mart-Mayıs aylarında gerçekleşmektedir (Genç, 2013). Dursunbey yöresinde en fazla tohum dökümü sıra ile Nisan (%37), Ocak-Mart dönemi (%36), Mayıs (%19), Haziran (%6) ve Temmuz-Aralık dönemi (%3) olarak belirlenmiştir (Boydak ve ark., 2002). Bolu yöresinde tohum dökümünün yoğun olarak ilkbaharda (%86-92) yaşandığı, kalan kısmının ise Şubat ve Haziran aylarında döküldüğü belirlenmiştir (Karadağ, 1999). Altı yıllık verilere göre; Dursunbey yöresi karaçamlarında yüksek kuşakta (1430-1510 m) en düşük tohum verimi 55-64 yaş basamağında, en yüksek veya orta tohum verimi 120-130 ve 140-150 yaş basamaklarında elde edilmiştir. Orta kuşakta (830 m) ise tohum verimi en yüksek bulunmuştur (Boydak ve ark., 2002).

Ülkemizde karaçamın kozalak ve tohumuna ilişkin ilk çalışma Atay (1959) tarafından gerçekleştirilmiş olup, bu güne kadar birçok bilim adamı tarafından da karaçamın kozalak ve tohum özellikleri konusunda çeşitli çalışmalar (Atay, 1959; Alptekin, 1986; Gülcü ve Bilir, 2000; Çalikoğlu, 2002; Deligöz ve Gezer, 2005; Çılgın ve ark., 2007; Çelik Uysal, 2015; Buğday, 2008) yapılmıştır. Bu bilimsel çalışmalarda karaçamın tohum meşçeresi ve tohum bahçeleri gibi tohum kaynakları ile doğal meşçerelerine ait kozalak ve tohum özellikleri incelenmiştir. Atay (1959) tarafından yapılan çalışmada kozalak boyu 6,37 cm, genişliği 2,98 cm ve ağırlığı 20,1 g olarak tespit edilmiştir. Alptekin (1986) kozalak boyunu 6,32 cm, kozalak genişliğini ise 3,11 cm olarak belirlemiştir. Bir kozalaktaki tohum sayısı 20 ile 66 arasında değişmekte, 100 kg kozalaktan 2,5 kg tohum elde edilmektedir (Atay, 1959; Ertekin, 2006; Anonim, 2014). Alptekin (1986) tohum boyunu 6,5 mm, tohum genişliğini 3,71 mm olarak tespit etmiştir. Klonal tohum bahçelerinde tohum boyu ve genişliği tohum meşçereleri ve plantasyon sahalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Tohum 1000 dane ağırlığı tohum meşçerelerinde 21,76 g, klonal tohum bahçelerinde 22,85 g ve plantasyonlarda 20,81 g olarak tespit edilmiştir (Deligöz ve Gezer, 2005). Klonal tohum bahçelerinde klonların tohum 1000 dane ağırlıklarındaki farklılıklar; Kastamonu-Hanönü tohum bahçesinde 19,93 g ile 25,62 g (ortalama 23,08 g) arasında, Kastamonu-Günlüburun tohum bahçesinde 20,37 g ile 29,73 g (ortalama 24,2 g) arasında değişmiştir (Çılgın ve ark., 2007; Buğday, 2008). Atay (1959)'un çalışmasına göre bir kilogramda 46.174 adet tohum bulunmaktadır. Kozalak ve tohum özelliklerinde belirlenen bu farklılıkların çalışılan orijinlerin genetik farklılığından kaynaklandığı söylenebilir.

Ağaçlandırma çalışmalarının bir program dahilinde aksamadan yürütülebilmesi, her yıl ihtiyaç duyulan tohumun bol tohum yıllarında temin edilerek uygun koşullarda saklanmasıyla mümkündür. Bol tohum yılı düşük rakımlarda ve güneyli bakılarda 2 yılda, yüksek rakımlarda ve kuzeyli bakılarda 3 yılda bir yaşanır (Genç, 2011). Karaçam tohumlarının kapalı çam kavanozlarda +3 °C'deki soğuk hava depolarında karanlıkta %90 ve üzerindeki çimlenme yüzdesi değerleri ile 7 yıl saklama olanakları bulunmaktadır (Aslan, 1972). Atay ve arkadaşları (1978) ise hava girmeyen kapalı kaplarda +4 °C ve +5 °C'de %8,5 tohum nem içeriğinde %90 çimlenme yüzdesi değeri ile 8 yıl saklanabileceğini bildirmiştir. Tohumlarında çimlenme engeli bulunmayan karaçamda ortalama

ma çimlenme oranı %92,8'dir. Açık renkli tohumların çimlenme yüzdesi koyu renkli tohumlara oranla daha düşüktür (Atay, 1959). Yenice-Bakraz orijinli tohum bahçesinde klonların çimlenme yüzdesinde farklılıklar (%63,7 ile %99,3) belirlenmiştir (Ertekin, 2006). Sıcaklık şoklarının tohum canlılığı üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada (Ayan ve Usta, 2010), 120 °C'nin üzeri ve 5 dakikadan daha uzun süreli sıcaklık uygulamasının karaçam tohumlarında çimlenmeyi düşürdüğü ve tohum canlılığına öldürücü etki yaptığı tespit edilmiştir.

4. Fidan Üretimi

Türkiye'deki orman fidanlıklarında en çok üretilen türler arasında yer alan karaçam fidanları Adana, Ankara, Afyon, Eğirdir, Eskişehir, Erzurum, Konya, Samsun, Sivas gibi toplam 22 adet Orman Fidanlık Müdürlüğü bünyesindeki fidanlıklarda çıplak köklü veya farklı kap tiplerinde (klasik polietilen tüp veya torba, enso tipi, ayık tipi vb.) 1+0, 2+0, 1+1, 2+1, 2+2 gibi ve daha üst yaşlarda üretilmektedir. Çıplak köklü karaçam fidanları ile yapılan ağaçlandırma çalışmalarında 2+0 yaşlı fidan kullanımı esastır.

Çıplak köklü fidan üretimleri, yastık genişliği 120 cm, yastıklar arası genişliği (yastık yolu) 40 cm olan ekim yastıklarında çizgi ekimi yöntemiyle metrekareye 18 g karaçam tohumu olacak şekilde gerçekleştirilmektedir (Anonim, 1986). Fidanlıklarda ekim zamanı, tohumun düzenli çimlenmesi ve çıkışı bakımından oldukça önemlidir. Dursunbey Orman Fidanlığı'nda Ekim, Kasım, Aralık, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yapılan ekimlerde; Ekim ayında yetersiz fidan sayısı, Kasım ve Aralık ekimlerinde don zararı, Mayıs sonu ekimlerinde damping off zararı görülürken, Mart ayı ekimlerinde en yüksek fidan sayısı ve fidan boyu elde edilmiştir (Özdemir, 1971). Eskişehir Orman Fidanlığı koşullarında ekim zamanının (20 Nisan, 5 Mayıs, 20 Mayıs) fidan morfolojik özellikleri üzerinde etkili olmadığı, bununla birlikte ekim zamanı ilerledikçe hem fidecik zaiyatının arttığı hem de düzensiz çıkış nedeniyle fidanlar arasında kalite özellikleri bakımından homojenliğin bozulduğu belirtilerek erken ilkbahar ekimi (20 Nisan) önerilmiştir (Çolak, 1991). Karaçam fidanı üretilen orman fidanlıklarında ilkbahar ekimi yapılmakta ve fidanlığın iklim koşullarına bağlı olarak çıplak köklü veya kaplı fidan üretimi için ekimler Mart-Mayıs aylarında gerçekleştirilmektedir. Tohumlar, kuş ve diğer zararlılara karşı ekim öncesi Pomarsol-forte tiktindirici ilaç karışımı ile işlem görmesi dışında herhangi bir ön işleme tabi tutulmamaktadır. Ekim derinliği 1,0-1,5 cm yeterli kabul edilmektedir (Anonim, 1986). Tohumlar, ekim yastıklarına elle veya makine ile ekilir. Ekimi takiben tohumlara uygun bir çimlenme ortamı sağlamak ve biyotik ve abiyotik zararlılara karşı korumak amacıyla orman humusu, turba, ince elenmiş dere kumu, perlit, testere talaşı gibi kapatma materyalleri veya bunların uygun karışımı ile kapatılmaktadır. Karaçam üretimi yapan bazı fidanlıklarda kapatma materyali olarak orman humusu, dere kumu ve hayvan gübresinin belirli oranlarda üçlü karışımı kullanılırken bazı fidanlıklarda ½ humus + ½ mil karışımı gibi ikili karışımlar kullanılmaktadır. Çimlenen tohumların çıkma süresi 15-20 gündür.

Çıplak köklü fidan üretimi yanında ekim veya şaşirtma (repikaj) yoluyla değişik tiplerde gerçekleştirilen kaplı fidan üretiminde çoğu fidanlıkta değişik ebatta (10 x 25 cm, 11 x 25 cm, 15 x 25 cm, 15 x 30 cm, 18 x 30 cm vb.) klasik polietilen torba tüpler kullanılmaktadır. Tüp ebadı, fidanın kapta kalma süresine göre değişiklik göstermektedir. Tüplü fidan üretiminde kullanılan yetiştirme ortamı ve karışım oranlarında fidanlık bazında farklılıklar bulunmaktadır. Her fidanlık yetiştirme ortamını kendi imkân ve deneyimlerine göre oluştursa da ağırlıklı olarak toprak, humus, kum, yanmış ahır gübresi, çam kabuğu gibi materyallerin farklı oranlarındaki karışımları kullanılmaktadır. Tüplü fidan üretiminin yapıldığı bazı fidanlıklarda karışımdaki mil-kum oranının yüksek tutulması ortamın kolayca dağılmasına ve dikim sırasında köklerin topraksız kalmasına neden olurken, bazı fidanlıklarda da ince tekstürlü ortamların fazla kullanılarak sıkışık ortamların yaratılması suyun aşağılara sızamamasına, gözenek hacminin ve havalanmanın düşük olmasına ve dolayısıyla da zayıf kök ve fidan gelişimine neden olabilmektedir (Taşdemir ve Karatay, 2006). Uygun yetiştirme ortamı ve oranları üzerinde yeni çalışmalar yapılmalıdır. Her tüpe 3-4 adet tohum ekilir. Ekim derinliği, ekim zamanı, gübreleme, sulama gibi işlemler çıplak köklü fidan üretimi ile aynıdır.

Kaplı fidan üretiminde klasik polietilen tüplü fidan üretimine alternatif olarak enso tipi, ayık tipi gibi değişik tiplerde serada sert plastik kaplarda fidan üretimi gerçekleştirilmiştir. Finlandiya projesi kapsamında kap tipi olarak ilk yıllarda 5x5x10 cm ebadındaki enso tipinde 45'li kaplar kullanılırken, kurak ve yarı-kurak koşullarda tüp boyutlarında uzunluğun önemli olduğu vurgulanarak kap derinliği arttırılmıştır. Ayık tipi olarak bilinen 4x4x23 cm ebadındaki kaplar da ülkemiz şartlarında özellikle yarı kurak bölgeler için karaçam fidanlarının yetiştirilmesinde önerilmiştir (Ayık ve ark., 1990). Enso tipi fidanlar Türkiye-Finlandiya ormancılık projesi kapsamında Finlandiya'dan ithal edilen tip seralarda yetiştirilmektedir. Isıtmalı modern seralarda otomatik veya yarı otomatik havalandırma, sulama ve gübreleme sistemi bulunmaktadır. Serada yetiştirilen fidanların dış ortama uyumu için %50'lik gölgeleme örtüsü ile kapatılan gölgelik alan da mevcuttur. Denizli, Erzurum, Eskişehir ve Sivas Orman Fidanlıkları'nda enso tipi karaçam fidan üretimi gerçekleştirilmektedir. Klasik polietilen tüp veya çıplak köklü fidan üretiminde 2+0 yaşında ağaçlandırmada kullanmaya uygun duruma gelen karaçam fidanları üretimin sera koşullarında yapıldığı bu fidan üretiminde 1+0 yaşında da kullanılabilir (Zengin ve Karataş, 2002). Enso tipi, ayık tipi gibi kaplarda daha çok turba ağırlıklı karışımlar kullanılmaktadır. Karaçamda fidan üretiminde kullanılabilir yetiştirme ortamı tespiti için turba (yerli-yabancı), öğütülmüş çam kabuğu, çam ibresi, odun talaşı, çiftlik gübresi, saman, öğütülmüş ve kısmen çürütülmüş mısır gövdesi ile toprak, kum, perlit, granüle stropor gibi farklı materyallerden oluşturulan yetiştirme ortamları içinde fidan gelişiminde turba+çam kabuğu+granit toprak+perlit (4:3:2:1) karışımının en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir (Ayık ve ark., 1990). Denizli koşullarında kaplı karaçam fidan üretiminde %100 Buldan sazı ile Buldan sazı+Kavak talaşı (5:5; 7:3) karışımı çap, boy, gövde ve kök kuru ağırlığı ve kök/gövde oranı bakımından en iyi ortam olarak tespit edilmiş (Sayman, 1996) olmakla birlikte fidanlıkta % 100 ithal turba (*Sphagnum* spp.)

kullanılmaktadır. Sivas Orman Fidanlığı'nda turba:perlit (3:1) karışımı kullanılırken, Eskişehir Orman Fidanlığı'nda turba+çam kabuğu+humus karışımı kullanılmıştır (Perk, 2011). Eskişehir yöresi yarı kurak şartları taşıyan ağaçlandırma alanları için kaplı karaçam fidanı yetiştirilmesinde Ayık tipi kaplara öncelik verilerek mısır kompostlu karışımların (mısır kompostu+perlit+toprak; 5:3:2 oranında) kullanımı da önerilmektedir (Zengin ve Karakaş, 2002). Kapatma materyali olarak genellikle perlit ya da turba tercih edilmektedir. Ekim derinliği çıplak köklü fidan üretimine göre daha sığ yapılmaktadır. Ekimde her kaba 3-4 tohum atılır ve çıkan fideciklerden sağlıklı olan bir tanesi bırakılarak tekleme yapılır.

Eskişehir yöresi karaçam ağaçlandırmalarında kap tipi olarak enso tipi (5x5x10 cm; turba karışımı) ve ayık tipi (4x4x23 cm; mısır kompostlu karışım)'nin denendiği çalışmada; 1+0 ve 2+0 yaşlı karaçam fidanlarının arazideki 5 yıllık boy büyümesi açısından ayık tipinin enso tipinden daha başarılı olduğu, tutma başarısı açısından ise farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Ayık tipinde tutma başarısı 1+0 yaşlı fidanlarda 2+0 yaşlı fidanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, enso tipi kaplarda tutma başarısını olumsuz etkileyen kök deformanslarının/kök kıvrıklığının gözlenmesi nedeniyle 2+0 yaşlı fidan yetiştirilmemesi gerektiği bildirilmiştir (Zengin ve Karataş, 2002). Kızılcahamam Orman Fidanlığı'nda 10 cm derinlikteki enso tipi kaplarda 1+0 yaşlı olarak üretilen karaçam fidanlarında kök kıvrılmaların Eylül ayından itibaren başladığı ve bu fidanların ikinci vejetasyon dönemini de aynı kapta geçirmeleri durumunda artan kök kıvrılmalarının dikim başarısını olumsuz etkileyebileceği vurgulanmıştır (Avşar, 2005). Dolayısıyla, 10 cm derinlikteki enso tipi kaplarda yaşanan bu sorunun çözümüne yönelik olarak Eskişehir Orman Fidanlığı'nda 1+0 yaşlı fidan üretiminde uygun kap derinliğinin (10 cm, 13 cm, 16 cm, 19 cm ve 22 cm) ve gübre dozunun belirlendiği bir çalışmada; en iyi fidan gelişimi sırasıyla 22 cm ve 16 cm derinliğindeki kap tiplerinde ve kontrolden %25 az gübre dozunda belirlenmiştir. Bununla birlikte 22 cm derinlikteki kap tipinde kökün yetiştirme ortamını tamamen sarmadığı ve dağılmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu nedenle hem daha ekonomik olması hem de fidan kalitesi ve sağlıklı taşıma dikkate alındığında karaçamda 16 cm derinlikteki kap tipinin kullanılması önerilmiştir (Perk, 2011). Boyu uzatılarak modifiye edilen 16 cm derinlikteki 45'lik enso kapları (5x5x16 cm) fidanlıklarda kullanılmaktadır. Diğer yandan kap derinliğinin en az 20-25 cm olması durumunda kurak ve yarı kurak alanlardaki başarının daha da artacağı vurgulanmaktadır (Alptekin ve İmal, 2010). Bu konuda yapılacak yeni çalışmalarda uygun kap derinliği tespitlerinin uygun yetiştirme ortamı ve oranına ilişkin çalışmalarla birlikte kombine edilmesi oldukça önem taşımaktadır.

4.1. Bakım çalışmaları

Karaçam fidan üretiminde orman fidanlıklarında bakım çalışmaları kapsamında ot alma, seyreltme, yerinde kök kesimi, gübreleme ve sulama gibi çalışmalar yapılmaktadır.

4.1.1. Ot alma

Çıplak köklü ve kaplı fidan üretiminde yabancı ot gelişimi, yoğunluğuna ve türüne bağlı olarak fidan gelişimini olumsuz etkilemektedir. Fidanlıklarda yabancı ot kontrolü çoğunlukla makine ve işgücü ile yürütülen mekanik yöntemlerle yapılmaktadır. Fidan üretimi yapılan alanlarda elle yolma, biçme, çapalama gibi yöntemler tercih edilmektedir. Geniş alanlarda yabancı ot mücadelesi tamamlanmadan ilk ot alımı yapılan alanların tekrar yabancı otların kaplanması, süreci daha da zorlaştırmakta ve bu durum işçilik giderlerini de arttırmaktadır (Coşgun ve ark., 2002; Kavgacı ve ark., 2019). Yabancı ot mücadelesinin zamanında gereğince yapılamaması yabancı otlarla rekabete giren fidanların gelişimini de olumsuz etkilemektedir. El ve el aletleri ile ot mücadelesinin pahalı olması, geniş sahalarda kısa sürede tamamlanamaması gibi nedenlerde son yıllarda kimyasal yöntemlere yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, otların mücadelesinde Bolu Orman Fidanlığı'nda ekimden birkaç ay önce bitki öldürücü (herbisit) kullanımının etkili olduğu belirtilmiştir (Coşgun ve ark., 2002). Muradiye Orman Fidanlığı'nda çıplak köklü fidanların bulunduğu yastıkta fidan sıraları aralarındaki yabancı otları ilaçlayıp öldürmeye yönelik tasarlanan EFRİCAD ekipmanının kullanılmasının otların mücadelesinde hem daha kolay hem de daha ekonomik olacağı bildirilmiştir (Göksu ve ark., 2019). Bununla birlikte polietilen tüplerde yetiştirilen iki yaşındaki karaçam fidanları düşük (%0,2) ve orta (%0,4) dozlarda, bahar ortası ve yaz ortalarında yapılan glyphosate herbisit uygulamasına yüksek tolerans/dayanıklılık gösterirken, yüksek dozlara (%0,8-1,2) yüksek hassasiyet göstermiştir (Cap, 2017). Bu nedenle kimyasal mücadele amacıyla değişik herbisitlerin uygulama şekli, dozu ve zamanı konusunda ön denemeler yapılmadan uygulama yapılması yaşayan fidan sayısı ve fidan gelişimini olumsuz etkileyebileceği gibi olumsuz çevresel etkilere de neden olabileceği unutulmamalıdır.

4.1.2. Seyreltme

Ekim yastıklarında arzu edilmemesine rağmen bazen ekilecek tohum miktarının iyi ayarlanamaması (fazla tohum kullanılması) nedeniyle fidanlar sık bir şekilde çıkmaktadır. Sık ekimlerde kökleri yeterince gelişme gösteremeyen, bir kuraklık durumunda yaşamlarını yitiren, ince çaplı uzun ve zayıf fidanlar oluşur. Nitekim dört farklı ekim sıklığında (çok sık, sık, normal ve seyrek) yetiştirilen 2+0 yaşlı karaçam fidanlarında çok sık ekimlerde diğer ekimlere kıyasla daha ince çaplı fidanlar üretilmiştir (Akbulut, 2019). Fazla seyrek yapılan ekimler ise özellikle fidanlıktaki saha kaybına neden olmaktadır. Ekim yastıklarında 2+0 yaşlı karaçam fidanlarında sıklığın kök boğazı çapında ve fidan boyunda farklılıklar oluşturduğu, kök:gövde oranını değiştirdiği, tomurcuk sayısı, ibre uzunluğu, yan ve kılcal kök miktarını etkilediği tespit edilmiştir. Sıklık azaldıkça (kontrol, 3, 5, 7 ve 9 cm) kök boğazı çapı artarken, sıklık çok azaldıkça yan köklerle fakir, kalın kazık kök yapılı ve gövde lehine fidanlar üretilmiştir. İnce ve çok sayıda yan kök meydana gelmesi ve kök lehine fidanlar oluşması bakımından 2+0 yaşlı fidanlar için ekimi takiben çimlenme tamam-

landıktan yaklaşık 1 ay sonra fidecikler arası 3cm olacak şekilde sıklığın uygulanması önerilmiştir (Çolak, 1991). Özdemir (1971), m²'de 200, 300, 400, 500 ve 600 (kontrol) fidan olacak şekilde yaptığı seyreltme çalışmasında; fidan sıklığının kök boğazı çapı ve fidan boyu üzerinde etkili olduğunu, yaşama yüzdesi üzerinde etkili olmadığını tespit etmiştir. Diğer taraftan Güner ve arkadaşları (2008) 2+0 yaşlı Anadolu karaçamı fidan yetiştiriciliği için en uygun yetiştirme sıklığını fidanlık ve 3 yıllık arazi başarısına göre 58 fidan/m² (aralık-mesafe; 15,0x10,0 cm) olarak önermiştir. Aynı çalışmanın sekizinci gelişme dönemi sonuçlarına göre (Güner ve ark., 2012) ise, 10cm mesafe ile yetiştirme uygulamasının sadece, boylu-katlı fidan üretilecek ve alan sorunu olmayan fidanlıklar için önerilebileceği, birim alanda dikime elverişli en fazla fidan üretmenin gerekliliği dikkate alınarak boylu/katlı fidan üretme zorunluluğu bulunmayan ve alan yetersizliği bulunan fidanlıklarda rutin kullanılmakta olan 250 fidan/m² yetiştirme sıklığının (aralık-mesafe; 15,0x2,5 cm) uygulanması önerilmiştir. Uygun sıklık, fidanlık ve dikim yapılacak alan koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Eyüpoğlu, 1979). Bu nedenle uygun fidan sıklığı; fidanlık koşulları, orijin, istenen fidan kalite özellikleri gibi hususlar göz önüne alınarak her fidanlık için ayrı ayrı fidanlık ve arazi başarısının birlikte değerlendirildiği denemelerle tespit edilmelidir. Kaplı fidan üretiminde genellikle 3-4 adet tohum ekilmekte ve çıkan fideciklerden en iyi gelişen, sağlıklı olanı bırakılarak diğerleri kök boğazından kesilip uzaklaştırılarak tekleme yapılmaktadır.

4.1.3. Yerinde kök kesimi

Ekim yastıklarında yerinde kök kesimi fidanların kök gelişimini etkileyerek kılcal ve saçak kök miktarını arttırmak, gövdenin ince ve zayıf gelişmesini önlemek, gövde:kök oranını kök lehine çevirmek ve kış tomurcuklarının oluşumunu teşvik etmek amacıyla uygulanır (Landis, 2008; Gezer ve Yücedağ, 2013). Derine giden kazık kök yapan karaçam fidanlarında saçak kök oluşumunu arttırmak ve boy büyümesinin azaltılarak kök/gövde oranı bakımından dengeli fidanlar üretmek için en uygun kök kesimi zamanı ve derinliğinin Temmuz ayında 20 cm derinlikte yapılacak alttan kök kesimi olduğu tespit edilmiştir (Özdemir, 1971). Orman fidanlıklarında rutin olarak 2 yaşlı fidanlarda Haziran sonu- Temmuz döneminde en az 20 cm derinlikte alttan kök kesimi uygulanmaktadır. Bununla birlikte alttan kök kesiminin 20 cm derinlikte 2 kez (Temmuz, Ağustos) uygulanmasının karaçam fidanlarında saçak kök oluşumunu arttırdığı tespit edilmiştir (Çolak, 1991). Bir yaşında 5 cm mesafe ile yapılan seyreltme çalışmasını takiben haziran sonunda bir kez yapılan alttan kök kesimi ile birlikte uygulanan yandan kök kesiminde TS 2265/Mart 1976 standardına (Anonim, 1976) göre daha kaliteli fidanlar üretilmiştir. Aynı çalışma kapsamında kurak ve yarı kurak yetiştirme ortamlarında yapılacak dikim çalışmalarında gövde: kök oranı düşük karaçam fidan üretimi için alttan kök kesimi ile birlikte yandan kök kesiminin Haziran sonu ve Temmuz sonunda olmak üzere 2 kez uygulanması önerilmektedir (Çetinkaya ve Deligöz, 2012). Bu sonuçlar kalın çaplı iyi bir kök sistemine sahip fidan üretimi için uygun yetiştirme sıklığının kök kesimleri ile birlikte kombine

edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, kuvvetli ve bol yan köklerden meydana gelen saçak kök sistemi elde etmek için alttan kök kesimleri ile birlikte uygulanacak yandan veya eğik (wrenching) kök kesimlerine ilişkin yeni çalışmalara ihtiyaç vardır. Kaplı fidan üretiminde sera koşullarından açık alana taşınan fidanlarda bazı fidanlıklarda havai kök budama yapılmaktadır. Bazı fidanlıklarda ise kap dışına çıkan köklerin kesimi şeklinde Mayıs-Haziran döneminden itibaren düzenli olarak belirli periyotlarda gelişme dönemi sonuna kadar kök kesimi tekrarlanmaktadır.

4.1.4. Sulama

Fidanlıklarda sulama zamanı ve miktarı genellikle sulama işini yapan kişi tarafından toprak ve bitkideki belirtilere dayanılarak el muayenesi ve göz kararı ile belirlenmektedir. Fidanlığın iklim koşulları, toprak özellikleri ve türe göre sulama zamanı, tekerrürü ve miktarı ayarlanmadan yapılan sulamalar, fidan gelişiminde sorunlar yaratmaktadır. Ağır toprak koşullarına sahip fidanlıklarda sık yapılan sulama toprağın sürekli ıslak ve havasız kalmasına neden olarak zayıf bir kök sistemine ve yetersiz kazık kök oluşumuna neden olmaktadır. Enso tipi kaplı fidan üretiminde de sık sık ve fazla miktarda yapılan sulama sonucu fidan köklerinde çürümelerin olduğu ve fidanların kurduğu saptanmıştır (Taşdemir ve Karatay, 2006). Sera koşullarında yüksek ısı veya yüksek nem, damping off veya diğer fungal hastalıklara neden olabilmektedir. Sulama zamanı ve doz ayarı yaparak bu hastalıklara karşı önlem alınabilmektedir.

Gerek kaplı fidan üretiminde gerekse de çıplak köklü fidan üretiminde sulama zamanı, aralığı ve miktarı, fidanlık iklim (yağış miktarı, hava sıcaklığı, nispi nem vb.) ve toprak özellikleri (tekstür, su tutma kapasitesi vb.), yetiştirilen tür ve onun su tüketimine, gelişme dönemine ve yaşına bağlı olarak bilimsel metotlarla hazırlanmış bir sulama programı dâhilinde uygulanmalıdır. Sulamanın aralığı ve miktarı fidan kalite özelliklerini etkilemektedir. Anadolu karaçamında normal sulamaya oranla %25 arttırılmış sulamanın kök boğazı çapı, fidan boyu ve kök:gövde oranını etkilediği tespit edilirken, iğne yaprak sayısı ve uzunluğu ile tomurcuk sayısını arttırdığı gözlemlenmiştir (Çolak, 1991). Eğirdir Orman Fidanlığı'nda çıplak köklü Anadolu karaçamı fidanlarına ait bir sulama programının belirlenmesi amacıyla Deligöz (2009a) tarafından yapılan çalışmada; bitki basınç odası cihazı yardımıyla fidanların ikinci gelişme dönemi süresince şafak öncesi, gün ortası ve günlük bitki su potansiyeli ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; fidanlıkta gelişme döneminde (Nisan-Mayıs) şafak öncesi su potansiyelinin -0.5 MPa seviyelerinde tutulması, uyku hali başlangıcı aşamasında (Haziran-Temmuz-Ağustos) kök gelişimini teşvik etmek amacıyla sadece şafak öncesi su potansiyeli -0.8 MPa'a düştüğü zaman ekim yastığının 20 cm derinlikteki kısmının tarla kapasitesinde sulanması, uyku hali yoğunlaşması aşamasında (Eylül-Ekim-Kasım ortası) ise ekstrem koşullar nedeniyle şafak öncesi su potansiyeli -1,3 MPa'ın altına düşünce sulamanın yapılması, aksi halde uyku hali yoğunlaşması aşamasının başlamasına bağlı olarak sulamanın tamamen kesilmesi önerilmektedir (Deligöz, 2009a).

Gün içinde ise bitki su potansiyeli değerinin -1,3 MPa'nın altına düşülmemesi gerektiği de vurgulanmaktadır. Tüplü karaçam fidanlarında çimlenme dönemini takiben 2 gelişme dönemi boyunca kontrol (fidanlığın rutin uygulaması) dahil 3, 5 ve 7 günlük sulama aralığında tarla kapasitesinde sulanan fidanların su tüketim miktarına göre, 7 günlük sulama aralığının en ekonomik sulama aralığı olduğu belirtilmiştir (Yazıcı ve Babalık, 2011). Orman fidanlıklarında karaçam fidan üretiminde fidanın gelişme dönemine bağlı olarak su ihtiyaç seviyesine göre sulamanın yapılabilmesi için fidanlıklarda üretim tipi de dikkate alınarak türe özgü sulama programı hazırlanmalıdır.

4.1.5. Gübreleme

Fidanlık topraklarının verimliliklerini arttırmak amacıyla çeşitli yollarda topraktan uzaklaşan besin maddelerinin gübreleme yöntemiyle yeniden toprağa verilmesi gerekmektedir. Genel olarak fidanlıklarda tek tek veya karışık olarak N, P, K içeren kompoze gübreler kullanılarak morfolojik ve fizyolojik özellikler bakımından kaliteli fidan üretimi amaçlanır. Bununla birlikte toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri uygun değilse verilen gübrelerden fidanlar yeterince yararlanamamaktadır. Orta ve Doğu Anadolu orman fidanlıklarının topraklarının kireç bakımından zengin ve yıkanmanın az olması reaksiyonlarının yüksek (pH= 8 civarında) olmasını ve buna bağlı olarak da beslenme yetersizliğine veya dengesizliğine sebep olabilmektedir (Tacuner, 1987). Nitekim, karaçam fidanı yetiştirilen çoğu fidanlık toprağının toz+kil ve kireç içerikleri ile pH değerlerinin oldukça yüksek olması fidanlarda beslenme sorunlarına neden olmaktadır. Toprak bünyesinin ağır killi yapıda olduğu, drenaj ve havalanma sorunu olan kireçli topraklarda gübrelemenin fidanın gelişme dönemine göre uygun doz ve sıklıkta yapılamaması da yaşanan sorunları arttırmaktadır. Nitekim Ankara ve Ereğli-Konya Orman Fidanlıkları'nda toprak özelliklerinin uygun olmaması nedeniyle azotlu ve fosforlu gübreler karaçam fidanlarının gelişiminde etkili olmamıştır (Akgül, 1985). Bitki gelişiminde hızlı etkisi olan ve toprakta uzun süre kalamayan azotlu gübreler fidanın gelişme dönemi dikkate alınarak verilmelidir.

Fidan kalitesinde yaşanan sorunların çözümü için öncelikle fidanlıkların gübreleme programlarını fidanların gelişme dönemini dikkate alarak yeniden revize etmeleri gerekmektedir. Bu konuda Eskişehir Orman Fidanlığı'nda fidan gelişim dönemlerine göre farklı oranlarda N+P+K+ME içeren, suda eriyen granül yapıdaki kimyasal gübreler kullanılmaktadır. İlk fidecik döneminde 12+48+6+ME, hızlı büyüme döneminde 20+20+20+ME, büyümenin yavaşladığı dönemde 11+11+33+ME ve vejetasyonun son döneminde (Sonbaharda) 0+37+24+ME oranlarında verilmektedir (Perk, 2011). Elazığ Orman Fidanlığı'nda yastıkta yetiştirilen karaçam fidanlarına uygulanan amonyum sülfat $[(NH_4)_2SO_4]$ ve NPK (15-15-15) gübrelemesi sonuçlarına göre, boy büyümesinde amonyum sülfat gübresinin, fidan yaşama yüzdesinde ise NPK gübresinin en fazla etkili olduğu tespit edilmiştir (Erdoğan, 2003). Karaçam fidanlarında leonarditin fosfor ile birlikte uygulanması da fidan morfolojisini olumlu etkilemiştir (Çeler, 2013). Kurak ve yarı kurak alanlardaki karaçam ağaçlandırmalarında başarının artırılması

için fidanlıkta potasyum gübrelemesinin olumlu katkı sağlayabileceği belirtilmektedir. En iyi çap ve boy gelişimi 23 ppm K dozunda, en yüksek yan kök sayısı 100 ppm K dozunda elde edilmiştir. Bununla birlikte yüksek seviyelerdeki K dozlarının fidanların azot beslenmesinde yetersizliğe neden olabileceği de göz ardı edilmemelidir (Çömez ve Gezgin, 2019). Bitkinin ihtiyaç duyduğu kadar besin maddelerini devamlı almasına yardımcı olmak için osmocote adlı yavaş salınımlı gübrenin kaplı karaçam fidan üretiminde kullanımına ilişkin bir çalışma Zoralioğlu (1997) tarafından yapılmıştır. Fakat, sera koşullarında ısı yükselmesi gübrenin hızlı salınımına neden olarak gelişimi olumsuz etkilenmiş, ayrıca damping off zararı ortaya çıkmıştır (Zoralioğlu, 1997). Son yıllarda toprak mikroorganizmalarını arttırarak besinlerin alınmasını sağlayan biyolojik gübreler konusunda Parlak ve Güner (2017) tarafından yapılan çalışmada ise 2+0 yaşlı karaçam fidanlarının morfolojik özellikleri üzerinde mikrobiyal gübre uygulaması etkisiz bulunmuştur. Bu sonuçta toprak pH'ında etkili olabileceği vurgulanmıştır. Gerek uygun olmayan fidanlık toprağı gerekse de rutin gübreleme programlarında yaşanan aksaklıklar veya düzensizlikler fidanlarda beslenme durumu bakımından standart değerlere ulaşılmasını engellemektedir. Böyle durumlarda sonbaharda uygulanacak gübreleme karaçam fidan morfolojisinde değişikliğe neden olmaksızın fidanların beslenme durumunu iyileştirebilir (Deligöz, 2012).

4.2. Fidan özellikleri

Fidan kalitesini belirlemede kullanılan özellikler genetik, morfolojik ve fizyolojik olarak üç grupta ele alınmaktadır. Ağaçlandırma çalışmalarının başarısında büyük önemi olan fidan kalitesi ile ilgili farklı orman fidanlıklarında çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ayıntaplı, 1995; Selek, 1995; Genç ve ark., 1999; Avanoğlu ve ark., 2005; Sivacıoğlu ve ark., 2005; Güner ve ark., 2008; Eken, 2015). Bu çalışmalarda karaçam fidanlarının kalite değerlendirmesinde çoğunlukla kök boğazı çapı (KBÇ), fidan boyu, gövde/kök (G/K) oranı gibi morfolojik özellikler araştırılırken az sayıda da olsa bitki su potansiyeli, kök gelişme potansiyeli, beslenme, uyku hali, kuraklığa ve dona dayanıklılık gibi fizyolojik ve biyokimyasal özellikler de araştırılmıştır. Diğer taraftan karaçam fidanlarında yaprak miktarı, yaprak alanı ve yaprak alan indeksi ile çap, boy, hacim ve ağırlık artımı arasındaki ilişkilerde araştırılmıştır (Carus ve Çatal, 2005; Öner ve Çakır, 2006). Fidan kalitesi fidanlığın bulunduğu yerin yetiştirme ortamı koşullarına (iklim, toprak vb.), fidan tipi ve yaşına, yastıktaki fidan sıklığına ve diğer kültürel işlemlere ve fidanın genetik özelliklerine (orijin) bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin çıplak köklü 2+0 yaşlı karaçam fidanlarında aynı fidanlıkta iki farklı orijinde farklı fidan boyu, KBÇ ve G/K oranı elde edilirken (Eken, 2015), aynı orijinde farklı fidanlıklarda yine farklı fidan boyu, KBÇ ve G/K oranı elde edilmiştir (Genç ve ark., 1999). Farklı yetiştirme sıklıklarında Afyon-Ahırdağı orijinli fidanlarda fidan boyu 10,26 cm ile 14,74 cm arasında, KBÇ 2,22 mm ile 5,83 mm arasında ve G/K oranı 2,54 ile 3,29 arasında değişmiştir (Güner ve ark., 2008). Yetiştirme tipi yönünden aynı orijinde kaplı fidanların çıplak köklü fidanlara göre üstünlüğü söz konusu olmakla birlikte

yetiştirme tekniklerine bağlı olarak bazı durumlarda daha zayıfta kalabilmektedir (Akgül, 2010; Eken, 2015; Tebeş, 2015). Tohum büyüklüğü de fidan kalitesine etki eden faktörler arasındadır. Tohum büyüklüğü ve ağırlığı 1+0 yaşlı karaçam fidanların kök boğazı çapı, fidan boyu ve kuru ağırlıkları üzerinde etkili bulunmuştur. Karaçam tohumlarının çapı 4 mm olan elekten geçirilerek 4 mm'nin üstündeki tohumların kullanımıyla daha boylu ve kaliteli fidan üretiminin yapılabileceği belirtilmektedir (Üçler, 1991). Ayrıca, fitohormon (Polistimulin-K/Sitokinin benzeri ve Polistimulin-A6/Oksin benzeri) kullanımını da 2+0 yaşlı karaçam fidanlarında gelişimi arttırmıştır (Demir, 2003).

Fidanlara ait mevsimsel büyüme seyrinin belirlenmesi, fidanlık çalışmalarına ilişkin takvimin hazırlanmasında ve gerçekleştirilen işlemlerin etkisini yorumlama bağlamında, uygulayıcı ve araştırmacılara ışık tutmaktadır (Genç, 1992). Özellikle gübreleme, sulama, kök kesimi, söküm-dikim gibi çalışmaların, fidanların gelişme ritimlerine göre yapılması şarttır. Yer ve Ayan (2011) tarafından Eskişehir Orman Fidanlığı ekolojik koşulları altında çıplak köklü karaçam fidanlarında gelişme dönemleri; fidecik dönemi (Mayıs ortası- Haziran ortası), gelişme ve hızlı gelişme dönemi (1+0 yaş için Temmuz başı- Ağustos ortası; 2+0 yaş için Mayıs başı- Temmuz sonu), yavaşlama ve odunlaşma dönemi (1+0 yaş için Eylül ortası-Ekim sonu; 2+0 yaş için Ağustos ortası-Kasım Başı) ve durgunluktan çıkış dönemi (Mart başı-Nisan Ortası) olarak ayrılmıştır. Eğirdir Orman Fidanlığı'nda Deligöz (2007) tarafından yapılan çalışmada karaçam fidanlarında su ilişkileri, uyku hali, kuru ağırlık oranı ve kök gelişme potansiyelindeki mevsimsel değişimler araştırılmıştır. Karaçam fidanlarında uyku hali/büyüme aşamaları Eğirdir Orman Fidanlığı koşullarında şu dönemlere rastlamaktadır.

- Uyku Hali Sonu Dönemi: Martın ilk haftası- Martın üçüncü haftası
- Gelişme Dönemi: Martın üçüncü haftası- Mayısın ilk haftası
- Sükûnet Hali Dönemi: Mayısın ilk haftası – Haziranın ilk haftası
- Uyku Hali Başlangıcı Dönemi: Haziranın ilk haftası –Eylülün ilk haftası
- Uyku Hali Yoğunlaşması Dönemi: Eylülün ilk haftası- Kasımın ikinci haftası
- Tam Uyku Hali Dönemi: Kasımın ikinci haftası - Martın ilk haftası

Ağaçlandırmalardaki başarı fidanın fizyolojik durumu, özellikle uyku durumu ile yakın ilişkilidir. Fidan sökümünün tam uyku halinde, kök gelişme potansiyelinin yüksek olduğu ve stres etmenlerine karşı fizyolojik bakımdan en dirençli oldukları dönemlerde yapılması muhtemelen dikim başarısını arttıracaktır. Tam uyku durumunda fidan fizyolojisindeki değişimler nedeniyle fidanlar olumsuz çevre koşullarına karşı en dayanıklı duruma gelmiştir. Uyku hali sonu aşamasında ise fidanlar yavaş yavaş dona ve çevre koşullarına karşı hassas duruma gelirler. Tomurcukların şişerek patlamaya hazır hale geldikleri zamanda ise kesinlikle fidan sökümü ve dikimleri yapılmamalıdır. Fidan sökümünün solma noktasındaki osmotik potansiyel değerinin en düşük olduğu, kuru ağırlık oranının ve kök gelişme potansiyelinin yüksek olduğu dönemde yapılması gerektiği bildirilmiştir. Karaçam fidanlarında büyümenin hızla gerçekleştiği nisan-mayıs aylarında yüksek olan solma noktasındaki ve tam uygun haldeki osmotik potansiyel değeri kış ortasında en düşük değerine ula-

şirken, kök gelişme potansiyeli de şubat ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Eğirdir Orman Fidanlığı ekolojik koşullarında uygun söküm-dikim zaman dilimi kasım ortası-mart ortası olarak önerilmiştir (Deligöz, 2011). Dirik (1999) tarafından Göktürk Orman Fidanlığı'nda gerçekleştirilen bir çalışmada aynı türde solma noktasındaki ve doygun haldeki osmotik potansiyel değerlerinde kasım ayından mart ayına kadar benzer mevsimsel değişim tespit etmiştir.

Söküm, sınıflandırma, ambalajlama ve taşıma sırasında bitki su potansiyelinin ölçülmesi, fidanın fizyolojik kalitesi açısından büyük önem taşır. Söküm sırasındaki su potansiyelinin $-0,5$ MPa olması önerilmekte ve $-1,2$ MPa'dan daha düşük su potansiyeli ile sökülen fidanların dikim başarısının düştüğü belirtilmektedir (Edgren, 1984). Dirik (1994), çıplak köklü 2+0 yaşlı karaçam fidanlarının sahip olduğu su potansiyeli değerinin $-0,10$ MPa'nın altında olması durumunda kuruma riskinin başlaması nedeniyle bu değere sahip fidanların ağaçlandırmalarda kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir. Bu bilgiler ışığında Eğirdir Orman Fidanlığı'nda yapılan günlük su potansiyeli ölçüm değerlerine göre; fidan sökülerinin sabahları saat 8:00'e kadar ve akşam üzeri saat 16:00'dan sonra yapılması önerilmiştir (Deligöz, 2007). Söküm ve dikimler mümkünse aynı günde yapılmalı, aksi takdirde sökümü takiben dikim 2 günü geçmemelidir. Nitekim karaçam fidanların yüksek su potansiyelinde ($-0,1$ ile $-0,3$ MPa) 10 °C'de %65 nem koşullarında balyalarda bir iki gün güvenle saklanabileceği tespit edilmiştir (Deligöz, 2009b). Ayrıca, agricol çözeltiline batırılarak naylon torbalarda saklamaya ($+3$ °C'de) alınan fidanların üç günden daha fazla bekletilmemeleri gerektiği de belirlenmiştir (Aslan ve Kızmaz, 1994). Karaçam fidanların saklama koşullarının belirlenmesi amacıyla Çevik (1996) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise 2+0 yaşlı çıplak köklü fidanların köklerinin nemli yosunla kaplanarak kanaviçeyle sarılıp polietilen torbalarda $+3$ °C'de 4 aya kadar güvenle saklanabileceği tespit edilmiştir. Fidanlıklarda tür/orijin bazında uygun söküm-dikim zaman dilimlerinin yapılacak araştırmalarla (özellikle fizyolojik araştırmalarla) ortaya koyulması ağaçlandırma çalışmalarının başarısında büyük paya sahip olacaktır.

Çıplak köklü fidanları bekleyen stres etmenleri söküm, kuraklık, düşük sıcaklıklar, köklerin açıkta bırakılması ve maruz kaldığı-kalacağı mekanik baskılar olarak sıralanabilir. Geniş alanlarda farklı coğrafi bölgelerde yapılan ağaçlandırmalarda kullanılan karaçam hem düşük sıcaklıklara hem de kuraklığa bazen de her iki stres etmenine maruz kalabilmektedir. Tohum aşamasında uygulanan kuraklık testlerinde su stresi seviyesi (0 , $-0,2$, $-0,4$, $-0,6$, $-0,8$ MPa) arttıkça çimlenme yüzdesi ile çimlenme hızı değerleri azalırken, fidan aşamasında stres seviyesi (her gün, 5 günde bir, 10 günde bir sulama) arttıkça çap ve boy değerleri ile su potansiyeli değerleri azalmıştır (Demir, 2019). Karaçamda $-0,2$ MPa'lık su stresi koşullarında fidecik boyları kısalırken, kökçük/gövde oranlarında orijinlere bağlı olarak oransal artışlar görülmüştür. Ayrıca, yarı kurak bölgelerdeki populasyonların çimlenme yeteneklerini yüksek su stresi koşullarında da koruduğu tespit edilmiştir (Çalikoğlu, 2002). Orta şiddetli su stresi (şafak öncesi su potansiyeli $-1,0$ MPa) 2 yaşındaki karaçam fidanların yaşama yüzdesini %3, şiddetli su stresi (şafak öncesi su potansiyeli $-2,0$ MPa) %39 oranında azaltması-

na karşın, orta ve şiddetli su stresi boy büyümelerini %35 oranında düşürmüştür (Semerci ve ark., 2008). Strese alıştırmaya veya ön koşullandırma olarak ifade edilen karaçam fidanlarında sökümden sonra sulamanın ve dikim öncesinde farklı sürelerde açıkta bırakmanın bitki su potansiyeli, yaşama yüzdesi ve gelişim üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, en iyi yaşama oranı ve gelişim sökümden sonra sulanan ve 30 dakika açıkta bekletilen fidanlarda elde edilmiştir (Deligöz, 2009b). Anadolu karaçamında dona dayanıklılık mevsimsel değişim göstermektedir. Kışın don zararının -20 °C ile -25 °C arasında, ilkbaharda ise -3 °C ile -7 °C arasında başladığı tespit edilmiştir. Dona dayanıklılık bakımından orijinler arasında kışın varyasyonlar bulunmuştur (Semerci, 2005). İmal (2015) tarafından kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde de don zararının -20 °C ile -25 °C arasında başladığı tespit edilmiştir. Ayrıca -25 °C'den sonra orijinler arasında farklılaşmalar başlayarak bazı orijinlerin -30 °C düşük sıcaklıklara kadar dayandıkları belirlenmiştir. -40 °C sıcaklık kademesinde ise tüm orijinlere ait fidanlar hayatını kaybetmiştir.

Kök boğazı çapının fidan kalite sınıflamasında fidan boyundan daha önemli bir kriter olduğu bir çok yayında dile getirilmiştir. Özellikle Anadolu karaçamında birinci kriter durumundadır (Genç ve ark., 1999; Alkan, 2002). Kök boğazı çapı 3 mm, fidan boyu 5 cm'den küçük karaçam fidanlarının dikimlerde kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir (Genç ve ark., 1999). Kurak ve yarı kurak bölgelerde nispeten küçük fidan kullanımı önerilirken, nem sorunu olmayan yetişme ortamlarında boylu ve katlı fidan dikimi önerilmektedir (Ürgenç, 1998). Bununla birlikte İç Anadolu'nun yarı kurak sahalarında (Eskişehir) yapılacak ağaçlandırmalarda boyu 12 cm ve üzeri olan fidan kullanımının tutma başarısını arttırabileceği de belirtilmiştir (Toprak ve ark., 2016). Karaçam ağaçlandırma çalışmaları, türün doğal yayılış alanı içinde, dışında olmak üzere özellikle yarı kurak alanlarda yoğun bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalarda büyük çoğunlukla 2+0 yaşlı çıplak köklü fidan kullanımı tercih edilmektedir. Önemli bir kalite göstergesi olan gövde/kök dengesinin 2 yaşlı fidanlara göre 3 yaşlı fidanlarda bozulmaya başlaması dikim başarısını olumsuz etkileyeceği için 3 yaş ve üstü fidanlar dikimde kullanılmamalıdır (Akgül, 2010). Yarı nemli bir bölgede Isparta-Kayı ağaçlandırma sahasında 2+0 yaşlı çıplak köklü, kök boğazı çapı kalın ve boyu daha uzun fidanların daha iyi çap ve boy gelişimi yaptığı, kök boğazı çapı asgari 4mm ve fidan boyu asgari 10cm olan fidanların dikim için en uygun fidanlar olduğu bildirilmiştir (Deligöz ve ark., 2009). Isparta ve Bolu gibi yıllık yağış miktarı fazla ve nispi nemi daha yüksek yöreler için benzer öneri Kızmaz (1993) tarafından da yapılmıştır. Fidan kalite sınıflamasının yaşama yüzdesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada (Kızmaz, 1993) yaşama yüzdesi Bolu sahası için %98, Isparta sahası için %76'ın üzerinde iken, Eskişehir sahasında kalite sınıflarında %12 ile 43 arasında kalmış ve her üç yörede kalite sınıfları yaşama yüzdesi üzerinde etkili bulunmamıştır. Dikim sahasında iklim koşullarının o yöre koşullarına göre normal seyrinde (olumlu) gerçekleşmesi bu durumun nedenleri arasında yer alabilir. Sahalar arasındaki yaşama yüzdelilerindeki farklılıklar ise kalite sınıfının etkisinden ziyade yetişme ortamı şartlarındaki farklılıktan kaynaklanabilir. Nitekim Eskişehir sahasının diğer iki sahaya göre yıllık yağış miktarı daha azdır. Kurak

ekosistemlerde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında mikorizalı fidan kullanımının tutma başarısını ve büyümeyi arttırdığı belirtilmektedir. Bu konuda Toprak (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, mikorizanın karaçam fidanlarının morfolojik özelliklerine olumlu katkı yaptığı, mikorizal işlem görmüş karaçam fidanlarının aşılınmayanlara göre daha kalın çaplı olduğu ve İç Anadolu'nun yarı kurak sahalardaki ağaçlandırma alanlarında da daha kalın çap artımı yapmaya devam ettiği belirlenmiştir (Toprak, 2016).

Yıllık yağış miktarının az ve nispi nemin daha düşük olduğu, yazın kuraklık etkilerinin uzun sürdüğü kurak ve yarıkurak alanlarda kaplı fidan kullanımı daha ön plana çıkmalıdır. Orta Anadolu'da (Eskişehir çevresi) kaplı 1+0 yaşlı karaçam fidanlarının arazideki çap ve boy gelişiminin 2+0 yaşlı çıplak köklü fidanlara göre daha iyi olduğu, yaşama oranı bakımından farklılık bulunmadığı ve dikim mevsiminin tutma oranı üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Yücel ve ark., 2001). Tavşanlı Orman İşletmesi sınırları içinde toprak yapısı benzer alanlarda dikimi gerçekleştirilen 2+0 yaşlı çıplak köklü ve 2+0 yaşlı tüplü karaçam fidanlarında tutma başarısı bakımından tüplü fidanlar daha başarılı bulunmuştur (Uçar, 2019). Eskişehir yöresinde 15. yıl sonunda yapılan değerlendirmelerde 2+1 yaşlı tüplü (polietilen torba) fidanların yaşama oranı ve boy büyümesi 2+0 yaşlı çıplak köklü fidanlara oranla daha yüksektir (Karabulut, 2004). Ayık kapta (4x4x23 cm ebadında) mısır kompostlu karışımlarda yetiştirilen 1+0 yaşlı karaçam fidanlarının tutma başarısı hem 2+0 yaşlı fidanlara oranla hem de enso tipi kapta (5x5x10 cm ebadında) turbalı karışımda yetiştirilen 1+0 yaşlı fidanlara oranla daha yüksek bulunmuştur. Yarı kurak bölgelerde yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında 1+0 yaşlı fidanların tercih edilebileceği vurgulanmıştır (Zengin ve Karataş, 2002). Yarı kurak sahalarda enso tipi kap boyutunun yetersiz olduğu, dikimi takiben kuruyarak büzüşen turba ağırlıklı yetiştirme ortamının da etkisiyle fidanların kuruduğu belirtilmektedir (Boydak ve Çalikoğlu, 2008). Kazık kök sistemine sahip karaçam fidanlarında turba ortamında kök sistemi kalınlık, uzunluk ve gelişim yönünden aralarında farklılık bulunmayan çok sayıda köklerden oluşmaktadır. Kazık kök oluşum ve gelişimini sınırlandıran kap tipi ve yetiştirme ortamından kaçınılması oldukça önem taşımaktadır (Boydak ve ark., 2006).

5. Sonuç ve Öneriler

✓ Oldukça farklı ekolojik koşullara sahip alanlarda dikim çalışmaları gerçekleştirilen karaçam türünde kozalak ve tohum özellikleri ile fidan kalitesi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Fidan kalitesine dönük çalışmalar çoğunlukla orman fidanlıklarında yetiştirilen fidanların morfolojik kalitesinin belirlenmesi üzerinedir. Çoğu fidanlıkta üretilen fidanların kalite değerlendirmelerinde 1. kalite sınıfında fidan üretim oranının düşüklüğü, buna karşın iskarta fidan oranının yüksekliği dikkati çekmektedir. Bunun belli başlı nedenleri arasında öncelikle çoğu fidanlık toprağının karaçam fidanı üretiminde uygun olmayan toz+kil oranına, yüksek pH ve CaCO₃ içeriğine sahip olması gelmektedir. Fidanlık top-

raklarında pH genellikle 7 ile 8 arasındadır. Ortam pH'sını düşürmek amacıyla yapılacak toprak ıslah çalışmaları ise oldukça pahalı ve zor çalışmalardır. Bu durumda yeni araştırmalar doğrultusunda, halen uygulanmakta olan gübreleme programının gelişme dönemi dikkate alınarak mutlaka revize edilmesi gerekmektedir. Yeni kurulacak fidanlıklarda ise toprak özelliklerinin türün fidan üretimine uygunluğuna azami özen gösterilmelidir.

✓ Fidanlıklarda yetiştirme tekniklerinde belirli bir standardın hala sağlanmadığı görülmektedir. Kaliteli fidanların üretilmesini sağlamak amacıyla ekim sıklığının düzenlenmesi, kök kesimi, sulama ve gübreleme gibi kültürel işlemlerin doğru zamanda ve uygun miktarda yapılamaması nedeniyle yaşanan aksaklık veya düzensizlik, üretilen fidanların arzu edilen kalite özelliklerine ulaşmasını engellemektedir. İklim gibi değiştirilemez fidanlık koşullarında sulama, gübreleme gibi işlemlerin fidanlık ve orijin bazında fidanların gelişme dönemlerine uygun olarak doğru zamanda, miktarda ve sıklıkta yapılması fidan gelişimini olumlu etkileyerek fidanların istenen kalite özelliklerine kavuşmasını sağlayacaktır. Örneğin; gerek kaplı fidan üretimi gerekse de çıplak köklü fidan üretiminde sulama zamanı, aralığı ve miktarı; fidanlık iklim ve toprak özellikleri, yetiştirilen tür ve onun su tüketimine, gelişme dönemine ve yaşına bağlı olarak belirlenmeli ve türe özgü sulama programı hazırlanmalıdır. Kalın çaplı, kuvvetli ve bol yan köklerden meydana gelen saçak kök sistemi elde etmek için uygun yetiştirme sıklığı kök kesimleri ile birlikte kombine edilmelidir. Bu konuda ülkemizde henüz uygulaması olmayan yandan veya eğik (wrenching) kök kesimlerine ilişkin yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

✓ Nemli ve yarı nemli iklim koşullarına sahip, derin topraklı ağaçlandırma sahaları için orijin- fidanlık uyumu dikkate alınarak uygun yetiştirme teknikleri ile 2+0 yaşlı çıplak köklü kalın çaplı ve boylu karaçam fidan üretimine devam edilmelidir.

✓ Kurak ve yarı kurak alanlarda yapılacak karaçam ağaçlandırma çalışmaları için çıplak köklü fidan üretimi yerine kaplı fidan üretimine ağırlık verilmelidir. Bazı fidanlıklarda kaplı fidanlarda fidan gelişimi çıplak köklü fidanlara göre daha zayıf kalabilmektedir. Kaplı fidan üretiminde fidanlığın iklim koşulları dışında yetiştirme ortamının tamamen kontrol altında tutulabileceği dikkate alınır, fidan gelişiminde yaşanan sorunların tamamen kap boyutunun, yetiştirme ortamının ve bakım çalışmalarının uygun olup olmaması ile ilgili olabileceği unutulmamalıdır. Kurak ve yarı kurak alanlarda kullanılacak kaplı fidan üretiminde uygun kap boyutu, yetiştirme ortamı ve oranı, sulama ve gübreleme gibi üretim tekniklerinin arazi denemeleri ile ayrıntılı araştırmalarla ortaya koyulması gerekmektedir.

✓ Fidanlıklarda yetiştirme teknikleri doğru zamanda, miktarda ve sıklıkta uygulanmış olsa da fidan sökümleri doğru zamanda gerçekleştirilmemiş ise bu fidanlarla yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında başarı olmak mümkün değildir. Fidanlıklarda uygun söküm zamanı ve saklama koşulları konusunda problemler yaşanabilmektedir. Bu konuda fidanlıklar ve orijin bazında fidanların fizyolojik özellikleri dikkate alınarak uygun söküm-dikim zaman dilimini tespit etmek ve gerektiğinde uygun koşullarda saklamak öncelikli araştırma konularından birisi olmalıdır.

✓ Farklı yetiştirme ortamlarına sahip fidanlıklar ve değişik kullanım amaçları için; fidanların arazi başarı durumuna göre sahip olması gereken asgari kalite özellikleri belirlenmeli ve bu verilere göre TSE standartları/TS 2265/Şubat 1988 (Anonim, 1988) revize edilmelidir.

Kaynaklar

- Akbulut, İ., 2019. Göksun Orman Fidanlığında Karaçamda Ekim Sıklığının Fidanların Bazı Morfolojik Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zafer Ölmez, 47 sayfa, Artvin.
- Akgül, E., 1985. Bazı Fidanlıklarda Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold) Ekimi Sırasında Toprağa Verilen Azotlu ve Fosforlu Gübrelere Fidan Gelişimine Olan Etkileri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu: 136, 81 sayfa, Ankara.
- Akgül, H., 2010. Bolu Orman Fidanlığı'nda Yetiştirilen Bazı Önemli Türlerde Fidan Kalite Değerlendirmeleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hüseyin Dirik, 157 sayfa, İstanbul.
- Alkan, H., 2002. Kalitesizliğin Önemli Bir Boyutu: Maliyet Artışı (Orman Ağacı Fidanı Üretimine İlişkin Bir Değerlendirme). Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 3 (2): 97-118.
- Alptekin, C. Ü., 1986. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]'nin Coğrafik Varyasyonları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 36 (2): 132-154.
- Alptekin, C. Ü., İmal, B., 2010. Kurak ve Yarı Kurak alanlarda Fidan Üretimine Genel Bir Bakış. Sayfa: 792-803, III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi 20-22 Mayıs 2010, Cilt: II, Artvin.
- Anonim, 1976. TS 2265/Mart 1976 İğne Yapraklı Ağaç Fidanları Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1986. Fidanlık Çalışmaları. OGM Fidanlık ve Tohum İşleri Dairesi Başkanlığı, 168 sayfa, Ankara.
- Anonim, 1988. TS 2265/Şubat 1988 İğne Yapraklı Ağaç Fidanları Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonim, 2014. Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları. Tebliğ No:298, Ankara.
- Aslan, S., 1972. Bazı İbrelili Ağaç Türlerimizin Tohumlarının Saklama Müddetlerinin Tayini Üzerine Denemeler. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi Nu: 50, 20 sayfa.
- Aslan, S., Kızmaz, M., 1994. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Fidanlarının Dikimden Önce Agricol ile İşlem Yapılmasının Tutma Başarısına Etkisi ve Ekonomisinin İrdelenmesi. İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 78: 57-74.
- Atalay, İ., Efe, R., 2010. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) nın Ekolojisi ve Tohum Transfer Rejyonlaması. Orman ve Çevre Bakanlığı Tohum Islah Enstitüsü Yayınları Nu: 424-37,

- 240 sayfa, Ankara.
- Atay, İ., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Tohumu Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (1): 48-91.
- Atay, İ., Ürgenç, S., Odabaşı, T., 1978. Karaçam, Sarıçam ve Doğu Ladini Tohumlarının 8 Yıllık Saklama Sonuçları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26 (1): 68-80.
- Avanoğlu, B., Ayan, S., Demircioğlu, N., Sıvacıoğlu, A., 2005. Kastamonu-Taşköprü Orman Fidanlığı'nda Üretilen 2+0 yaşlı Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) Fidanlarının TSE Normlarına Göre Değerlendirilmesi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma*, 2: 73-83.
- Avşar, E., 2005. Kızılçam Orman Fidanlığı'nda Yetiştirilen Bazı İbrelili Türlerin Kaplı Fidan Karakterleri. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Sezgin Ayan, 91 sayfa, Ankara.
- Ayan, S., Usta, T., 2010. Sıcaklık Şoklarının Doğal Çam Türleri Tohumlarının Canlılığı Üzerine Etkisi. Sayfa: 766-774, III. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs, Artvin.
- Ayık, C., Yılmaz, H., Zengin, M., 1990. Orman Fidanlıklarında Kullanılabilecek En Uygun Tüplü Fidan Toprağı ile Türe ve Yaşa Göre Boyut Konusunda Yapılan Çalışmalar. *KHGTOA Enstitüsü Yayınları*, Oylat-İzmit.
- Ayıntaplı, P., 1995. Serinyol ve Tekir Fidanlıklarında Üretilen Kızılçam, Anadolu Karaçamı ve Toros Sediri Fidanlarında Kalite Sınıflaması Araştırmaları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 115 sayfa, Trabzon.
- Boydak, M., 1979. Geliştirilmiş Tohum Kaynakları Olarak Tohum Bahçeleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 29B (2): 89-111.
- Boydak, M., 1981. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold var. *caramanica* (Loud.) Rehd.) Tohumlarının Olgunlaşma Zamanı ve Saklama Süreleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32A (2):199-218.
- Boydak, M., Çalikoğlu, M., 2008. *Toros Sedirinin (Cedrus libani A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü*. Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, 284 sayfa, Ankara.
- Boydak, M., Çalışkan A., Bozkuş F., 2002. Dursunbey-Alaçam Yöresi Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Tohum Verimi ve Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52 A(2): 1-26.
- Boydak, M., Dirik, H., Çalikoğlu, M., 2006. *Kızılçamın (Pinus brutia Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü*. OGEM-VAK, ISBN: 975-93943-4-0, 364 sayfa, Ankara.
- Buğday, S. E., 2008. Kastamonu-Günlüburun Karaçam Tohum Bahçesinde Klonal Farklılıklar. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi, Danışman; Ahmet Sıvacıoğlu, 81 sayfa, Ankara.
- Cap, M. C., 2017. Farklı Doz ve Tarihlerde Uygulanan Glyphosate Herbisitinin Karaçam (*Pinus nigra* J. F. Arnold), Sarıçam (*Pinus sylvestris* Line.) ve Sahilçamı (*Pinus pinaster* Aiton.) Fidanlarına Etkisi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Derya

- Eşen, 40 sayfa, Düzce.
- Carus, S., Çatal, Y., 2005. Yaprak Yüzeyinin Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich) Fidanlarında Dip Çap ve Boy Artımı Üzerindeki Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A (2): 52-61.
- Coşgun, U., Erdem, M., Topak, R., Terzi, M., 2002. Bolu Orman Fidanlığı'nda Tarımda Kullanılan Herbisitlerin Kullanılmasının Ot Mücadelesine Fidan Yaşama Kabiliyetine ve Fidanlık Ekonomisine Katkılarının İncelenmesi. *Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Nu: 8, 42 sayfa, Bolu.*
- Çalikoğlu, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Melih Boydak, 100 sayfa, İstanbul.
- Çeler, E., 2013. Çıplak Köklü Sarıçam ve Karaçam Fidanı Morfolojik Kalite Özelliklerine Leonarditin Etkileri. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, 98 sayfa, Kastamonu.
- Çelik Uysal, S., 2015. Sütçüler-Tota Orijinli Gönen Karaçam Tohum Bahçesinde Kozalak ve Tohum Özellikleri Bakımından Klonal Varyasyon. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Süleyman Gülcü, 97 sayfa, Isparta.
- Çetinkaya, D., Deligöz, A., 2012. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nda Yerinde Kök Kesimlerinin Fidan Morfolojisi Üzerindeki Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 49-58.
- Çevik, İ., 1996. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Fidanlarının Soğuk Hava Depolarında Saklanmaları Üzerine Araştırmalar. *Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten*, Nu:4, 31 sayfa, İzmir.
- Çılgın, Ş., Ayan, S., Sivacıoğlu, A., İktüeren, Ş., 2007. Hanönü (Kastamonu) - Günlüburun karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Bahçesinde Bazı Klonların Kozalak ve Tohum Özellikleri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7(2): 169- 179.
- Çolak, A. H., 1991. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Bazı Yetiştirme Tekniklerinin Fidan Kalitesi Sınıflamasına Temel Teşkil Eden Morfolojik Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Suat Ürgenç, 63 sayfa, İstanbul.
- Çömez Ö., Gezgin, S., 2019. Potasyum Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Fidanlarının Gelişimine Etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6(1): 77-86.
- Dağdaş, S., 2016. Ehrami Karaçamın (Vakıf Karaçamı) (*Pinus nigra* arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata*) Yayılışı, Yetiştirme Muhiti İstekleri, Silvikültürü ve Karaçamlarda Toplu Kurumalar. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 53 (3-4-5): 23-33.
- Deligöz, A., 2007. *Anadolu karaçamı* [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] fidanlarına ait bazı temel morfolojik ve eko-fizyolojik

özelliklerin dikim başarısına etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim, Dalı Doktora Tezi, Danışman; Musa GENÇ, II. Danışman; Hasan Özçelik, 279 sayfa, Isparta.

- Deligöz, A., 2009a. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarında Sulama Programının Hazırlanmasında Bitki Su Potansiyeli Değerlerinin Kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 51-65.
- Deligöz, A., 2009b. The Effects of Exposure and Bale Storage on Water Potential and Field Performance in Anatolian Black Pine. *Journal Biological Sciences*, 9 (4):3 67-371.
- Deligöz, A., 2011. Seasonal Changes in the Physiological Characteristics of Anatolian Black Pine and the Effect on Seedling Quality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35 (1): 23-30.
- Deligöz, A., 2012. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder) Fidanlarında Sonbahar Gübrelemesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 8 (1): 1-9.
- Deligöz, A., Genç, M., Özçelik, H., 2009. Kalite Sınıflamasının Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Fidanlarının Arazi Performansına Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2 (A): 37-50.
- Deligöz, A., Gezer, A., 2005. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Bazı Tohum Meşcereleri, Klonal Tohum Bahçeleri ve Plantasyonlarında Kozalak ve Tohum Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A: 1-16.
- Demir, E., 2019. Bazı Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* J. F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Orijinlerinin Tohum Ve Fidan Aşamasında Kuraklığa Dayanıklılığı. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bora İmal, 96 sayfa, Çankırı.
- Demir, N., 2003. Fitohormonların 2+0 Yaşında Karaçam Fidanlarının Büyüme ve Gelişme Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Orman ve Ekonomi*, 2 (10-11-12): 8-14.
- Dirik, H., 1994. Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidan Tazeliğinin Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 44A (1): 23-30.
- Dirik, H., 1999. Dikim Mevsiminde Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarındaki Fizyolojik Değişiklikler ve Bunun Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 49A (2): 59-74.
- Edgren, J. W., 1984. Nursery Storage to Planting Hole: A Seedling's Hazardous Journey. In: Duryea, M.L., Thomas, D.L. (eds.), *Forest Nursery Manual*, Martinus Nijhoff Dr. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lanchester for Forest Research Laboratory, Oregon State University, pp: 235-242, Corvallis.
- Eken, Ö., 2015. Çankırı (Kenbağ) ve Eldivan Orman Fidanlıklarında Yetiştirilen Anadolu Karaçamı ile Toros Sediri Türlerinde Fidan Kalite Değerlendir-

- meleri. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Nuri Öner, 156 sayfa, Çankırı.
- Erdoğan, H., 2003. Elazığ Orman Fidanlığı'nda Ticari Gübrelerin Karaçam Fidanlarının (Tohumdan Yetiştirilen) Gelişmeleri Üzerine Olan Etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Aydın Türüdü, 79 sayfa, Trabzon.
- Ertekin, M., 2006. Yenice-Bakraz Orijinli Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Bahçesinde Çiçeklenme, Kozalak Verimi ve Tohum Özellikleri Açısından Klonal Farklılıklar. ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Korhan Tunçtaner, 191 sayfa, Zonguldak.
- Eyüpoğlu, K., 1979. Fidan. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (2): 31-67.
- Genç, M., 1992. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Zeki Yahyaoglu, 272 sayfa, Trabzon.
- Genç, M., 2011. *Silvikültürün Temel Esasları*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 44, 351 Sayfa, Isparta.
- Genç, M., 2013. *Silvikültür Tekniği*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu:46, 400 Sayfa, Isparta.
- Genç, M., Güner, Ş. T., Şahan, A., 1999. Eskişehir, Eğirdir ve Seydişehir Orman Fidanlıklarında 2+0 Karaçam Fidanlarında Morfolojik İncelemeler. *Journal of Turkish Agriculture & Forestry*, 23 (ek sayı 2): 517- 525.
- Gezer, A., Yücedağ, C., 2013. *Orman Ağaçları Tohumları ve Tohumdan Fidan Yetiştirme Tekniği*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları Nu: 57, 2. Baskı, 156 sayfa, Isparta.
- Göksü, E., Parlak, S., Boza, Z., 2019. Orman Fidanlıklarında Yabancı Otlarla Mücadelede EFRICAD Ekipmanı Kullanımının Maliyet Analizi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6 (1): 87-95.
- Gülcü, S., Bilir, N., 2000. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] ve Kızılçam Karışık ve Saf Meşcerelerinde Tohum-Fidecik-Morfogenetik Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1): 65-74.
- Güner Ş. T., Çömez, A., Karataş, R., Genç, M., 2012. Yetiştirme Sıklığının Anadolu Karaçamı Fidanlarının Dikim Başarısına Etkisi. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University*, 62(2): 89-96.
- Güner, Ş., Çömez, A., Karataş, R., Genç, M., 2008. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nda Yetiştirme Sıklığının Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Fidan Özellikleri İle Dikim Başarısına Etkisi. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü. Bakanlık Yayın No:325, Müdürlük Yayın Nu: 1, 55 sayfa, Eskişehir.
- İmal, B., 2015. Bazı Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijinlerinin Dona ve Kuraklığa Karşı Dayanıklılık-

- larının Ekofizyolojik Olarak Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Cemal Ünal Alptekin, 164 sayfa, İstanbul.
- Karabulut, S., 2004. *Eskişehir Yöresi Makinalı Karaçam (Pinus nigra Arnold subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarında Arazi Hazırlama Yöntemlerinin 15 Yıllık Gelişim Üzerindeki Etkisi*. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü. Çeşitli Yayınlar Serisi No: 18, 71 sayfa.
- Karadağ, M., 1999. Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Doğal Gençleştirme Koşulları Üzerine Araştırmalar. *Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü* Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 4, 226 sayfa.
- Kavgacı, A., Yılmaz, E., Coşgun, U., Erkan, S., Çobanoğlu, A., Coşgun, S., Terzi, M., Küçük Divrik, A., Yazlık, A., 2019. Antalya ve Eğirdir Orman Fidanlıklarında Bazı Yabancı Ot Kontrol Yöntemlerinin Fidan Gelişimi ve Fidanlık Maliyetlerine Etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6 (2): 152-166.
- Kaya, Z., Teremit, A., 1994. Genetic Structure of Marginally Located *Pinus nigra* var *pallasiana* Populations in Central Turkey. *Silvae Genetica*, 43 (5/6): 272-277.
- Kızmaz, M., 1993. Karaçam Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü* Yayınları Teknik Bülten Nu: 238, 7-36 sayfa.
- Landis, T. D., 2008. Root Culturing in Bareroot Nurseries. *Forest Nursery Notes* Winter
- Larsen, B., Suner, A., 1986. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Orijinleri Arasında Kuraklığa Ve Dona Dayanma Farklılıkları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32 (63): 93-109.
- OGM, 2015. *Türkiye Orman Varlığı 2015*. Ankara
- OGM, 2019. *Orman Genel Müdürlüğü 2018 Yılı İdare Faaliyet Raporu* (Şubat 2019), Ankara.
- OGM, 2020a. Orman Genel Müdürlüğü web sitesi. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>, Erişim Tarihi:5.03.2020.
- OGM, 2020b. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü web sitesi <https://ortohum.ogm.gov.tr/SitePages/OGM/OGMDefault>, Erişim Tarihi: 5.03.2020.
- OGM, 2021. *Orman Genel Müdürlüğü 2020 Yılı İdare Faaliyet Raporu* (Şubat 2021), Ankara.
- Öner, M., Çakır, M., 2006. Yaprak Alanının Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidanlarında Bitki Çap, Boy, Hacim ve Ağırlık Artımı Üzerine Etkileri. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (2): 167-178.
- Özdemir, Ö. L., 1971. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'ın Fidanlıklarda Yetiştirilme Tekniği Üzerine Bazı Denemeler. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü* Yayınları Teknik Bülten Serisi Nu: 49, 51 Sayfa, Ankara.
- Parlak, S. ve Güner, D., 2017. Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Karaçam (*Pinus*

- nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarının Bazı Morfolojik Özelliklerine Etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 4 (2): 100-106.
- Perk, B., 2011. Bazı Orman Ağaçlarının Kaplı Fidan Üretiminde Kap Boyutlarının Fidanın Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerine Etkileri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora tezi, Danışman; Süleyman Tokur, II. Danışman; C. Ünal Alptekin, 154 sayfa, Eskişehir.
- Sayman, M., 1996. Kaplı Fidan Üretiminde Kullanılabilecek Yetiştirme Ortamlarının Tespiti ile Bunlara Ait Özelliklerin Fidan Kalitesi Üzerindeki Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Habil Çolakoğlu, 52 sayfa, İzmir.
- Selek, N., 1995. Hendek Fidanlığında Yetiştirilen Kayın, Karaçam, Sarıçam ve Gökmar Fidanlarında Temel Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, Danışman; Ali Demirci, 68 sayfa, Trabzon.
- Semerci, H., 2005. Farklı Islah Zonlarından Örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijinlerinin Soğuğa Dayanıklılıkları. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Erol Aksöz, 97 sayfa, Ankara.
- Semerci, H., Öztürk, H., Semerci, A., İzbirak, H., Ekmekçi, Y., 2008. Değişik Islah Zonlarından Örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder) Orijinlerinin Dona ve Kuraklığa Dayanıklılıklarının Belirlenmesi. *Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülteni*, 21 (340-33), 1-68.
- Sıvacioğlu, B., Aydın, S., Demircioğlu, N., Sıvacioğlu, A., 2005. Kastamonu-Taşköprü Orman Fidanlığı'nda Üretilen 2+0 Yaşlı Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) Fidanlarının TSE Normlarına Göre Değerlendirilmesi. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (8): 73-83.
- Şengün, S., Alan, M., 2005. Orman Ağaçlarında Genetik Çeşitliliğin Korunmasında İn Situ ve Ex Situ Yöntemlerin Türkiye'deki Uygulamaları. Sayfa: 533-541, *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, 8-10 Eylül 2005, Isparta.
- Şimşek, Y., Erkuloğlu, Ö. S., Tosun, S., 1995. Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijin Denemelerinin İlk Sonuçları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu: 247*, Ankara.
- Tacuner, İ. A., 1987. Bazı Orman Fidanlıklarındaki 1-0 Yaşlı Sarıçam ve Karaçam Fidanlarında Görülen Fizyo-Morfolojik Bozukluklara İlişkin İncelemeler. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33 (2): 27-41.
- Taşdemir, C., Karatay, H., 2006. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde Yapılan Fidanlık Ve Ağaçlandırma Çalışmalarının Teknik Açısından Değerlendirilmesi. Sayfa: 473-486, *Türkiye de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirmesi Çalıştayı*, 7-10 Kasım 2006, Ürgüp, 1. Cilt.
- Tebes, N. T., 2015. Çankırı ve Çerkeş Orman Fidanlıkları'nda Üretilen Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Fidanlarının Morfolojik Özellikleri ve Kalitesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nebi Bilir, 30 sayfa, Isparta.

- Toprak, B., 2016. Ekto- ve Arbusküler Mikoriza Aşılannmış Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının İç Anadolu'nun Yarı Kurak Sahalarındaki Ağaçlandırma Başarısı. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Oktay Yıldız, 172 sayfa, Düzce.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş.T., 2016. Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyunun Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının Yarı-Kurak Sahalardaki Tutma Başarısına Etkisi. *Ormancılık Dergisi*, 12 (1): 105-111.
- Tosun, S., Karadağ, M., Karatepe, H., 1997. Sarıçam ve Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Erken Toplanan Kozalaklarından Yararlanabilme Olanaklarının Araştırılması. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten Nu:1, 34 sayfa, Antalya.
- Uçar, S., 2019. Tavşanlı Orman İşletmesinde Tüplü ve Çıplak Köklü Dikilen Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) 5 Yıllık Dikim Başarısının Değerlendirilmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Fatih Tonguç, 37 sayfa, Isparta.
- Üçler, A. Ö., 1991. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn, subsp. *pallasiana* (Lamb.) ve Halepçamı (*Pinus halepensis* Mill.)'nda Tohum Büyüklüğü ve Ağırlığının Çimlenme Yüzdesi Fidan Boyu ve Kalitesine Etkisi. *Doğa-Türk-Tarım-ve-Ormancılık Dergisi*, 15: 999-1010.
- Ürgenç, S., 1998. *Ağaçlandırma Tekniğı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3994/441, 600 sayfa, İstanbul.
- Ürgenç, S., Çepel, N., 2001. *Ağaçlandırmalar İçin Tür Seçimi, Tohum Ekimi ve Fidan Dikiminin Pratik Esasları*. TEMA Vakfı Yayınları, Safa Tanıtım Matbaacılık, ISBN 975-7169-31-5, 250 sayfa, İstanbul.
- Yazıcı, N., Babalık A. A., 2011. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn subsp *pallasiana* Lamb Holmboe] Fidanları İçin Uygun Sulama Aralığının Belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13: 100-106.
- Yer, E. N., Ayan S., 2011. Eskişehir Orman Fidanlığı koşullarında Yetiştirilen Çıplak Köklü Toros Sediri ve Anadolu Karaçamı Fidanlarının Gelişim Dönemleri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (2): 219- 227.
- Yücel, E., Uryan B., Çelik S., 2001. Bozuk Ekosistemlerin Ağaçlandırılmasında Uygun Fidan Tipi ve Türünün Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 5: 1-18.
- Zengin, M., Karakaş, A., 2002. Eskişehir Yöresi Karaçam Ağaçlandırmalarında Kaplı Fidanlarda Mısır Kompostu Kullanılması. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 193, 38 sayfa OAEM, İzmit
- Zoralioğlu, T., 1997. Kontrollü Salınan Yavaş Yarıyışlı (Slow Resolution) Gübrelere Ormancılıkta Kullanım Olanakları. *Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü*, 1 (Seri No:24): 41-51.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

18

KARAÇAMDA TOHUM OLUŞUMU VE GELİŞİM SÜRECİ

1. Giriş

Asli orman ağaçlarımızdan biri olan Anadolu karaçamı, 2015 yılı verilerine göre; kapladığı alan (4.244.921 ha; %19) ile kızılçamdan sonra en geniş yayılışı olan çam türüdür. Doğu ve Güneydoğu Anadolu ile Doğu Karadeniz Bölgesi dışında yatay ve dikey geniş bir yayılış alanına sahiptir. Ekolojik amplitütünün geniş olması nedeniyle ülkemizde stepe (İç Anadolu Bölgesine) en fazla soku- lan tür özelliğine sahiptir. Geniş bir alanda yayılması nedeniyle coğrafik var- yasyonları ve ekotipleri bulunmaktadır. Alptekin (1986), çeşitli parametrelere göre (kabuk ve dal kalınlığı, iğne yaprak ve kozalak boyutları vb.) karaçam ya- yılış alanlarını 15 coğrafik varyasyona, Atalay ve Efe (2010) ise, ekolojik özellik- leri dikkate alarak, tohum nakli açısından 6 bölge ve 32 alt bölgeye ayırmıştır. Yatay ve dikey çok geniş bir yayılış alanına ve 2.727.524 ha normal kapalılığa sahip koru ormanları bulunmasına karşın doğal gençleştirme koşullarına sahip meşcereler çok daha azdır. Yetiştirme muhiti ırklarını ve coğrafi varyasyonlarını korumak amacıyla doğal gençleştirme çalışmaları önem kazanmaktadır. Bunu yanında kızılçam ile birlikte, ülkemiz ağaçlandırmalarında en büyük paya sa- hip türümüzdür (Anonim, 2001). Doğal ve yapay gençleştirmede başarılı ol- manın en önemli faktörü tohumdur. Bu nedenle karaçam populasyonlarının tohum verimi ile tohum oluşum ve gelişim süreci hakkında daha fazla bilgi sahibi olunması, başarı şansını da o oranda yükseltecektir.

Pinaceae familyasına ait olan karaçam bir cinsli bir evcikliktir. Erkek çiçekler çoğunlukla ağaç tepesinin orta ve alt kısımlarında, kurullar halinde kısa ve uzun sürgünlerin taban kısmında yer almışlardır. Uzun sürgünlerin dip kısmında, kısa sürgünlerin üst kısmında gruplar halinde bulunmaktadır. Her bir erkek çiçek, bir eksen üzerinde sarmal olarak dizilmiş çok sayıda pullara (etamine) sahiptir. Her etaminin iki çiçek tozu torbası vardır. Çiçek tozlarının yan taraflarında iki adet hava baloncuğu bulunur. Polenler olgunlaştığında saçılmaya başlar ve dişi çiçek- lere ulaşması rüzgârla olur (Kayacık, 1980). Konifer türlerinde, aynı ağaçta dişi çiçeklerin polen kabulü, polen dağılımından daha erken başlayabilmektedir. Bu durum kendilemenin olumsuz etkileri için doğal engellerden biridir.

¹ Dr. Öğretim Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: adilkan@istanbul.edu.tr

Dişi çiçekler daha çok ağaç tepesinin üst ve orta kısmında yer alır. Basit bir yapıya sahip olup, bir brahte, bir karpel ve her karpelin koltuğunda iki adet tohum tomurcuğundan (tohum taslağından) oluşmuştur. Dişi çiçekler bir araya gelerek sarmal şekilde dizilmiş brahtelerin oluşturduğu kozalak taslağı şeklinindedir. Çiçek aşamasında belirgin olan brahte, kozalağa dönüştükten (olgunlaştıktan) sonra kaybolur (Yaltırık ve Akkemik, 2011).

Bitkilerdeki her türlü faaliyet hormonlar, enzimler ve düzenleyici bileşikler ile olur. Tohum içinde ana hormonlar öksinler, gibberellinler, sitokininler ve absisik asittir (ABA). Bu hormonlar meyve ve tohumun gelişme ve büyümesinde önemli roller oynadığı bilinmekle birlikte, bu rollerin tam olarak tam olarak ne olduğu her durumda açık değildir (Boydak ve Çalışkan, 2014). Karaçamda üreme periyodu (çiçek tomurcuğunun oluşumundan tohumun dökülmesi) 3 yıldır. İlk yıl Haziran-Temmuz aylarında son sürgün üzerinde çiçek tomurcukları oluşur. İkinci yılın ilkbaharında dişi ve erkek çiçekler oluşarak ilkbaharın ikinci yarısında-erken yaz döneminde tozlaşma gerçekleşir. Polen tüpü ve ovaryum gelişmeye başlar fakat yaz ortasında durur. Üçüncü yılın ilkbaharında gelişim yeniden başlar ve dölllenme gerçekleşir. Tohumun olgunlaşması aynı yılın sonbaharında, tohumların dökülmeye başlaması ise üçüncü yılın kış ve ilkbahar aylarında gerçekleşir (Kozłowski ve Pallardy, 1996).

Karaçamda tohum oluşum ve gelişim sürecini incelemek ve görsel materyal oluşturmak amacıyla; her mevsim ulaşımı ve incelemesi kolay olan, İstanbul Bahçeköy Atatürk Arboretumu'nda örnek ağaçlar seçilmiştir. Seçilen bu 5 adet örnek ağaçta, 2013-2016 yılları arasında düzenli olarak yıl boyunca fenolojik gözlem yapılmıştır.

2. Tohumun (Kozalağın) Oluşum ve Gelişimini Etkileyen faktörler

Tohum oluşum ve gelişiminde dışsal (çevresel) ve içsel (kalıtsal) faktörler etkilidir. Kalıtsal özellikler dışında, tohum (kozalağın) oluşum ve gelişim süreci ışık ile birlikte günlük sıcaklık toplamlarıyla ilişkilidir. Belirli bir yöredeki doğal popülasyonlarda, her fenolojik olay, bir tür için belirli bir günlük ortalama sıcaklık toplamından oluşmaktadır. Her fenolojik olay için, günlük sıcaklık toplamının aynı yöredeki yıllık sıcaklık toplamına oranı, her tür için ayrı ayrı sabit olup; bu oran aynı türün tüm yayılış alanları için geçerlidir (Boydak ve Çalışkan, 2014). Kalıtsal özelliklerin etkili olduğunu gösteren araştırmada (Yeşilkaya, 1998); Göl-ler yöresinde (Isparta) karaçam orijin denemesi ile oluşan ağaçlandırma sahasında, 36 karaçam orijininde yapılan fenolojik gözlemlerde, orijinler arasında tomurcuk açma ve tomurcuk bağlama tarihleri bakımından istatistiksel anlamda önemli ve anlamlı farklar bulunmuştur. Örneğin gelecek yılın sürgünlerini oluşturacak tomurcuk bağlama zamanının orijinler arasında 45 güne kadar değiştiği görülmüştür. Ertekin ve Özel (2010) tarafından karaçam tohum bahçesinde ya-

pılan araştırmada; Yenice-Bakraz orijinli karaçam bireylerinde, klonlar arasında bile polen boyu, polen gövde eni, baloncuğun boyu ve baloncuk en değerleri açısından anlamlı farklar çıkmıştır. Karaçamın don ve kuraklığa karşı dayanıklılığı konusunda özellikle kış donlarına karşı orijinler arasında anlamlı farklılığın olduğu tespit edilmiştir (Çalikoğlu, 2002; Semerci ve ark., 2008). Doğu ladininde yapılan bir fenolojik gözlem çalışmasında (Küçük, 1986), Meryemana'da 1100 m de kozalakların olgunlaşması için tozlaşma tarihinden itibaren günlük ortalama sıcaklıkların toplamının 21,60 °C olduğu tespit edilmiştir.

Günlük sıcaklıklara ve sıcaklık toplamlarına etki yapan en önemli faktörler coğrafik bölge, bakı ve yükseltidir. Günlük sıcaklık toplamına bağlı olarak aynı ağaç türünde tohumun (kozalağın) oluşum ve gelişim süreci; iklim ve hava hallerine bağlı olarak yıldan yıla da değişiklik gösterebilmektedir. Bunun yanında çiçeklenme, tozlaşma ve gelişim safhasındaki olumsuz hava koşulları ile entomolojik zararlar tohum verimini etkileyebilmektedir.

Kalıtıl özellikler saklı kalmak koşuluyla, sıcaklık toplamına bağlı olarak bir yöredeki aynı ağaç türünde tohumun (kozalağın) oluşum ve gelişimi;

- İklimle bağlı olarak yıldan yıla ve bir önceki yıldaki iklim durumuna (çiçek tomurcukları bir önceki yılda oluşur),
- Oluşum ve gelişim dönemindeki hava hallerine (geç donlar, aşırı yağışlar, kuraklık, ekstrem sıcaklık, rüzgar vb.) ile özellikle tozlaşma dönemindeki hava hallerine (sıcaklık, yağış, bağıl nem, sis, kurutucu rüzgarlar),
- Yükseltiye (alçak-yüksek), mevkiye (üst-alt yamaç) ve bakıya (güney-kuzey),
- Bulunuş yerine (serbest-meşcere içi, üst veya alt kat) ve ağaç üzerindeki konumuna (üst-alt, gölgeli-güneşli) bağlı olarak (10-30 gün) değişiklik gösterebilir.

Ağaçlar vejetasyon dönemi içinde, gelecek yılın boy büyümesini sağlayacak olan vejetatif tomurcukları oluşturmaya (Mayıs-Haziran-Temmuz) ve besin maddesi depolamaya başlar (Resim 1). Kozlowski ve Pallardy (1996)'ya göre tomurcuklarda besin maddesi depolanması yaz sonlarında olmaktadır. Özellikle çamlarda artan kuraklık, tohum oluşum sürecinin kısılmasına ve bu nedenle de daha az kozalak oluşumuna neden olur (Sanini, 1997). Eğer ağaç gelecek yıl tohum verecek ise çiçek (dişi ve erkek) taslakları sürgün tomurcuğu içinde yer alır. Bu durum tomurcuğu büyük bazı türlerde çıplak gözle fark edilebilir (kayın gibi). Kayında gelecek yıl sadece sürgün verecek tomurcuklar ince (zayıf) ve uzun, hem sürgün verecek hem de çiçek verecek tomurcuklar kısa ve tombul olur. İğne yapraklılardan kızılçamda gelecek yılın tomurcuğu boyuna kesildiğinde, dip kısımda erkek çiçek taslaklarını görmek mümkündür (Resim 2). Dişi çiçek taslakları ise ancak mikroskopik inceleme ile görülebilir. Karaçam tomurcukları kızılçama kıyasla

küçük olduğu için erkek çiçek taslaklarını tomurcuk kesitlerinde çıplak gözle görmek mümkün değildir.

3. Tohumun Oluşum Süreci

İstanbul Bahçeköy'de iklim şartlarına bağlı olarak karaçamda vejetasyon Mart sonu-Nisan başı başlar. Hava hallerine bağlı olarak başlama zamanı bulunuş yerine ve yıllara göre 15-20 günlük sapmalar gösterir. Vejetasyonun başlaması ile birlikte tomurcuklarda da faaliyet başlar. Tomurcuk pullarından oluşan bir kılıf içerisinde sürgün büyümeye başlar ve gelişir (Resim 3). Daha sonra da havaların ısınmasına (gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkının azalmasına) ve tomurcukların gelişim durumuna bağlı olarak tomurcuk pulları dökülmeye, çiçekler ve iğne yapraklar açığa çıkmaya başlar.

Ağaç tohum verecek ise ilk aşamada bir önceki yılda taslakları oluşmuş erkek çiçekler uzun sürgünlerin dip kısmında ve kısa sürgünler üzerinde görülmeye başlar (Resim 4). Erkek çiçekler olgunlaşınca kadar yeşil renge sahiptir (Resim 5). Olgunlaşınca rengi sarıya döner (Resim 6). Erkek çiçeklerin oluşum ve gelişimi dişi çiçeklerin oluşum ve gelişimine göre daha hızlıdır.

Sürgünde ve erkek çiçeklerde gelişim devam ederken, Nisanın son haftasında uzun sürgünlerin uç kısmında dişi çiçekler oluşmaya başlar ve tomurcuk içinde geliştiği görülür. Havaların ısınmasına ve gelişimine bağlı olarak dişi çiçek tomurcuğu patlatarak görünmeye başlar (Resim 7 ve 8). Bu aşamada sürgünler üzerinde iğne yapraklar oluşmuş ancak gelişmeye başlamamıştır.

Mayıs ayı başında erkek çiçekler gelişimini tamamlar (Resim 9). Her bir erkek çiçeğin bir eksen üzerinde sarmal olarak dizilmiş çok sayıda pulları (etamini) vardır. Çiçek tozlarının yan taraflarında iki adet hava baloncuğu bulunur. Polenler olgunlaştığında saçılmaya başlar. Dişi çiçeklere ulaşması rüzgârla olur. Polenler polen kesesinde gelişir. Her polen tanesinin bir tüp hücresi (vejetatif hücre), iki tane de generatif hücresi vardır. Polen tanelerinin şekil ve büyüklüğü türlere hatta orijin ve klonlara göre değişiklik gösterebilir (Ertekin ve Özel, 2010).

Polen saçımı esnasında iğne yapraklar gelişmeye devam eder. Ancak iğne yaprakların gelişimi tozlaşmadan sonra hızlanarak tamamlanır (tozlaşmayı engellemek için). Olgunlaşan ve sarımsı-yeşil renkteki erkek çiçekler bağıl nemin düşük olduğu günlerde polen saçmaya başlar. Nemli ve serin günlerde şiddetli rüzgârlar bile polen dökümünü sağlayamaz ve uzun süre devam eden serin ve ıslak havalar, polenle dolu anterlerin çatlamasına engel olur. Bu sebeple, donlar, uzun süreli kurutucu rüzgârlar ve serin-nemli havalar erkek çiçek oluşumu ve polen dağılımı için olumsuz koşullardır. Tozlaşma aşamasında, uzun süreli şiddetli yağışlar, sis oluşumu, yüksek bağıl nem, ekstrem sıcaklıklar ve dolu yağışları tozlaşmanın azalmasına ve bunun sonucunda da tohum veriminin düşmesine neden olur.

Dişi çiçekler (dişi çiçek kurulları) genç sürgünlerin (bu vejetasyon döneminde oluşan) ucunda kozalak taslağı (kozalakçık) halindedir. Kısa saplı kozalakçık, tek olarak ya da ikisi karşılıklı veya birkaçı bir arada (3-4) bulunur. Başlangıçta dişi çiçek yeşil renkte iken daha sonra soluk kırmızı renge dönmeye başlar. Ağacın güneş gören kısmındaki dişi çiçeklerde daha erken kırmızı renk görülmeye başlar. Mayıs başı ve ortasında dişi çiçekler olgunlaşarak polen kabul evresine ulaşır (Resim 8 ve 10). Bu evrede karpeller açıktır. Polen kabul evresi aynı ağaçta bulunuş yerine (ağacın üst ve orta, kuzey-güney) bağlı olarak 8-10 gün farklılık gösterebilir. Polen kabul evresi açık tohumlularda 1-15 gün veya daha uzun, kapalı tohumlularda 1-10 gün sürebilmektedir. Polen, doğrudan dişi çiçeklerde brahtenin hemen altındaki karpelin koltuğunda bulunan tohum tomurcuğunun mikropiline konmaktadır (Yaltırık ve Akkemik, 2011). Polen kabul safhasını tamamlamış dişi çiçeklerde karpeller kapanır (Resim 11). Yükseltiye bağlı (1000-1500 m) olarak dişi çiçek gelişimi Haziran ayına kayabilmektedir. Dişi çiçeklerin oluşum ve gelişim aşamasında kayıplarda olabilmektedir. Düşük sıcaklıklar ve dolu yağışları gibi ekstrem iklim koşulları ile entomolojik zararlar da dişi çiçek kayıplarında etkilidir.

Tozlaşmadan sonra sürgün uçlarında, gelecek yılın sürgün tomurcuğunun oluşmaya başlar. İstanbul Bahçeköy şartlarında Haziran başı ve ortasında gelecek yılın sürgün tomurcuğu oluşmaya başladığı görülmüştür (Resim 1). Bu aşamada konolet terminal durumdan yanal duruma geçer. Kırmızı renk solarak yeşil renge dönüşmeye başlar (Resim 12).

Polen saçımından sonra erkek çiçekler kurumaya ve daha sonra da dökülmeye başlar (Resim 13 ve 14). Uzun sürgünlerin dip kısmında dökülen erkek çiçeklerin yerleri çıplak kalır. Temmuz ayı sonuna kadar konolet gelişimini tamamlar (Resim 15). Fındık büyüklüğüne ulaşır. Polen tüpü ve ovaryum gelişmeye başlar fakat yaz ortasında durur. Temmuz sonu- Ağustos ayı başında konoletler yeşil renkten açık kahverengine dönmeye başlar. Kuraklık ve düşük sıcaklıklara karşı konolet ve gelecek yılın sürgünleri bir tür koruyucu madde (reçine) ile kaplanmaya başlar. Konolet kışı bu durumda geçirir.

Tohumun (kozalağın) gelişme aşamasında da kayıplar olabilir. Kurak ve sıcak geçen yaz aylarında ağaçlar su sarfiyatını azaltmak amacıyla kozalağın (yapraklar kozalaktaki suyu çeker) bir kısmını dökülebilir (Tosun, 1992). Kuraklığın devam etmesi durumunda yaprak ve sürgün atmaları da görülür (Aytuğ ve Gerçek, 2006). Bahçeköy şartlarında fıstıkçamlarında konolet dökülmeleri görülmüştür.

4. Döllenme Evresinden Sonraki Gelişim Süreci

Ertesi yılın ilkbaharında vejetasyon başlamasından sonra (10-15 gün) konolette de büyüme faaliyeti başlar ve boz kahverengi yeşil renge döner. Bu aşamada karpel aralarında kızarmalar görülür (Resim 16). Tozlaşma bir önceki yılın ilk-

baharında olduğu halde polenler uzun süre tohum taslağının gelişmesini bekler. Bir eksen üzerine sarmal olarak dizilmiş karpellerin altında 2 adet tohum taslağı bulunur (Kayacık, 1980). Gymnosperm’lerde doğrudan tohum taslağı mikrofiline konan polenler, salgılanan kimyasallar sayesinde bir tanıma evresi geçirir. Tanıma gerçekleştiği zaman polen çimlenmeye başlar (Gerçek ve ark., 2007). Döllenme öncesinde, birçok ağaç türünde dişi çiçekteki tohum tomurcuğunun mikrofil boşluğunda “*tozlaşma damlacığı*” adı verilen şekerli sıvı salgılanır. Polen borucuğu bu sıvı içinde uzamaktadır (polenin çimlenmesi). Her bir polen tüpünün ağzı, tüp içeriğini diğer polen taneciklerinden korumak için kapanır. Polen tüpleri daha sonra gelişmelerini 2-3 hafta durdurur. Tozlaşmadan yaklaşık 1 ay (2-4 hafta) sonra Haziran ortası-Temmuz başı arasında döllenme olur. Çamlarda tek döllenme tozlaşmadan 13 ay sonra gerçekleşir. Endosperm döllenmeden önce oluşur. (Kayacık, 1980; Akkemik, 2018). Döllenme olayından kısa bir süre sonra, yumurta hücrenin içerisindeki çekirdek bölünmeye başlar. Sonrasında da tohum karpelle birlikte gelişerek, bir yandan kozalak, diğer yandan da karpelinin iç kısmında tohum olgunlaşır (Yaltırık ve Akkemik, 2011).

Mayıs ayı sonuna kadar tohum taslakları oluşmuş ancak daha içleri boştur (Resim 17-19). Temmuz ayında kozalak içindeki tohumlar belli olmaya ve içleri dolmaya başlar (Resim 20). Karbonhidrat, yağ, protein ve büyüme hormonları gibi maddeler depolanır. Tohumun (kozalağın) gelişme ve olgunlaşma aşamasında bir yandan fiziksel değişimler meydana gelirken (büyüme, sertlik ve renk değişimi gibi), diğer yandan kimyasal (koku, renk ve tat gibi) değişimler olur. Ağustos ayına kadar gelişimini tamamlayan kozalakta yeşil renk solmaya ve kozalak sararmaya (boz renge) dönmeye başlar (Resim 21). Kozalağın etli olan karpelleri sonradan odunlaşır (Kayacık, 1980).

Olgunlaşmış kozalaklar 2 yaşındaki sürgünün dip kısmında çevrel olarak tekli, ikili, üçlü, dördü veya daha fazla sayıda bulunurlar. Kozalak boyutu, coğrafik varyasyonlara göre değişebilmektedir. Ortalama kozalak boyu 6,3 cm olup 3,5-10 (-12 cm) arasında değişmektedir (Alptekin, 1986; Yaltırık ve Akkemik, 2011). Eni ortalama 3,1 cm olup 2,1-4,1 cm arasında değişmektedir. Ortalama karpel sayısı 97 adettir. Ege ve Marmara Bölgesinde kozalakların, diğer bölgelere göre daha fazla karpele sahip oldukları görülmüştür (Alptekin, 1986). Aynı orijinin klonları arasında da kozalak ve tohum özellikleri bakımından farklılıklar görülebilmektedir (Çılgın ve ark., 2007). Atay (1959), Kuzey ve yüksek yerlerden toplanan kozalakların boyutunun, güney ve alçak yerlere göre daha küçük olduğunu, nem içeriği %22 olan kozalak ağırlığının ortalama 20 g (7,5-50 g) olduğunu belirtmektedir.

Ağustos ayına kadar kozalak gelişimini tamamlasa da içlerindeki tohumlar gelişimini tamamlamamıştır (olgunlaşmamıştır). Kasım ayına kadar tohumlar olgunlaşır (Resim 22 ve 23). Yükseltiye bağlı olarak bu olgunlaşma zamanı ileriye kaymaktadır. Anatomik olgunluk tohumların çimlenme yeteneğine kavuşmasıdır. Fizyolojik olgunluk ise kozalakların nemini azaltarak uygun bir düze-

ye düşmesinden sonra (türlerine göre değişebilir), tohumların kozalaklardan kolayca çıkarılabilmesidir. Anatomik tohum olgunluğu, fizyolojik olgunluktan önce oluşmaktadır. Maksimum tohum gücü fizyolojik olgunlukta olduğundan, tohumlar genel olarak fizyolojik olgunluğa ulaştıkça toplanmalıdır (Boydak ve Çalışkan, 2014). Ancak sonradan olgunlaşma niteliği taşıyan tür tohumlarını, bir süre önce toplamak mümkündür. Erken toplanan tohumlarda embriyo olgunlaşmamış veya embriyoyu besleyecek olan endospermdeki karbonhidrat, yağ ve proteinlere dönüşecek maddeler, dönüşümlerini tamamlamadıklarından, bu maddeler yeterli düzeyde birikim yapmamıştır. Değişik yörelerde yapılan araştırmalar göre (Boydak, 1982; Tosun ve ark., 1997); Ekim ayından sonra toplanan kozalaklardaki tohumların çimlenme yeteneğinin yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Kasım ayında kozalaklar olgunlaşır ancak 3. yılın Mart ayında kozalaklar açılmaya ve tohumunu dökmeye başlar (Resim 24). Yükseltiye bağlı olarak bu Nisan ayına sarkabilir. Bahçeköy şartlarında Ocak-Şubat aylarında olgunlaşan tohumun Mart-Nisan döneminde dökülmeye başladığı tespit edilmiştir (Atay, 1959). Her türe ait kozalağın açıldığı nem düzeyine kozalak sınırı nemi denir. Örneğin doğu ladini kozalaklarında kozalak sınırı nemi % 28'dir.

Yıl içindeki maksimum tohum döküm periyodu Ocak-Mart dönemi ile Nisan ayıdır. Yıllık tohum dökümlerinin %37'si Nisan ayında, %36'sı da Ocak-Mart döneminde. Bu periyotları ise Mayıs ayı (%19) izlemektedir (Boydak ve ark., 2002; Odabaşı ve ark., 2004). Genel ortalama olarak boş tohum oranı %29 olarak saptanmıştır. Boş tohum oranı yükselti ve ara tohum yıllarına bağlı olarak artmakta, zengin tohum yıllarında ise azalmaktadır (Boydak ve ark., 2002). Bolu yöresinde yapılan diğer bir araştırmada (Karadağ, 1999); tohum dökümünün büyük oranda ilkbahar aylarında gerçekleştiği (%86-92), geri kalan kısmının Şubat ve Haziran aylarında döküldüğü belirtilmektedir. Çelik ve ark. (2002), tarafından yapılan araştırmada; Orta ve Güney Ege'de tohum dökümünün yaklaşık %21'i Mart ayında, %79'u Nisan ayında meydana gelmiştir. Güney Ege'de ise %48'i Mart ayında, %52'si Nisan ayında dökülmüştür. Tohum döküm zamanı ve miktarı üzerine, o yılın iklim elemanları ve özellikle de yağış ve sıcaklık etkili olabilmektedir. Daha az yağışlı ve daha sıcak periyotta tohum dökümü artmaktadır (Karadağ, 1999). Tohumlarını dökmüş kozalakların büyük bir kısmı da ağaçtan düşer (Resim 25).

Büyükçe bir kozalakta en fazla 67 adet tohum bulunur (Resim 26). Kozalağın dip kısmında bulunan tohumların büyük bir kısmı boştur. Karaçamda tohumların bir kısmı açık (soluk) bir kısmı koyu renktedir. Tohumun ağırlık olarak %80'i koyu renkte, %20'si açık renktedir. Açık renge sahip tohumların büyük bir kısmı (%73,5) boştur. Koyu renge sahip tohumlarda boş tane oranını %6-8 civarındadır. Ortalama bin tane ağırlığı 22,5 gramdır (koyu tanelerde 24,5 g, açık tanelerde 18,5 g). Bir kg'da ortalama 86.814 adet tohum (46.174 adet kanatsız, 40.640 adet kanatlı) bulunur. Çimlenme yeteneği ortalama %92,3'tür (Atay, 1959; Atay ve ark., 1970; Saatçioğlu,1971). Tohumlar ortalama 6,5 mm boyunda (4,7-8,5 mm), ortalama 3,7mm (3,0-4,5 mm) enindedir. Tohumların

ortalama kanat boyu 24,7 (16,2-36,4) mm ve ortalama eni 7,7 (5,2-10,1) mm'dir (Alptekin, 1986). Deligöz ve Gezer (2005) tarafından karaçam tohum bahçeleri ve plantasyonlarında yapılan araştırmada; orijin ve klonlar arasında da kozalak ve tohum özellikleri ile bin tane ağırlıkları bakımından anlamlı farklılıklar görüldüğü belirtilmektedir. Tohumu kısaçak şeklinde kavrayan zarsı yapıda bir kanadı vardır; kanat ve tohum kaynaşmamıştır. Ortalama çimlenme yeteneği %92,3'tür (Atay, 1959; Atay ve ark., 1970; Saatçioğlu, 1971).

Tohum zararlısı böcekler yumurtalarını kozalaklar yeşil ve yumuşak halde iken bırakırlar (Resim 27). Tohumlar olgunlaştıktan sonra bunları yiyen canlıların faaliyetleri (sincap, çapraz gaga vb.) artmaktadır (Resim 28).

Doğal gençleştirme açısından önemli olan zengin tohum yılı karaçamda 2-3 yılda bir oluşabilmektedir. Ancak çevresel şartlara ve iklim durumuna bağlı olarak tekerrüründe sapmalar görülebilmektedir. Dursunbey-Alaçam yöresinde yapılan bir araştırmada (Boydak ve ark., 2002); 6 yıl içinde (1972-1978 yılları), yüksek yörede (1430-1510 m), zengin tohum yılının 4-5 yılda bir ulaşabileceği ve fakir tohum yıllarının peş peşe birbirini izlediği görülmüştür. Orta kuşakta (830 m) ise iki zengin 1 orta tohum yılı olmuştur. Bu kuşakta 2-3 yılda bir zengin tohum yılının oluşabileceği ortaya çıkmaktadır. Zengin tohum yılında metrekareye 186-339 adet, fakir tohum yıllarında da 39-135 adet tohum dökülmüştür. Sonuç olarak; gençleştirme çalışmalarında kapalılığın özenle belirlenmesi, tohumlama kesiminde gençliğe gerekli ışığın sağlanması yanında, kapalılığın fazla düşürülmemesi gerektiğini ortaya koymuştur. Tepelerin serbest duruma gelmesi tohum verimini artırmaktadır; ancak hektardaki ağaç sayısının aşırı azaltılması bireysel tohum verimini artırsa dahi, birim alana düşen tohum miktarını azaltmaktadır. Özellikle bol tohum yıllarının daha seyrek olduğu yüksek basamakta bu konu daha büyük önem taşımaktadır. Optimum yayılış alanındaki populasyonların tohum verimlerinin, yüksek ve alçak kuşaktaki populasyonların tohum veriminden daha yüksek, tohum yıllarının daha sık olabileceği belirtilebilir (Boydak ve ark., 2002). Bolu yöresinde yapılan diğer bir araştırmada (Karadağ, 1999); 0,6-0,8 kapalılığa ve hektardaki ağaç sayılarının farklı olduğu alanlarda metrekareye dökülen tohum miktarının 114-441 adet arasında değiştiği görülmüştür. Dökülen tohum miktarı üzerine bulunuş yeri ve yetişme ortamı özellikleri yanında, tohum oluşum ve gelişim dönemindeki hava halleri, meşcerenin kapalılık derecesi, birim alanda ağaç sayısı ve meşcerenin yaşı etkili olmaktadır.

5. Sonuç

Doğal gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmalarında başarı tohuma bağlıdır. Bu çalışmayla ülkemizin asli orman ağacı türlerinden biri olan karaçamda tohum oluşum ve gelişim sürecinin detayları ortaya konmaya çalışılmıştır. Değişik bilim dallarınca farklı evreleri incelenen tohum oluşum ve gelişim süreci bir

bütün olarak ele alınmıştır. Tohum oluşum gelişim sürecine ait görsel materyaller elde edilmiştir.

Özellikle tozlaşma zamanı olumsuz hava koşulları nedeniyle polen dağılımının engellenmesi, oluşacak olan kozalakta boş tohum oranını önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Karaçam da diğer Pinaceae familyasındaki türler gibi dölllenme olmadan kozalak oluşturabildiği için tohum verimine ait örnek ağaçlardaki sayımlarda mutlaka kozalak ortadan kesilerek tohum oluşum durumuna bakılmalıdır. Diğer türlü ağaçta kozalak olmasına karşın tohumların boş olabileceği gözden uzak tutulmamalıdır.

Kaynaklar

- Akkemik, Ü., 2018. *Ağaç Fizyolojisi*. İ. Ü.-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Yayın Nu: 1/515, İstanbul.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb Holmboe'nin Coğrafik Varyasyonları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 36A (2): 132-155.
- Anonim, 2001. *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ağaçlandırma Bölümü, D.P.T, Ankara.
- Atalay, İ., Efe, R. 2010. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]'nin Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi, Nu: 4, Ankara.
- Atay, İ., 1959. Karaçam Tohumu Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A (1): 48-96.
- Atay, İ., Ürgenç, S., Odabaşı, T., 1970. Karaçam, Sarıçam ve Doğu Ladini Tohumlarının 8 Yıllık Saklama Deneme Sonuçları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20A (2): 65-72.
- Aytuğ, B., Gerçek Z., 2006. *Orman Ağaçlarının Hayatı*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Nu: 222, Trabzon.
- Boydak, M., 1982. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Tohumlarının Olgunlaşma Zamanı ile Saklama Süreleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32A (2): 199-219.
- Boydak, M., Çalışkan, S., 2014. *Ağaçlandırma*. OGEM-Vakfı, ISBN 978-975-93943-8-7, Ankara.
- Boydak, M., Çalışkan, A., Bozkuş, F. B., 2002. Dursunbey-Alaçam Yöresi Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Tohum Verimi ve Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52A (2): 1-27.
- Boydak, M., Çalışkan, A., Çalikoğlu, M., Çalışkan, S., 2009. Türkiye'de Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana*)

- ve Kızılçam (*Pinus brutia*) Tohum Verimi Araştırmaları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59A (2): 11-32.
- Çalikoğlu, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Orijinlerinin Kuraklık Stresine Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, Danışman; Melih Boydak, 98 Sayfa, İstanbul.
- Çelik, O., Umut, B., Kaymakçı, E., Dündar, M. ve Ayhan, Ş., 2002. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb). Holmboe) Doğal Gençleştirilmesi Üzerine Araştırmalar. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enst. Teknik Bülten Nu: 280, Ankara.
- Çılgin, Ş., Ayan, S., Sivacıoğlu, A., İktüeren, Ş., 2007. Hanönü Kastamonu-Günlüburun Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb). Holmboe) Tohum Bahçesinde Bazı Klonların Kozalak ve Tohum Özellikleri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7 (2): 169-179.
- Deligöz, A., Gezer, A., 2005. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Bazı Tohum Meşcereleri, Klonal Tohum Bahçeleri ve Plantasyonlarında Kozalak ve Tohum Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (1): 1-16.
- Ertekin M., Özel, H. B., 2010. Anadolu Karaçam'ının (*Pinus nigra* Arnold subsp *pallasiana*) Polen Özelliklerinde Genetik Çeşitlilik. *Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (17): 37-46.
- Gerçek, Z., Merev, N., Serdar, B., 2007. *Bitki Morfogenezi*. KTÜ Ders Notları, Trabzon.
- Kayacık, H., 1980. *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, I. Cilt*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Nu: 281, İstanbul.
- Karadağ, M., 1999. Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Doğal Gençleştirme Koşulları Üzerine Araştırmalar. Orman Bak. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enst. Müd. Teknik Bülten Nu: 4, Bolu.
- Kozlowski, T. T., Pallardy, S. G. 1996. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press.
- Küçük, M., 1986. Maçka-Meryemana Havzasında Fenolojik Gözlemler (1981-1985). *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 64 (2).
- Odabaşı, T., Çalışkan, A., Bozkuş, H. B., 2004. *Silvikültür Tekniği (Silvikültür II)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 4459//375, İstanbul.
- Sanini, H., 1997. Sex Plant Reprod 10: 67-73. Saatçioğlu, F., 1971. *Orman Ağacı Tohumları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınlar No 173, İstanbul.
- Semerci, H., Öztürk, H., Semerci, A., İzbirak, A., Ekmekçi, Y., 2008. Değişik İslah Zonlarından Örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *nigra* var. *caramanica* Loudon Rehder) Dona Ve Kuraklığa Dayanaklıklarının Belirlenmesi. Bakanlık Yayın Nu: 340, Müdürlük Yayın Nu: 33, Ankara.

Tosun, S., 1992. Bolu Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Tohum Verimi Üzerine Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu: 232, Ankara.

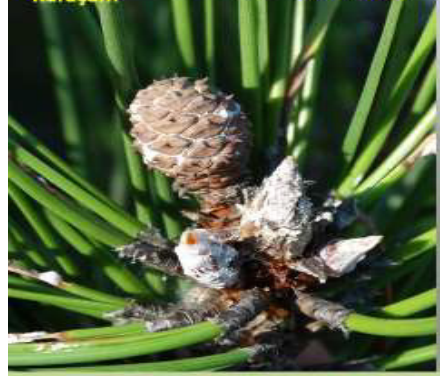
Tosun, S., Karadağ, M., Karatepe, H., 1997. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Erken Toplanan Kozalaklarından Yararlanabilme Olanaklarının Araştırılması. Batı Karadeniz Orman Araştırma Müd. Teknik Bülten Nu: 1, Bolu.

Yaltırık, F., Akkemik, Ü., 2011. *Türkiye'nin Doğal Gymnospermleri (Açık Tohumlular)*. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, ISBN: 978-60143-1-4, Ankara.

Yeşilkaya, Y., 1998. Göller Yöresinde 36 Yerli Karaçam Orijinin Fenolojik Olarak Karşılaştırılması. Orman Bakanlığı, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 8, Antalya.



Resim 1. Karaçamda gelecek yılın tomurcuk oluşumu.



Resim 2. Vejetasyon dönemi sonunda gelecek yılın tomurcukları.



Resim 3. Yeni sürgünlerde büyüme.



Resim 4. Kısa ve uzun sürgünlerde erkek çiçekler.



Resim 5. Erkek çiçek ve konolet kesiti.



Resim 6. Erkek çiçeklerin gelişimi.



Resim 7. Yeni sürgün ucunda dişi çiçeklerin gelişimi.



Resim 8. Polen kabul zamanındaki dişi çiçek.



Resim 9. Erkek çiçekler olgunlaşmış ve polen saçımı.



Resim 10. Polen kabul evresinde ve sonrasında dişi çiçek.



Resim 11. Konolet (karpelleri kapanmış).



Resim 12. Polenlerini dökmüş erkek çiçekler.



Resim 13. Konolet kesiti ve renk değişimi.



Resim 14. Kurumuş erkek çiçekler.



Resim 15. İlk yıl gelişimini tamamlamış konolet.



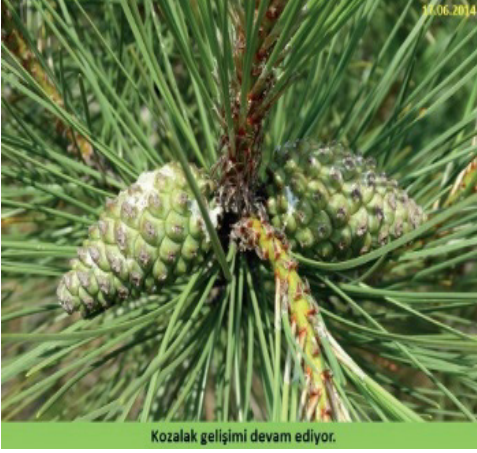
Resim 16. İkinci vejetasyon dönemi başında konolet.



Resim 17. Gelişen kozalak.



Resim 18. Mayıs ayındaki kozalak kesitleri.



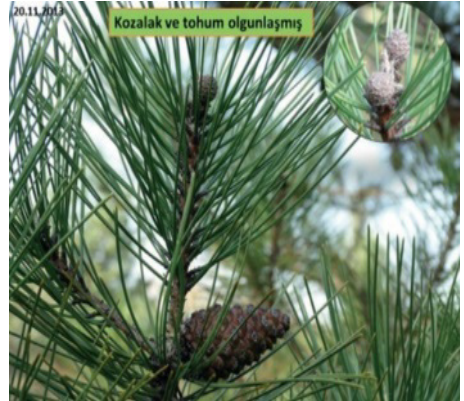
Resim 19. Haziran ayında Kozalak gelişimi.



Resim 20. Temmuz ayındaki kozalak kesitleri.



Resim 21. Ağustos ayında gelişimini tamamlayan kozalaklar.



Resim 22. Gelişimini tamamlamış konolet ve kozalak.



Tohumlar olgunlaşmış ve kozalak açılmaya başlamış.

Resim 23. Sonbaharsa kozalak ve tohum olgunlaşmış.



Tohumlar olgunlaşmış ve kozalak açılmaya başlamış.

Resim 24. Nisan ayında açılmış kozalaklar.



Dökülmüş eski ve yeni kozalaklar.

Resim 25. Açılmış ve tohumları dökülmüş kozalaklar.



Karçam tohumları

Resim 26. Karçam tohumları.



Böceklerin kozalakta yaptığı zararlar

Resim 27. Kozalakta böcek zararı.



Tohumun ortakları

Çaprazgaga

Resim 28. Tohumun ortakları.



KARAÇAMIN BÜYÜMESİ VE GELİŞMESİ



İstanbul, 2019
Yasir DOĞAN

19

TÜRKİYE’DE KARAÇAMIN YILLIK HALKA GELİŞİMİ VE DENDROKRONOLOJİK POTANSİYELİ

1. Giriş

Türkiye ormanlarının yaklaşık 4,2 milyon hektarını (OGM, 2015) kaplayan Anadolu karaçamı, Kahramanmaraş-Gümüşhane arasında, “Anadolu çaprazı (Davis, 1965)” olarak adlandırılan dağlık kesimin batısındaki Karadeniz, Ege ve Akdeniz dağları boyunca nemli ormanlardan kurak yamaçlara kadar oldukça geniş bir yetişme ortamı aralığında yayılış göstermektedir. Kuzey Anadolu’da Çorum-Kargı, Kastamonu, Bolu ormanlarında, Ege’de Eskişehir, Kütahya, Manisa, Muğla ormanlarında ve güneyde de Toros dağlarında anıtsal nitelikte 500-1000 yaş aralığında meşcereleri bulunmaktadır (Şekil 1, Köse ve ark., 2017). Türün doğal yaşlı ormanlarının varlığı araştırmacılara yüzyıllarca öncesine ait bilgiler sunmaktadır. Daha çok yüksek kesimlerde rastlanan bu yaşlı ağaçlar, dendrokronolojik çalışmaların da önemli vekil kayıtlarını barındıran yıllık halkalara sahiptir. Ülkemiz ormanlarının %19’unu kaplayan karaçam (OGM, 2015), yaygınlığı, ekonomik önemi, kuraklığa karşı toleransı ve uzun ömürlü olması nedeniyle, dendrokronolojik araştırmalara en fazla konu olan ağaç türü olmuştur.

Karaçamın Türkiye’deki dendrokronolojik çalışmaların tarihinde önemli bir yeri vardır. Türkiye’nin dendrokronoloji bilimiyle tanışması, Alman araştırmacılar G. Gassner ve F. Christiansen-Weniger’in 1942 yılında Ankara’nın stepe yakın karaçam ormanlarında gerçekleştirdikleri araştırmayla olmuştur. Bu çalışma, 1948 yılında Kerim Ömer Çağlar tarafından Türkçeye çevrilmiş ve İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi’nin kitaplıklarında yerini almıştır.

¹ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: nesibe@iuc.edu.tr

² Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: uakkemik@iuc.edu.tr

³ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: tuncay.guner@iuc.edu.tr



Şekil 1. Isparta-Sütçüler’de yaşlı karaçam meşçeresi.

Karaçam yıllık halka genişliklerinin özellikle kurak bölgelerde değişken olması, iklim sinyallerini iyi yansıtması, kurak koşullardan nemli koşullara kadar oldukça değişik yetişme ortamlarında yaşaması nedeniyle dendroklimatolojik çalışmalarda en çok tercih edilen ağaçlardan biri olmuştur. Diğer yandan Anadolu’daki tarihi yapıların çoğunda meşe ağaçlarıyla birlikte ya da meşelerin bulunmadığı yerlerde karaçam ağaçları en çok tercih edilen yapı elemanlarından biri olmuştur. O nedenle, dendrokronolojik olarak da karaçam kronolojilerinin oluşturulması, karaçam ağaçlarının kullanıldığı tarihi yapıların yapım ve/veya onarım tarihlerinin belirlenmesine olanak sağlamıştır. O nedenle karaçam ağaçları, ülkemizin dendrokronolojik açıdan en değerli ağaçlarından biridir ve özellikle de İç Anadolu ve çevresindeki çalışmalar açısından en önemli ağaçtır.

Karaçam kitabı içerisinde yer alan bu bölümün amacı, ülkemizde karaçam ağaçlarının yıllık halkalarını konu alan çalışmaları sınıflandırarak elde edilen sonuçları değerlendirmek ve karaçamın dendrokronolojik açıdan önemini irdelemektir.

2. Karaçamlarda Yıllık Halka Analizleri

2.1. İklimin (değişikliğinin) karaçamların yıllık halka gelişimine etkisi – sınırlayıcı faktörler

Karaçamın yıllık halka gelişimine etkili olan iklim faktörlerini ortaya koyan en kapsamlı araştırma Köse ve ark. (2012) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, farklı araştırmacılar tarafından iklim rökonstrüksiyonları yapmak amacıyla elde edilen 28 farklı yöreden yıllık halka kronolojisi kullanılmıştır. Bu yöre kronolojilerinin oluşturulması için arazideki kurak koşullarda yetişen ve yaşlı olan ağaçları bulunduran meşcerelerden örnekler alınmıştır. O nedenle örneklenen ağaçlar genellikle kuraklık etkilerini daha iyi yansıtmaktadır. Çalışmalarda, farklı iklim tiplerinin etkisinde yetişen karaçamların yıllık gelişimini sınırlandıran iklim faktörleri belirlenerek, ağaçların iklime verdikleri tepkiler sınıflandırılmıştır. Araştırmaya konu olan tüm alanlarda yıllık halka gelişimini sıcaklıktan daha çok yağışın sınırlandığı belirlenmiş, özellikle Mayıs ayındaki yağışların yüksek olmasının geniş yıllık halka oluşumunu teşvik ettiği, bu aydaki düşük yağışların ise dar halka oluşumuna neden olduğu ifade edilmiştir. İç Anadolu ve Akdeniz bölgesinde yetişen karaçamlarda, Mayıs-Haziran aylarındaki düşük yağışlar ve Haziran ayındaki yüksek sıcaklıkların neden olduğu kuraklık etkisi, yıllık halka gelişimini sınırlandıran en belirgin etken olarak ortaya çıkmıştır. Düşük yağışlardan kaynaklanan kuraklık etkisinin, bozkıra geçiş bölgesi ile İç Anadolu ve Akdeniz Bölgesinde, Karadeniz Bölgesine göre çok daha güçlü olduğu ortaya konmuştur. Karaçam ağaçlarının büyüme mevsiminin başlangıcında, hemen hemen tüm alanlarda (bozkır geçiş bölgesi hariç) yüksek sıcaklıklara olumlu tepki verme eğiliminde olduğu görülmüştür. Çalışmada ayrıca iklim değişikliği senaryoları dikkate alındığında, karaçamın, özellikle stepe geçiş bölgesinde yer alan popülasyonlarının şiddetlenen kuraklığın tehdidiyle karşı karşıya olduğuna vurgu yapılmıştır.

İklimin farklı yükseltilerde yetişen karaçamların gelişimlerini nasıl etkilediği sorusunun yanıtının arandığı ilk çalışma Sevgi ve Akkemik (2007) tarafından Gürgendağı'nda (Kazdağları) yapılmıştır. Bu çalışmada, alt yükseltideki (400-600 m) ağaçlar ile yağış arasında pozitif ve yüksek korelasyon bulunurken, üst yükseltilerde (1200-1400 m) yağışın sınırlayıcı etkisi düşüktür. Konuyla ilgili, Doğan ve Köse (2019) tarafından Sandıras Dağı'ndaki karaçam ormanlarında detaylı bir çalışma yapılmıştır. Araştırmacıların anıt karaçam ağaçları ve yaşlı karaçam ormanlarının varlığıyla bilinen Sandıras Dağı'nın kuzey ve güney yamaçlarında, alt ve üst rakımlardaki karaçam meşcerelerini örnekleyerek oluşturduğu, en uzun 820 yıla giden dört farklı yıllık halka kronolojisi (Doğan ve Köse, 2015) çalışmada yıllık halka verisi olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, dağın her iki yamacında da alt rakımdaki karaçam ağaçlarının üst rakımda yetişenlere

kıyasla iklime çok daha duyarlı olduğunu göstermiştir. Yağış, üst rakımda sadece mayıs ayında ağaç gelişimini sınırlandırırken, alt rakımda mayıs ayıyla birlikte haziran ayında da olumsuz etkisini sürdürmüştür. Bu durum, kuraklığın sınırlayıcı etkisinin alt rakımdaki ağaçlarda daha belirgin olduğunu göstermiştir.

İklim değişikliğine oldukça duyarlı olan Akdeniz Havzasındaki ağaçlarda gözlenen büyüme azalması, Janssen ve ark. (2018)'ni karaçamın güney yayılış sınırındaki büyüme trendlerini belirlemeye ve trendleri hangi iklim faktörlerinin yönlendirdiğini sorgulamaya teşvik etmiştir. Çalışmada, Göller Yöresinde 900-1700 m yükselti aralığında 61 karaçam meşceresi örneklenmiştir. Sonuçlar, 1970 yılına kadar yıllık artımda gözlenen artış eğiliminin, 1970 yılından sonra azalmaya başladığını göstermiştir. Bu azalma eğiliminin yaz mevsiminde artan sıcaklık ve kuraklıkla ilişkili olduğu ve muhtemelen iklim değişikliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

2.2. Türkiye'nin karaçam ormanlarının iklim tarihinin belirlenmesindeki yeri

Ağaç yıllık halkalarına dayanan iklim rökonstrüksiyonları, iklime duyarlı ağaçlardan elde edilen yıllık halka zaman serileri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Diğer yandan, yıllık halkaların vekil kayıt olarak kullanıldığı bu rökonstrüksiyonlar, sadece büyümeyi sınırlandıran iklim faktörleri için gerçekleştirilebilmekte ve örneklenen ağaçların yaşı kadar geçmişe gitmeye olanak sağlamaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi Türkiye'de karaçamın yıllık halka genişliğini sınırlandıran temel iklim değişkeni ilkbahar/yaz yağışları olduğundan Türkiye'nin yağış tarihi ile ilgili çalışmalar daha yaygındır. Rökonstrüksiyonlarda aynı ağaç türü kullanılabileceği gibi, büyümeyi sınırlandıran iklim faktörleri benzer olan farklı ağaç türleri de birlikte kullanılabilir. Burada daha çok karaçamların yoğun olarak kullanıldığı rökonstrüksiyonlara odaklanılmıştır.

Karaçam yıllık halkaları kullanılarak, türün yayılış alanı içerisinde Kütahya, Isparta, Afyon, Eskişehir (Köse ve ark., 2011), Burdur (Köse ve ark., 2013) ve Konya (Akkemik ve Aras, 2005) meteoroloji istasyonları için yağış rökonstrüksiyonları yapılmıştır. Yağış tarihi sadece istasyon verileri için değil, aynı zamanda belli bölgeleri kapsayan grid iklim verileri için de gerçekleştirilmiştir. Bu rökonstrüksiyonlar, Türkiye'yi de içine alan Doğu Akdeniz Havzası (Touchan ve ark., 2005) ile kuzeybatı (Akkemik ve ark., 2008) ve güneybatı Türkiye (Touchan ve ark., 2003) için oluşturulmuştur. Ayrıca, Batı Anadolu'da 215 yıllık alansal yağış rökonstrüksiyonu gerçekleştirilmiş olup tüm bu dönemin kurak ve yağışlı yıllarından Anadolu'nun farklı bölgelerinin ne şekilde etkilendiği belirlenmiştir (Köse ve ark., 2011). Bu rökonstrüksiyonlar (Burdur Meteoroloji İstasyonu rökonstrüksiyonu hariç) genel olarak kurak yıllarının açıklanmasında yağışlı yıllara göre daha başarılıdır. Bu çalışmalar sonucunda karaçam ormanları, Türkiye'nin son 700 yıllık ilkbahar/yaz dönemi yağış tarihinin ortaya konmasına önemli katkı sağlamıştır.

Karaçamın gelişimini sınırlandıran en önemli iklim faktörünün yağış olması, karaçam yıllık halkalarının nehir akım verilerinin rökonstrüksiyonunda da kullanılabilmesine olanak sağlamıştır. Ülkemizdeki ilk akım rökonstrüksiyonu karaçamın da dahil olduğu yıllık halka verisi kullanılarak Filyos Çayı için gerçekleştirilmiştir (Akkemik ve ark., 2008). Akım verilerinin kısılalığı nedeniyle rökonstrüksiyonun doğrulanması aynı bölge için elde edilen yağış rökonstrüksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Karaçam ağaçları, ülkemizdeki en uzun akım verilerinin alındığı Sakarya Nehri'nin kollarından olan Kocasu Çayı'nın 200 yıllık akım tarihinin belirlenmesinde de vekil kayıt olarak kullanılmıştır (Güner ve ark., 2017). Rökonstrüksiyonda 1960'lı yıllardan sonra nehir akımında keskin bir azalma olduğu, bu azalmanın Filyos Çayı akımındaki azalmayla da benzeştiği belirtilmiştir. Çalışmada, Akdeniz Havzasının son dönemde karşı karşıya kaldığı iklim değişikliğinden kaynaklanan şiddetli kuraklığın Sakarya Havzası için endişe verici olduğu dile getirilmiştir.

Ağaçların yıllık halkalarından iklim tarihinin elde edilmesinde en temel kısıt, rökonstrüksiyonu yapılacak iklim değişkeninin ağaçların hissettikleriyle sınırlı kalmasıdır. Örneğin ağaçların gelişimini sınırlandıran faktör yaz yağışları ise ağaç yıllık halkalarından kış dönemi yağış tarihi bilgisine erişilemez. Diğer yandan, ağaçlar birden fazla iklim faktörünün sınırlayıcı etkisiyle büyümelelerini gerçekleştirilebilmektedir. Bu bağlamda bazı bölgelerde yetişen ağaçlarda ilkbahar/yaz dönemindeki kuraklıklar ağaç büyümesini sınırlandırırken, erken ilkbahar sıcaklıkları da ağaçların daha erken vejetasyona başlayarak geniş yıllık halka oluşturmalarına neden olabilmektedir (Köse ve ark., 2012, Doğan ve Köse, 2019). Bu yetiştirme ortamlarında, ağaç halkalarında kaydedilen baskın iklim sinyali yağış olmasına rağmen, yıllık halka zaman serisinde sıcaklık sinyalinin de izlerini görmek mümkündür. Bu durumdan hareketle Köse ve ark. (2017), çoğunluğu karaçamlardan oluşan, sonra kullanılacak ilkbahar/yaz yağışlarının baskın sinyalleri yanında Mart-Nisan sıcaklıklarının pozitif etkisinin de anlamlı olduğu yıllık halka kronolojilerini kullanarak Türkiye'nin bahar sıcaklıklarındaki tarihsel değişkenliğini (1800-2002) belirlemişlerdir.

Türkiye'nin karaçam ormanları, ülkemizin de içinde yer aldığı bölge için Eski Dünya Kuraklık Atlası (Old World Drought Atlas - OWDA)'nın oluşturulmasına katkı sunmuştur (Cook ve ark., 2015). OWDA, yaz ayları (Haziran-Temmuz-Ağustos) Palmer Kuraklık İndisinin (scPDSI) Avrupa ve Akdeniz Havzasını içeren bölge için alansal rökonstrüksiyonudur ve zamansal olarak Milattan Sonraki dönemini kapsamaktadır. OWDA, eski dünya için kurak ve yağışlı dönemlerin anlaşılmasına önemli katkı sunmaktadır. OWDA'da rökonstrüksiyonu yapılan kuraklık indisi değerleri araştırmacıların erişimine açıktır¹.

Ülkemizdeki doğal yaşlı karaçam ormanlarından elde edilen zaman serileri, Batı ve Orta Kuzey Amerika, Türkiye, Kuzey Pakistan ve Tibet Platosundaki

¹) <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/19419>, Erişim Tarihi: 04.05.2020.

kuraklığa duyarlı ağaçların yıllık halkaları ile birlikte tropikal kuşağın kuzey sınırının 800 yıllık değişimini ortaya koymak amacıyla yapılan araştırmada vekil kayıt olarak kullanılmıştır (Alfaro-Sánchez ve ark., 2018). Araştırmada, tropikal kuşağın sınırının son 800 yıllık dönemde kuzey ve güney yönünde 4 dereceye kadar değiştiği belirlenmiştir. Tropikal kuşağın en çok genişlediği 1568-1634 döneminin ülkemizin de içinde olduğu bazı bölgelerdeki kuraklık ve krizlerle (Osmanlı İmparatorluğu'nda Celali İsyanları, Çin'de Ming Hanedanlığının sona ermesi vb.) örtüştüğü ifade edilmiştir. Büyük volkanik patlamaların sonrasında tropikal kuşağın daraldığı belirlenmiştir.

Dendroklimatolojide yıllık halka genişliği verisi kullanılarak paleoiklim bilgisine ulaşmak düşük maliyetli ve daha hızlı olduğundan yıllık halka genişliği ölçümü en yaygın kullanılan veri oluşturma yöntemidir. Yukarıda özetlenen rökonstrüksiyonlar da, karaçam yıllık halka genişlikleri ölçülerek oluşturulan zaman serilerinden elde edilmiştir. Bununla birlikte Türkiye'de az da olsa duyarlı izotop ölçümleri, maksimum yaz odunu yoğunluğu vb. gibi yıllık halkalardan farklı yöntemlerle elde edilen veriler de bulunmaktadır. Mutlu ve ark. (2012), Bolu, Kütahya ve Antalya'daki karaçam ormanlarından alınan artım kalemelerinde 5 yıllık çözünürlükte (5'er yıllık halka grubu için) karbon ($\delta_{13}\text{O}$) ve oksijen izotop analizleri ($\delta_{18}\text{O}$) gerçekleştirmiştir. Çalışmada, son 200 yıllık dönemde iklimi etkileyen volkanik patlamalar ve sanayileşme gibi faktörlerin izotop zaman serisindeki izleri değerlendirilmiştir.

Karaçam yıllık halka-iklim rökonstrüksiyonları son 700 yıllık dönemdeki önemli kurak ve yağışlı yılları (Çizelge 1) ortaya koymuştur. Buna göre, hemen hemen bütün çalışmalarda 1887 yılı en kurak yıllardan biri olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle 1887, 1890-1891, 1893 yılları kurak geçmiş ve uzun dönemli bir kuraklık yaşanmıştır.

Çizelge 1. Karaçam yıllık halka rökonstrüksiyonlarından elde edilen kurak ve yağışlı yıllar (Akkemik ve Aras, 2005; Köse ve ark., 2005; Köse ve ark., 2011; Köse ve ark., 2013).

Kurak yıllar	1693, 1696, 1702-1703, 1714-1716, 1722, 1725, 1730, 1738, 1746, 1748, 1757, 1759, 1761, 1764, 1766, 1777, 1779, 1781, 1789-1790, 1793, 1796, 1802, 1812, 1814, 1819, 1824, 1832, 1840, 1851-1852, 1854, 1858, 1861-1862, 1864, 1868, 1870, 1873, 1878, 1887, 1890, 1893, 1898, 1909, 1916, 1923, 1925, 1928, 1935
Yağışlı yıllar	1689, 1692, 1700, 1709, 1717, 1721, 1724, 1727, 1732, 1736-1737, 1739, 1754-1755, 1757, 1762, 1770, 1780, 1784, 1788, 1795, 1799, 1803-1804, 1807, 1809-1811, 1814, 1816, 1823, 1827, 1833, 1835-1836, 1844, 1846, 1848, 1855, 1859, 1876, 1883, 1885, 1886, 1889, 1892, 1897, 1901, 1905, 1915, 1919-1920, 1922, 1930, 1937

Karaçam yıllık halkaları, volkanik patlamaların Türkiye'nin iklimi üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına da yardımcı olmuştur. Yağış rökonstrüksiyonları büyük volkanik patlamalarla karşılaştırıldığında, patlamaların gerçekleştiği

yıl ve / veya sonraki yılın genel olarak Türkiye’de yağışlı geçtiği belirtilmiştir (Köse ve ark., 2013). Volkanik patlamaların yaşandığı yıllardan 1739 (Japonya), İç Anadolu’da yağışlı geçmiştir. 1783 yılındaki volkanik patlamadan (İzlanda ve Japonya) 1784 yılı ülkemizde yağışlı geçmiştir. 1815 yılında Endonezya’da meydana gelen volkanik patlamadan dolayı tarihe “yaz mevsimi olmayan yıl” olarak geçmiştir. Bu yılı izleyen 1816 yılı da yıllık halka kayıtlarında, ülkemizde yağışlı geçen yıl olarak listelenmiştir. Benzer şekilde 1822, 1835, 1854, 1875, 1883, 1886, 1891 yıllarındaki volkanik patlamaların etkileri ülkemizde ya aynı yıl ya da ertesi yıl yağışlı olarak geçmiştir (Köse ve ark., 2013). Bu volkanik patlamalar, yarı kurak koşulların yaşandığı ülkemizde bulutlanma ve yağışın daha da artmasına yol açtığından yıllık halka genişliklerine olumlu yansımaktadır. Karaçam ağaçları da bu sinyalleri oldukça başarılı bir şekilde yansıtmaktadır.

2.3. Karaçam yıllık halkalarının orman yangınların tarihlendirilmesindeki yeri

Tarihsel orman yangınlarının meydana geldiği yılların dendrokronolojik yöntemlerle belirlenmesi, yangın kayıtlarının olmadığı dönemdeki yangınların sıklığı ve yangınların iklimle ilişkileri hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ülkemizde bu alanla ilgili ilk bölgesel çalışma karaçam ağaçlarının yıllık halkalarına dayanarak yapılmaktadır. Karadeniz, Akdeniz ve Karasal iklimin etkisi altında yetişen karaçam ormanlarındaki yaşlı ve yangın yarası taşıyan ağaçlardan alınan örneklerle karaçam ormanlarının yaklaşık 600 yıllık yangın tarihine ilişkin veriler oluşturulmaktadır. Çalışmanın ilk sonuçlarına göre Isparta’daki örneklerde yangın yara sayısı bir ağaçta 17’ye kadar çıkarken Bolu’daki örneklerde bu sayı 3-4’ü geçmemektedir (Köse ve ark., 2018, Şekil, 2). Proje kapsamında Kütahya’dan alınan örneklerin analizleri tamamlanmış olup, bölge için 362 yıllık bir yangın kompozit kronolojisi oluşturularak yangın yılları listelenmiştir (Şahan ve ark., 2021, Şekil, 3). Yangınların daha çok kurak yıllarda ortaya çıktığı ve yangın yaralarının planlı ormancılık dönemi öncesinde yoğunlaştığı belirlenmiştir.

2.4. Karaçam yıllık halkalarının tarihlendirme çalışmalarındaki yeri

Yukarıda sözü edilen iklim tarihi çalışmaları ile çok sayıda doğal yaşlı orman örneklenerek ülkemizdeki karaçamlar için geniş bir yıllık halka veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti, bir yandan örneklendiği ormanlar için adeta bir meteoroloji istasyonu gibi ağaçların yaşları kadar geçmişe giden kayıtlar sunarken, diğer yandan tarihlendirme çalışmaları için referans kronolojiler olarak kullanılmaktadır. Ağaç halkalarına dayanan tarihlendirme çalışmalarında ah-

şap materyalin tarihlendirilebilmesi için uygun referans kronolojilerin varlığı önemlidir. Bununla birlikte, ağaç türünün doğal yayılışını temsil eden çok sayıda kronolojinin varlığı, ahşap materyalin elde edildiği ormanların konumu hakkında da bilgi sunmaktadır (Dendroprovenancing). Bu anlamda, yeni örneklemelerle her geçen gün genişlemeye devam eden “Türkiye karaçam yıllık halka veri seti”nin alansal temsil yeteneği yüksektir.



Şekil 2. Isparta-Sütçüler’de çok sayıda yangın geçirmiş bir karaçam ağacı.

Peter I. Kuniholm ve arkadaşları, Ege Dendrokronoloji Projesi kapsamında Türkiye’yi de içine alan bölgedeki arkeolojik kazılar, tarihi ve eski binalarda bulunan ahşapları tarihlendirmiştir (Kuniholm ve Striker, 1983; 1987). Bölge için canlı ağaçlardan elde edilen ve tarihi bilinen kronolojilerin sayısının yok denecek kadar az olduğu dönemde Türkiye, Kıbrıs, Yugoslavya ve Yunanis-

tan'daki yaşlı ormanlardan örnekler alınarak başta meşe, karaçam ve sarıçam olmak üzere farklı türlere ait referans kronolojiler oluşturmuşlardır (Kuniholm ve Striker, 1983). Bu kronolojilerin içerisinde Eskişehir Çatacık karaçam ormanlarından oluşturulan 688 yıl uzunluğundaki (1293-1981) kronoloji, bölgedeki dendrokronolojik tarihlendirmelere önemli katkı sunmuştur. Örneklenen ormanların hemen hemen orta noktasında konumlanan Çatacık karaçam kronolojisinin diğer kronolojilerle ilişkisine bakılarak, farklı türler ve mesafelerden elde edilen kronolojiler arasındaki uyum test edilmiştir. Oldukça uzak mesafelerde yer alan ormanlar ve hatta çamlar ve meşeler gibi farklı türler arasındaki beklenmedik yıllık halka eşleşmesi araştırmacıları dahi şaşırmıştır. Bu uyum, bölgede farklı türlerden ve/veya konum olarak uzaktaki ormanlardan elde edilen kronolojilerin de tarihlendirmede referans olabileceğini göstermiş, buna dayanarak tarihlendirilmeyi bekleyen çok sayıda ahşap malzeme örneği tarihlendirilebilmiştir (Kuniholm ve Striker, 1983). İlerleyen yıllarda örneklenen ormanlarla bir yandan referans kronolojilerin sayısı artarken diğer yandan karaçam odunlarının da kullanıldığı (Metinlerde çam olarak geçmesine rağmen, özellikle İç Anadolu'daki yapılarda kullanılanların karaçam olduğu düşünülmektedir.) çok sayıda yapı dendrokronolojik yöntemlerle tarihlendirilmiştir (Kuniholm ve Striker, 1983; 1987). Çatacık Karaçam Kronoloji kullanılarak tarihlendirilen yapılardan biri de İstanbul'daki Balkapanı Hanıdır. Bu Han, Bizans Dönemine ait olup oldukça eski bir yapıdır. Yapının giriş kısmındaki kapı altında bulunan meşe kalaslarından alınan örnekler bu karaçam kronolojisi ile anlamlı bir şekilde tarihlendirilmiş ve 1769 olarak bulunmuştur. İstanbul 1766'da büyük bir deprem yaşamıştır. Bu çalışma, örneklerin alındığı ahşap malzemelerin kullanıldığı tarihin deprem sonrasına denk geldiğini ortaya koymuştur. Buna dayanarak Balkapanı Hanı'nın depremden zarar gördüğü 1769-1774 yılları arasındaki bir zamanda restore edildiği söylenebilir. Bu çalışmanın sonrasında ulaşılan, İstanbul için önemli bir tarihi belge olan ve İstanbul'da meydana gelen bazı olayların kaydedildiği "İstanbul Kadılığı Sicil Defteri"nde Balkapanı Hanı'nın 1766 depreminden sonra, Padişah emriyle restore edildiği yer almaktadır. Bu döküman da, araştırmanın sonuçlarını desteklemiştir (Akkemik ve Dağdeviren, 2004).

Müzik aletlerinin yapım tarihlerinin belirlenmesi, bunların eskilik değerinin ortaya konması açısından önemlidir. Bununla birlikte ünlü ustalar tarafından yapılmış ve tarihi değeri olan müzik aletlerinin orijinalliği çoğu zaman tartışma konusu olmaktadır. Dendrokronolojik yöntemlerle müzik aletleri tahrip edilmeden tarihlendirilebilmektedir. Doğan ve ark. (2022), Kastamonu kemençesi olarak adlandırılan ve yapımında karaçam kullanılmış bir kemençenin de (Şekil 4) içinde bulunduğu koleksiyondaki müzik aletlerini yıllık halka ana-

lizleriyle tarihlendirmiştir. Kastamonu kemençesi 1811 yılına tarihlendirilmiş ve yapımında kullanılan odunun Batı Karadeniz'deki karaçam ormanlarından geldiği belirlenmiştir (Doğan ve ark., 2022).



Şekil 3. Kütahya-Simav'da kesilmiş bir ağacın dip kütüğündeki yangın yaraları.



Şekil 4. Karaçam ağacından yapılmış ve Kastamonu kemençesi olarak adlandırılan tarihi kemençe (Doğan ve ark., 2022).

2.5. Karaçam yıllık halkalarının kriminolojideki yeri

Değerli odunları nedeniyle karaçam ağaçları zaman zaman kaçak kesimlere konu olmaktadır. Ağaçların kesim tarihinin bilinmesi, suçun işlendiği dönemde görevde olan sorumlu orman işletme şefliği çalışanlarının belirlenmesi açısından önemlidir. Böyle durumlarda mahkemeler kesilmiş ağaçların meşcerede kalan dip kütüklerinin tarihlendirilmesi talebiyle uzmanların bilirkişiliklerine ihtiyaç duymaktadırlar. Dendrokronolojik yöntemlerle yapılacak tarihlendirme, ağacın kesildiği yılın ve hatta mevsiminin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Yaman ve Akkemik (2009), toplamda 1.333 karaçam ve sarıçam ağacının kaçak olarak kesildiği rapor edilen Samsun Bafra Orman İşletmesindeki dip kütüklerden aldıkları örneklerle ağaçların kesim tarihlerini belirlemiştir. Aynı ormandaki canlı karaçam ağaçlarından oluşturdukları kronolojiyi tarihlendirmelerde referans olarak kullanmışlar ve kaçak kesimlerin 1988'den 2005 yılına kadar süre geldiğini belirlemiştir.

2.6. Karaçam yıllık halkalarının hava kirliliği çalışmalarındaki yeri

Hava kirliliği yıllık halka genişliğini azaltan önemli antropojenik etkilerden biridir. Yıllık halka genişliği üzerine hava kirliliğinin etkisi ilk defa Aytuğ ve ark. (1993) tarafından kızılçam yıllık halkaları üzerinde çalışılmıştır. Tolunay (2001) İzmir'deki kızılçam ve karaçam ormanlarında hava kirliliğinin daha dar yıllık halka oluşumuna neden olduğunu belirlemiştir. Makineci ve Sevgi (2005) Kütahta'da karaçam kurumaları ilgili olarak çevreden aldıkları örneklerde yaptıkları incelemeler sonucu bölgede bulunan termik santrallerin karaçamın yıllık halka gelişimine etkisini tartışmışlardır. Karaçam ağaçları genel olarak yüksek dağlık kesimlerde yetişmekte olup bu konuyla ilgili çalışma oldukça az sayıdadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Uzun dönemli iklimsel kayıtların sınırlı olduğu ülkemizde, iklim tarihinin şifrelerinin çözülmesine en büyük katkıyı doğal yaşlı karaçam ormanlarımız sunmuştur. Anadolu Çaprazı olarak adlandırılan hattın batısındaki tüm dağlık kesimlerin en önemli ağacı olan karaçam, ormancılık, karbon depolama, doğal yaşam ve yaban hayatı fonksiyonları yanında çok önemli iklimsel bilgileri de depolayan bir ağaçtır.

Diğer yandan bu ormanlardan elde edilen uzun dönemli karaçam yöre kronolojileri çok sayıda sanatsal ve eskilik değeri olan ahşabın ve ahşaptan yapılmış eserlerin tarihlendirilmesi için referans olmaktadır. Karaçamın yıllık

halkaları, sanat tarihinden arkeolojiye, kriminolojiden hava kirliliğine, ekolojiden ormancılık uygulamalarına kadar çok farklı alanlara hizmet eden bilgiyi üretmektedir. Bu nedenle, doğal yaşlı karaçam ormanlarının korunması, sadece orman varlığının değil, buradan elde edilen bilimsel bilginin de korunması anlamını taşımaktadır.

Yıllık halka analizleri, karaçam ormanlarının bazı bölgelerde azalan yağış ve artan sıcaklıkların neden olduğu kuraklıktan olumsuz etkilendiğini göstermiştir. Bu ormanlarda aşırı faydalanmanın önüne geçilmeli, bu alanlarda yapılacak üretim, gençleştirme, bakım vb. ormancılık faaliyetlerinde iklim değişikliğinin olumsuz etkileri dikkate alınmalıdır.

İklim değişikliğinin karaçam ormanlarına etkileri, çoğunlukla sınır yetiştirme ortamlarında yaşayan yaşlı karaçam ormanlarında sorgulanmıştır. Optimum yetiştirme ortamlarındaki karaçam ormanların iklim değişikliğine tepkilerinin anlaşılabilmesi için bu ormanlardaki farklı yaş gruplarındaki ağaçların da örneklenmesi gerekmektedir.

Anadolu topraklarında 4 milyon hektara yakın alan kaplayan karaçam ormanlarında bilimsel çalışmalar devam etmekte ve etmesi gerekmektedir. İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları nedeniyle gelecekte karaçam ormanlarında da yangın riskinin artacağı ve yayılış alanlarında değişimlerin meydana geleceği gibi ön bilgiler, tür üzerinde daha fazla çalışılması gerektiğini göstermektedir. O nedenle, Anadolu'nun bu önemli ağacı ormancılık uygulamaları kapsamında sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmeli ve her yönüyle incelenmeye devam edilmelidir.

Kaynaklar

- Alfaro-Sánchez, R., Nguyen, H., Klesse, S., Hudson, A., Belmecheri, S., Köse, N., Diaz, H. F., Monson, R. K., Villalba, R., Trouet, V., 2018. Climatic and Volcanic Forcing of Tropical Belt Northern Boundary Over the Past 800 Years. *Nature Geoscience*, 11 (12): 933-938.
- Akkemik, Ü. ve Dağdeviren, N. 2004. Using Dendrochronological Methods to Date the Wooden Materials Used in Balkapanı Han. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 54 (1): 45-53.
- Akkemik, Ü., Aras, A., 2005. Reconstruction (1689-1994) of April-August Precipitation in Southwestern Part of Central Turkey. *International Journal of Climatology*, 25: 537-548.
- Akkemik, Ü., D'Arrigo, R., Cherubini, P., Köse, N., Jacoby, G. C., 2008. Tree-ring Reconstructions of Precipitation and Streamflow for North-Western Turkey. *International Journal of Climatology*, 28: 173-183.
- Aytuğ, B., Güven, K. C., 1993. Hava Kirliliğinin Kızılçamlar Üzerine Etkisi.

Uluslararası Kızılçam Sempozyumu, Orman Bakanlığı. 18-23 Ekim 1993, Marmaris, Muğla.

- Cook, E. R., Seager, R., Kushnir, Y., Briffa, K. R., Büntgen, U., Frank, D., Krusic, P. J., Tegel, W., van der Schrier, G., Andreu-Hayles, L., Baillie, M., Baittinger, C., Bleicher, N., Bonde, N., Brown, D., Carrer, M., Cooper, R., Cufar, K., Dittmar, C., Esper, J., Griggs, C., Gunnarson, B., Günther, B., Gutierrez, E., Haneca, K., Helama, S., Herzig, F., Heussner, K.-U., Hofmann, J., Janda, P., Kontic, R., Köse, N., Kyncl, T., Levanic, T., Linderholm, H., Manning, S., Melvin, T. M., Miles, D., Neuwirth, B., Nicolussi, K., Nola, P., Panayotov, M., Poppo, I., Rothe, A., Seftigen, K., Seim, A., Svarva, H., Svoboda, M., Thun, T., Timonen, M., Touchan, R., Trotsiuk, V., Trouet, V., Walder, F., Wazny, T., Wilson, R., Zang, C., 2015. Old World Megadroughts and Pluvials During the Common Era. *Science Advances*, 1, e1500561. doi:10.1126/sciadv.1500561.
- Davis, P.H., 1965. *Flora of Turkey and the Aegean Islands*. Vol. I-IX, Edinburgh.
- Doğan, Y., Akkemik Ü, Köse, N., Bernabei, M., 2022. Tree-ring Dating of Turkish Musical Instruments. *Tree-Ring Research* (hakem değerlendirmesinde).
- Doğan, M., Köse, N., 2015. Four New Tree-Ring Chronologies from Old Black Pine Forests of Sandıras Mountain (Muğla, Turkey). *Journal of Faculty of Forestry Istanbul University*, 65: 1–16.
- Doğan, M., Köse, N., 2019. Influence of Climate on Radial Growth of Black Pine on the Mountain Regions of Southwestern Turkey. *Plants*, 8(8): 276. <https://doi.org/10.3390/plants8080276>.
- Gassner, G., Christiansen-Weniger, F., 1948. *Anadolu Çamlarında Yıl Halkaları Gelişmesi Üzerinde Dendroklimatolojik Araştırmalar*. Çeviren: Kerim Ömer Çağlar, Ticaret Dünyası Basımevi, İstanbul.
- Güner, H.T., Köse, N., Harley, G.L., 2017. A 200-year Reconstruction of Kocasu River (Sakarya River Basin, Turkey) Streamflow Derived from a Tree-Ring Network. *International Journal of Biometeorology*, 61: 427–437.
- Janssen, E., Kint, V., Bontemps, J. D., Özkan, K., Mert, A., Köse, N., İçel, B., Muys, B., 2018. Recent Growth Trends of Black Pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold) in the Eastern Mediterranean. *Forest Ecology and Management*, 412: 21–28.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., 2005. Anadolu'nun İklim Tarihinin Son 500 Yılı: Dendroklimatolojik İlk Sonuçlar. Sayfa: 136-142, TURQUA-V, 2-5 Haziran 2005.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., Özeren, M. S., 2011. Tree-Ring Reconstructions of May-June Precipitation of Western Anatolia. *Quaternary Research*, 75: 438–450.

- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., Özeren, M. S., Tolunay, D., 2012. Tree-ring Growth of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* Under Different Climate Conditions Throughout Western Anatolia. *Dendrochronologia*, 30: 295–301.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Güner, H. T., Dalfes, H. N., Grissino-Mayer, H. D., Özeren, M. S., Kındap, T., 2013. An Improved Reconstruction of May-June Precipitation Using Tree-Ring Data from Western Turkey and its Links to Volcanic Eruptions. *International Journal of Biometeorology*, 57: 691–701.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Tavşanoğlu, Ç., Dalfes, H.N., 2018. Batı Anadolu'da Karaçamın Son 300 Yıllık Yangın Tarihi. TÜBİTAK-TOVAG Proje numarası: 118O306 (Devam ediyor).
- Köse, N., Güner, H. T., Harley, G. L., Guiot, J., 2017. Spring Temperature Variability Over Turkey Since 1800CE Reconstructed from a Broad Network of Tree-Ring Data. *Climate of the Past*, 13: 1–15.
- Kuniholm, P. I., Striker, C. L., 1983. Dendrochronological Investigations in the Aegean and Neighboring Regions, 1977-1982. *Journal of Field Archaeology*, 10: 411-420.
- Kuniholm, P. I., Striker, C. L., 1987. Dendrochronological Investigations in the Aegean and Neighboring Regions, 1983–1986. *Journal of Field Archaeology*, 14 (4): 385-398.
- Makineci, E., Sevgi, O., 2005. Seyitömer Termik Santralinin Kuruma Alanlarındaki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Yıllık Halkalarına Etkisinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2 (A): 11-22.
- Mutlu, H., Köse, N., Akkemik, Ü., Aral, D., Kaya, A., Manning, S. W., Pearson, C. L., Dalfes, N., 2012. Environmental and Climatic Signals from Stable Isotopes in Anatolian Tree Rings, Turkey. *Regional Environmental Changes*, 12: 559–570.
- OGM, 2015. *Türkiye Orman Varlığı 2015*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, <https://web.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarımız/TurkiyeOrman>, Erişim Tarihi: 22.04.2021.
- OWDA, 2021. Old World Drought Atlas. <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/19419>, Erişim Tarihi: 01.04.2021.
- Sevgi, O., Akkemik, Ü., 2007. A Dendroecological Study on *Pinus nigra* Arn. at Different Altitudes of Northern Slopes of Kazdaglari, Turkey. *Journal of Environmental Biology*. 28 (1): 73-75.
- Şahan, E. A., Köse, N., Akkemik, Ü., Güner, H. T., Tavşanoğlu, Ç., Bahar, A., Trouet, V., Dalfes, H. N., 2021. Fire History of *Pinus nigra* in Western Anatolia: a First Dendrochronological Study. *Dendrochronologia* (hakem değerlendirmesinde).

- Tolunay, D., 2001. Air Pollution Affects Annual Ring Widths of Forest Trees in Mountainous Land of Izmir. *Proceedings of the Second International Symposium on Air Quality Management, Urban, Regional and Global Scales*. 25-28 September 2001, pages:118-125, Istanbul.
- Touchan, R., Garfin, G. M., Meko, D. M., Funchouser, G., Erkan, N., Hughes, M. K., Wallin, B. S., 2003. Preliminary Reconstruction of Spring Precipitation in Southwestern Turkey from Tree Ring Width. *International Journal of Climatology*, 23: 157-171.
- Touchan, R., Xoplaki, E., Funchouser, G., Luterbacher, J., Hughes, M. K., Erkan, N., Akkemik, Ü., Stephan, J., 2005. Reconstruction of Spring/Summer Precipitation for the Eastern Mediterranean from Tree-Ring Widths and its Connection to Large-Scale Atmospheric Circulation. *Climate Dynamics*, 25: 75-98.
- Yaman, B., Akkemik, Ü., 2009. The Use of Dendrochronological Method in Dating of Illegal Tree Cuttings in Turkey: A Case Study. *Baltic Forestry*, 15 (1): 122-126.



Alaçam Dağları, 2007
Orhan SEVGİ

20

Serdar CARUS¹
Orhan SEVGİ²
O.Yalçın YILMAZ³
H.Bariş TECİMEN⁴
Serdar AKBURAK⁵

DOĞAL KARAÇAM (*Pinus nigra* Arnold) MEŞCERELERİNDE TEK AĞAÇ ÇAP ARTIM MODELİ: ALAÇAM DAĞLARI ÖRNEĞİ

1. Giriş

Ülkemiz, değişik iklim özellikleri ve coğrafi yapısı nedeniyle çok farklı karakterde yetiştirme ortamına sahiptir. Bunun sonucu ormanlarımız, ağaç türü çeşitliliği bakımından Avrupa'ya oranla daha zengin bir yapı göstermektedir (Saatçioğlu, 1976). Alaçam Dağları yöresinde de karaçam (*Pinus nigra* Arnold) genelde saf ve verimli ormanlar kurmakta veya diğer türlerin karıştığı ormanlar oluşturmaktadır. Bunların dışında iki katlı meşcereler kurduğu da görülmektedir. Karaçamın bozuk ormanlarına diğer türler karışmakta veya karaçam diğer bozuk ormanlara katılmaktadır. Karaçamın bulunduğu bu meşcerelerin alanı toplam 143.428 ha'dır. Kurduğu ormanların bir kısmı tahrip olmuşken, önemli kısmı verimli ormanlar olarak işletilmekte olup karaçamın kurduğu ormanlardan tek katlı saf ormanların alanı 91.744 ha, bu alanların dışında çeşitli ağaçlarla 8.036 ha sahada karışıma girmektedir (Sevgi ve ark., 2010). Bozuk karaçam ormanlarının toplam alanı 28.926 ha ve bu alanın 17.911 ha'sı saf karaçam ormanı iken, 11.015 ha ise diğer türlerle karışıma girmektedir (Sevgi ve ark., 2010). Yükseltiyeye bağlı olarak saf karaçam ormanları 300 metreden itibaren başlamakta en yoğun olarak ta 1000–1400 metre arasında olmakta ve azalarak 2000 metreye kadar ulaşmaktadır (Sevgi ve ark., 2010).

Büyüme modelleri orman amenajman planları için oldukça önemlidir (Ya-

¹⁾ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Isparta, Elmek: serdar.carus@gmail.com

²⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: osevgi@iuc.edu.tr

³⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: yilmazy@istanbul.edu.tr

⁴⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: hbarist@gmail.com

⁵⁾ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: sakburak@istanbul.edu.tr

vuz ve ark., 2005). Orman amenajman planlarında ağaç serveti ve artımı envanteri sırasında tek ağaçların artım ve büyümesinin tahmini gereklidir (Gülen, 1959; Kalıpsız, 1963; Sun, 1977; Günel, 1978; Saraçoğlu, 1988; Yeşil, 1992; Mısır, 2003; Carus, 2005; Carus ve Çatal, 2009; Carus, 2010; Çatal ve Carus, 2011). Bunun için de yöneticiler değişik büyüme modellerinden çok, amaca en uygun sonuçları veren modele gereksinim duyarlar (Vanclay, 1994).

Tek ağaçtaki artım çap, göğüs yüzeyi, boy ve hacim artımı olarak sınıflandırılabilir. Çap artımının sadece yaşa veya çapa göre kestirilmesi yeterli güvenilirlikte olmamaktadır. Çünkü çap artımı üzerinde meşcerenin sıklığı da etkilidir. Sun (1977), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) çap artımını bonitet endeksi, taç etkileşim endeksi ve yaş ile, Akalp (1983), Doğu ladini (*Picea orientalis* L.)'nde periyodik çap artımını yaş ve yarışma endeksi ile Saraçoğlu (1989) ise, Karadeniz yöresi Gökmar (*Abies* spp.) meşcerelerinde çap ve meşcere göğüs yüzeyini içeren model ile ve Erkan (1995) kızılçamda çap, bonitet, yaş ve sıklığın ifadesi olarak kullandığı büyüme endeksi ile periyodik çap artımını tanımlamaya çalışmıştır. Belirli yetiştirme ortamlarında tek ağaçların çap artımı ve büyümesi yaş, büyüklük, mikro çevre ve genetik özellikler vb. sayısız rasgele faktörler tarafından etkilenir. Ağacın büyüklüğü ve uzaysal pozisyonu onun komşuları ile ilişkisini, onun büyüme potansiyelini, toprak altı ve üstü kaynaklarını kullanmadaki başarısını yansıtabilir. Yarışma endeksleri bağımsız değişken olarak ağaç büyüme simülasyon modellerinde, ağacın büyüme, ölüm ve komşu ağaçlar ile yarışmadaki başarısını değişimi tanımlamak için kullanılır (Günel, 1978; Akalp, 1983; Saraçoğlu, 1989). Son yıllarda, çok sayıda yarışma endeksi modeli, bir meşceredeki ağaçların oransal yarışma durumunu tanımlamak için geliştirilmiştir (Spurr, 1962; Hegyi, 1974; Daniels ve ark., 1986; Erkan, 1995). Bir ağaç için yarışma endeksi, konu ağacın büyümesini etkilediği düşünülen ve etrafında yer alan yarışmacı ağaçların toplam yarışmaları olarak tahmin edilmesidir. Karaçam ormanlarının önemine rağmen, türün artım ve büyümesi üzerine yöresel bilgi oldukça azdır. Bu çalışmanın amacı, Alaçam Dağları yöresinde yer alan karaçam meşcerelerinde periyodik çap artımının tahmini için bir çap artım modeli geliştirmektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Alaçam Dağları karaçam ormanlarının özellikleri

Çalışma alanımızın toplam alanı 285.390 hektar olup, en düşük yükseltisi 285 m, en yüksek noktası ise 2068 m olup 500 m altında ki alan toplamı 4.910 ha, 1800 m üstü ise 1.485 ha'dır (Sevgi ve ark., 2010). Çalışma alanında en yaygın bakı kuzey, en az bulunan bakı ise doğu olup, bakı alanları 64.673 ha ile 78.049 ha arasında değişmektedir (Sevgi ve ark., 2010). Çalışma alanımızın eğim guruplarına göre dağılımında ise en fazla alana %17-36 eğim grubu

179.609ha'la temsil edilmekte olup çalışma alanı arazisinin eğimi genelde %9 ile %36 arasında bulunmaktadır (Sevgi ve ark., 2010).

Araştırma için, Balıkesir-Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde, meşcere orta yaşı, bonitet sınıfı ve sıklık derecelerine göre değişik gelişim çağı, bakı, yükselti, eğim ve arazi yüzü şekline sahip Karaçam meşcereleri belirlenmiştir. Örnek alanlar, Dursunbey, Alaçam, Bigadiç, Sındırgı ve Simav Orman İşletme Müdürlüklerinden seçilmiş olup 109 adettir. Örnek alanlar 0,0375-0,25 ha büyüklükler arasında olup genellikle kare ve bazen de dikdörtgen biçimindedir. Örnek alanlarda; göğüs çapı 4 cm'den daha kalın çaplı tüm ağaçlarda çap, boy ve 10-15 ağaçta da yaş belirlenmiştir.

2.2. Yöntem

Yaşları 24 ile 212 arasında değişen ve aynı yaşlılık gösteren meşcerelerden örnek alanlar alınmıştır. Örnek alanların alındığı meşcereler doğal yoldan gelmiş, saf ve aynı yaşlı meşcerelerdir. Geçmişte birçok kez silvikültürel müdahaleler gören meşcerelerde mutedil alçak aralamadan söz edilebilir. Her bir örnek alanda, farklı sosyal sınıflardan 1-6 arasında rasgele örnek ağaç alınmıştır. Ayrıca, her bir örnek ağacın (konu) 6 adet komşu ağacı bulunmaktadır. Örneklenen konu ve komşu ağaçların x ve y koordinatları (birbirine olan uzaklıkları bulmak için), göğüs çapı (çap), boy, yaş (örnek noktadaki 6 ağaç kümesinde en az 3 ağaçta) ve son 5 yıllık çap artımı belirlenmiştir. Çap artımları, göğüs yüksekliğinden, hava koşullarının etkisini gidermek için 5 yıllık periyot olarak alınmıştır. Periyodik çap artım değerleri periyot uzunluğu olan 5'e bölünmek suretiyle periyodik ortalama artımlar (yıllık çap artım) elde edilmiştir.

Nokta örnekleme yöntemi, konu ağaç yarışmacılarının bulunmasını ve potansiyel yarışmacıların çapının belirli bir katsayı ile çarpılmasını esas alır (Kalıpsız, 1984). Konu ağaçların yarışmacılarının belirlenmesi için Bitterlich aynalı relaskop'tan yararlanılmıştır. Aletin içerisindeki 2'lik şeridinden taşan ağaçlar yarışmacı ağaç olarak kabul edilmiştir. Çalışmamızda 2006 ve 2007 yılı yaz aylarındaki arazi ölçmelerinde 233 ağaçta artım kalemi alınmıştır. Artım kalemleri, Pressler artım burgusu kullanılarak, göğüs yüksekliğinden (1,30m) birbirine dik iki yönde ve gövde eksenine dik olarak alınmış ve örnekler ayrı ayrı numaralanmış ve etiketlenerek torbalara konulmuştur.

Örnek alanlarda göğüs yüzeyi toplamı bulunarak hektar değerine dönüştürülmüştür. Örnek alanlarda bütün ağaçlarda çap ve boy ölçümü yapılarak meşcere boy eğrisi çıkarılmıştır. Üst boy, hektarda en kalın 100 ağacın göğüs yüzeyi orta çapına karşılık gelen boy olarak bulunmuştur. Her bir meşcerenin Bonitet Endeksi (BE) dolayısıyla Bonitet Sınıfı (BS), meşcere orta yaşı (t) ve üst boy değerleri yardımıyla Karaçam bonitet endeks tablosundan hesaplanmıştır (Kalıpsız, 1982). Yıllık halka kalınlığı, mikroskop yardımı ile 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Çap artım modelinin kurulması için farklı sosyal sınıflardaki ağaçların ölçümlerinden yararlanılmıştır.

Yarışma endeksleri, çap büyümesi ile ilişkilidir. Meşcere büyüme modellerinde, tek ağaçlardaki yarışmanın etkisini ortaya koymak için ya uzaklığa bağlı ya da uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri kullanılmaktadır (Munro, 1974). Bu çalışmada, tek ağaç çap artımı modeli geliştirmek için, uzaklığa bağımlı yarışma endeksleri (n=5) ve uzaklıktan bağımsız (n=2) yarışma endeksleri bağımsız bir değişken olarak çoğul regresyon analizlerinde kullanılmıştır. Tarafımızdan Qbasic bilgisayar programlama dilinde yazılmış, bir program ile 7 farklı yarışma endeksi (Spurr, 1962; Hegyi, 1974; Alemdağ, 1978; Lorimer, 1983; Daniels ve ark., 1986; Erkan, 1995) hesaplanmıştır. Yarışma endeks ve formülleri Çizelge 1’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Çap ve göğüs yüzeyi artım modeli için test edilen yarışma endeksleri ve formülleri.*

Araştırmacı (Yıl)	Komşu ağaç sayısı 6 olmak üzere yarışmacı ağaç seçimi	Formül
Spurr ^a (1962)	Yarışmacılar 2m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_1 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{D_j}{L_i} \right) \left(j + \frac{1}{2} \right) / n$
Spurr ^b (1962)	Yarışmacılar 2m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_2 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{D_j}{L_i} \right) \left(j - \frac{1}{2} \right) / n$
Hegyi (1974)	Yarışmacılar 2m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_3 = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{D_j}{D_i} \right) \left(\frac{1}{DIS_{ij}} \right) \right]$
Alemdağ (1978)	Yarışmacılar 2m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_4 = n/K$ $K = \sum_{j=1}^n \left[\pi \left(\frac{L_j D_i}{D_i + D_j} \right)^2 \left(\frac{D_j / L_j}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{D_j}{L_j} \right)} \right) \right]$
Lorimer (1983)	Yarışmacılar 2m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_{5n} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i}$
Daniels vd. (1986)	Yarışmacılar 2m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_{6n} = \frac{d_i^2 n}{\sum d_j^2}$
Erkan (1995)	Yarışmacılar 2m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_7 = \frac{d_i}{6} \sum_{j=1}^n \left(\frac{u_{ij}}{d_i + d_j} \right)$

*Yarışma endeksleri ile ilgili terimler orijinal simgelerle verilmiştir. CI: i. konu ağacın yarışma endeksi; D_j (DBH_j, d_j): yarışmacı ağacın (j) göğüs çapı, D_i (DBH_i, d_i): i. konu ağacın göğüs çapı; DIS_{ij} (L_j, L_i, L_j, u_{ij}): i’inci konu ağaç ile j’inci yarışmacı ağaç arasındaki uzaklık (m); Pi: 3,14 ve n: konu ağacın yarışmacı sayısı (6 adet).

Çoğul regresyon analizleriyle, çap artımı (bağımlı değişken) ile bağımsız değişkenler (çap, yarışma endeksi, konu ağacın yaşı (yaş), meşcere göğüs yüzeyi ve bonitet endeksi) arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Regresyon denklemi için, 233 örnek ağaç verileri SPSS Ver.17.0 istatistik paket programında kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çap artımını tahmin için çok değişkenli bir modelde hem tek ağaç (çap, yarışma endeksi ve yaş) hem de meşcere düzeyinde (göğüs yüzeyi ve bonitet endeksi) değişkenlerin etkisinin tahmini için çoğul regresyon analizi kullanılmıştır. Çap artımının sırasıyla yaş, çap, bonitet, göğüs yüzeyi ve yarışma endeksinde göre değişimi incelenmiş ve bir çap artım modeli oluşturulmuştur. Örnek alanların alındığı meşcerelere ait istatistikler, Çizelge 2' de ve Şekil 1, 2 ve 3' te verilmiştir.

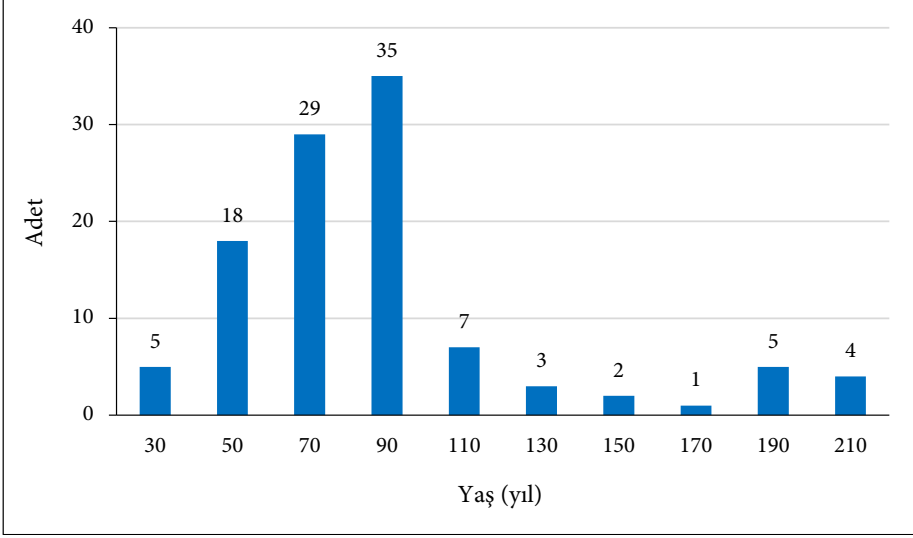
Çizelge 2. Örnek alanlara ilişkin bazı istatistikler (n=109).

Değişkenler	En düşük	En yüksek	Aritmetik ortalama	Standart sapma	Değişkenlik katsayısı (%)
Yaş (yıl)	24	212	87,70	40,63	46,33
Orta boy (m)	4,95	30,80	17,85	6,22	34,85
Üst boy (m)	6,25	31,31	19,45	6,03	31,00
Orta çap (m)	7,74	58,83	27,96	10,92	39,06
Ağaç sayısı (ad/ha)	88	7.700	1.211,92	1.313,21	108,36
Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	12,91	78,52	45,30	13,00	28,70
Hacim (m ³ /ha)	49,61	1.449,53	440,03	221,17	50,26
Bonitet endeksi (m)	8,06	34,27	22,07	5,20	23,56
Sıklık Derecesi	0,26	1,44	0,79	0,22	27,85

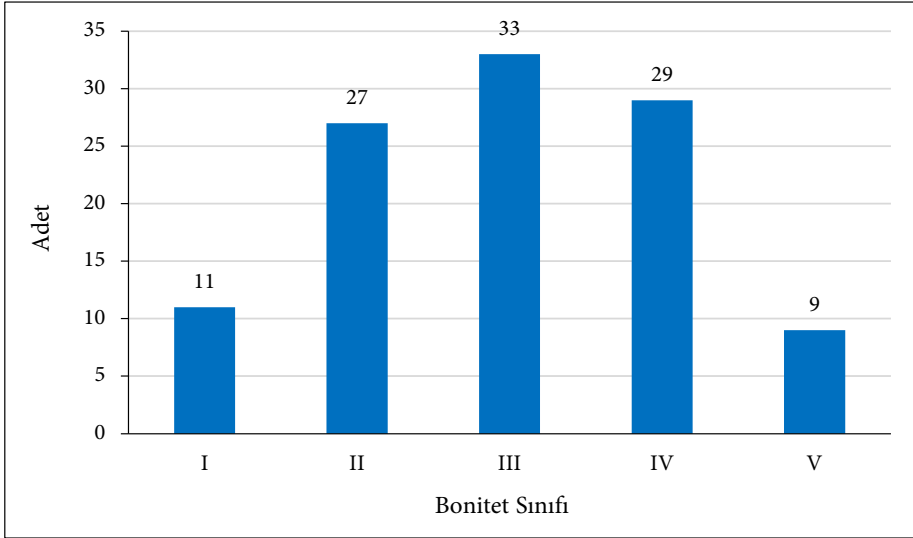
3.1. Yaş-çap artımı ilişkisi

Bir ağacın gövde kesiti toprağa yakın bir seviyeden incelendiğinde, özden dışa doğru yıllık halkaların kalınlıklarında farklılık görülür. Yıllık halka kalınlığının önce hızlı bir yükseliş gösterdiği (halka genişliğinin arttığını) fakat oldukça genç yaşlarda (30-70 yaş) bu yükselişin durduğunu ve gittikçe daralan yıllık halkalar oluştuğunu izlemek mümkündür (Kalıpsız, 1982; 1984). Örnek alanlardan alınan örnek ağaçlardan elde edilen çap artım (mm/yıl) verileri ile yaşlar bir koordinat sisteminde işaretlendiğinde erken yaşlardan itibaren artımda yükselme, ileriki çaplarda ise azalma gözlenmektedir (Şekil 4). Yaş-çap artımı ilişkisini gösteren noktalar dağılımının grafik üzerinde çok dağınık ve korelasyonun düşük olduğu görülmektedir.

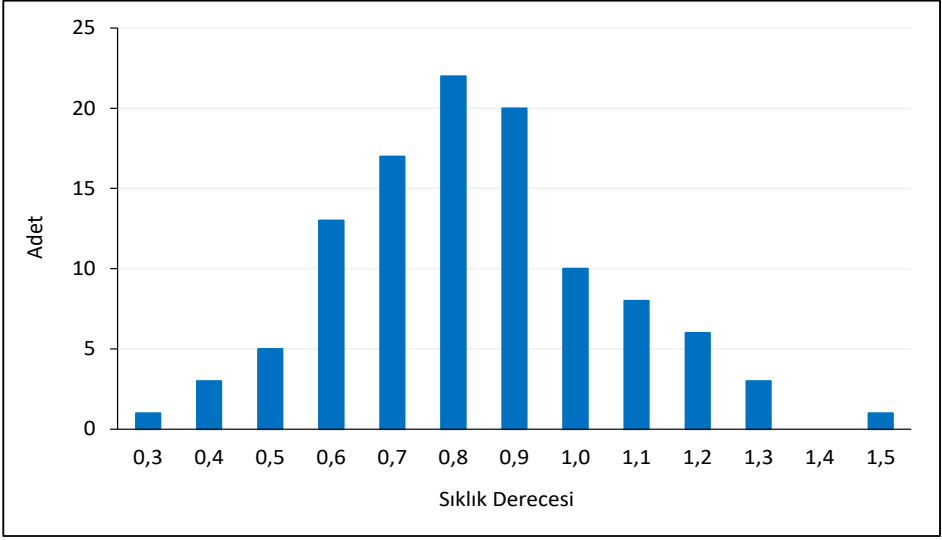
Bu durumun çap artımının yalnız yaştan değil, ağacın yetiştiği meşcerenin sıklığı, ağaçların çapı, çok değişken olan iklim koşulları, bonitet ve genetik özelliklerinden de etkilenecek farklılık gösterebileceği kanaatine varılmıştır.



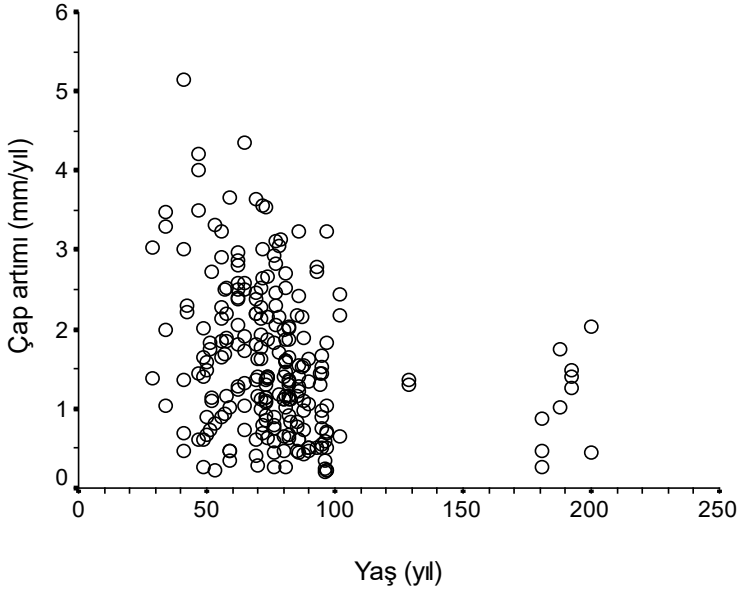
Şekil 1. Örnek alanların yaş basamaklarına göre dağılımları.



Şekil 2. Örnek alanların bonitet sınıflarına göre dağılımları.



Şekil 3. Örnek alanların sıklık basamaklarına göre dağılımları.



Şekil 4. Karaçam meşcerelerindeki çap artımı-yaş ilişkisi.

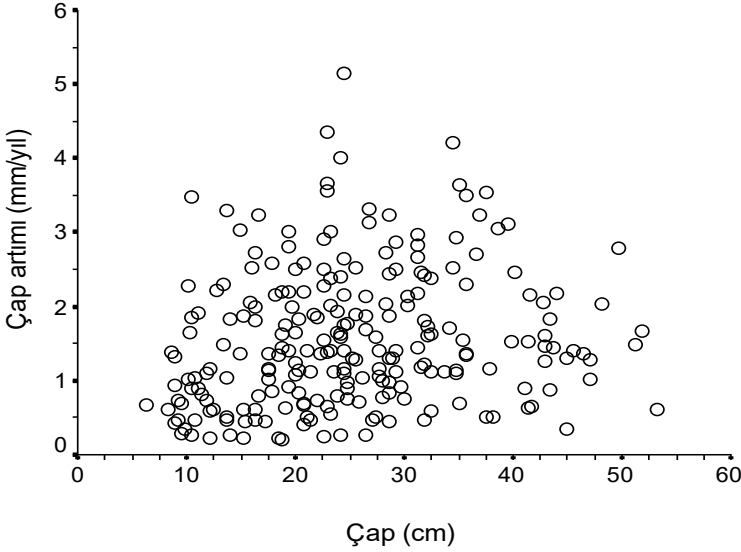
3.2. Değişik yaştan ağaçlarda çap-çap artımı ilişkisi

Çap artımını etkileyen faktörlerden birisi de çaptır (Şekil 5). Çapın, çap artımıyla olan ilişkisi aynı yaşı ormanlarda doğrusal bir ilişki göstermekte ve

aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir (Kalıpsız, 1984).

$$i_d = a + b \cdot d_{1,30}$$

Formül yardımıyla hesaplanan doğrunun eğimi meşcere yaşına bağlı olarak değişim göstermektedir. Genç ve normal kapalı meşcerelerde bu doğru dik bir şekilde yükselmektedir. Orta yaşlı meşcerelerde doğrunun eğimi azalmakta, ileri yaşlı meşcerelerde ise yaklaşık yatay bir durum göstermektedir. Bu doğrular bir çan eğrisinin teğetleri durumundadır (Kalıpsız, 1984). Ağaç sayısının fazla olduğu ve ağaçlar arasında kuvvetli bir mücadelenin geçtiği genç meşcerelerde bireylerin çap artımları arasındaki oransal farklar büyük bulunmakta ve sonuçta da göğüs çapı artım doğrusu daha dik olarak yükselmektedir. Özellikle tepe kalitesi veya ağaç sınıfı farklı olan ağaçların aynı yaşta olsalar da çap artımları farklı bulunmaktadır. Meşcerenin yaşı ilerledikçe alt veya ara durumdaki ağaçlar yavaş yavaş meşcereden kuruyarak ayrılır ve meşcere bireyleri arasındaki sosyal durum farklılığı azalmaktadır. Bunun sonucunda, meşceredeki ince ve kalın çaplı ağaçların yaptıkları çap artımları birbirine yakın bulunabilmektedir (Kalıpsız, 1984).

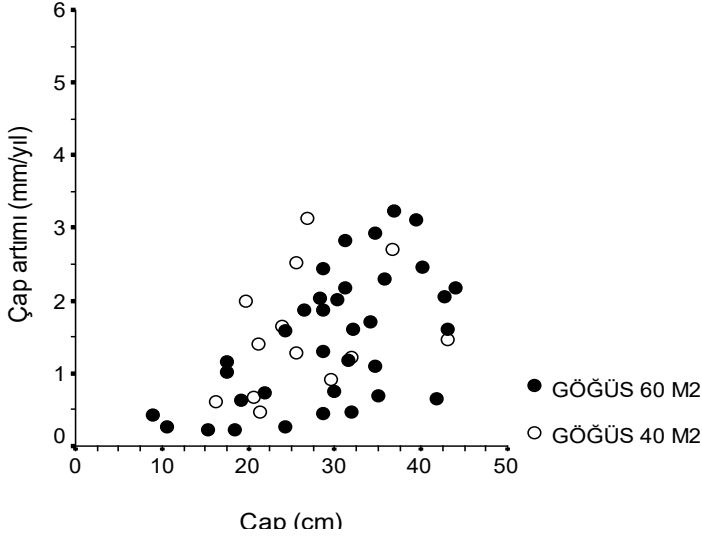


Şekil 5. Değişik yaşlarda çap-çap artımı ilişkisi.

3.3. Çap-çap artımı-meşcere göğüs yüzeyi ilişkisi

Çalışmamızda, çap-çap artımı ilişkisinin, meşcere göğüs yüzeyine (sıklığa) bağlılık derecesinin kavranabilmesi için, örnek alanlardan sadece 35-45 ve 55-65 m²/ha olmak üzere 10 m²'lik iki göğüs yüzeyi sınıflarına girenlerde, örnek ağaçların çap-çap artımı noktaları, farklı simgelerle koordinat sistemi üzerine

işaretlenmiştir (Şekil 6). Noktalar dağılımından, göğüs yüzeyi az olan (35-45 m²/ha) meşcerelerde çap-çap artımına ait dağılımın genel olarak daha yukarıda, diğerinin ise (55-65 m²/ha) biraz daha aşağıda yer aldığı görülmektedir. Bunun nedeni, iyi bonitetlerde göğüs yüzeyinin fazla olmasından ileri gelebilir.



Şekil 6. Çap-çap artımı ilişkisinin göğüs yüzeyine göre değişimi (75-125 yaş basamağında).

3.4. Çap-çap artımı-yarışma endeksi ilişkisi

Çalışmamızda, yarışma endeksleri hesaplandıktan sonra, ayrı ayrı çap artımı ile korelasyon analizleri yapılarak ilişkinin önem düzeyi kontrol edilmiştir. Yarışma endeksi, baskı derecesini (Saraçoğlu, 1988) temsil eden bir değişkendir. Bu nedenle, yarışma endeksinin de, hacim elemanlarıyla olan ilişkisi azalan ters j eğrisi biçiminde (formül 1) olması beklenir. Yarışma endeksleri içerisinde Daniels ve ark. (1986)'nın yarışma endeksi -çap artımı ilişkisi $r=0,44$ olarak bulunmuştur. Kurulacak çap artım modelinde yer almasına karar verilmiştir.

$$i_d = e^{b_0 + b_1 CI} \quad (1)$$

Burada, i_d = yıllık çap artımı (mm/yıl), CI = konu ağacın yarışma endeksi değeri ve e (doğal) logaritma tabanı; $e = 2,718$.

Yarışma endeksi küçüldükçe, ağaçlar üzerindeki baskı derecesini arttırdığından, dolayısıyla artım ve büyümeye olumsuz etki etmektedir (Saraçoğlu, 1988).

3.5. Çap artımının-yaş, çap ve meşcere göğüs yüzeyi ile ilişkisi

Bu çalışmada, yine bu faktörleri içerisine alan, yarışma endeksi, meşcere yaşı ve ağacın çapı bağımsız değişken alınarak, tek ağaçların çap artımının tahmininde kullanılmaya elverişli bir regresyon denkleminin kullanılması uygun görülmüştür.

Örnek alanlarda aynı çap ve yaşa sahip galip bireylerin, çap artımlarında görülen farklılığın meşcerenin göğüs yüzeyine göre (yan ve tepe baskısı yüzünden) oldukça farklı artım yaptıkları gözlenmiştir. İyi bonitetteki meşcerelerde meşcere yaşı aynı olmasına karşın, daha fazla göğüs yüzeyine sahip bulunacağı için, göğüs yüzeyi ile bonitet sınıfı, çap-çap artımı ilişkisine aynı yönde etki edecektir (Saraçoğlu, 1988). Seçilecek modelde çok sayıda değişkenin kullanılması, modelin kullanılabilirliğini ve ilişkinin kavranmasını zorlaştıracaktır. Ayrıca, çap artımına aynı yönde etki eden değişkenlerden en etkin modelde sokularak değişken sayısı azaltılmalıdır (Saraçoğlu, 1988). Çalışmamızda da, bağımsız değişkenlerden G ve CI çap artımına negatif yönde etki yaparlar. Yani, bunların değeri artarsa, çap artımı düşer. Bu değişkenler birbirinden bağımsız olsaydı, etkilerinin toplamı çap artımına negatif yönde etki edeceğinden, modele hepsinin sokulması uygun olurdu. Ancak, bunlar aynı baskı değişkenini temsil eden, birbiriyle ilişkili ve etkilerinin toplanabilme özelliği olmayan değişkenlerdir. Bunun için, bu değişkenlerden baskıyı en iyi temsil eden modelde sokulması daha uygun olur. Bu aynı yöndeki etki yüzünden, çap-çap artımı ilişkisini temsil edecek genel bir istatistik modelde, biraz daha etkin olduğu düşünülen, yalnız yarışma endeksine yer verilmesine karar verilmiştir.

Çalışmamızda, çap-çap artımı ilişkisinin biçimi doğrusal model ile tanımlanmıştır. Aynı yaşlı karaçam meşcerelerindeki değişik çaplı bireylerden alınan veriler yardımı ile çap artımının (i_d , mm/yıl) yaş ile ilişkisinin, bir çan eğrisi biçiminde olduğu bilinmektedir. Bu ilişkinin saptanması için, her türlü çarpıklığa uyan ve çan eğrisi biçiminde bir ilişki veren 2 nu'lu Gama fonksiyonu kullanılmıştır.

$$i_d = e^{b_0 + b_1 t + \beta_2 \ln t} \quad (2)$$

Ancak, çap- çap artımı ile çap- meşcere göğüs yüzeyi ilişkileri Gamma dağılımıyla temsil edilemez. Bu ilişkiler doğrusal veya parabolik olabilir. Ayrıca, belli bir yaş için $i_d = f(d, YE)$ ilişkisi doğrusal veya çok açık bir parabol biçiminde olmalıdır. $i_d = f(t)$ ilişkisi Gama fonksiyonuyla çan eğrisi biçiminde elde edilmelidir $\{i_d = A + f'(t)d + [B + f'(t)d]CI$ burada A ve B fonksiyon katsayılarıdır}. Bu eğrinin herhangi bir yaştaki teğeti ise, $i_d = f(d, YE)$ ilişkisini gösteren bir doğru biçiminde olmalıdır. Model 3 Taylor açılım formülü esas alınarak doğrusal forma dönüştürerek ($id = t + t^2 + t^3 + t^4$), modele çap (d), yarışma endeksini (CI) sokar, doğrusal modeli türetebiliriz. Bu model,

$$ln i_d = b_0 + b_1 d + b_2 CI + b_3 dCI + b_4 dt + b_5 dt^2 + b_6 dt^3 + b_7 dt^4 + b_8 dtCI + b_9 dt^2CI + b_{10} dt^3CI + b_{11} dt^4CI + b_{12} (d/t) + b_{13} (dCI)/t \quad (3)$$

olabilir.

Burada; b_0, b_1, \dots, b_{13} = katsayılar, i_d = yıllık çap artımı (mm/yıl), d = göğüs çapı (cm), t = ağaç yaşı (yıl), CI = konu ağacın yarışma endeksi değeri olmaktadır.

Bu son modele göre bulunacak kabuksuz çap artımı, kabuk faktörü ile çarpıldığında kabuklu çap artımını verecektir. Model 3 ile belirlenen ifadenin katsayıları, örnek alanlardaki örnek ağaçlardan alınan yıllık çap artımı, çap, yaş ve yarışma endeksi ölçüleri olmak üzere dörtlü veri grupları halinde bilgisayarda bir veri kütüğüne işlenmiştir. Model 3'e ait katsayı ve istatistikler Çizelge 3'te verilmiştir.

Bu model, doğal yoldan gelmiş, saf ve aynı yaşlı karaçam meşcerelerinde tek ağaç çap artımının tahmininde kullanılabilir. Model, çap artımındaki değişimin %36'sını açıklamakta ($R^2=0,362$) ve standart hatası 0,553 mm/yıldır (Çizelge 3). Modelin uygunluğu için yapılan F testi %99,9 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Modelde açıklanamayan %64'lük kısım, ağacın genetik özelliği, mikro yetiştirme ortamı faktörleri ve rasgele etkenlerden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3. Model 3'e ait katsayı ve istatistikler.

Katsayılar			
$b_0 = -1,421$	$b_1 = 0,053$	$b_2 = 0,914$	$b_3 = -0,05$
$b_4 = 0,0^*$	$b_5 = -0,000006$	$b_6 = 0,0^*$	$b_7 = 0,0000000014$
$b_8 = 0,0^*$	$b_9 = 0,0000033$	$b_{10} = 0,0^*$	$b_{11} = -7,E-11$
$b_{12} = 3,095$	$b_{13} = -0,03$		
İstatistikler			
$R = 0,602^{***}$	$R^2 = 0,362^{**}$	$Se = 0,553$ mm	$F_{9,223} = 14,062^{***}$
$n = 233$			

*** %0,1 anlam düzeyinde önemli,

* SPSS istatistik paket programı tarafından önemsiz bulunmuş ve katsayıları sıfır olarak verilmiştir.

Ayrıca, aynı modeli (model 3) göğüs yüzeyi artımı için çalıştırdığımızda da çap artım tahminine göre daha güçlü veriler elde edilmiştir. Yarışma endeksi olarak Hegyi (1974) olarak seçilmiştir. Göğüs yüzeyi artımı ile yarışma endeksi arasında $r = -0,77$ korelasyon olduğu için aynı modelde bu kez Hegyi (1974) yarışma endeksi kullanılmıştır. Sonuç olarak, aynı model göğüs yüzeyi artımı içinde kullanıldığında Çizelge 4' teki istatistikler elde edilmiştir.

Regresyon modelinin istatistikleri oldukça güven verici bulunmuştur. Modelden belirli bir yaş ve meşcere göğüs yüzeyindeki yer alan ağaçların çaplarına karşılık gelen çap artımları kolaylıkla bulunabilmektedir. Model, göğüs yüzeyi artımındaki değişimin yaklaşık %66'sını açıklamakta ($R^2=0,656$) ve standart hatası 0,540 mm²/yıl dır. F testi ile modelin uygunluğu %99,9 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Modelde açıklanamayan %34'lük kısım, ağacın genetik özelliği,

mikro yetiştirme ortamı faktörleri ve rasgele etkenlerden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4. Model 3' e ait katsayı ve istatistikler.

Katsayılar			
$b_0 = 1,340$	$b_1 = -0,01$	$b_2 = -0,772$	$b_3 = 0,124$
$b_4 = 0,0^*$	$b_5 = 0,0000076$	$b_6 = 0,0^*$	$b_7 = -0,0000000001$
$b_8 = -6 E-04$	$b_9 = 0,0^*$	$b_{10} = -0,000000005$	$b_{11} = 0,00000000026$
$b_{12} = 6,185$	$b_{13} = -3,064$		
İstatistikler			
$R = 0,810^{***}$	$R^2 = 0,656^{***}$	$Se = 0,540\text{mm}^2$	$F_{10;222} = 42,336^{***}$
$n = 233$			

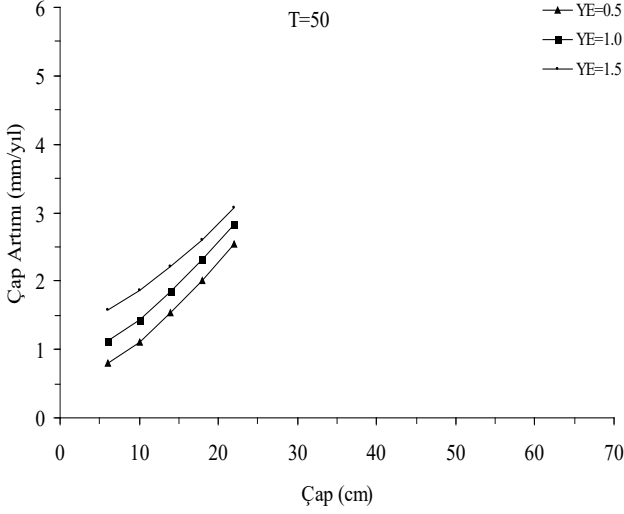
*** %0,1 anlam düzeyinde önemli.

* Regresyon analizinde, SPSS istatistik paket programı tarafından önemsiz bulunmuş ve katsayıları sıfır olarak verilmiştir.

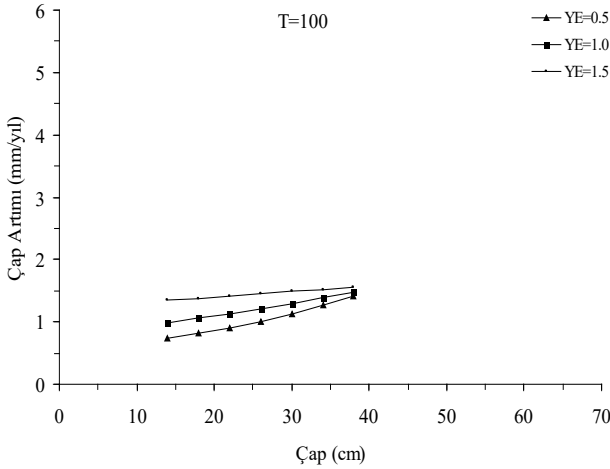
Çap-çap artımı eğrilerinin, meşcere göğüs yüzeyi arttıkça eğimleri azalarak aşağıya kaymaktadır. Buna göre, iyi bonitetlerdeki (göğüs yüzeyi fazla olan) meşcerelerin eğrisinin altta ve düşük bonitetlerde (göğüs yüzeyi az olan) ise, üstte olacağını gösterir (Saraçoğlu, 1989). Aynı yaşlı genç meşcerelerde, ağaçlar arasındaki mücadelenin fazla olması nedeniyle, çap artımları arasında büyük farklar bulunur. Bu durum, doğrusal olan çap- çap artımı doğrusunun eğimini artırır (Şekil 7 ve 8). Yaşlı meşcerelerde çap artımları arasındaki fark az olduğundan, çap-çap artımı doğrusunun eğimi düşük çıkar (Şekil 9). Aynı yaşlı meşcerelerde, kalın çaplı ağaçlar daha galip ve ince çaplı ağaçlar da daha mağlup oldukları için, ağaçların çap artımları çapa göre doğrusal bir ilişki gösterir (Kalıpsız, 1984).

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Balıkesir yöresi doğal yoldan gelmiş, saf ve aynı yaşlı karaçam meşcereleri için tek ağaç çap artım modeli geliştirilmiştir. Çap artım modeli için, 109 adet örnek alanda 233 örnek ağaçtan toplanan veriler kullanılmıştır. Seçilen çap artım modelinde ağacın çapı, yarışma endeksi ve yaş bağımsız değişkendir. Model, tek ağaçlarda çap artımındaki değişimin %36,2' sini açıklamaktadır. Göğüs çapı, çap artımını tahmin edicidir ve en kalın çaplı ağaçlar (15-25 cm) daha fazla çap artımı yaparlar (Şekil 4). Çap artımı, meşcere göğüs yüzeyinin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Meşcere göğüs yüzeyinin artması halinde, tek ağacın çap artımını azaltır ve ileri çap basamaklarına kaydırır (Şekil 6). Yaşın, çap artımı üzerindeki etkisi bir çan eğrisi biçimindedir. Çap artımı genç ve yaşlı meşcerelerde daha az, fakat orta yaşlarda daha fazladır. Aynı çaptaki ağaçların farklı çap artımı komşuluk ilişkileri ile de açıklanabilir. Çap artımı, yarışma endeksinin (baskı derecesinin) artması ile azalır (Şekil 7, 8 ve 9). Çalışmamızda geliştirilen bu çap artımı modeli, hazırlanacak simülasyon modellerinde kolaylıkla ve güvenle kullanılabilir.

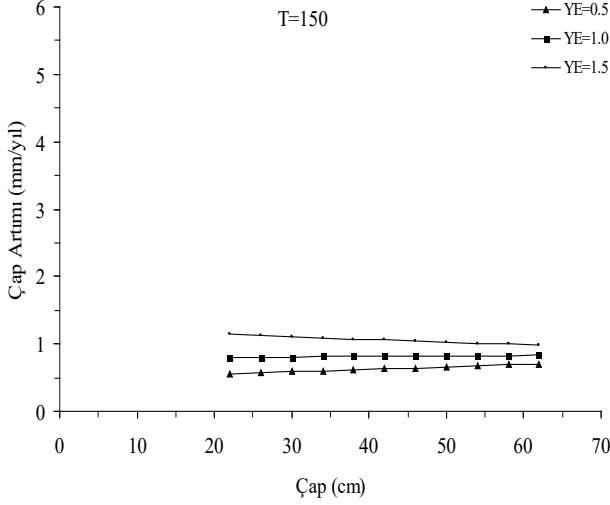


Şekil 7. Değişik yarışma endekslerinde çapa göre çap artımı (mm/yıl) (T=50).



Şekil 8. Değişik yarışma endekslerinde çapa göre çap artımı (mm/yıl) (T=100).

Çap artımı ile yarışma endeksleri arasındaki korelasyon katsayıları oldukça düşüktür. Bu sonuçlar kök yarışmasıyla açıklanabilir. Birçok çalışmada, kök rekabetinin büyümeyi yavaşlatmasının doğal olduğu, fakat yarışma endekslerinin hiçbirinin özellikle kök yarışını (rekabetini) temsil eden faktörleri içerisine dâhil etmediği görülmektedir. Böylece kök rekabeti, daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulan, ağaçlar arası rekabetin bir ölçüsüdür (Holmes ve Reed, 1991). Bu durumun doğrulanması ancak, başka yörelerde ve başka kuruluşlardaki meşcerelerde yapılacak diğer testlerle mümkün olabilecektir.



Şekil 9. Değişik yarışma endekslerinde çapa göre çap artımı (mm/yıl) (T=150).

Yarışma endeksini içerisine alan bir çap artım modeli, hasılat araştırmalarında meşcere simülasyonlarına olanak sağlayacaktır. Ayrıca, elde edilecek çap artımı değeri meşcere modellerinde konu ağacın komşu ağaçlarla rekabet sürecunda yaşam niteliğini tanımlamakta da kullanılabilir.

Bu istatistik model üzerinde çalışılıp, meşceredeki bireylerin çap artımlarının gerçeğe daha yakın olarak tahmini yapılacak olursa, meşcere hacim artımı daha duyarlı elde edilir. Çap artımında yapılacak hata, doğal olarak meşcere hacim artımına da yansır. Göğüs çapı artımının tahmininde, yarışma endeksi gibi yeni bağımsız değişkenlerin de modele sokulması halinde modelin tahmindeki hata payı azalması mümkün olacaktır.

Çalışma Alaçam Dağları'nda aynı yaşlı, saf ve doğal karaçam meşcerelerinde yapılmıştır. Bu model veya benzerleri kurularak, aynı türün farklı yetiştirme ortamlarında ve değişik şiddetlerde işlem yapılmış örnek alanlarından veri toplanması ile modelin farklı sıklıktaki meşcere yapılarına uyma imkânı artırılabilir. Aynı zamanda değişimin belirlenmesinde güvenle kullanılabilir. Bu modelden elde edilecek verilerden değişik ormancılık uygulama alanlarındaki çeşitli amaçların gerçekleştirilmesinde yararlanılabilir.

Çalışmamızda kurulan çap ve göğüs yüzeyi artım modelleri, hazırlanacak simülasyon modellerinde kolaylıkla kullanılabilir. Belirli bir yetiştirme ortamındaki tek ağaçların büyümesi, yaş, büyüklük, mikro çevre, genetik özellikler ve yarışma durumu vb. etkenlerle etkilenir.

Teşekkürler; Bu çalışma "Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri" isimli ve TÜBİTAK-TOVAG Proje No: 104 O 551 numaralı proje kapsamında

yapılmış olup Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na, 2006-2010 yılları arasında arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğümüz çalışmanın yürütüldüğü dönemde Balıkesir ve Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü'nde görev yapan Orman Bölge Müdürlerimize, Simav Orman İşletme Müdürü Ekrem BOZKAN'a, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Osman ONAT'a, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Gürsel ŞENTÜRK'e, Bigadiç Orman İşletme Müdür Yardımcısı Kadir KORKMAZLAR'a, Alaçam Orman İşletme Müdürü İlhan Faik TOPÇAM'a ve Alaçam Orman İşletme Müdürü Yardımcısı İbrahim ÖZEN'e, bilhassa çalışmaya yardımları esirgemeyen Dursunbey Orman İşletme Müdürü Cemal YEŞİLYAPRAK'a ve Sındırgı İşletme Müdürü Orm. Yük. Müh. Aytekin KAMBAK'a, Kadir AŞAR beye ve arazi çalışmalarına katılan öğretim elemanı ve öğrenci arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alemdağ, İ. Ş., 1978. Meşcere Modellerinin Hazırlanmasında Etkenlik Endekslerinin Yeri ve Yeni Bir Etkenlik Endeksi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A: 138-167.
- Akalp, T., 1983. *Değişik Yaşlı Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 3051/327, 169 sayfa, İstanbul.
- Carus, S., 2005. A Diameter Increment Model for Crimean Pine *Pinus nigra* Arnold and Calabrian Pine *Pinus brutia* Ten. Stands in Isparta Region Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26 (3): 467-473.
- Carus, S., 2010. Effect of Defoliation by the Pine Processionary Moth (PPM) on Radial, Height and Volume Growth of Crimean Pine (*Pinus nigra*) Trees in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31: 453-460.
- Carus, S., Çatal, Y., 2009. Genç Bir Karaçam *Pinus nigra* Arnold Ağaçlandırmasında Tek Ağaçta Artım ve Büyüme. *Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 324-334.
- Catal, Y., Carus, S., 2011. Effect of Pine Mistletoe on Radial Growth of Crimean Pine (*Pinus nigra*) in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 32: 263-270.
- Daniels, F. R., Burkhart, H. E., Clason, T. R., 1986. A Comparison of Competition Measures for Predicting Growth of Loblolly Pine trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 454-466.
- Erkan, N., 1995. Kızılcıdamda (*Pinus brutia* Ten.) Meşcere Gelişmesinin Simülasyonu. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ömer Saraçoğlu, 198 sayfa, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*P. nigra* Arnold) Hacim Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A (1): 97-112.
- Günel, A., 1978. *Tek Ağaç ve Meşcerede Artım ve Büyümenin Matematiksel Mo-*

- delleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2408/254, 141 sayfa, İstanbul.
- Hegyi, F., 1974. A Simulation Model for Managing Jack Pine Stand. *Growth Models for Tree and Stand Simulation*, pp: 74-90. In: J. (Ed.). Royal Coll. For., Res. Notes 30, Stockholm.
- Holmes, M. J., Reed, D. D., 1991. Competition Indices for Mixed Species Northern Hardwoods. *Forest Science*, 37 (5): 1338-1349.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye'de Karaçam Meşcerelerinin Tabii Büyümesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 141 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1982. Orman Hasılat Bilgisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın Nu: 3052/328, 349 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984. *Dendrometri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3194/354, 359 sayfa, İstanbul.
- Lorimer, C. G., 1983. Test of Age-independent Competition Indices for Individual Trees in Natural Hardwood Stand. *Forest Ecology and Management*, (16): 343-360.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hakkı Yavuz, 209 sayfa, Trabzon.
- Munro, D.D., 1974. Forest Growth Models a Prognosis. Pp. 7-21. In: Fries, J.(Ed.). *Growth Models for Tree and Stand Simulation*, Royal Coll. For., Res. Notes 30, Stockholm.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültür I – Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınlar Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Saraçoğlu, N., 1989. Yarışma Endeksi ile Kızılağaç [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey) Yalt.] Periyodik Çap ve Kesit Yüzeyi Artımlarının Tahmin Edilmesi. *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 3: 1412-1421.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. *Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 312 sayfa, İstanbul.
- Saraçoğlu, Ö., 1989. Değişik Yaşlı Gökmar Meşcerelerinde Bonitet ve Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasında İkili İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39(2): 122-138.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., DüNDAR, T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-TOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Spurr, S. H., 1962. A Measure of Point Density. *Forest Science*, 8: 85-96.
- Sun, O., 1977. Bir Kızılağaç (*Pinus brutia* Ten.) Ağacının Simülasyonu için Büyüme Modeli. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten

Serisi Nu: 119, 80 sayfa, Ankara.

Vanclay, J. K., 1994. *Modelling Forest Growth and yield: Applications to Mixed Tropical Forests*. CABI Publishing, 312p., New York, USA.

Yavuz, H., Ercanlı, İ., Mısır, N., Kahrıman, A., 2005. Büyüme Modellerinin Ormancılıktaki Önemi ve Ormancılığımız İçin Öneriler. 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, 21-24 Mart 2005, Antalya.

Yeşil A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ünal Asan, 179 sayfa, İstanbul.



Eskişehir, 2019
Mehmet MISIR

21

KARAÇAM AĞAÇLANDIRMALARININ HASILATI*

1. Giriş

Mevcut ormanların planlanabilmesi, bu ormanların artım ve büyüme potansiyellerinin bilinmesine bağlıdır. Meşcerelerin büyüme potansiyelleri, bu meşcerelerden alınacak geçici veya devamlı örnek alanlardan elde edilecek veriler kullanılarak artım ve büyüme modellerinin geliştirilmesiyle belirlenmektedir. Dolayısıyla büyüme modelleri, ormanların planlanmasında önemli bir yere sahip olup, temel altlık görevi görmektedirler. Özellikle gelecekteki ürün miktarının tahmin edilmesi ve meşcereye uygulanacak silvikültürel müdahalelerin belirlenmesinde kullanılmaktadırlar. Büyüme modelleri ile hem belirlenen silvikültürel işlemlerin meşcere yapısı ve verim gücü üzerindeki etkisi saptanabilmekte hem de alternatif silvikültürel işlemlerin etkinlikleri ortaya konabilmektedir. Büyüme modelleri ormancılık politikasının oluşmasında da çok önemli bir etkiye sahiptir. Hem meşcere içi hem de meşcere dışından kaynaklanan ve büyüme üzerinde etkili olan tüm etmenlere ilişkin bilgileri birlikte kullanma olanağına sahip olan büyüme modelleri, geleceğe ilişkin tahminde bulunabilme dolayısıyla beklenen hasılatı tahmin etme, silvikültürel seçenekleri belirleme, optimal planlama seçeneklerini oluşturma, planlama üzerindeki kısıtların etkilerini araştırıp model sonuçlarını test etme ve kısaca ormancılık politikasının oluşturulmasında yönlendirici bir görev sahiptirler (Mısıır, 2001).

Ülkemizde şimdiye kadar çeşitli ağaç türlerimizin doğal meşcereleri için ayrıntılı bir büyüme analizine olanak vermeyen büyüme modellerinin en basit şekli olan Normal Hasılat Tablosu yaklaşımı ile büyüme modelleri geliştirilmiştir (Kızılcım (Alemdağ, 1962), Karaçam (Kalıpsız, 1963), Sariçam (Alemdağ,

¹ Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Trabzon, Elmek: mmisir@ktu.edu.tr

² Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Trabzon, Elmek: nuray@ktu.edu.tr

³ Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Trabzon, Elmek: hyavuz@ktu.edu.tr

*2004 yılında tamamlanmış olan TOGTAG-2747 numaralı TÜBİTAK projesinin bir bölümünün gözden geçirilmiş özettir.

1967), Sedir (Evcimen, 1963), Ladin (Akalp, 1978), Kızılağaç (Batu ve Kapucu, 1995), Kayın (Carus, 1998) ve Dişbudak (Kapucu ve ark., 1999)). Normal hasılat tabloları türlerin eşityaşlı, saf ve müdahale görmemiş meşcereleri için düzenlenir. Bu bağlamda kızılçamın müdahale görmüş meşcereleri için sıklığa bağlı hasılat tablosu (Yeşil, 1992) ve tek ağaç simülasyon Modeli (Erkan, 1996) olmak üzere iki değişik yöntemle daha hasılat tabloları geliştirilmiştir. Eşit yaşlı Doğu Ladini meşcereleri için de sıklığa bağlı ve yöresel bir hasılat tablosu düzenlenmiştir (Köse ve ark., 2001). Yapay yolla yetiştirilmiş Sahilçamı (Birler ve Yüksel, 1983; Özcan, 2002), Melez Kavak (Birler, 1984), Kızılçam (Usta, 1991), Ökalyptus (Birler ve ark., 1995) ve Dişbudak (Kapucu ve ark., 1999) meşcereleri için de hasılat tabloları düzenlemiştir. Ayrıca Doğu Karadeniz Göknarı (Saraçoğlu, 1988) ve değişik yaşlı Doğu Ladini (Akalp, 1983; Yavuz, 1992) meşcereleri için artım ve büyüme ilişkileri belirlenmiştir.

Ülkemizde oldukça büyük alanlar kaplayan ve ekonomik bakımdan çok büyük değer taşıyan karaçam ağaçlandırmaları için ne meşcere bazında ne de daha ayrıntılı olan tek ağaç bazında herhangi bir büyüme modeli geliştirilmemiştir. Ülkemizdeki toplam 1.849.144 hektar ağaçlandırma alanının 500.000 hektarını oluşturan karaçam türünde bakım kesimleri yapılarak odun ürünü elde edilen oldukça çok sayıda ağaçlandırmalar bulunmaktadır. Bunlara ilişkin herhangi bir büyüme modeli geliştirilmediğinden gerek silvikültürel müdahale ve gerekse planlama ve yararlanma bakımından optimal çözüme gidilmeden geleneksel yöntemlere göre işlemler yürütülmektedir. Bu alanlardan optimal yararlanmanın sağlanabilmesi için temel koşullardan biri ve en önemlisi büyüme modellerinin oluşturulmasıdır. Karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin büyüme modellerinin oluşturulması ile tüm alanların üretim potansiyelleri (kapasiteleri) belirlenerek, gerek silvikültürel planlama ve gerekse orman amenajman planlaması bakımından çok sayıda seçenek oluşturulup optimal kararlar verilebilecektir. Bu da doğaya uygun ve sürdürülebilir ormancılığın gerçekleştirilebilmesinin temelini oluşturacaktır.

Türkiye'de yaklaşık 500.000 hektar alanda yayılış gösteren karaçam ağaçlandırmaların çoğu 3 x 1,5 metre aralık mesafe ile tesis edilmiştir. Sınırlı sayıdaki alanlar 1.5x2.5 metre aralık mesafeye sahip olup bir büyüme modelinin geliştirilebilmesi için gerekli olan farklı yaş sınıflarına ve aynı yaş sınıfında farklı yetiştirme ortamı verim gücüne sahip alanların bulunması koşulunu sağlamamaktadır. Buna karşın 3 x 1,5 metre aralık mesafeye sahip ağaçlandırmalardan hem farklı yaş sınıflarından hem de aynı yaş sınıfı içinde farklı yetiştirme ortamı verim gücüne sahip alanların çok sayıda olması nedeniyle bu alanlardan alınan örnek alanlarla karaçam ağaçlandırmalarının artım ve büyümesi ortaya konabilmektedir. Böylece Türkiye karaçam ağaçlandırmalarının büyümesi üzerine etki eden temel faktörler belirlenmiş ve bunların büyüme üzerindeki etki yönü ve gücü sayısal olarak ortaya konmuştur.

Ormanların planlanması ve karar vermede sağlam bir temel oluşturmak için güvenilir büyüme modellerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki

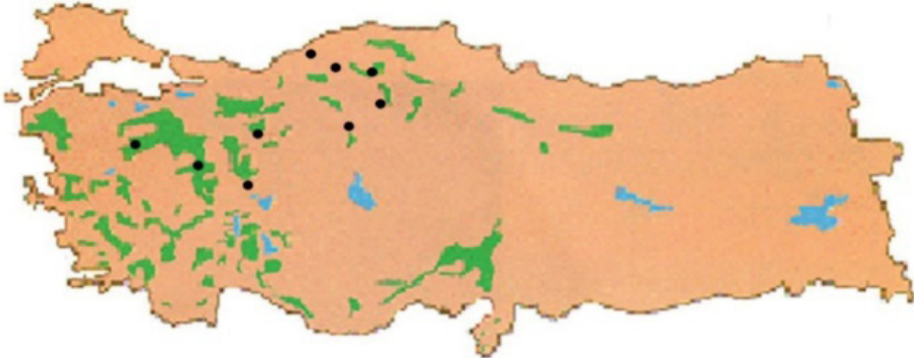
karaçam ağaçlandırma alanlarını planlayabilmek için büyüme modelleri geliştirmek ve bu konudaki gelecekteki çalışmalara temel oluşturmaktır.

2. Materyal

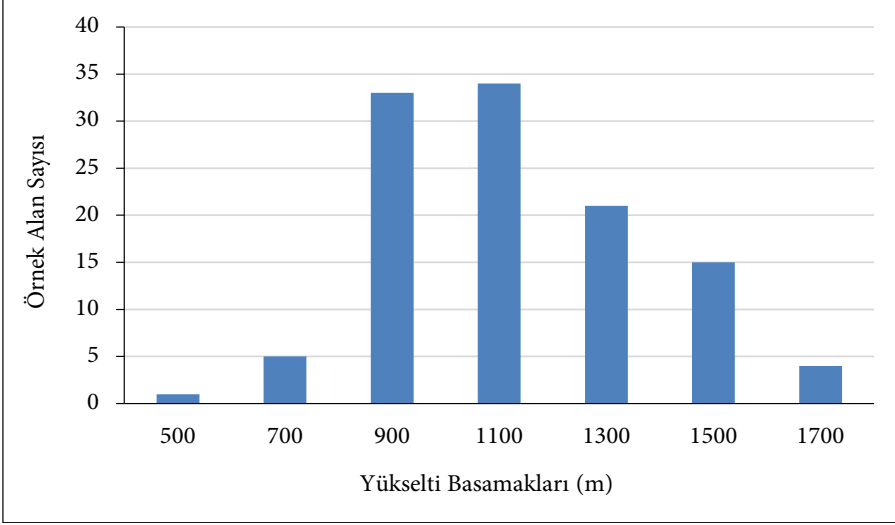
Türkiye’de endüstriyel amaçlı ilk ağaçlandırma çalışmaları 1937 yılında başlamıştır. İlk karaçam ağaçlandırma çalışmaları ise 1945 yılında Kütahya’nın Simav ilçesindeki Kiçir yöresinde başlayıp, Balıkesir-Dursunbey Ormanlarına kadar yayılan orman yangınları sonrasında 1947 yılında yanan alanlar başlamıştır. Karaçam ağaç türü özellikle 1955 yılından sonra ağaçlandırma çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. 1970’li yıllara kadar karaçam ağaçlandırmaları el ile yapılırken, bu tarihten sonra makineli çalışmalar başlatılmıştır. Karaçam ağaçlandırmalarının başladığı dönemlerde ağaçlandırma çalışmaları hem Ağaçlandırma Genel Müdürlüğü (AGM) hem de Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yürütülüyordu. Bu iki birim tarafından kullanılan aralık mesafeler farklılık göstermekteydi.

3 x 1,5 metre aralık mesafeye sahip Türkiye’deki tüm karaçam ağaçlandırma alanları gezilerek farklı yetiştirme ortamlarından farklı yaşlardaki karaçam meşcerelerinden 115 adet örnek alan alınmıştır. Bu şekilde 7 Orman Bölge Müdürlüğü, 14 Orman İşletme Müdürlüğü, 29 Orman İşletme Şefliğinden ve 40 farklı planlama biriminden örnekler alınmış ve böylece ülkemizde yayılış gösteren Karaçam ağaçlandırma alanları önemli bir oranda temsil edilmiştir (Şekil 1).

Örnek alanlar dikdörtgen biçiminde olup, büyüklükleri arazi ve meşcere yapısına bağlı olarak ve en az 30 ağaç kapsayacak biçimde 120 m² ile 600 m² arasında değişmektedir. Örnek alanların denizden yükseklikleri dikkate alındığında, 115 örnek alandan 103’ünün 800-1600 metreler arasında, 8’inin 800 metrenin altında ve 4’ünün ise 1600 metrenin üzerinde yer aldığı görülmektedir. En düşük yükseltiyeye sahip örnek alan 530 metre ve Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kilimli İşletme Şefliği Göldağı mevkiinden, en büyük yükseltiyeye sahip örnek alan 1800 metre ile Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Hasanoğlan İşletme Şefliği ve Eskiya ile mevkiinden alınmıştır (Şekil 2).

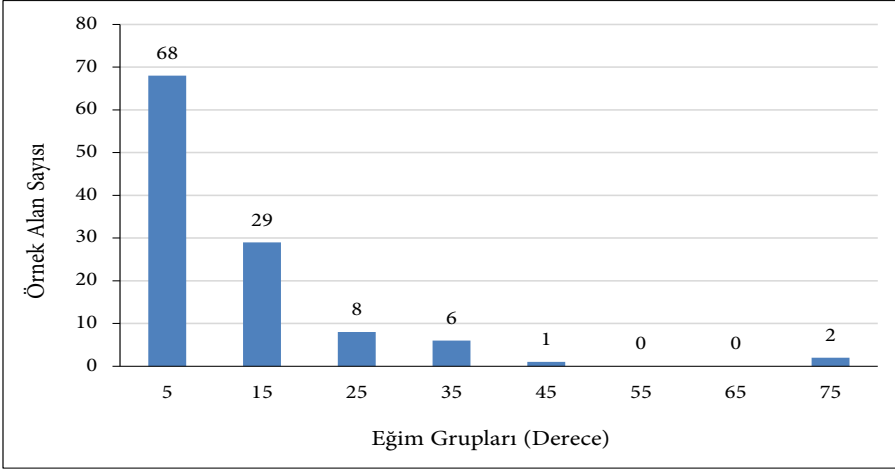


Şekil 1. Karaçamın yayılış alanı (●) ve örnek alanların alındığı bölgeler (●).



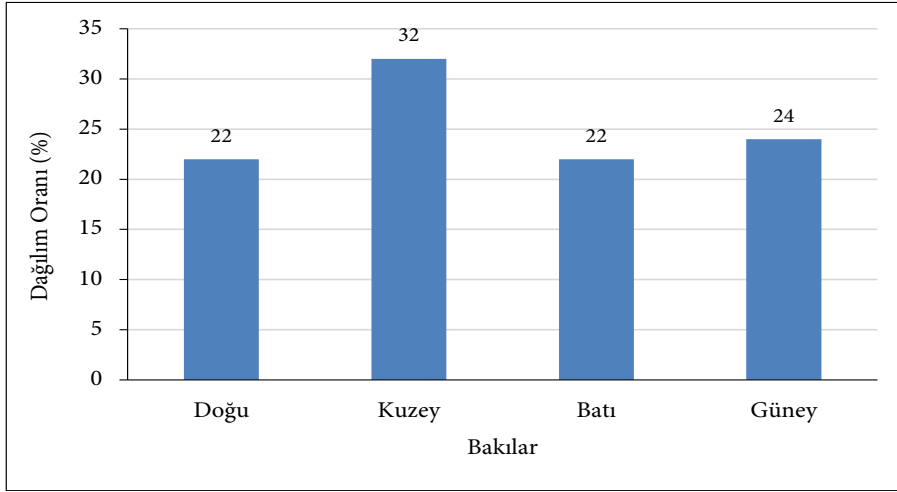
Şekil 2. Örnek alanların yükselti basamaklarına dağılımı.

Örnek alanlara ilişkin arazi eğimi değerleri 1° - 72° arasında değişmektedir ve Şekil 3'te 10° 'ar derecelik eğim gruplarına göre dağılımları verilmiştir. Bu şekilden de görülebileceği gibi, 115 örnek alandan % 92'sinin eğimi 0 - 30° arasında değişmektedir.



Şekil 3. Örnek alanların eğim derecelerine dağılımı.

Örnek alanların 4 ana bakı grubuna dağılımları ise Şekil 4'de görülmektedir. Örnek alanların %32'si kuzey bakıda, %24'ü güney bakıda, %22'si doğu bakıda, %22'si ise batı bakıda yer almakta ve böylece bakılara göre dengeli bir dağılım oluşmaktadır.



Şekil 4. Örnek alanların baki gruplarına dağılımı.

Örnek alanlara ilişkin olarak yukarıda verilen tanıtıcı bilgilerden sonra, her bir örnek alanda aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

- Tüm ağaçların göğüs çapı ($d_{1,3}$)
- Tüm ağaçların dip kütük çapı ($d_{0,3}$)
- Tüm ağaçların boyu (h)
- 15-20 ağaçta yaş ölçümü (t)

Örnek alandaki ağaçların göğüs ve kütük çapları çap ölçer ile mm duyarlılığında, boyları iç içe geçen boru şeklindeki çubuklardan oluşan özel bir adı olmayan Japonya'dan elde edilen anten şeklinde bir boyölçer aleti ile ölçülmüştür. Ağaçların yaşları Pressler'in Artım Burgusu kullanılarak arazide göğüs yüksekliğinden alınan artım kalemleri büroda "Artım Ölçer" aleti ile mm duyarlılığında ölçülmüştür.

Yapılan ölçümlere ve ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen meşcere bileşenlerine ilişkin olarak özet bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan materyale ilişkin özet bilgiler.

Özellik	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma
Göğüs çapı (cm)	2,2	45,0	12,98	7,288
Ağaç boyu (m)	124	21,90	8,70	3,537
Meşcere orta çapı (cm)	0,51	32,64	12,87	6,870
Meşcere orta boyu (m)	0,42	18,53	6,62	4,291
Üst boy (m)	0,51	22,33	7,47	4,579
Meşcere yaşı (yıl)	3	58	27	10,310
Göğüs yüzeyi (m^2/ha)	1,71	50,56	19,03	11,647
Meşcere sıklığı	0,28	10,29	3,73	2,388
Meşcere hacmi (m^3/ha)	0,001	1,084	0,097	0,124
Ağaç sayısı (adet/ha)	407	1958	1125	419
Bonitet Endeksi (m)	5,80	22,41	12,43	2,824

3. Yöntem

3.1. Meşcere hacmi

Meşcere hacmi değişik yöntemlerle hesaplanmakla birlikte, çalışmada “Ağaç Hacim Tabloları” yöntemi kullanılmıştır.

Ağaç hacim tabloları, dikili ağaçların çeşitli boyutlarının fonksiyonu olarak hacim değerlerini veren tablolardır. Yalnız göğüs çapına göre düzenlendiklerinde “Tek Girişli Ağaç Hacim Tabloları”, göğüs çapı ve ağaç boyuna göre düzenlendiklerinde “Çift Girişli Ağaç Hacim Tabloları”, göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak ağaç boyunun belirli bir oranına karşılık gelen yükseklikteki gövde çapı ya da yerden 7 metre yüksekliğindeki gövde çapı gibi üç ya da daha çok değişkene göre düzenlendiklerinde ise “Çok Girişli Ağaç Hacim Tabloları” olarak isimlendirilmektedir. Geçerli oldukları alanın büyüklüğüne göre de “Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Tabloları”, “Bölgesel Ağaç Hacim Tabloları” ve “Genel Ağaç Hacim Tabloları” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Genellikle gövde hacmini veren tablolar şeklinde düzenlenmekle birlikte, kalın dallar ile gövde hacim toplamını, diğer bir anlatımla ağaç hacmini veren tablolar olarak da düzenlenmektedirler (Loetsch ve ark., 1973; Clutter ve ark., 1983; Kalıpsız, 1984; Philip, 1994; Laar ve Akça, 1997).

Karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin ağaç hacim tablolarının düzenlenebilmesi için değişik çap ve boy basamaklarından yeterli sayıda örnek ağaçların seçilmesi ve seksiyon yöntemine göre hacimlendirilmesi gerekir. Seksiyon yöntemi ile hacimlendirmede örnek ağaçların kesilmesi gerekir. Ancak, örnek ağaçların alındığı meşcerelerden ağaç kesimine izin verilmediğinden Karaçam ağaçlandırmaları için bir hacim tablosu düzenlenememiştir. Bu sorunu aşmak amacıyla dolaylı bir yöntem kullanılmış ve Gülen (1959) tarafından karaçam ağaç türü için geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosundan yararlanılmıştır. Gülen (1959)’in karaçam ağaç hacim tablosunun grafik yöntemle düzenlenmiş olması, ilgili tablonun Regresyon Analizi kullanılarak matematiksel bir hacim fonksiyonuna dönüştürülmesini zorunlu kılmıştır. Bunun için literatürdeki tüm çift girişli ağaç hacim denklemleri denenmiştir. Denenen denklemlerden belirtme katsayısı en yüksek, ortalama hata, ortalama mutlak hata, standart hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi en düşük olan denklem seçilmiştir. Örnek alanların alındığı yöreler arasındaki gerek yetiştirme ortamı verim gücü ve gerekse ağaçların gövde şekli farklılıkları, geliştirilen çift girişli hacim tablosunun da yörelere göre değişebileceği düşüncesinden hareketle geliştirilen çift girişli hacim tablosundan yararlanarak her il için yeniden tek girişli ağaç hacim tablosu düzenlenmiştir. Bunun için de literatürdeki tüm tek girişli denklemler denenmiştir. Denenen denklemler arasından en iyi olanının seçiminde yine belirtme katsayısı en yüksek, ortalama hata, ortalama mutlak hata, standart hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi en düşük olana karar verilmiştir. İl bazında geliştirilen tek girişli hacim tabloları arasında fark olup olmadığı Student’in Eşlendirilmiş *t*-testi ile kontrol edilmiştir. Bu test sonucunda aralarında fark olmayan tablolar için yeni tek girişli ağaç hacim tablosu düzenlenmiştir. Böylece her örnek alanda

hangi hacim denkleminin kullanılacağı belirlenmiş olmakta, örnek alandaki her ağacın hacmi de hesaplanabilmektedir. Örnek ağaçların hacimleri toplanıp hektara çevrilerek meşcere hacmi elde edilmektedir.

3.2. Meşcere sıklığı

3 x 1,5 m'lik dikim aralık mesafesine sahip karaçam ağaçlandırmalarında çalışılmasına karşın, başlangıçta 2.222 adet olan ağaç sayısının gerek tutma başarısının % 100 olmaması ve gerekse zamanla yapılan bakım kesimleri ile doğal kuruma sonucunda ağaçların meşcereden uzaklaşmaları, meşceredeki ağaç sayısının oldukça farklılık göstermesine neden olmuştur. Bu durum meşcere sıklığının bir değişken olarak alınmasına ve sıklığa bağlı meşcere büyüme modeli geliştirilmesini zorunlu kılmıştır.

Meşcere sıklığının hesaplanmasında çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte çalışmamızda Curtis ve ark. (1981) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemle göre Oransal Meşcere Sıklığı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$OMS = \frac{G}{\sqrt{\bar{d}_q}}$$

Burada;

OMS: Oransal Meşcere Sıklığı,

G: Meşcere göğüs yüzeyini (m²),

\bar{d}_q : Meşcere göğüs yüzeyi orta ağacının çapını (cm) göstermektedir.

3.3. Yetiştirme ortamı verim gücü

Bu çalışmadaki meşcerelerin eşityaşlı olması, ayrıca meşcere yaşı ve üst boyunun ölçülmesi nedeniyle Karaçam ağaçlandırmalarının verim gücünün belirlenmesinde Meşcere Yaşı-Meşcere Üst Boyu ilişkisine dayanan "Anamorfik Yöntem" kullanılmıştır (Mısır, 2003).

Anamorfik yöntemde çeşitli yaş ve bonitetteki meşcerelerde yaş ve üst boy ölçmeleri yapılmakta, üst boy değerleri yaşa göre koordinat eksenlerine taşınarak bir noktalar dağılımı elde edilmektedir. Bu noktalar arasından noktaları ortalayacak şekilde bir eğri geçirilmekte ve bu eğriye "kılavuz eğri" denilmektedir. Bu kılavuz eğri ortalama verim gücü sınıfını temsil etmekte ve diğer eğriler bu kılavuz eğri yardımıyla elde edilmektedir.

Anamorfik yöntemin varsayımına göre, standart yaş olarak kabul edilen bir yaşta kılavuz eğrinin gösterdiği boy değeri ile diğer bir eğriden alınacak boy değeri arasındaki oran diğer yaşlarda da aynıdır (Akalp, 1978; Günel, 1982).

Örnek alanların dağılım aralığının en geniş olduğu yaş, standart yaş olarak alınmalıdır. Çünkü böyle bir yaşta meşcerelerin yetiştirme ortamı verim güçleri arasındaki farklılık daha belirgindir. Bu çalışmada kapsamında alınan örnek alan verileriyle hesaplanan meşcere yaşı ve üst boy değerleri bir grafiğe aktarıldığında, 30-40 yaşları arasındaki üst boy değerlerinin en geniş dağılım

aralığına sahip olduğu belirlenmiştir. Olası yanılmaları önlemek ve aralarında karşılaştırmalar yapabilmek amacıyla, sözü edilen dağılım aralığı içinden 30, 35 ve 40 olmak üzere üç farklı standart yaş seçilmiştir.

Meşcere yaşı (t) ile meşcere üst boyu arasındaki ilişki için aşağıdaki regresyon denklemleri ayrı ayrı denenerak her üst boy çeşidi için farklı bir kılavuz eğri geçirilmiştir. Daha açık ifade edecek olursak; meşcere yaşı ile

birinci yöntemle göre bulunan meşcere üst boyu ($h_{üst(a)}$: Hektarda 100 ağaç hesabı ile örnek alana düşen sayıda en boylu ağaçların ortalaması) arasındaki ilişki için aşağıdaki modeller denenmiştir. Denenen bu modellerden belirtme katsayısı (R^2) en yüksek, standart hatası ($S_{y,x}$) en düşük olan denklem kılavuz eğri denklemi olarak seçilmiştir. Aynı işlem ikinci yöntemle bulunan meşcere

üst boyu ($h_{üst(b)}$: Hektarda 100 ağaç hesabı ile örnek alana düşen sayıda en kalın çaplı ağaçların orta çapına karşılık meşcere boy eğrisinden elde edilen boy değeri) için de yapılarak ikinci kılavuz eğri denklemi elde edilmiştir. Böylece iki farklı kılavuz eğri denklemi elde edilmiş olmaktadır.

$$h_{üst} = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \quad (1)$$

$$h_{üst} = \beta_0 t^{\beta_1} \quad (2)$$

$$h_{üst} = \frac{t^2}{\beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2} + 1.3 \quad (3)$$

$$h_{üst} = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)^{-1} \quad (4)$$

İki farklı kılavuz eğriye ve üç farklı standart yaşa (30, 35 ve 40) göre toplam altı farklı bonitet endeks modeli geliştirilmiştir. Bonitet endeks modelleri ile meşcere yaşı ve meşcere üst boy değerleri kullanılarak örnek alanların alındığı her bir meşcerenin altı farklı bonitet endeks değeri hesaplanmıştır. Bu altı farklı bonitet endeksinden en iyi olanına büyüme modeli geliştirilmesi aşamasında yapılacak istatistiksel analizlerden sonra karar verilmiştir. Bonitet sınıflaması da sonuçta karar verilecek bonitet endeksine göre yapılmıştır.

Bu bonitet endeks değerlerinden hangisi en uygun sonucu vermektedir? Diğer bir anlatımla, Karaçam ağaçlandırmaları için meşcere üst boyu hangi yöntemle hesaplanmalı ve standart yaş kaç yıl alınmalıdır? Sorularının cevabı kalan meşcereye ilişkin orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerlerinin tahmin edilmesi aşamasında belirlenmiştir.

3.4. Büyüme modelleri

Sıklığa bağlı hasılat tablolarında kalan meşcereye ilişkin hektardaki ağaç

sayısı (N), göğüs yüzeyi (G) ve hacim (V) ile orta çap (\bar{d}_q) ve orta boy (\bar{h}_q) gibi büyüme ögeleri; meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklık derecesinin (SD) bir fonksiyonu olarak verilmektedir. Bu fonksiyonların belirlenmesi için değişik istatistik modellerden yararlanılmaktadır. Literatürde ağaç türüne göre değişen pek çok model bulunmaktadır. Bu modelleri denemektense her bir bağımsız değişkenin çeşitli formasyonları türetilerek SPSS v.13 istatistik paket programında Aşamalı Regresyon analizi tekniği kullanılmıştır. Bu teknikle bağımlı değişken ile 0,05 önem düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı olan bağımsız değişkenler belirlenerek her bir büyüme bileşeni için büyüme modelleri geliştirilmiştir. Elde edilen büyüme modellerinin formları aşağıda verilmiştir.

$$\bar{d}_q = \beta_0 + \beta_1 (t/SD) + \beta_2 BE + \beta_3 \ln(t) \quad (5)$$

$$\ln(\bar{h}_q) = \beta_0 + \beta_1 (1/t) + \beta_2 \ln(BE) + \beta_3 (t/SD) + \beta_4 (SD/t) + \beta_5 \ln(SD)BE + \beta_6 t \quad (6)$$

$$\ln(N) = \beta_0 + \beta_1 (tBE) + \beta_2 (1/SD) + \beta_3 SD \quad (7)$$

$$\ln(G) = \beta_0 + \beta_1 \ln(SD) + \beta_2 \ln(BE) + \beta_3 (1/t^2) + \beta_4 \ln(t) \ln(BE) \ln(SD) + \beta_5 SD^2 \quad (8)$$

$$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(SD) + \beta_2 \ln(BE) + \beta_3 \ln(t) \quad (9)$$

burada \bar{d}_q meşcere orta çapı (cm); \bar{h}_q meşcere orta boyu (m); N hektardaki ağaç sayısı; G meşcere göğüs yüzeyi (m^2 per ha); V meşcere hacmi (m^3 per ha); t meşcere yaşı, SD meşcere sıklığı ve BE bonitet endeksini göstermektedir.

3.5. Ayrılan meşcere hacmi

Karaçam ağaçlandırmalarının ayrılan meşcere hacminin hesaplanması amacıyla, çalışmanın örnek alan alımı aşamasında, örnek alandan hem doğal yolla hem de bakım kesimleri ile meşcereden uzaklaştırılan ağaçlar belirlenmiştir (kuruyan ağaçların göğüs çapları, bakım kesimleriyle çıkarılan ağaçların ise dip çapları ölçülmüştür. Dip çapları ölçülen ağaçların göğüs çapları, her örnek alan için geliştirilen dip çap-göğüs çapı ilişkisi yardımıyla bulunmuştur). Her örnek alanda, doğal kuruma sonucu meşcereden ayrılan ağaçlarla, bakım kesimleri sonucunda meşcereden uzaklaştırılan ağaçların hacimleri tek girişli ağaç hacim denklemleri yardımıyla hesaplanıp toplandıktan sonra hektara çevrilerek her örnek alan için ayrılan meşcere hacmi elde edilmektedir. Ayrılan meşcere hacmi, meşcere yaşı (t), bonitet endeksi (BE) ve sıklık derecesi (SD) ile bunlardan türetilmiş t^2 , $\ln(t)$, t^1 , be^2 , $\ln(BE)$, be^{-1} , SD^2 , $\ln(SD)$, SD^{-1} , BE/t , BE/SD , t/SD , $be(t)$, $be(SD)$, $t(Sd)$, $t(SD)BE$, $\ln(t)\ln(SD)\ln(BE)$ gibi bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Bu işlem, SPSS v.13 istatistik paket programı yardımıyla "Aşamalı Regresyon" tekniği kullanılarak aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\ln(V_{AYRILAN}) = \beta_0 + \beta_1 (1/t^2) + \beta_2 (BE)^2 + \beta_3 SD^2 \quad (10)$$

Hasılat tablolarında kalan meşcereye ilişkin hacim ve hacim ögeleri ile ayrılan

meşcere hacmine ek olarak yıllık cari hacim artımı ve yüzdesi, genel hacim verimi ve genel hacim verimi içindeki ara hasılat yüzdesi, kalan ve genel meşcerenin ortalama artım miktarları da verilmektedir. Yıllık cari hacim artımı; periyot sonu ve periyot başındaki kalan meşcere hacim farkına, ilgili periyot için ayrılan meşcere hacmi eklenip, bulunan hacim değerinin periyot uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmıştır. Yıllık cari hacim artım yüzdesi; yıllık cari hacim artımının periyot ortasındaki meşcere hacmine yüzde olarak oranlanmasıyla, genel hacim verimi; bir yaş periyodu için kalan meşcere hacmine, o yaşa kadar ayrılan meşcere hacim toplamı eklenerek, ara hasılat yüzdesi o yaş periyoduna kadar ayrılan meşcere hacimleri toplamının genel hacim verimine % olarak oranlanmasıyla, kalan meşcerenin ortalama hacim artımı; kalan meşcere hacminin meşcere yaşına bölünmesiyle ve genel ortalama hacim artımı; genel hacim veriminin meşcere yaşına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak yıllık cari ve genel ortalama artımın maksimum olduğu yaşlar bulunmuştur.

4. Bulgular

4.1. Hacim denklemleri

Gülen (1959) tarafından geliştirilen Çift Girişli Karaçam Ağaç Hacim Tablosu verileri kullanılarak, bu verilere en uygun hacim denklemi

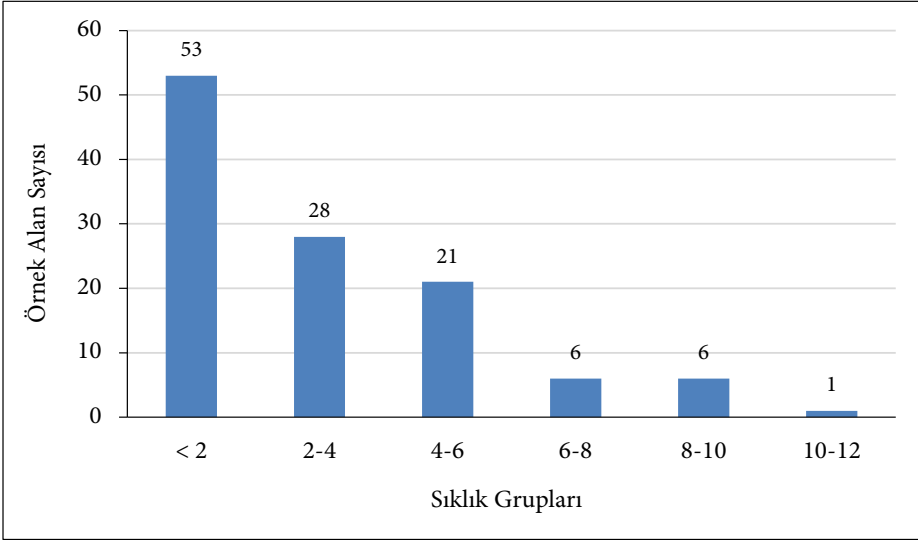
$$\ln(\hat{V}) = -8.674 + 1.613 \ln(d) + 0.0002 d^2 + 0.874 \ln(h) \quad (11)$$

olarak elde edilmiştir. Belirtme katsayısı (R^2) 0,99 ve standart hatası ($S_{y,x}$) 0,059 (logaritmik) olan denklemin logaritmik olması nedeniyle, düzeltme faktörü $f=1,00927$ olarak hesaplanmıştır.

Geliştirilen bu çift girişli hacim denklemi kullanılarak, örnek alanlardaki her bir ağacın hacmi hesaplanmış ve bu hacim değeri o ağacın gerçek hacmi olarak kabul edilmiştir. Aynı zamanda, örnek alanların değişik yetişme ortamlarına sahip olmaları nedeni ile sistematik bir hataya neden olmamak için il bazında yöresel (lokal) tek girişli Karaçam hacim tabloları geliştirilmiştir. Bu amaç için örnek alanlar alındıkları illere göre sınıflandırılarak her il için tek girişli yöresel ağaç hacim tabloları geliştirilmiştir (Mısır, 2003). Geliştirilen tek girişli hacim denklemleri arasında fark olup olmadığı Student'in Eşlendirilmiş t -testi ile kontrol edilmiştir. Bu test sonucunda $\alpha=0,05$ önem düzeyinde sadece Afyon ve Ankara yöreleri için geliştirilen hacim denklemleri ile Çankırı ve Zonguldak yöreleri için geliştirilen tek girişli hacim denklemleri arasında fark olmadığı diğer tüm tek girişli hacim denklemlerinin birbirinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle aralarında istatistiksel anlamda fark olmayan tek girişli hacim denklemleri için kullanılan veriler birleştirilerek her iki il için geçerli olan yeni hacim denklemleri geliştirilmiştir (Mısır, 2003).

4.2. Meşcere sıklığı

Curtis ve ark. (1981), tarafından geliştirilen yöntemle göre hesaplanan meşcere sıklık değerleri 0,05 ile 10,29 arasında değişmekte olup, ortalama sıklık değeri 3,26 ve standart sapması ise 2,58'dir. Elde edilen sıklık değerleri 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 ve 10-12 şeklinde gruplandırılmıştır. Örnek alanların oluşturulan bu sıklık gruplarına göre dağılımları Şekil 5'de, sıklık grupları ve 10'ar yıllık yaş basamaklarına dağılımları ise Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 5. Örnek alanların sıklık basamaklarına dağılımı.

Çizelge 2. Örnek alanların sıklık grubu ve yaş basamaklarına dağılımı.

Yaş Basamakları	Sıklık Basamakları						Toplam
	<2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	
0-10	23						23
11-20	25	6	2				33
21-30	5	10	7				22
31-40		10	8	3	5	1	27
41-50		2	4	3	1		10
Toplam	53	28	21	6	6	1	115

4.3. Yetiştirme ortamı verim gücü

Bonitleme yapabilmek için standart yaşa karar verilmelidir. Üst boyların en geniş yayılış gösterdiği 30, 35 ve 40 yaşlarından biri standart yaş olarak alınacaktır. Bu nedenle her bir örnek alan için iki farklı kılavuz eğri ve üç farklı standart yaşa göre altı farklı bonitet endeksi değeri hesaplanmıştır. Bu bonitet endekslerinden üst boyun ikinci yaklaşımla bulunduğu ($h_{üst(b)}$) ve standart yaşın 40 yıl olduğu bonitet endeksi kalan meşcereye ilişkin tüm öğelerle en iyi ilişki göstermiştir. Meşcere yaşı ile $h_{üst(b)}$ olan meşcere üst boyu arasındaki

ilişki $\hat{h}_{üstb} = -2.3882 + 0.4533t - 0.0019t^2$ biçiminde elde edilmiştir. Bu denklemin belirtme katsayısı (R^2) 0,79, standart hatası ($S_{y,x}$) 2,113 m ve $F_{oranı}$ 182,2 olarak hesaplanmıştır. Regresyon modeli $a=0,001$ önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur ($P<0,001$).

Bonitet endeksi yapay meşcerelerin 40 yaşındaki üst boyu olup I., II. ve III. Bonitetin 40 yaşındaki üst boyu sırasıyla 20,5, 14,5 ve 8,5 m olup bonitet sınıflaması Çizelge 3 ve Şekil 6'da verilmiştir. 5'er yaş ve 2'şer metre aralıklarla Bonitet Endeks Tablosu oluşturularak Çizelge 4'de, 115 adet örnek alanın yaş ve bonitet sınıflarına dağılımı Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 3. Karaçam ağaçlandırmalarının bonitet sınıflaması.

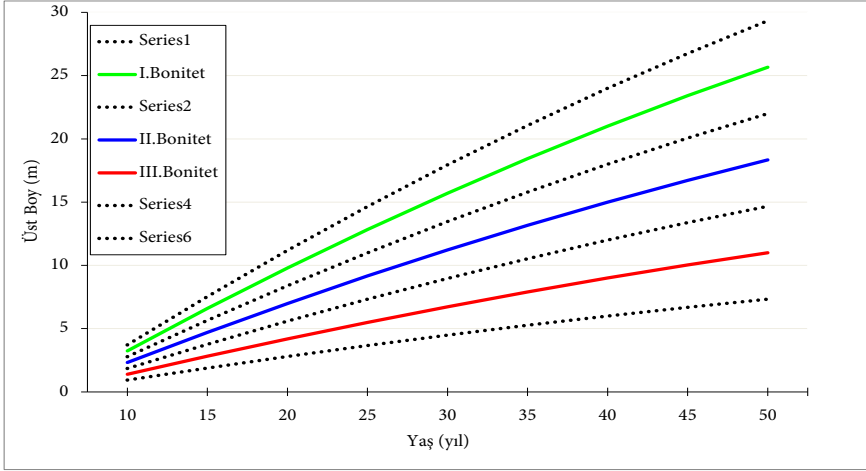
Bonitet Sınıfları	Orta Değer (m)	Alt ve Üst Sınır Değerleri (m)
I	20,5	17,51 - 23,50
II	14,5	11,51 - 17,50
III	8,5	5,50 - 11,50

Çizelge 4. Karaçam ağaçlandırmalarının bonitet endeks tablosu.

Yaş	BONİTET ENDEKSLERİ 40 Yaşındaki Üst boy (m)									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
10	0,93	1,24	1,54	1,85	2,16	2,47	2,78	3,09	3,40	3,71
15	1,88	2,51	3,14	3,77	4,40	5,02	5,65	6,28	6,91	7,54
20	2,80	3,73	4,66	5,59	6,52	7,46	8,39	9,32	10,25	11,19
25	3,66	4,89	6,11	7,33	8,55	9,77	10,99	12,21	13,43	14,66
30	4,49	5,98	7,48	8,97	10,47	11,97	13,46	14,96	16,45	17,95
35	5,27	7,02	8,78	10,53	12,29	14,04	15,80	17,55	19,31	21,06
40	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00
45	6,69	8,92	11,15	13,38	15,61	17,84	20,07	22,30	24,53	26,76
50	7,33	9,78	12,22	14,67	17,11	19,56	22,00	24,45	26,89	29,34

4.4. Büyüme modelleri

Her bir büyüme bileşeninin yaş, bonitet endeksi ve meşcere sıklığına göre geliştirilmiş olan büyüme modellerine ilişkin katsayılar Çizelge 6'da verilmiştir. Tüm katsayılar 0,01 önem düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sıklığa bağlı hasılat tablosu Çizelge 7'de sunulmuştur.



Şekil 6. Karaçam ağaçlandırmalarının bonitet sınıflarına ilişkin bonitet endeks eğrileri.

Çizelge 5. Örnek alanların yaş ve bonitet sınıflarına dağılımı.

Yaş Sınıfları	Bonitet Sınıfları			Toplam Örnek Alan Sayısı
	I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet	
0 - 10	10	9	8	27
11 - 20	1	18	14	33
21 - 30	4	7	9	20
31 - 40	1	11	14	26
41 - 50	1	6	2	9
Toplam	17	51	47	115

Çizelge 6. Büyüme bileşenlerine ilişkin regresyon katsayıları.

Parametre	Büyüme modelleri					
	d_q^- (cm)	h_q^- (m)	N (Ağaç)	Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	Hacim (m ³ /ha)	Ayrılan meşçere hacmi (m ³ /ha)
β_0	-43,877(2,50)*	1,103(0,11)	7,535(0,07)	0,624(0,99)	-2,554(0,11)	-1,249(0,00)
β_1	0,0169(0,01)	-24,649(1,12)	-0,00274(0,00)	0,951(0,51)	1,408 (0,04)	-885,896(1,01)
β_2	0,825(0,08)	0,420(0,040)	0,00854(0,01)	0,118(0,040)	0,671 (0,02)	0,0102 (0,00)
β_3	14,475(0,64)	0,0019(0,00)	0,08807(0,02)	-29,412(0,00)	0,998 (0,00)	0,02174 (0,00)
β_4		-0,787(0,24)		0,0422(0,01)		
β_5		0,015(0,002)		-0,001325(0,00)		
β_6		0,012 (0,002)				
F oranı	251,6	177,9	58,9	5275,4	568,8	101,7
R ²	0,89	0,99	0,64	0,99	0,95	0,96
Standart Hata	2,6947	0,082	0,2584	0,1168	0,5323	2,2232

*Parantez içindeki sayılar katsayılarla ilişkin standart hata değerleridir.

Çizelge 7. Karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin sıklığa bağlı hasılat tablosu.

I. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 3

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere		Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Has, %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
Yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
10	3,2	3,4	9,6	1809	7,7	10	0,00	0,0			10	0,0	1,0	1,0
15	6,4	6,2	14,1	1361	9,6	36	0,49	0,5	5,3	23,1	36	1,4	2,4	2,4
20	9,6	8,6	18,1	1025	10,6	69	2,27	2,8	7,0	13,1	72	3,9	3,4	3,6
25	12,5	10,8	21,6	750	11,2	102	3,38	6,1	7,3	8,2	108	5,7	4,1	4,3
30	15,3	12,8	24,8	514	11,7	132	3,33	9,5	6,7	5,5	142	6,7	4,4	4,7
35	18,0	14,7	27,6	304	12,0	159	2,83	12,3	6,0	3,9	171	7,2	4,5	4,9
40	20,5	16,6	30,3	113	12,3	183	2,27	14,6	5,2	2,9	197	7,4	4,6	4,9
45	22,9	18,5	32,7	62	12,6	204	1,80	16,4	4,5	2,3	220	7,4	4,5	4,9
50	25,1	20,4	35,0	26	12,8	222	1,42	17,8	4,0	1,8	240	7,4	4,4	4,8

II. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 3

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere		Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Has, %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
Yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
10	2,2	1,9	4,6	2086	7,1	6	0,00	0,0			6	0,0	0,6	0,6
15	4,6	3,9	8,9	1657	8,8	24	0,06	0,1	3,5	22,9	24	0,2	1,6	1,6
20	6,8	5,8	12,6	1340	9,7	46	0,27	0,3	4,4	12,7	46	0,7	2,3	2,3
25	8,9	7,4	15,9	1084	10,2	67	0,40	0,7	4,4	7,8	68	1,1	2,7	2,7
30	10,9	9,0	18,9	866	10,6	87	0,39	1,1	4,1	5,2	88	1,3	2,9	2,9
35	12,3	10,5	21,5	675	10,9	105	0,33	1,4	3,6	3,7	107	1,4	3,0	3,0
40	14,5	12,0	23,9	503	11,2	121	0,27	1,7	3,2	2,8	123	1,4	3,0	3,1
45	16,2	13,5	26,2	346	11,4	135	0,21	1,9	2,8	2,2	137	1,4	3,0	3,0
50	17,7	15,0	28,2	202	11,5	147	0,17	2,1	2,5	1,7	149	1,4	2,9	3,0

III. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 3

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	m ³	%	Gövde Hacmi	Ara Has, %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere	
yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
10	1,31	1,0			6,3	3		0,0			3	0,0	0,3	0,3	
15	2,67	2,3	3,6	1877	7,7	13	0,01	0,0	1,8	22,9	13	0,1	0,8	0,8	
20	3,96	3,6	7,1	1578	8,4	24	0,07	0,1	2,3	12,6	24	0,3	1,2	1,2	
25	5,19	4,7	10,2	1341	8,9	36	0,10	0,2	2,3	7,7	36	0,5	1,4	1,4	
30	6,36	5,9	12,9	1142	9,2	46	0,10	0,3	2,1	5,2	46	0,6	1,5	1,5	
35	7,46	7,0	15,3	969	9,4	55	0,08	0,4	1,9	3,7	56	0,6	1,6	1,6	
40	8,50	8,0	17,5	816	9,6	64	0,07	0,4	1,7	2,8	64	0,7	1,6	1,6	
45	9,48	9,1	19,5	679	9,7	71	0,05	0,5	1,5	2,2	72	0,7	1,6	1,6	
50	10,39	10,2	21,3	552	9,8	78	0,04	0,5	1,3	1,7	78	0,7	1,6	1,6	

I. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 6

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	m ³	%	Gövde Hacmi	Ara Has, %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere	
yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
10	3,16	3,3	9,0	2180	17,6	18	0,00	0,0			18	0,0	1,8	1,8	
15	6,43	6,5	13,5	1734	22,8	66	0,88	0,9	9,7	23,1	67	1,3	4,4	4,4	
20	9,55	9,4	17,5	1399	25,7	126	4,09	5,0	12,9	13,1	131	3,8	6,3	6,5	
25	12,52	12,0	21,0	1125	27,8	186	6,07	11,1	13,2	8,2	197	5,6	7,4	7,9	
30	15,34	14,5	24,2	890	29,4	241	5,99	17,0	12,3	5,5	258	6,6	8,0	8,6	
35	18,00	16,8	27,0	681	30,7	291	5,09	22,1	10,9	3,9	313	7,1	8,3	8,9	
40	20,51	19,1	29,7	491	31,9	334	4,09	26,2	9,5	2,9	360	7,3	8,4	9,0	
45	22,86	21,4	32,1	316	32,8	372	3,23	29,5	8,3	2,3	402	7,3	8,3	8,9	
50	25,06	23,7	34,4	153	33,7	406	2,55	32,0	7,3	1,8	438	7,3	8,1	8,8	

II. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 6

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	Artım		Gövde Hacmi	Ara Has, %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere	
yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
10	2,23	1,8	3,9		15,9	12		0,0			12	0,0	1,2	1,2	
15	4,55	3,9	8,2	2027	20,3	43	0,10	0,1	6,3	22,9	44	0,2	2,9	2,9	
20	6,76	5,9	11,9	1711	22,8	83	0,48	0,6	8,1	12,7	84	0,7	4,2	4,2	
25	8,86	7,8	15,2	1456	24,5	123	0,71	1,3	8,1	7,8	124	1,0	4,9	5,0	
30	10,85	9,6	18,2	1239	25,8	160	0,70	2,0	7,4	5,2	162	1,2	5,3	5,4	
35	12,73	11,3	20,8	1049	26,9	192	0,60	2,6	6,6	3,7	195	1,3	5,5	5,6	
40	14,50	13,0	23,2	878	27,8	221	0,48	3,1	5,8	2,8	224	1,4	5,5	5,6	
45	16,17	14,7	25,5	721	28,5	246	0,38	3,5	5,1	2,2	250	1,4	5,5	5,5	
50	17,73	16,4	27,5	577	29,2	268	0,30	3,8	4,5	1,7	272	1,4	5,4	5,4	

III. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 6

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	Artım		Gövde Hacmi	Ara Has, %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere	
yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
10	1,31	0,9			13,6	6		0,0			6	0,0	0,0	0,6	
15	2,67	2,1	2,8	2122	17,1	23	0,03	0,0	3,3	22,9	23	0,1	0,1	1,5	
20	3,96	3,4	6,3	1944	19,0	44	0,12	0,1	4,2	12,6	44	0,3	0,3	2,2	
25	5,19	4,7	9,4	1708	20,2	65	0,17	0,3	4,2	7,7	65	0,5	0,5	2,6	
30	6,36	5,9	12,1	1510	21,1	84	0,17	0,5	3,9	5,2	85	0,6	0,6	2,8	
35	7,46	7,0	14,5	1338	21,9	101	0,15	0,6	3,5	3,7	102	0,6	0,6	2,9	
40	8,50	8,2	16,7	1186	22,5	117	0,12	0,8	3,1	2,8	117	0,6	0,6	2,9	
45	9,48	9,3	18,7	1049	23,0	130	0,09	0,8	2,7	2,2	131	0,6	0,6	2,9	
50	10,39	10,5	20,6	923	23,4	142	0,07	0,9	2,4	1,7	143	0,6	0,6	2,9	

I. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ=9

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	Gövde Hacmi			Ara Has, %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere	
yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
10	3,16	2,9	8,8		27,5	26					26	0,1	2,6	2,6	
15	6,43	6,3	13,3	2078	36,3	97	2,35	2,4	14,6	23,2	99	2,4	6,5	6,6	
20	9,55	9,5	17,3	1744	41,6	186	10,88	13,2	19,9	13,5	199	6,7	9,3	9,9	
25	12,52	12,4	20,8	1470	45,5	274	16,16	29,4	21,0	8,6	304	9,7	11,0	12,2	
30	15,34	15,1	24,0	1235	48,6	356	15,94	45,3	19,5	5,8	401	11,3	11,9	13,4	
35	18,00	17,8	26,8	1026	51,2	429	13,53	58,9	17,2	4,1	487	12,1	12,2	13,9	
40	20,51	20,3	29,5	837	53,4	493	10,87	69,7	15,0	3,0	562	12,4	12,3	14,1	
45	22,86	22,9	31,9	662	55,4	549	8,59	78,3	13,0	2,3	627	12,5	12,2	13,9	
50	25,06	25,5	34,2	499	57,2	599	6,79	85,1	11,3	1,8	684	12,4	12,0	13,7	

II. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 9

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	Gövde Hacmi			Ara Has, %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere	
yıl	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
10	2,23	1,5	3,7		24,5	17		0,0			17	0,0	1,7	1,7	
15	4,55	3,6	7,9	2220	31,9	64	0,28	0,3	9,4	22,9	64	0,4	4,3	4,3	
20	6,76	5,7	11,7	2054	36,3	123	1,28	1,6	12,0	12,7	124	1,3	6,1	6,2	
25	8,86	7,7	15,0	1799	39,4	181	1,90	3,5	12,1	7,9	185	1,9	7,3	7,4	
30	10,85	9,7	17,9	1583	41,8	235	1,87	5,3	11,2	5,3	241	2,2	7,8	8,0	
35	12,73	11,5	20,6	1393	43,8	283	1,59	6,9	9,9	3,8	290	2,4	8,1	8,3	
40	14,50	13,3	23,0	1222	45,5	326	1,28	8,2	8,7	2,8	334	2,5	8,1	8,3	
45	16,17	15,2	25,2	1066	47,1	363	1,01	9,2	7,7	2,2	372	2,5	8,1	8,3	
50	17,73	17,0	27,3	922	48,4	396	0,80	10,0	6,7	1,8	406	2,5	7,9	8,1	

III. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 9

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	Gövde Hacmi			Ara Has, %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere	
	m	m	cm	Adet	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
10	1,31	0,7			20,5	9		0,0			9	0,0	0,9	0,9	
15	2,67	1,9	2,6	2220	26,2	34	0,07	0,1	4,9	22,9	34	0,2	2,3	2,3	
20	3,96	3,2	6,1	2122	29,4	65	0,31	0,4	6,3	12,6	65	0,6	3,2	3,3	
25	5,19	4,5	9,2	2050	31,5	96	0,46	0,8	6,3	7,8	97	0,9	3,8	3,9	
30	6,36	5,7	11,9	1852	33,2	124	0,46	1,3	5,8	5,2	125	1,0	4,1	4,2	
35	7,46	6,9	14,3	1681	34,5	150	0,39	1,7	5,1	3,7	151	1,1	4,3	4,3	
40	8,50	8,1	16,5	1529	35,6	172	0,31	2,0	4,5	2,8	174	1,2	4,3	4,3	
45	9,48	9,3	18,5	1391	36,6	192	0,25	2,3	4,0	2,2	194	1,2	4,3	4,3	
50	10,39	10,5	20,3	1266	37,5	209	0,20	2,4	3,5	1,7	211	1,2	4,2	4,2	

Karaçam ağaçlandırmalarının normal sıklıktaki meşcerelerinin yıllık cari artımı I. bonitet sınıfında 17, II. Bonitet sınıfında 19 ve III. Bonitet sınıfında ise 43 yaşında maksimum olurken, genel ortalama artımı I. bonitet sınıfında 38, II. Bonitet sınıfında 43 ve III. Bonitet sınıfında da 47 yaşında en yüksek olmaktadır. Mevcut planlama seçeneği altında karaçam ağaçlandırmalarının idare süreleri belirlenirken genel ortalama artımın en yüksek olduğu yaşlar kullanılabilir.

5. Tartışma

Kalan meşcere öğeleri; meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklığın fonksiyonu olarak çeşitli regresyon denklemleri ile hesaplanmış ve oldukça yüksek düzeyde ilişkiler belirlenmiştir. Örneğin göğüs yüzeyi, hacim, orta çap ve orta boy için sırasıyla belirtme katsayısı değerleri 0,99, 0,97, 0,89 ve 0,99 olarak hesaplanmıştır.

Ayrılan meşcere hacmi, meşcere bazında geliştirilen ayrılan meşcere hacim modeli ile meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklığın fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Bu modelin belirtme katsayısı 0,96 ve standart hatası 2,22 m³tür.

Sıklığa bağlı hasılat tablosu incelendiğinde; Karaçam ağaçlandırmalarında, aynı bonitet sınıfı ve sıklık derecesi için:

- Kalan meşcerenin yaşa bağlı olarak göğüs yüzeyi, hacmi, orta çapı, orta boyu ve üst boyu artarken ağaç sayısı azalmaktadır.
- Ayrılan meşcere hacmi yaşa bağlı olarak azalmaktadır.

- Yıllık cari artım yüzdesi yaşa bağlı olarak sürekli azalmaktadır.
- Genel verim ve genel verim içindeki ara hasılat yüzdesi yaşla birlikte artmaktadır.

- Kalan ve genel meşçereye ilişkin ortalama artım değerleri belirli bir yaşa kadar artmakta (40-45 yaş) ve bir maksimumdan sonra azalmaktadır.

Aynı bonitet sınıfı ve farklı sıklık derecelerinde;

- Kalan meşçerenin sıklığa bağlı olarak hektardaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacmi artarken orta çap azalmaktadır.

- Ayrılan meşçere hacmi sıklığa bağlı olarak artmaktadır.

- Yıllık cari hacim artımı miktarı sıklığa bağlı olarak artmaktadır.

- Genel verim ve genel verim içindeki ara hasılat oranı sıklığa bağlı olarak artmaktadır.

- Kalan ve genel meşçereye ilişkin ortalama artım değerleri sıklığa bağlı olarak artmaktadır.

Aynı sıklık derecesi ve farklı bonitet sınıflarında, bonitet endeksine bağlı olarak;

- Kalan meşçerenin göğüs yüzeyi, hacmi, orta çapı ve orta boyu artarken, ağaç sayısı azalmaktadır.

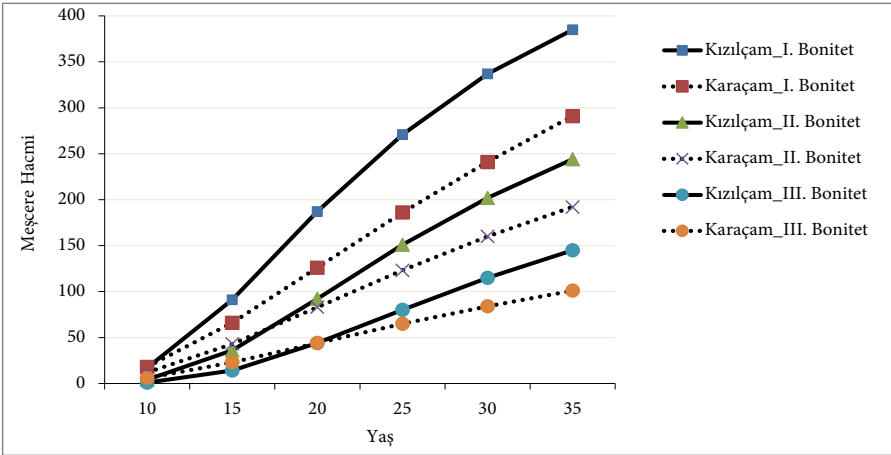
- Ayrılan meşçere hacmi artmaktadır.

- Yıllık cari hacim artım miktarı artarken, yüzdesi azalmaktadır.

- Kalan ve genel meşçereye ilişkin ortalama artım artmaktadır.

Yukarıda ayrıntılarıyla verildiği gibi geliştirilen büyüme modelinin tüm büyüme kanuniyetlerini sağladığı görülmektedir.

Ülkemizde karaçam dışında ağaçlandırma alanları için büyüme ve hasılat araştırmaları yapılan kızılçam (Usta, 1991) ile karaçamın üç bonitet sınıfı ve 6 sıklık derecesindeki meşçereleri kalan meşçere hacmi, yıllık cari artımı ve kalan meşçere ortalama artım değerleri bakımından karşılaştırılmıştır.



Şekil 7. Kızılçam ve karaçam ağaçlandırmalarının kalan meşçere hacminin yaş ve boniteye göre değişimi.

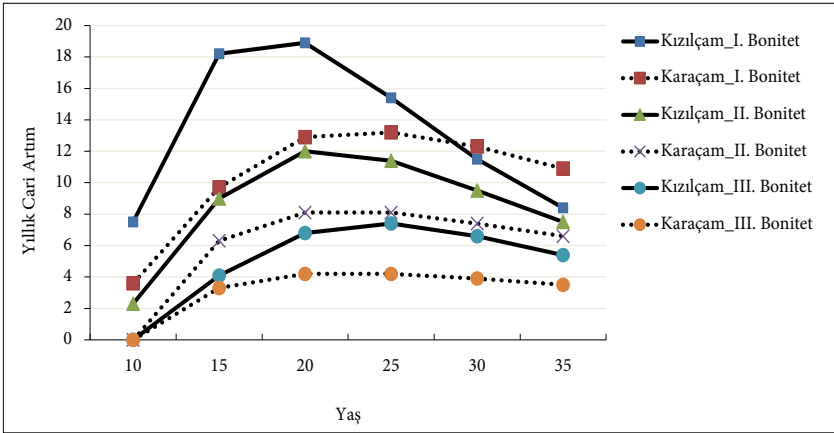
Şekil 7'den de görülebileceği gibi, kalan meşçere hacmi esas alınır, I. Bonitet sınıfında 10 yaş dışında 35 yaşına kadar kızılçam, karaçamdan daha

yüksek değerlere sahip iken, II. Bonitet sınıfında 10 ve 20 yaşlarında karaçam kızılçamın üzerinde seyredip, bu yaşlardan sonra geride kalmaktadır. II. Bonitet sınıfında kızılçam karaçamı 20 yaşında yakalayıp daha sonraki yaşlarda karaçamı geçmektedir.

Çizelge 8. Kızılçam ve karaçam ağaçlandırmalarının yıllık cari artımlarının yaş ve bonitete göre değerleri.

Yaş	I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet	
	Kızılçam	Karaçam	Kızılçam	Karaçam	Kızılçam	Karaçam
10	7,5	3,6	2,3			
15	18,2	9,7	9,0	6,3	4,1	3,3
20	18,9	12,9	12,0	8,1	6,8	4,2
25	15,4	13,2	11,4	8,1	7,4	4,2
30	11,5	12,3	9,5	7,4	6,6	3,9
35	8,4	10,9	7,5	6,6	5,4	3,5

Yıllık cari artım esas alındığında, II. ve III. Bonitet sınıfında kızılçam, karaçamdan daha yüksek artım yaparken (her yaşta), I. Bonitet sınıfında karaçam, 25 yaşından sonra kızılçamı geçmektedir (Şekil 8).



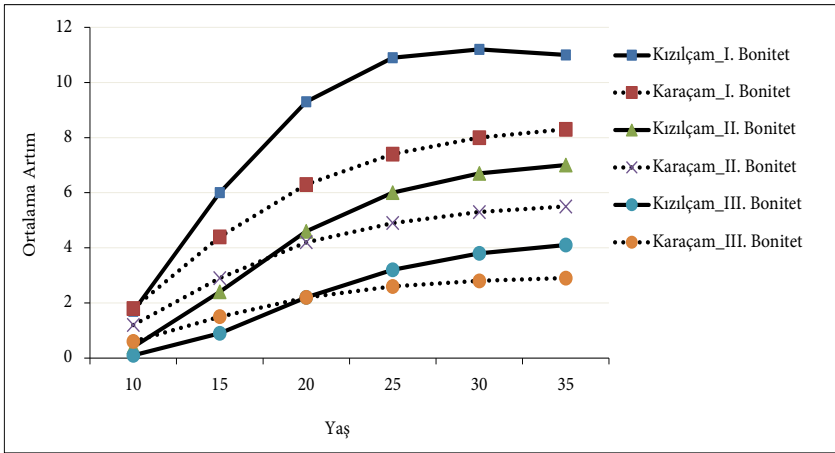
Şekil 8. Karaçam ve kızılçam ağaçlandırmalarına ilişkin yıllık cari artım miktarlarının yaş ve bonitete göre değişimi.

Kalan meşçere ortalama artımı esas alındığında ise; kızılçam I. Bonitet sınıfında 30 yaşında maksimuma ulaşmış, her yaşta karaçamdan daha yüksek artım yaparken (karaçam 35 yaşında maksimuma ulaşıyor), başlangıçta daha yüksek artım yapan karaçamı (II. Bonitet sınıfında 15 yaşına, III. Bonitet sınıfında 20 yaşına kadar), bu yaşlardan sonra geçmektedir (Çizelge 9, Şekil 9).

Çizelge 9. Kızılcşam ve karaçam ağaçlandırmalarının kalan meşcerelerinin ortalama artım değerleri.

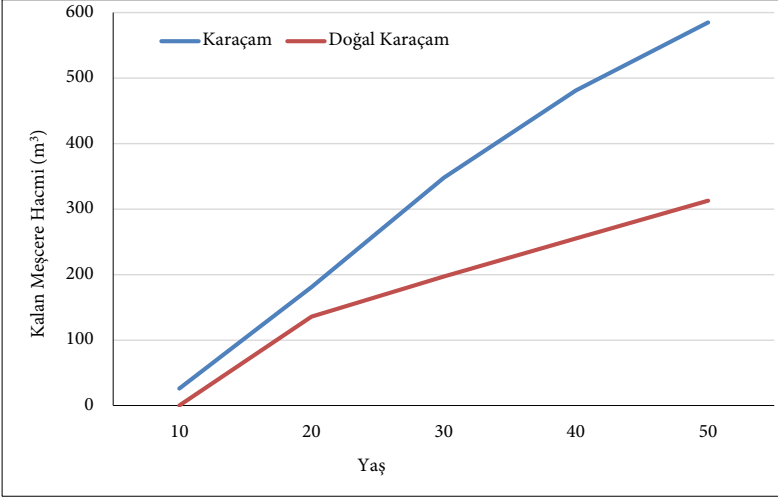
Yaş	I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet	
	Kızılcşam	Karaçam	Kızılcşam	Karaçam	Kızılcşam	Karaçam
10	1,7	1,8	0,4	1,2	0,1	0,6
15	6,0	4,4	2,4	2,9	0,9	1,5
20	9,3	6,3	4,6	4,2	2,2	2,2
25	10,9	7,4	6,0	4,9	3,2	2,6
30	11,2	8,0	6,7	5,3	3,8	2,8
35	11,0	8,3	7,0	5,5	4,1	2,9

Doğal karaçam meşcereleri (Kalıpsız, 1963 ile karaçam ağaçlandırmalarının orta bonitet sınıfı ve 13 sıklık derecesindeki meşcerelerinin karşılaştırılması amacıyla Çizelge 10 ve Şekil 10-12 düzenlenmiştir.

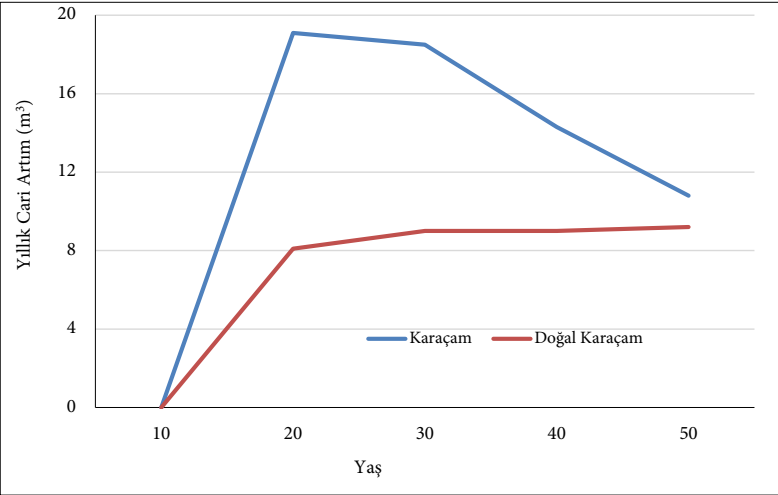
**Şekil 9.** Karaçam ve kızılçam ağaçlandırmalarının kalan meşcere ortalama artımlarının yaş ve bonitete göre değişimi.**Çizelge 10.** Doğal karaçam (Kalıpsız, 1963) ile yapay karaçam meşcerelerinin 13 sıklık ve orta bonitetteki kalan meşcere hacmi, cari artım, kalan ve genel meşcere ortalama artım değerleri.

Yaş	Kalan Meşcere Hacmi		Cari Hacim Artımı		Kalan Meşcere Ortalama Artımı		Genel Ortalama Artım	
	Yapay	Doğal	Yapay	Doğal	Yapay	Doğal	Yapay	Doğal
10	26				2,6		2,6	
20	181	136	19,1	8,1	9,1	7,8	9,6	8,1
30	348	197	18,5	9,0	11,6	7,8	12,8	8,3
40	481	255	14,3	9,0	12,0	7,7	13,4	8,5
50	585	313	10,8	9,2	11,7	7,7	13,1	8,6

Çizelge 10 incelendiğinde, 13 sıklık derecesinde orta bonitet sınıfındaki karaçam ağaçlandırmaları, doğal karaçam meşcerelerinden daha yüksek hacme sahip olup, daha yüksek cari artım yapıp hem kalan meşcere hem genel meşcere ortalama artımı doğal Karaçam meşcerelerinden fazla olmaktadır (Şekil 10-12).



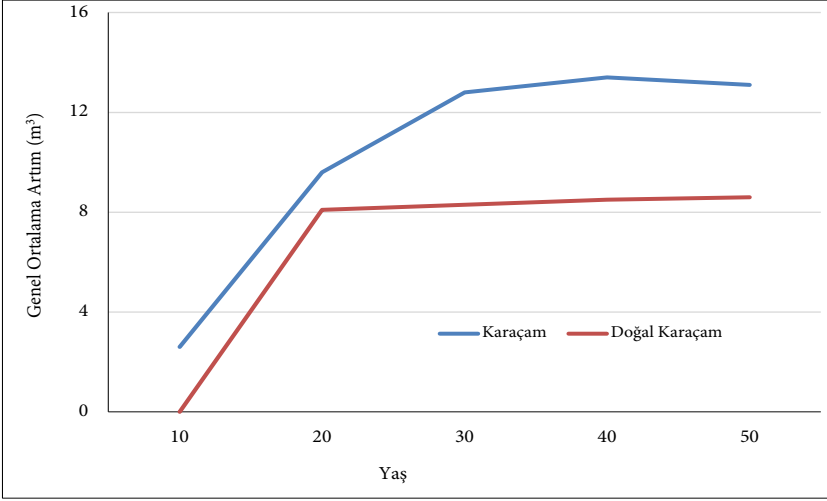
Şekil 10. Doğal ve yapay karaçam meşcerelerinin kalan meşcere hacmi değişimi.



Şekil 11. Doğal ve yapay karaçam meşcerelerinin yıllık cari artım değişimi.

Normal sıklıktaki karaçam ağaçlandırmalarının biyolojik idare süreleri olarak belirlenen yaşlarda I. bonitette 13,9, II. bonitette 8,5 ve III. bonitte 4,6 m³/ha'lık genel ortalama artımı önemli bir büyüme potansiyeli olduğunu göstermektedir. Sıklığa bağlı hasılat tablosunda biyolojik idare sürelerindeki orta çap ve orta boylar tüm bonitet sınıflarında karaçam ağaçlandırmalarından elektrik direği

elde edilebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte uygun silvikültürel müdahalelerin benimsenmesiyle bu idare sürelerinin uzatılmasının ekonomik olarak iyi bir uygulama olmamasına karşın, idare sürelerinin uzatılmasıyla daha iyi kalite ve boyutta ürünlerin elde edilmesi mümkün olabilir.



Şekil 12. Doğal ve yapay karaçam meşcerelerinin genel meşcere ortalama artımlarının değişimi.

Geliştirilen bu tablolar karaçam ağaçlandırmalarının planlanmasında kılavuz olarak kolayca ve güvenilir bir şekilde kullanılabilir ve gelecekteki çalışmalar için faydalı bir temel oluşturabilir.

Bonitet eğrilerinde gözlenen belirgin farklılıklar, bonitet endeksi eğrilerinin geliştirilmesinde kullanılan yöntemden kaynaklı metodolojik farklılıklardan ya da büyüme modellerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Bu çalışmada elde edilen tüm eğriler her yaş sınıfında aynı yaş sınıfı içerisinde her yetiştirme ortamı verim gücünde ve sıklıkta örnek alan olması nedeniyle kalıcı ve güvenilirdir. Bunu başarmak için yapılan tüm çabalar sayesinde her yaş sınıfında yeterli sayıda plantasyonun bulunması garanti altına alınmış olabilir. Ayrıca bu eğriler kullanılarak yapılan bonitet sınıflaması da amenajman amaçları için güvenli bir şekilde kullanılabilir.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada yapılan bonitet sınıflaması karaçam ağaçlandırmalarının planlanmasında güvenilir bir şekilde kullanılabilir. Standart yaş 40 yıl olarak belirlenmiş ve hektarda yüz ağaç hesabı ile örnek alana düşen sayıda en kalın ağaçların göğüs yüzeyi orta ağacına meşcere boy eğrisinden karşılık gelen boy

değeri üst boy olarak kullanılarak birinci bonitetin orta sınırı 20,5 m, II. Bonitet sınıfının 14,5 m ve III. Bonitet sınıfının da 8,5 m olarak belirlenmiştir.

Karaçam ağaçlandırmalarına uygulanan silvikültürel müdahalelerin bir sonucu olarak değişen meşcere koşulları hasılat tablosuna sıklık değişkenin eklenmesiyle güvenilir bir şekilde belirlenebilir. Bu, sıklığa bağlı hasılat tablosunun önemli bir olumlu yanıdır.

Normal sıklıktaki karaçam ağaçlandırmalarının idare süreleri bonitet sınıfları itibariyle I. Bonitet sınıfında 38 yıl, II. bonitet sınıfında 43 yıl ve III. Bonitet sınıfında da 47 yıl olarak belirlenmiştir. Bu yaşlardaki genel ortalama artım değerleri karaçam ağaçlandırmalarının önemli bir büyüme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. *Türkiye'deki Doğu Ladini (Picea orientalis Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2483/261, 145 sayfa, İstanbul.
- Akalp, T., 1983. *Değişik Yaşlı Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın Nu: 3051/327, 169 sayfa, İstanbul.
- Alemdağ, İ. Ş., 1962. *Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılatı ve Amenajman Esasları*. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Nu: 11, 160 sayfa, Ankara.
- Alemdağ, İ. Ş., 1967. *Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar*. Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten, Nu: 20, 160 sayfa, Ankara.
- Batu, F., Kapucu, F., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi Kızılağaç Meşcerelerinde Bonitet Endeksi ve Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi. *I. Ulusal Karadeniz Ormançılık Kongresi Bildirileri*, 4. Cilt, Sayfa: 349-362.
- Birler, A. S., Koçar, S., Avcıoğlu, E., Diner, A., Gürses, K., Gülbaba, A. G., 1995. *Ökalyptus Ağaçlandırmalarında Hacim ve Kuru Madde Hasılatı*. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını, Teknik Bülten Nu: 171, 118 sayfa, İzmit.
- Birler, A. S., 1984. *I.214 Melez Kavağı Plantasyonlarında Hasılat Araştırmaları*. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını, 151 sayfa.
- Birler, A. S., Yüksel, Y., 1983. *Sahil Çamı Ağaçlandırma Meşcerelerinde Hasılat Araştırması*. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını.
- Carus, S., 1998. Aynıyaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Artım ve Büyüme. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ömer Saraçoğlu, 359 sayfa, İstanbul.
- Clutter, J. R., Fortson, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G., Bailey, R. L., 1983. *Timber Management: A Quantative Approach*. Wiley, New York.
- Curtis, R. O., Clendenan, G. W., Demars, D. J., 1981. *A New Stand Simulator For Coast Douglas-Fir: DFSIM Users Guide: U.S. Forest Service General Technical Report PNW-128*.

- Erkan, N., 1996. Kızılçamda (*Pinus brutia* Ten.) Meşçere Gelişmesinin Simülasyonu. Güneydoğu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten No:1, 148 sayfa, Elazığ.
- Evcimen, B. S., 1963. *Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılatı ve Amenajman Esasları*. O.G.M. Yayınlarından Sıra Nu: 355, Seri Nu:16, 199 sayfa, Ankara.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*P. nigra* Arnold) Hacım Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A (1): 97-112.
- Günel, A., 1982. Orman Hasılat Bilgisi Ders Notları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi (Basılmamıştır), 89 sayfa.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye'deki Karaçam Meşçerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. OGM Yayın No: 339/7, 141 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984. *Dendrometri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1800/193, Kurtuluş Matbaası, 359 sayfa, İstanbul.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A. U., 1999. *Dişbudak Meşçerelerinde Hacım, Bonitet Endeksi ve Normal Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi Sonuç Raporu*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fon Başkanlığı, 30 sayfa.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A. U., Mısır, N., 2002. Kestane Meşçerelerinin Hasılat ve Amenajman Esasları. TÜBİTAK TOGTAG-2229 Nolu Proje, Kesin Rapor, 118 sayfa.
- Köse, S., Yavuz, H., Mısır, M., Mısır, N., 2001. KTÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı Ladin Meşçerelerinin Hasılat Esasları Sonuç Raporu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fon Başkanlığı, 74 sayfa.
- Laar, A., Akça, A., 1997. *Forest Mensuration*. Cuvillier Verlag, 385 pp., Göttingen.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K. E., 1973. *Forest Inventory*, Volume II, BLV Verlagsgesellschaft München Bern Wien, 469 pp., München.
- Mısır, N., 2001. Ormancılıkta Büyüme ve Hasılat Modelleri. Sayfa: 75-95, *I. Ulusal Ormancılık Kongresi, 19-20 Mart 2001*, Ankara.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Plantasyonlarına İlişkin Büyüme Modelleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hakkı Yavuz, 209 sayfa, Trabzon.
- Özcan, B. G., 2002. Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarında Artımın Tayini. İstanbul Üniversite Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Tahsin Akalp, 141 Sayfa, İstanbul.
- Philip, M. S., 1994. *Measuring Trees and Forests*. Second Edition, CAB International, 310 pages, U.K.
- Usta, H. Z., 1991. *Kızılçam Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın Serisi Nu: 219, 138 sayfa.
- Yavuz, H., 1992. Değişikyaşlı Meşçerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile Analiz Edilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Alptekin Günel, 223 sayfa, Trabzon.
- Yeşil, A., 1992. *Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızılçam Meşçerelerinin Yaşa Göre Gelişimi*. İstanbul Üniversite Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman: Ünal Asan, 179 sayfa, İstanbul.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

22

Serdar CARUS¹
Orhan SEVGİ²
H. Barış TECİMEN³
O. Yalçın YILMAZ⁴

DOĞAL, AYNI YAŞLI VE SAF KARAÇAM (*Pinus nigra* Arnold) ORMANLARINDA BÜYÜME ÖZELLİKLERİ: ALAÇAM DAĞLARI ÖRNEĞİ

1. Giriş

Ülkemizde, karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'dan sonra en geniş doğal yayılış alanına sahip bir çam türüdür (Kayacık, 1980). Ayrıca, ekonomik değeri bakımından da oldukça önemli bir tür olan karaçamın Alaçam Dağları yöresinde verimli meşcereleri bulunmaktadır (Kalıpsız, 1963).

Ülkemizde karaçam meşcerelerinde artım ve büyüme üzerinde çok az sayıda araştırma bulunmaktadır (Gülen, 1959; Kalıpsız, 1963; Özarıcı, 1989; Aydemir, 1997; Mısır, 2003). Türkiyede aynı yaşlı, saf ve müdahale görmemiş doğal karaçam meşcerelerinde artım ve büyüme ilişkilerinin ortaya konması amacıyla normal hasılat tablosu (Kalıpsız, 1963) ve yapay karaçam meşcereleri için de bir sıklığa bağlı hasılat tablosu (Mısır, 2003) hazırlanmıştır. Bu tabloların her ikisi de müdahale görmemiş karaçam meşcereleri için düzenlenmiştir. Bu iki hasılat tablosu bölgesel tablo (ülke geneli) niteliği taşımaktadır. Fakat günümüz karaçam ormanları doğal ve yapay yoldan gelmiş ve değişik müdahaleler ile farklı sıklık derecelerinde meşcere kuruluşlarına ulaşmıştır. Ayrıca, düşük sıklıktaki meşcerelerin artım ve büyümesi normal kuruluştaki meşcerelerden farklı olabilmektedir (Kalıpsız, 1963; Saraçoğlu, 1988; Yeşil, 1992; Çatalkaya, 2001; Ercanlı ve Yavuz, 2006; Carus ve Çatal, 2007; Yılmaz ve ark., 2013). Yöreye özgü bir çalışmanın yapılması, hasılat tablosunun meşcereye uygulanması halinde yapılacak üretim tahminindeki örnekleme hatasını azaltacaktır. Bu bağlamda, mevcut normal hasılat tablosu (Kalıpsız, 1963) orman amenajman

¹⁾ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Isparta, Elmek: serdar.carus@gmail.com

²⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: osevgi@iuc.edu.tr

³⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: hbarist@gmail.com

⁴⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: yilmazy@istanbul.edu.tr

planlarında üretimin planlanması ve faydalanmanın düzenlenmesi aşamalarında, değişik sıklık ve bonitelerdeki meşcerelerde optimal kuruluşa ait hacim ve hacim elemanlarının bulunmasında yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, Alaçam Dağları yöresindeki Orman İşletme Müdürlükleri sınırları içinde yer alan karaçam meşcerelerinin hacim, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, orta çap ve orta boy gibi meşcere hacim elemanlarının büyüme özelliklerinin, meşcere yaşı, bonitet sınıfı ve sıklık derecesine göre değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle, karaçamın sıklık-artım ve verim ilişkileri incelenerek, en uygun meşcere kuruluşları belirlenecek ve meşcerede üretim ve faydalanmanın düzenlenmesi gerçeğe daha yakın olarak yapılabilecektir. Çalışmamızdan elde edilecek araştırma sonuçları doğal (Kalıpsız, 1963) ve yapay (Mısır, 2003) karaçam meşcerelerinin verdiği değerler ile karşılaştırılarak gerekli düzeltmeler yapılabilecektir. Bu özelliğin bilinmesi, ormancılığımızın devamlılık, verimlilik ve iktisadilik ilkelerinin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacaktır.

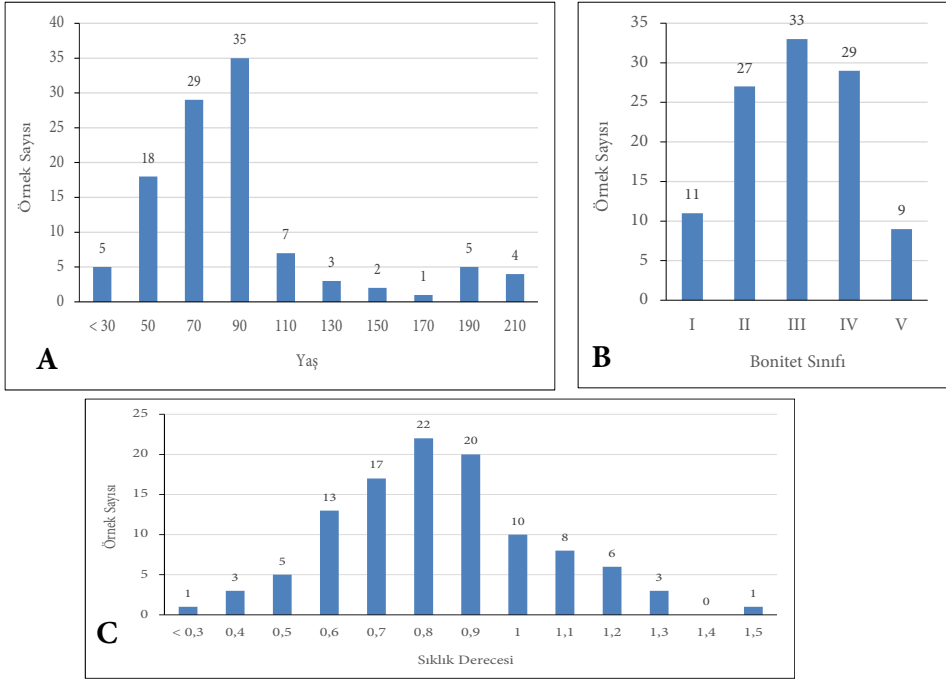
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Balıkesir ve Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde, meşcere yaşı, bonitet sınıfı ve sıklık derecelerine göre değişik gelişim çağı, bakı, yükselti, eğim ve arazi yüzü şekline sahip karaçam meşcereleri belirlenmiştir. Örnek alanlar, Dursunbey, Alaçam, Bigadiç, Sındırgı ve Simav Orman İşletme Müdürlüklerinden seçilmiş olup 109 adettir. Örnek alanlar 0,0375-0,2500 ha büyüklükleri arasında olup genellikle kare ve bazen de dikdörtgen biçimindedir. Örnek alanlarda, göğüs çapı 4 cm'den daha kalın çaplı tüm ağaçlarda çap, boy ve 10-15 ağaçta da yaş belirlenmiştir. Örnek alanların alındığı meşcerelere ait bazı istatistikler Çizelge 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek alanlara ilişkin bazı istatistikler (n=109).

Değişkenler	En Küçük	En Büyük	Aritmetik ortalama	Standart sapma	Değişkenlik katsayısı (%)
Yaş (yıl)	24	212	87,70	40,63	46,33
Orta boy (m)	4,95	30,80	17,85	6,22	34,85
Üst boy (m)	6,25	31,31	19,45	6,03	31,00
Orta çap (m)	7,74	58,83	27,96	10,92	39,06
Ağaç sayısı (ad/ha)	88	7.700	1.211,92	1.313,21	108,36
Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	12,91	78,52	45,30	13,00	28,70
Hacim (m ³ /ha)	49,61	1.449,53	440,03	221,17	50,26
Bonitet endeksi (m)	8,06	34,27	22,07	5,20	23,56
Sıklık Derecesi	0,26	1,44	0,79	0,22	27,85



Şekil 1. Örnek alanların yaş (A), bonitet sınıflarına (B) ve meşcere sıklık derecelerine (C) göre dağılımları.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, hektardaki ağaç sayısı, formül 1 ile hesaplanmıştır.

$$N = \frac{10000}{\text{Ö.A.B.}} n \quad (1)$$

N= Hektardaki ağaç sayısı (ad/ha), Ö.A.B.= Örnek alan büyüklüğü (m²), n= Örnek alandaki ağaç sayısı (adet).

Hektardaki göğüs yüzeyi, formül 2 ile hesaplanmıştır.

$$G = \frac{10000}{\text{Ö.A.B.}} \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (2)$$

G= Hektardaki göğüs yüzeyi (m²/ha), n= Örnek alandaki ağaç sayısı (adet), di= i'nci ağacın göğüs çapı(m), Ö.A.B.= Örnek alan büyüklüğü.

Meşcere orta çapı olarak göğüs yüzeyi orta ağacının çapı esas alınmıştır. Örnek alanlarda tek ağaçların göğüs yüzeyi belirlendikten sonra, örnek alandaki toplam göğüs yüzeyi, örnek alana ait hektara çevirme katsayısı (HÇK= 10000/Ö.A.B.) ile çarpılarak hektardaki göğüs yüzeyi bulunmuştur. Orta çap formül 3 ile hesaplanmıştır.

$$g = \sqrt{\frac{4(G/N)}{\pi}} \quad (3)$$

dg = Meşcere göğüs yüzeyi orta çapı (cm), G= Hektardaki göğüs yüzeyi (m²/ha), N= Hektardaki ağaç sayısı (ad/ha), Π = katsayı (3.14159).

Meşcere orta boyu, örnek alana ait meşcere boy eğrisinde göğüs yüzeyi orta ağacının çapına karşılık gelen boy değeri olarak alınmıştır. Ayrıca, örnek alanlarda boy değerleri ölçülmeyen ağaçların boyları örnek alana ait meşcere boy eğrisinden yararlanılarak elde edilmiştir.

Meşcere üst boyu ($h_{üst}$), hektarda 100 ağaç hesabı ile örnek alana düşen sayıda en kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyi orta ağacının çapına karşılık meşcere boy eğrisinden elde edilen boy değeri kullanılmıştır (Kalıpsız, 1982).

Meşcere hacmi hesaplanması için, örnek alandaki ağaçların göğüs çapı ve boy değeriyle bilgisayar ortamında her bir ağacın hacmi elde edilmiş ve bunların toplamı olarak da örnek alanın hacmi bulunmuştur. Daha sonra da bu hacim değeri örnek alanın hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak meşcere hacmi (m³/ha) elde edilmiştir.

Ayrılan meşcere hacim elemanlarının belirlenmesi için, meşcerelerin genel hacim verimini belirleyebilmek için kalan (asli) meşcereye ek olarak ayrılan (ara) meşcerenin hacim ve hacim ögelerinin de bilinmesi gerekir. Çünkü, meşcerenin genel verimi, bu meşcerenin belirli bir yaştaki hacmi ile o yaşa kadar ayrılan meşcere hacimleri toplamıdır. Meşcerede mağlup ağaçlar zamanla ayrılmakta, galip ağaçlardan bazıları daha sonraki yıllarda komşu ağaçların siper etkisinde kalarak mağlup ağaçlar sınıfına kaymaktadır. Aynı yaşlı meşcerelerde mağlup ağaçların meşcere ağaç sayısına oranı bütün bonitet sınıflarında başlangıçta büyük değerlerle başlamakta, yaşın ilerlemesiyle önceleri hızlı bir şekilde azalmakta ileri yaşlarda ise hızı düşmektedir.

Ayrılan meşcereye ilişkin ağaç sayısı, orta çap ve hacim gibi ögeler devamlı örnek alanlarda yapılan periyodik ölçüm ve gözlemlerle doğrudan saptanabilmesine karşın, devamlı örnek alanların bulunmaması durumunda geçici örnek alanlar yardımıyla ayrılan meşcereye ilişkin büyüme ögeleri ancak tahmin edilebilmektedir.

Çalışmamızda, her bir örnek alanda, dikili kuru, hastalıklı, mağlup veya kurumakta olan ağaçların belirli bir zamandan sonra alandan ayrılarak, ayrılan meşcereye dahil olacaklarından, bu ağaçların belirlenmesi yardımıyla ayrılan meşcere hacmi hesaplanmıştır. Ayrılan meşcere hacmi, ayrılan meşcere için tespit edilen ağaçların göğüs çapları ve boyları hacim denkleminde yerine konarak hacmi hesaplanacak ve bunların toplamı olarak elde edilecek hacim de örnek alana ait hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak meşcere ayrılan meşcere hacmi (m³/ha) belirlenmiştir.

Örnek alanlarımızın alındığı yörelerde kesim görmemiş meşcereler hemen hemen kalmamıştır. Bu nedenle, örnek alanların bulunmasında güçlüklerle karşılaşmış ve bazıları kesilmiş özellikle bazı ince çaplı ağaçların bulunmasına göz yumulmuştur. Ancak, bu durumun etkisini gidermek için, kütüklerin ölçülen kütük çaplarından (0,30 m) göğüs çapları / (1,30 m), regresyon denklemleri yardımıyla kestirilerek, örnek alan kayıtlarına alınmıştır. Buradan

hareketle de meşcere boy eğrisinden bu bireylerin boyu kestirilmiş ve bazı bireyler ayrılan meşcere bireyi olarak belirlenmiştir. Regresyon denklemlerinin katsayılarını bulmak amacıyla da, değişik çap basamaklarındaki ağaçlardan 15-70 kadarında kütük ve göğüs çapı ölçülmüştür. Bu denklemler örnek alanlar için ayrı ayrı bulunmuştur.

Bu çalışmada, öncelikle bağımsız değişken olan meşcere yaşı, bonitet sınıfı ve sıklık derecesi (SD) saptanmıştır. Örnek alan içinde yaşı tespit edilen ağaçların aritmetik ortalaması meşcere yaşı (yıl) olarak alınmıştır. Örnek alanın alındığı meşcerenin bonitet endeksi (BE), meşcere üst boy ve meşcere yaşı ilişkisinden yararlanılarak karaçam bonitet endeks tablosundan (Kalıpsız, 1963) okunmuştur.

Sıklık derecelerinin belirlenmesi, çeşitli ağaç türlerinden meydana gelen saf veya karışık aynı yaşlı meşcerelerin yapıları ve gelişimleri sadece yaş ve bonite- te değil aynı zamanda meşcere sıklığıyla çok yakından ilgilidir (Kalıpsız, 1982). Meşcere gelişmesi ile meşcere sıklığı arasındaki ilişki silvikültürün temel kurallarından biridir. Birim alandaki ağaç miktarını gösteren ölçü birimi olarak tanımlanan meşcere sıklığı kapalılık derecesi, sıklık derecesi, meşcere sıklık endeksi, ağaç alanı oranı, stok oranı, tepe rekabet faktörü gibi çeşitli ölçüler yardımıyla sayısal bir değer olarak saptanabilmektedir (Meyer, 1953; Avery, 1967; Loetsch ve ark., 1973; Günel, 1981; Clutter ve ark., 1983; Kalıpsız, 1984; Ercanlı ve Yavuz, 2006).

Meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı gibi kriterlerin herhangi birisinin ölçülen gerçek değerlerinin, seçilen kriter için normal kabul edilen standart bir değere oranlanmasıyla sıklık derecesi belirlenmektedir (Kalıpsız, 1984). Meşcere gelişiminin ve hasılatının belirlenmesi için meşcere sıklığının saptanmasında kullanılan ölçüler;

- Kolay ve objektif olarak ölçülebilir olmalı,
- Biyolojik olarak anlamlı olmalı,

- Meşcere gelişimi ve hasılat arasında kuvvetli bir ilişki bulunmalıdır. Meşcere hacmi sıklık ölçüleri içindeki en ideal kriterlerden biridir. Ancak, yukarıda belirtildiği gibi kolay ve objektif olarak ölçülebilmesi zordur. Bu yüzden hem kolay ve objektif olarak ölçülebilir ve hem de meşcere hacmi ile korelasyonu en fazla olan göğüs yüzeyi meşcere sıklık ölçüsü olarak çok geniş bir şekilde kullanılmaktadır (Günel, 1981). Bonitet ve yaş ile yüksek korelasyonu bulunmayan orta çap-ağaç sayısı ilişkisi çalışmamızdaki meşcere sıklık derecesinin saptanmasında tercih edilmiştir. Alınan örnek alanların değişik sıklık derecelerine sahip olması nedeniyle orta çap-ağaç sayısı ilişkisinin saptanmasında bu örnek alanların değişik sıklık derecelerine sahip olması nedeniyle orta çap- ağaç sayısı ilişkisinin saptanmasında bu örnek alanların tamamı kullanılmamıştır. Bu ilişkinin saptanmasında kullanılan örnek alanların seçiminde aşağıdaki yol izlenmiştir (Yeşil, 1992; 1994);

- Örnek alanların ağaç sayıları itibarıyla en büyükten en küçüğe doğru 4cm' lik çap basamaklarına dağıtılmıştır.
- Her çap basamağında ölçülen en fazla ağaç sayısı ve o basamaktaki toplam örnek alan sayısı dikkate alınarak 109 örnek alan seçilmiştir.
- Çap basamaklarına dağıtılan en fazla ağaç sayısına sahip örnek alanlardan

başlamak suretiyle %30' u belirlenmiştir. 6, 46, 54 ve 58 cm çap basamağında az sayıda örnek alan bulunduğundan bu çap basamaklarından 1'er adet örnek seçilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Orta çap-ağaç sayısı ilişkisinin saptanmasında kullanılan örnek alanların çap basamaklarına dağılımı.

Çap başamağı (cm)	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	Toplam
Örnek sayısı	1	2	4	2	5	3	5	5	3	2	1	2	1	1	37
Toplam örnek alan	1	6	13	7	17	11	15	15	11	5	2	4	1	1	109

Seçilen 37 örnek alan normal sıklıkta kabul edilerek çeşitli yazarlar tarafından da önerilen orta çap- ağaç sayısı ilişkisini ortaya koyan aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır (Meyer, 1953; Akalp, 1978; Clutter ve ark., 1983; Yeşil, 1994).

$$\log N = a + b \log dg \quad (4)$$

Formülde, N= ağaç sayısını (ad/ha), dg= meşcere orta çapını (cm), a ve b = hesaplanacak regresyon katsayılarını ve log= adi logaritmayı göstermektedir.

Formül 4'teki regresyon analizi sonucunda bulunan regresyon katsayıları ve diğer istatistikler aşağıda verilmiştir.

$$a = 4,95644 \quad b = -1,531715 \quad r = -0,95077 \quad r^2 = 0,90 \quad Se = 0,0795 \quad df = 1,0168$$

Formül 4 kullanılarak 6 cm orta çaptan itibaren 60 cm orta çapa kadar bu çaplara karşılık gelen ağaç sayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ağaç sayıları 1,0 sıklık derecesi olarak kabul edilmiştir. Daha sonra bu miktarların yüzde olarak oranları şeklinde diğer sıklık derecelerindeki ağaç sayıları hesaplanmıştır.

Normal meşcere göğüs yüzeyini belirlemek için 1'er cm'lik meşcere orta çapına göre hesaplanan göğüs yüzeyleri ve 4 nolu formül ile elde edilen ağaç sayıları çarpılmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 3'te verilmiştir.

Örnek alanların sıklık dereceleri, her alan için daha önce hesaplanan orta çapları ve göğüs yüzeyleri yardımıyla belirlenmiştir. Örnek alanlardaki gerçek göğüs yüzeyleri Çizelge 3'te verilen ilgili çap basamağındaki normal sıklıktaki göğüs yüzeyine oranlanmak suretiyle saptanmıştır.

Meşcerelerin genel hacim verimini belirleyebilmek için kalan (asli) meşcereye ek olarak ayrılan (ara) meşcerenin hacim ve hacim ögelerinin de bilinmesi gerekir. Çünkü, bir meşcerenin belirli bir yaştaki genel hacim verimi, bu meşcerenin belirli bir yaştaki hacmi ile o yaşa kadar ayrılan meşcere hacimleri toplamıdır. Ayrılan meşcere hacmi, ayrılan meşcereye ilişkin ağaç sayısı, orta çap ve hacim gibi büyüme ögeleri, devamlı örnek alanlarda yapılan periyodik ölçüm ve gözlemlerle doğrudan saptanabilmesine karşın, devamlı örnek alanların bulunmaması durumunda, geçici örnek alanlar yardımıyla ayrılan meşcereye ilişkin büyüme öge ya da elemanları ancak tahmin edilebilmektedir. Çalışmamızda örnek alanların geçici özellikte olması nedeniyle, ayrılan meşcere

hacmi aşağıda açıklanan yöntemle tahmin edilmiştir. Her bir örnek alanda, ilk aşamada dikili kuru, hastalıklı, mağlup veya kurumakta olan ağaçlar, belirli bir zaman sonra alandan ayrılarak, ayrılan meşçereye dahil olacaklarından, bu ağaçlar esas alınarak ayrılan meşçere hacmi hesaplanmıştır.

Meşçere hacminin bulunması için, örnek alandaki tüm ağaçların göğüs çapı ve boy değerleri formül 4'te yerine konularak bilgisayar ortamında kolaylıkla elde edilerek gövde hacim toplamı bulunmuştur. Daha sonra da bu değer örnek alanın hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak meşçere hacmi (m^3/ha) elde edilmiştir.

Çizelge 3. Hektardaki ağaç sayısı ve göğüs yüzeyinin meşçere orta çapına göre değişimi.

Çap (cm)	Ağaç sayısı (ad/ha)	Göğüs yüzeyi (m^2/ha)	Çap (cm)	Ağaç sayısı (ad/ha)	Göğüs yüzeyi (m^2/ha)
4	33.366	43,441	33	669	59,301
5	22.069	44,984	34	633	59,563
6	15.743	46,118	35	600	59,818
7	11.833	47,178	36	570	60,067
8	9.239	48,117	37	541	60,311
9	7.428	48,960	38	515	60,548
10	6.111	49,727	39	491	60,781
11	5.122	50,431	40	469	61,008
12	4.360	51,082	41	448	61,231
13	3.759	51,689	42	428	61,449
14	3.277	52,257	43	410	61,662
15	2.883	52,791	44	393	61,872
16	2.559	53,296	45	377	62,077
17	2.287	53,775	46	362	62,279
18	2.057	54,230	47	348	62,477
19	1.861	54,664	48	334	62,671
20	1.692	55,079	49	322	62,862
21	1.546	55,477	50	310	63,049
22	1.418	55,859	51	299	63,234
23	1.306	56,226	52	288	63,415
24	1.207	56,581	53	278	63,594
25	1.119	56,922	54	269	63,769
26	1.041	57,252	55	260	63,942
27	971	57,572	56	251	64,112
28	907	57,882	57	243	64,280
29	850	58,182	58	235	64,445
30	798	58,474	59	228	64,608
31	751	58,757	60	221	64,768
32	708	59,033			

Örnek alanda ölçülen ağaçların göğüs çapları, bu çalışma kapsamında düzenlenen çift girişli ağaç hacim denkleminde yerine konularak, hacimleri hesaplanmıştır. Hacimler toplanarak örnek alandaki ayrılan meşçere hacmi hesaplanmıştır. İkinci aşamada örnek alan büyüklüğü hesaba katılarak, örnek alandaki ayrılan meşçere hacmi hektara çevrilmiştir. Üçüncü aşamada ise ayrılan meşçere hacim değerleri ile bunların ait oldukları örnek alanların yaş, bonitet endeks ve sıklık dereceleri arasında regresyon analizi ile istatistik ilişkiler belirlenmiştir. Böylece bir meşçerede yaş, bonitet endeks ve sıklık derecesi için hektarda ayrılan meşçere hacmini veren regresyon denklemi düzenlenmiştir.

Sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesinde öncelikle bağımsız değiş-

ken olarak isimlendirilen meşcere orta yaşı, bonitet sınıfı ve sıklık derecesinin saptanması gerekir. Her bir örnek alanda 10-15 ağaçta göğüs yüksekliğinden yaş ölçümü yapılarak, ağaçların yaşlarının aritmetik ortalaması alınarak meşcere yaşı hesaplanmıştır. Ağaçların göğüs yüksekliğine ulaştıkları yıl sayıları ise, arazideki çok sayıda serbest biçimde büyüyen fidanlarda yaş-göğüs yüksekliğine ulaşma ilişkisi ölçümlerinin ortalamalarına bağlı olarak I - V. bonitet sınıflarına göre yaklaşık olarak 5, 7, 9, 11 ve 13 yıl olarak saptanmıştır.

Örnek alanın alındığı meşcerenin bonitet endeksi, meşcere üst boy ve meşcere orta yaşı ilişkisinden yararlanılarak karaçam bonitet tablosundan (Kalıpsız, 1963) tespit edilmiştir.

Örnek alanlara ait, hacim ve hacim elemanları değerleri (çap, boy, göğüs yüzeyi, hacim ve ağaç sayısı vb.) meşcere yaşı, bonitet endeksi bilgisayarda veri kütükleri halinde veri dosyalarına işlenmiştir. Bu veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) for Windows Ver.17.0 istatistik paket programında istatistik yöntemle regresyon modellerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Regresyon modelinin çoğul korelasyon katsayısı, standart hatası belirlenmiştir. Regresyon modellerinin verilere uygunluğu için F test değeri hesaplanacak ve daha sonra da modellerin korelasyon katsayılarının sıfır olup olmadığı t testi ile denetlenmiştir (Kalıpsız, 1981).

Hacim ve hacim elemanlarının belirli sıklık basamaklarına göre, çeşitli yaş ve bonitet sınıflarına göre gösterdiği değişim tablolar halinde verilmiştir. Aynı zamanda bulgulardan elde edilen sonuçlar grafiksel olarak da ortaya konulmuştur. Araştırma sonuçlarına ait hacim ve hacim elemanlarına ait değerler doğal ve yapay karaçam meşcerelerine ait değerlerle de grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular

Meşcere hacmi, Gülen (1959) tarafından düzenlenmiş çift girişli karaçam ağaç hacim tablosundan yararlanılarak hesaplanmıştır. Fakat, karaçam ağaç hacim tablosunun grafik yöntem ile düzenlenmiş olması nedeniyle ilgili tablonun regresyon analizi kullanılarak Mısır (2003) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosu denklemi (formül 5) kullanılmıştır.

$$h v = -8,674 + 1,613 h d + 0,0002 * d^2 + 0,874 h h \quad (5)$$

v= Ağaç gövde hacmi (m³), d= çap (cm), h= ağaç boyu (m), ln = doğal logaritma (e= 2.7182818).

Çalışmamızda, meşcere yaşı (YAS), bonitet endeksi (BE) ve sıklık derecesinin (SD) fonksiyonu olarak ağaç sayısı (N), göğüs yüzeyi (G), orta çap (dg), orta boy (hg), üst boyu (hüst) ve meşcere hacmi (V) değerleri regresyon modelleriyle (model 6-11) dengelenmiştir (Çizelge 4).

Meşçereye ait özelliklerin meşçere yaşı, bonitet endeksi ve sıklık derecesi arasındaki ilişkiler, istatistik olarak anlamlı ve büyüme yasalarına uygundur. Oluşturulan regresyon modellerine ilişkin sonuçları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

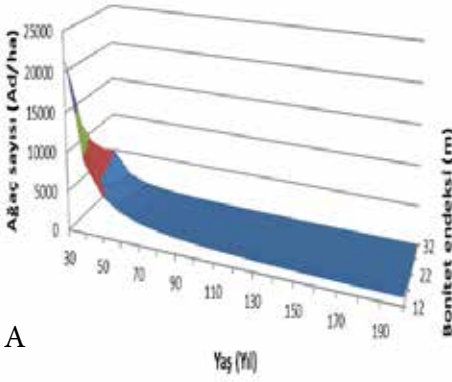
Aynı bonitet sınıfı için yaşa bağlı olarak ağaç sayısı azalırken, göğüs yüzeyi, hacim, orta çap ve orta boy artış göstermektedir. Aynı yaş basamağı için bonitet endeksi arttıkça göğüs yüzeyi, hacim, orta çap ve orta boy artarken, ağaç sayısı azalmaktadır.

Çizelge 4. Asli meşçere hacim ve hacim elemanları regresyon analizlerine ait istatistikler (n=109).

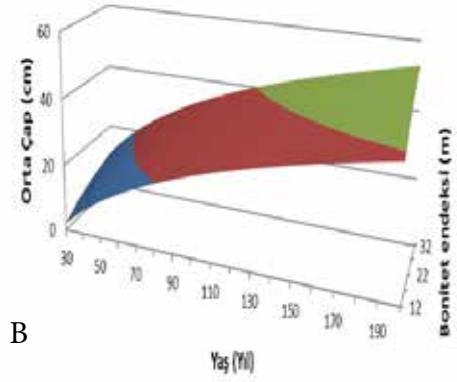
$\ln N = 10,260 - 1,525 \cdot \ln BE + 1,236 \cdot \ln SD + 108,775 \cdot \left(\frac{1}{YAS}\right)$	(6)
$R^2=0,852^{***}, F_{3,105}=201,192^{***}, Se=0,326$ ve $df=1,054$	(logaritmik)
$dg = -37,943 + 1,389 \cdot \ln\left[\frac{YAS \cdot BE^2}{SD}\right] \ln YAS$	(7)
$R^2=0,745^{***}, F_{1,107}=312,320^{***}, Se=5,540$	
$\ln hg = 0,08 + 1,033 \cdot \ln BE - 47,083 \cdot \left(\frac{1}{YAS}\right) - 0,0003 \cdot \left(\frac{YAS}{SD}\right) + 7,31 \cdot \left(\frac{SD}{YAS}\right) - 0,004 \cdot \ln(SD \cdot BE)$	(8)
$+0,0016 \cdot YAS$	
$R^2=0,972^{***}, F_{6,102}=593,977^{***}, Se=0,067$ ve $df=1,002$	(logaritmik)
$hüst = 2,369 + 0,957 hg$	(9)
$R^2=0,974^{***}, F_{1,107}=3943,489^{***}, Se=0,985$	
$\ln G = 3,788 + 0,120 \cdot \ln BE + 0,978 \cdot \ln SD - 8,659 \cdot \left(\frac{1}{YAS}\right)$	(10)
$R^2=0,993^{***}, F_{3,105}=163,219^{***}, Se=0,027$ ve $df=1,0003$	(logaritmik)
$\ln V = 3,754 + 1,001 \cdot \ln BE + 0,936 \cdot \ln SD - 44,124 \cdot \left(\frac{1}{YAS}\right)$	(11)
$R^2=0,961^{***}, F_{3,105}=872,826^{***}, Se=0,104$ ve $df=1,005$	(logaritmik)

Ağaç hacminin meydana gelmesinde boyun önemi büyüktür. İyi bonitetlerde yüksek boylara ulaşan meşçerelerin hacimleri kötü bonitette gelişen meşçerelere göre yüksektir. Yani bonitet iyileştikçe meşçere hacmi yükselmekte, bonitet kötüleştikçe meşçere hacmi azalmaktadır (Şekil 2). Ayrıca, hacim büyümesi gençlik çağında hızlıdır.

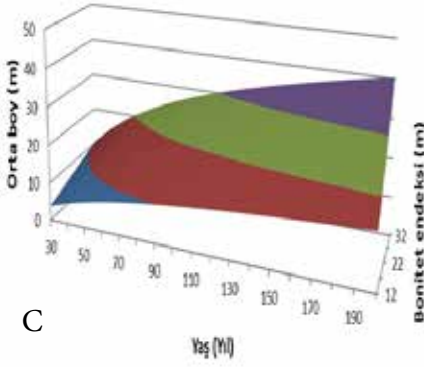
Ayrılan meşçere hacmi ise her bir örnek alanda dikili kuru ve mağlup ağaçların ortalama hacmi ile kalan meşçerenin ortalama tek ağaç hacmi arasındaki ilişkiden ($v_{ayrılan}/v_{kalan}$) yararlanılarak tahmin edilmiştir. Ayrılan meşçere hacmini yaş, bonitet endeksi ve meşçere sıklığına göre veren regresyon modeli geliştirilmiştir.



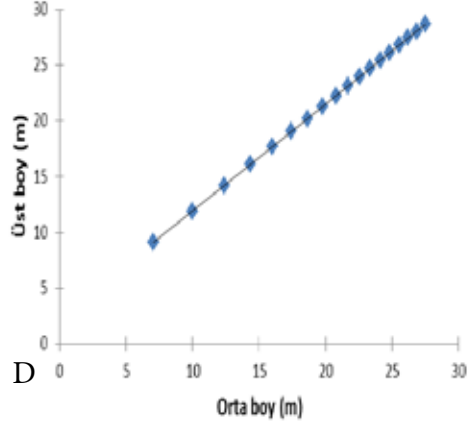
A



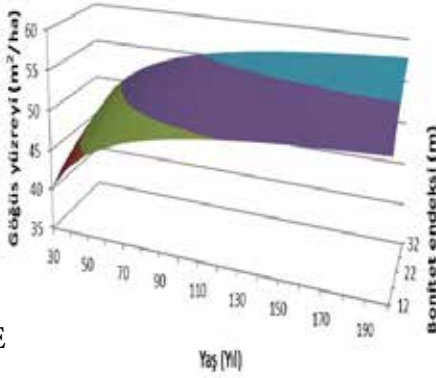
B



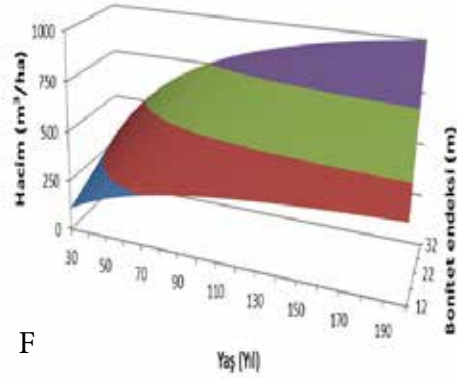
C



D



E



F

Şekil 2. Ağaç sayısı (A), orta çap (B), orta boy (C), üst boy (D), göğüs yüzeyi (E), Hacim (F) in meşcere yaşı ve bonitet endeksine göre değişimi (SD=0,9).

$$V_{\text{ayrılan}} = 1,458 + 0,028 \cdot \text{BE} + 0,553 \cdot \text{SD} - 24,425 \left(\frac{1}{\text{YAS}}\right) \quad (12)$$

$$R^2=0,52^{***} \quad F_{3;105}=3,26^* \quad \text{Se}=0,669 \quad \text{df}=1,251$$

Regresyon katsayılarının modelde yerine konulmasıyla ve çıkan sonucun anti-logaritması alınarak ayrılan meşcere hacimleri elde edilmiştir ve sıklığa bağlı hasılat tablosunda ilgili sütunlara kaydedilmiştir.

5. Tartışma ve Sonuçlar

Çalışmamızda elde edilen bulgular iki aşamalı olarak değerlendirilmiştir. Birinci aşama bulguların değerlendirilmesi, ikinci aşama ise regresyon analizi sonuçlarının mevcut hasılat tabloları (Kalıpsız, 1963; Mısır, 2003) ile karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla, çeşitli yaş, bonitet sınıfı ve sıklık derecelerindeki karaçam meşcerelerinden 109 örnek alan alınmıştır. Örnek alanlar, 24-212 yaş, I-V. bonitet sınıfı ve 0,26-1,44 sıklık derecelerinde değişim göstermektedir. Örnek alanlardan elde edilen veriler ile meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, orta çap, orta boy ile meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklığa göre değişimini gösteren regresyon denklemleri düzenlenmiştir (Çizelge 4). Bonitet endeksi, meşcere yaşı ve sıklık derecesi ile en yüksek ilişkiyi, meşcere göğüs yüzeyi ($R^2=0,993$) daha sonra sırasıyla meşcere üst boyu ($R^2=0,974$), meşcere orta boyu ($R^2=0,972$), ağaç sayısı ($R^2=0,852$), meşcere hacmi ($R^2=0,961$) ve orta çap ($R^2=0,745$) vermiştir. Ayrıca, ayrılan meşcere hacmine ilişkin regresyon denkleminin belirtme katsayısı (R^2) 0,52'dir.

Kalan meşcere öğeleri, meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklık derecesinin bir fonksiyonu olarak regresyon denklemleri ile tahmin edilmiştir. Aynı şekilde ayrılan meşcere hacmi de meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklık derecesine bağlı olarak tahmin edilmiştir. Ayrılan meşcere ağaç sayısı ise birbirini izleyen yaş basamaklarında kalan meşcereye ilişkin ağaç sayılarının farkı alınarak hesaplanmıştır. Ayrıca, denklemler yardımıyla hazırlanan sıklığa bağlı hasılat tablosunun sütunlarına ait ortalama değerler (Bkz. Ek 1) kaydedilmiştir.

Kalan ve ayrılan meşcereye ait özelliklerin meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklık derecesi arasındaki ilişkiler, istatistik olarak anlamlı ve büyüme yasalarına uygundur. Büyüme modellerine ilişkin sonuçları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz;

1. Aynı bonitet sınıfı ve sıklık derecesi için yaşa bağlı olarak ağaç sayısı azalırken, göğüs yüzeyi, hacim, orta çap ve orta boy artış göstermektedir.

2. Aynı bonitet sınıfı ve yaş için meşcere sıklığı artıkça göğüs yüzeyi, hacim, ağaç sayısı ve orta boy artarken, orta çap azalmaktadır.

3. Aynı sıklık derecesi ve yaş için bonitet endeksi artıkça göğüs yüzeyi, hacim, orta çap ve orta boy artarken, ağaç sayısı azalmaktadır.

4. Aynı yaş ve bonitet sınıfı için sıklık derecesine bağlı olarak kalan meşcerede ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim artarken orta çap azalmaktadır.

5. Ayrılan meşcere ağaç sayısı, yaşa ve bonitet endeksine bağlı olarak azalmasına karşın sıklık derecesine göre de artmaktadır.

6. Ayrılan meşcere hacmi, yaş ve bonitet sınıfı yükseldikçe ve sıklık dereceleri azaldıkça düşüş göstermektedir.

7. Yıllık cari artım, 30 yaşından önce maksimuma ulaştığı için hem miktar olarak hem de yüzde olarak devamlı bir azalış göstermektedir. Bunun yanında, sıklık derecesi ve bonitet sınıfına göre, yıllık cari hacim artım miktar olarak artmasına karşın yüzde değer olarak azalmaktadır.

8. Genel verim ve genel verim içindeki ara hasılat yüzdesi yaşa göre artmaktadır. Bunun yanında, bonitet sınıfına bağlı olarak genel meşcere hacmi artarken, ara hasılat yüzdesi azalmakta sıklığa bağlı olarak ise genel verim ve ara hasılat yüzdesi artmaktadır.

9. Kalan ve genel meşcereye ilişkin ortalama artım eğrileri tüm bonitet sınıfı ve sıklık derecelerinde 50-60 yaşında maksimum olmakta ve bu yaştan sonra azalmaktadır. Bonitet sınıfı ve sıklık derecesine göre kalan ve genel meşcereye ilişkin ortalama artım artmaktadır.

Yöresel hasılat tablosunun mevcut karaçam hasılat tabloları ile karşılaştırılması;

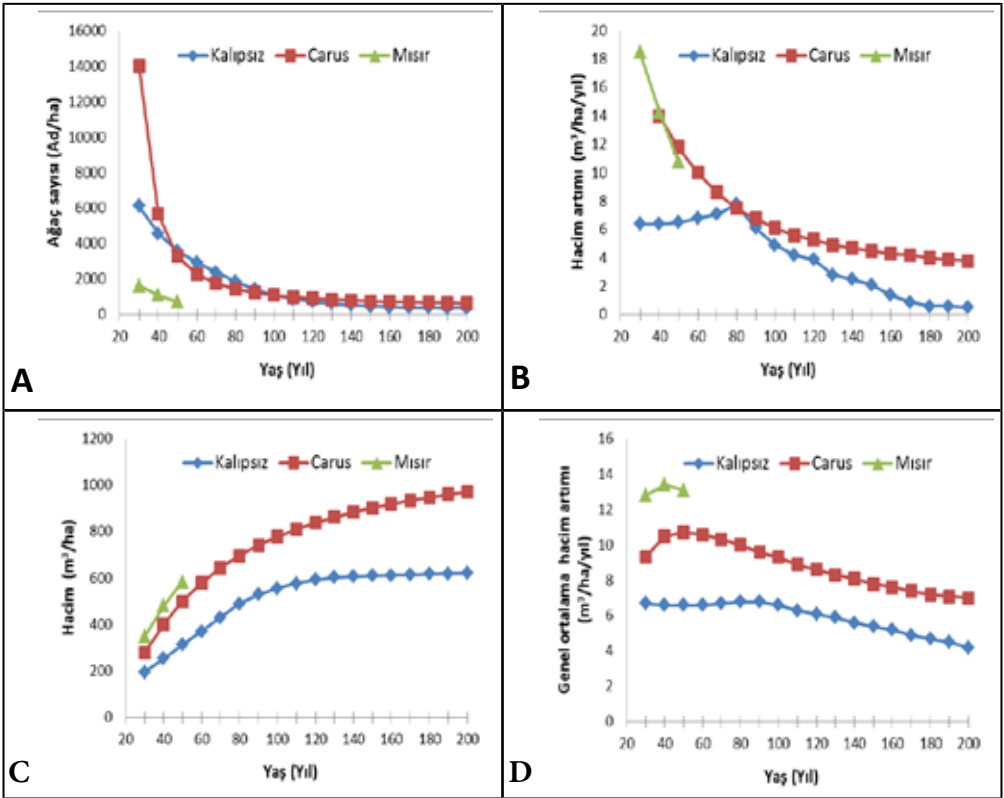
Kalıpsız (1963), tarafından hazırlanan ve normal sıklıktaki doğal karaçam meşcereleri için düzenlenen hasılat tablosu ve yapay (Mısır, 2003) karaçam meşcereleri için hazırlanan karaçam hasılat tabloları ölçü değerleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Karşılaştırma için orta bonitet sınıfı (BE=22 m) ve 13 sıklık derecesindeki (SD=13) hesap değerleri kullanılmıştır.

Şekil 3a'nın incelenmesiyle, çalışmamıza ait meşcere ağaç sayısı gelişimine ait eğrilerinin Kalıpsız (1963)'in düzenlediği tablodaki ağaç sayısı eğrilerine oranla özellikle genç ve yaşlı meşcerelerde daha üstten seyretmekte olduğu görülecektir. Mısır (2003), ağaç sayısı başlangıçtan itibaren az iken ağaç sayısının azalış hızı diğer iki tabloya (doğal meşcerelere göre) göre daha yavaştır. Yapay karaçam meşcerelerinde yaşa bağlı olarak ağaç sayısının azalış hızının doğal karaçam meşcerelerine ait iki eğriye göre daha az oluşu beklenen bir durumdur (Kalıpsız, 1982).

Şekil 3b'nin incelenmesiyle, çalışmamızda düzenlenen sıklığa bağlı karaçam hasılat tablosundaki meşcere hacim gelişimlerinin, Kalıpsız (1963)'in düzenlediği tablodaki hacim eğrilerinin sürekli üstünde kaldığı görülmektedir. Ayrıca, ileriki yaşlarda ise bu fark giderek açılmakta olduğu anlaşılmaktadır. Mısır (2003), tarafından hazırlanan yapay meşcerelerde, çalışmamızda düzenlediğimiz hacim eğrilerinin sürekli üzerinde seyretmektedir. Mısır (2003) tarafından

hazırlanan yapay karaçam meşcerelerine ait tablo değerleri 50 yaşına kadar karaçam meşcereleri dikkate alındığında hem Kalıpsız (1963) ve hem de çalışmamızda düzenlediğimiz hacim eğrilerinin sürekli üzerinde seyretmektedir (Şekil 3b). Çünkü, yapay meşcerelerde başlangıçta uygun nitelikli fidan kullanımı, iyi bir toprak işlemesi ve fidanlara başlangıçtan itibaren geniş bir büyüme alanı verilmesinden dolayı bireylerde belirgin bir büyüme farklılığı gözlenmektedir (Kalıpsız, 1982).

Şekil 3c'nin incelenmesiyle, çalışmamızda düzenlenen yıllık cari artım gelişmelerinin, orta bonitet sınıfında Kalıpsız (1963)'ün düzenlediği tablodaki yıllık cari artım eğrilerinin üzerinde seyretmektedir. Aynı eğilim yapay karaçam meşcereler için de geçerlidir.



Şekil 3. Araştırmamızda elde edilen ağaç sayısı (A), kalan meşcere hacmi (B), yıllık cari artım (C) ve genel ortalama artım (D) gelişiminin Kalıpsız (1963) ve Mısır (2003)'ün çalışmalarıyla karşılaştırılması (orta bonitet ve SD=13).

Şekil 3d'nin incelenmesiyle, çalışmamıza ait genel ortalama artım gelişimine ait eğrilerinin, Kalıpsız (1963)'ün düzenlediği tablodaki genel ortalama eğrisine göre sürekli üstünde yer almaktadır. Çalışmamızda düzenlediğimiz genel ortalama artım eğrilerinin büküm noktası, yaklaşık 60 yaşındadır. Fakat, yapay

meşcerelerin genel ortalama artımları hazırladığımız tablo değerlerinden 50'li yaşlara kadar daha yüksektir. Bu beklenilenin bir durumdur. Yine hazırladığımız tablodaki sıklık derecesini artışına paralel olarak genel ortalama artım artışı göstermesi doğal kanuniyetlere uygundur.

Bu çalışma ile, Balıkesir-Kütahya yöresindeki karaçam meşcerelerinin değişik yaş, sıklık ve bonitet derecelerindeki gelişme eğilimlerini gösteren temel bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgilerden; ağaç serveti ve artımının envanterinde, kapalılık sınıfı değişik olan meşcerelerden çıkarılabilecek ara hasılat etasının alt ve üst sınırlarının kararlaştırılmasında, idare sürelerinin belirlenmesinde, değişik idare süreleri sonunda meşcerelerden sağlanacak ürün çeşitleri dağılımının ve buna bağlı olarak parasal değerinin hesaplanması gibi orman amenajman planlarının hazırlanması aşamalarında güvenle yararlanılacaktır. Özellikle günümüzde müdahale görmemiş meşcerelerin yok denecek kadar az oluşu ve farklı sıklık derecesindeki meşcereler arasındaki artım ve büyüme farklılıklarının belirgin olması nedeni ile, sıklığa bağlı hasılat tablolarının düzenlenmesi öncelik arz etmektedir. Yörede, karaçamın yayılış gösterdiği diğer alanlardan da alınacak örnek alan verileri birleştirilerek, sıklığa bağlı genel bir hasılat tablosu düzenlenmelidir.

Teşekkürler; Bu çalışma “Alaçam Dağları’nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri” isimli ve TÜBİTAK-TOVAG Proje No: 104 O 551 numaralı proje kapsamında yapılmış olup Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’na, 2006-2010 yılları arasında arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğümüz çalışmanın yürütüldüğü dönemde Balıkesir ve Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü’nde görev yapan Orman Bölge Müdürlerimize, Simav Orman İşletme Müdür’ü Ekrem BOZKAN, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Osman ONAT’a, Bigadiç Orman İşletme Müdürü Gürsel ŞENTÜRK’e, Bigadiç Orman İşletme Müdür Yardımcısı Kadir KORKMAZLAR’a, Alaçam Orman İşletme Müdürü İlhan Faik TOPÇAM’a ve Alaçam Orman İşletme Müdürü Yardımcısı İbrahim ÖZEN’e, bilhassa çalışmaya yardımları esirgemeyen Dursunbey Orman İşletme Müdürü Cemal YEŞİLYAPRAK’a ve Sındırgı İşletme Müdürü Orm. Yük. Müh. Aytekin KAMBAK’a, Kadir AŞAR beye ve arazi çalışmalarına katılan öğretim elemanı ve öğrenci arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye’de Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2483/1261, 145 sayfa, İstanbul.
- Avery, E. T., 1967. Forest Measurements. McGraw-Hill Book Company, 290pp,

New York.

- Carus, S., Çatal, Y., 2007. Isparta Yöresi Anadolu Karaçamı *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Meşcerelerinde Büyüme Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 2(1): 1-10.
- Clutter, J. L., 1983. Compatible Growth and Yield Models for Loblolly Pine. *Forest Science*, 9(3): 354-370.
- Çatalkaya, F., 2001. Çan Orman İşletmesi Karaçam Ormanlarında Önemli Meşcere Tipi Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Tolgay Odabaşı, 31 sayfa, İstanbul.
- Ercanlı, İ., Yavuz, H., 2006. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Meşcereleri için Yöresel (Artvin Merkez İşletme Şefliği) Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 1-25.
- Fırat, F., 1972. *Orman Hasılat Bilgisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1642/166, 191 sayfa, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*P. nigra* Arnold) Hacim Tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9A (1): 97-112.
- Günel, H. A., 1981. *Orman Hasılat Bilgisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Ders notu, 88 sayfa, İstanbul.
- Husch, B., 1963. *Forest Mensuration and Statistics*. The Ronald Pres Co., 474 p., New York.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye'de Karaçam Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 141 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1981. İstatistik yöntemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2837/294, 558s, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1982. Orman Hasılat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3052/328, 349 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984. *Dendrometri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3194/354, 359 sayfa, İstanbul.
- Kayacık, H., 1980. *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği Gymnospermea (Açık Tohumlular)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2642/281, 388 sayfa, İstanbul.
- Loetsch, F., Zöhrer-Haller K. E., 1973. *Forest Inventory*. Volume II. BLV Verlagsgesellschaft, München.
- Meyer, H. A., 1953. *Forest Mensuration*. State College, 357 pages, Pennsylvania.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Danışman; Hakkı Yavuz, 209 sayfa, İstanbul.
- Özarıcı, İ., 1989. Boyabat Yöresinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcere-

lerinde Kuruluş Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 151 sayfa, İstanbul.

Saraçoğlu, Ö., 1988. *Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme*. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 312 sayfa, İstanbul.

Yavuz, H., 2000. Meşcere Sıklığı ve Ölçümünde Kullanılan Yöntemler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Seminer serisi Nu: 8, Sayfa: 47-54, Trabzon.

Yavuz, H., Ercanlı, İ., Mısır, N., Kahriman, A., 2005. Büyüme Modellerinin Ormancılıktaki Önemi ve Ormancılığımız İçin Öneriler. 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, 21-24 Mart 2005, Antalya.

Yeşil, A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ünal Asan, 179 sayfa, İstanbul.

Yeşil, A., 1994. Meşcere Sıklığının Saptanmasında Başvurulan Yöntemler ve Doğal Kızılçam Meşcerelerinde Sıklık Derecesinin Ölçümü. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 44(2): 93-110.

Yılmaz, O. Y., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Carus, S., Kavgacı, A., Yurtseven, H., Erdem, R., 2013. Effects of Different Thinning Grades on the Spatial Structure of Pure Black Pine stands. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1(2): 77-89.

Ek 1. Alaçam Dağları için, Karaçam sıklığı bağlı hasılat tablosu örneği.

I. BONİTET SINIFI (BE=32 m) ve SIKLIK DERECESİ= 0,4

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeysi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	12,7	9,3	1.846	17,0	20,5	134,3						1.34,3		4,5	4,5
40	17,0	13,5	746	21,9	22,0	193,9	1100	13,4	13,4	7,3	4,4	207,3	6,5	4,8	5,2
50	20,7	17,0	433	26,6	23,0	241,8	313	15,1	28,5	6,3	2,9	270,3	10,5	4,8	5,4
60	24,0	19,9	301	31,2	23,7	280,1	132	16,4	44,9	5,5	2,1	325,0	13,8	4,7	5,4
70	26,8	22,3	232	35,6	24,2	311,1	69	17,4	62,3	4,8	1,6	373,4	16,7	4,4	5,3
80	28,9	24,3	191	40,0	24,5	336,6	41	18,2	80,5	4,4	1,4	417,1	19,3	4,2	5,2
90	30,4	26,0	165	44,2	24,8	357,9	26	18,8	99,3	4,0	1,2	457,2	21,7	4,0	5,1
100	32,0	27,6	146	48,3	25,1	375,9	19	19,3	118,6	3,7	1,0	494,5	24,0	3,8	4,9
110	33,1	29,0	132	52,4	25,3	391,3	14	19,8	138,4	3,5	0,9	529,7	26,1	3,6	4,8
120	34,1	30,2	122	56,3	25,4	404,6	10	20,1	158,5	3,3	0,8	563,1	28,1	3,4	4,7
130	35,1	31,3	113	60,2	25,6	416,2	9	20,4	178,9	3,2	0,8	595,1	30,0	3,2	4,6
140	36,0	32,4	107	64,0	25,7	426,4	6	20,7	199,6	3,1	0,7	626,0	31,9	3,0	4,5
150	36,6	33,3	101	67,7	25,8	435,5	6	21,0	220,6	3,0	0,7	656,1	33,6	2,9	4,4
160	37,4	34,3	97	71,4	25,9	443,5	4	21,2	241,8	2,9	0,7	685,3	35,3	2,8	4,3
170	37,9	35,1	93	75,0	26,0	450,8	4	21,4	263,2	2,9	0,6	714,0	36,9	2,7	4,2
180	38,3	35,9	90	78,5	26,0	457,3	3	21,5	284,7	2,8	0,6	742,0	38,4	2,5	4,1
190	39,0	36,7	87	82,0	26,1	463,3	3	21,7	306,4	2,8	0,6	769,7	39,8	2,4	4,1
200	39,4	37,5	85	85,4	26,2	468,7	2	21,8	328,2	2,7	0,6	796,9	41,2	2,3	4,0

I. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 0,7

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeysi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	12,7	10,0	3.686	16,8	35,4	226,7						226,7		7,6	7,6
40	17,0	14,4	1.489	21,5	38,0	327,4	2197	15,8	15,8	11,7	4,2	343,2	4,6	8,2	8,6
50	20,7	17,9	864	26,1	39,7	408,2	625	17,9	33,7	9,9	2,7	441,9	7,6	8,2	8,8
60	24,0	20,9	601	30,4	40,9	472,9	263	19,4	53,1	8,4	1,9	526,0	10,1	7,9	8,8
70	26,8	23,3	464	34,6	41,7	525,3	137	20,5	73,6	7,3	1,5	598,9	12,3	7,5	8,6
80	28,9	25,4	382	38,7	42,4	568,4	82	21,5	95,1	6,5	1,2	663,5	14,3	7,1	8,3
90	30,4	27,3	329	42,6	42,9	604,3	53	22,2	117,3	5,8	1,0	721,6	16,3	6,7	8,0
100	32,0	28,9	291	46,4	43,3	634,7	38	22,8	140,1	5,3	0,9	774,8	18,1	6,3	7,7
110	33,1	30,4	264	50,1	43,7	660,6	27	23,3	163,4	4,9	0,8	824,0	19,8	6,0	7,5
120	34,1	31,7	243	53,6	44,0	683,1	21	23,8	187,2	4,6	0,7	870,3	21,5	5,7	7,3
130	35,1	33,0	227	57,1	44,2	702,7	16	24,1	211,3	4,4	0,6	914,0	23,1	5,4	7,0
140	36,0	34,2	213	60,5	44,4	719,9	14	24,5	235,8	4,2	0,6	955,7	24,7	5,1	6,8
150	36,6	35,3	203	63,7	44,6	735,2	10	24,7	260,5	4,0	0,5	995,7	26,2	4,9	6,6
160	37,4	36,3	194	66,9	44,8	748,9	9	25,0	285,5	3,9	0,5	1034,4	27,6	4,7	6,5
170	37,9	37,3	186	70,0	44,9	761,1	8	25,2	310,7	3,7	0,5	1071,8	29,0	4,5	6,3
180	38,3	38,3	180	73,0	45,0	772,2	6	25,4	336,1	3,7	0,5	1108,3	30,3	4,3	6,2
190	39,0	39,2	174	75,9	45,1	782,2	6	25,6	361,7	3,6	0,5	1143,9	31,6	4,1	6,0
200	39,4	40,0	169	78,7	45,2	791,3	5	25,8	387,5	3,5	0,4	1178,8	32,9	4,0	5,9

I. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 1,0

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeysi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	12,7	10,8	5.728	16,6	50,2	316,5						316,5		10,6	10,6
40	17,0	15,2	2.314	21,2	53,9	457,2	3414	18,7	18,7	15,9	4,1	475,9	3,9	11,4	11,9
50	20,7	18,8	1.343	25,5	56,3	570,0	971	21,1	39,8	13,4	2,6	609,8	6,5	11,4	12,2
60	24,0	21,7	935	29,7	58,0	660,4	408	22,9	62,7	11,3	1,8	723,1	8,7	11,0	12,1
70	26,8	24,2	721	33,7	59,2	733,5	214	24,2	86,9	9,7	1,4	820,4	10,6	10,5	11,7
80	28,9	26,3	594	37,4	60,1	793,6	127	25,3	112,2	8,5	1,1	905,8	12,4	9,9	11,3
90	30,4	28,1	511	41,1	60,8	843,8	83	26,2	138,4	7,6	0,9	982,2	14,1	9,4	10,9
100	32,0	29,8	453	44,5	61,4	886,2	58	26,9	165,3	6,9	0,8	1.051,5	15,7	8,9	10,5
110	33,1	31,3	410	47,9	61,9	922,5	43	27,5	192,8	6,4	0,7	1.115,3	17,3	8,4	10,1
120	34,1	32,7	378	51,1	62,3	953,8	32	28,0	220,8	5,9	0,6	1.174,6	18,8	7,9	9,8
130	35,1	34,0	352	54,2	62,7	981,2	26	28,5	249,3	5,6	0,6	1.230,2	20,3	7,5	9,5
140	36,0	35,2	332	57,1	62,9	1.005,3	20	28,9	278,2	5,3	0,5	1.283,5	21,7	7,2	9,2
150	36,6	36,3	315	59,9	63,2	1.026,6	17	29,2	307,4	5,1	0,5	1.334,0	23,0	6,8	8,9
160	37,4	37,4	301	62,7	63,4	1.045,7	14	29,5	336,9	4,9	0,5	1.382,6	24,4	6,5	8,6
170	37,9	38,4	289	65,3	63,6	1.062,8	12	29,8	366,7	4,7	0,4	1.429,5	25,7	6,3	8,4
180	38,3	39,5	279	67,8	63,8	1.078,2	10	30,0	396,7	4,5	0,4	1.474,9	26,9	6,0	8,2
190	39,0	40,4	270	70,2	64,0	1.092,2	9	30,2	426,9	4,4	0,4	1.519,2	28,1	5,7	8,0
200	39,4	41,4	263	72,6	64,1	1.105,0	7	30,4	457,3	4,3	0,4	1.562,3	29,3	5,5	7,8

Ek 1'in devamı

I. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 1,3

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	12,7	11,6	7.922	16,4	64,9	404,6						404,6		13,5	13,5
40	17,0	16,0	3.200	20,8	69,7	584,4	4722	22,0	22,0	20,2	4,1	606,4	3,6	14,6	15,2
50	20,7	19,6	1.858	25,0	72,8	728,7	1342	24,9	22,0	46,9	2,6	775,6	6,0	14,6	15,5
60	24,0	22,5	1.293	29,0	74,9	844,2	565	27,0	73,9	14,3	1,8	918,1	8,0	14,1	15,3
70	26,8	25,0	998	32,7	76,5	937,7	295	28,6	102,5	12,2	1,4	1.040,2	9,9	13,4	14,9
80	28,9	27,1	822	36,2	77,7	1.014,6	176	29,9	132,4	10,6	1,1	1.147,0	11,5	12,7	14,3
90	30,4	28,9	706	39,6	78,6	1.078,7	116	30,9	163,3	9,5	0,9	1.242,0	13,1	12,0	13,8
100	32,0	30,6	626	42,8	79,4	1.132,9	80	31,8	195,1	8,6	0,8	1.328,0	14,7	11,3	13,3
110	33,1	32,1	567	45,8	80,0	1.179,3	59	32,5	227,6	7,9	0,7	1.406,9	16,2	10,7	12,8
120	34,1	33,4	522	48,6	80,5	1.219,3	45	33,1	260,7	7,3	0,6	1.480,0	17,6	10,2	12,3
130	35,1	34,7	487	51,4	81,0	1.254,3	35	33,6	294,3	6,9	0,6	1.548,6	19,0	9,6	11,9
140	36,0	35,9	459	53,9	81,4	1.285,1	28	34,1	328,4	6,5	0,5	1.613,5	20,4	9,2	11,5
150	36,6	37,1	436	56,4	81,7	1.312,4	23	34,5	362,9	6,2	0,5	1.675,3	21,7	8,7	11,2
160	37,4	38,2	416	58,7	82,0	1.336,7	20	34,8	397,7	5,9	0,4	1.734,4	22,9	8,4	10,8
170	37,9	39,3	400	60,9	82,3	1.358,6	16	35,1	432,8	5,7	0,4	1.791,4	24,2	8,0	10,5
180	38,3	40,3	386	63,0	82,5	1.378,3	14	35,4	468,2	5,5	0,4	1.846,5	25,4	7,7	10,3
190	39,0	41,3	374	65,0	82,7	1.396,2	12	35,7	503,9	5,4	0,4	1.900,1	26,5	7,3	10,0
200	39,4	42,3	363	66,9	82,9	1.412,5	11	35,9	539,8	5,2	0,4	1.952,3	27,6	7,1	9,8

II. BONİTET SINIFI (BE=27 m) ve SIKLIK DERECESİ= 0,4

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	10,8	7,8	2.392	14,6	20,1	113,3						113,3		3,8	3,8
40	14,4	11,3	966	18,8	21,6	163,6	1426	11,6	11,6	6,2	4,5	175,2	6,6	4,1	4,4
50	17,5	14,2	561	22,8	22,5	204,0	405	13,2	24,8	5,4	2,9	228,8	10,8	4,1	4,6
60	20,3	16,6	390	26,8	23,2	236,3	171	14,3	39,1	4,7	2,1	275,4	14,2	3,9	4,6
70	22,5	18,6	301	30,6	23,7	262,5	89	15,1	54,2	4,1	1,6	316,7	17,1	3,8	4,5
80	24,3	20,3	248	34,3	24,0	284,0	53	15,8	70,0	3,7	1,4	354,0	19,8	3,6	4,4
90	25,7	21,8	213	37,9	24,3	301,9	35	16,3	86,3	3,4	1,2	388,2	22,2	3,4	4,3
100	27,0	23,1	189	41,5	24,6	317,1	24	16,8	103,1	3,2	1,0	420,2	24,5	3,2	4,2
110	28,0	24,3	171	44,9	24,8	330,1	18	17,2	120,3	3,0	0,9	450,4	26,7	3,0	4,1
120	28,9	25,3	158	48,3	24,9	341,3	13	17,5	137,8	2,9	0,9	479,1	28,8	2,8	4,0
130	29,7	26,2	147	51,7	25,1	351,1	11	17,8	155,6	2,8	0,8	506,7	30,7	2,7	3,9
140	30,5	27,1	138	54,9	25,2	359,7	9	18,0	173,6	2,7	0,8	533,3	32,6	2,6	3,8
150	31,0	27,9	132	58,1	25,3	367,3	6	18,2	191,8	2,6	0,7	559,1	34,3	2,4	3,7
160	31,7	28,7	126	61,3	25,4	374,2	6	18,4	210,2	2,5	0,7	584,4	36,0	2,3	3,7
170	32,2	29,4	121	64,4	25,5	380,3	5	18,6	228,8	2,5	0,7	609,1	37,6	2,2	3,6
180	32,7	30,1	117	67,4	25,5	385,8	4	18,7	247,5	2,4	0,6	633,3	39,1	2,1	3,5
190	33,2	30,7	113	70,4	25,6	390,8	4	18,9	266,4	2,4	0,6	657,2	40,5	2,1	3,5
200	33,6	31,4	110	73,3	25,6	395,4	3	19,0	285,4	2,4	0,6	680,8	41,9	2,0	3,4

II. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 0,7

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	10,8	8,4	4.776	14,4	34,7	191,2						191,2		6,4	6,4
40	14,4	12,0	1.929	18,5	37,3	276,2	2.847	13,7	13,7	9,9	4,2	289,9	4,7	6,9	7,2
50	17,5	15,0	1.120	22,4	38,9	344,4	809	15,5	29,2	8,4	2,7	373,6	7,8	6,9	7,5
60	20,3	17,5	779	26,1	40,1	399,0	341	16,8	46,0	7,1	1,9	445,0	10,3	6,7	7,4
70	22,5	19,5	602	29,7	40,9	443,2	177	17,9	63,9	6,2	1,5	507,1	12,6	6,3	7,2
80	24,3	21,3	495	33,2	41,5	479,5	107	18,7	82,6	5,5	1,2	562,1	14,7	6,0	7,0
90	25,7	22,9	426	36,6	42,0	509,8	69	19,3	101,9	5,0	1,0	611,7	16,7	5,7	6,8
100	27,0	24,2	377	39,8	42,5	535,4	49	19,8	121,7	4,5	0,9	657,1	18,5	5,4	6,6
110	28,0	25,5	342	43,0	42,8	557,3	35	20,3	142,0	4,2	0,8	699,3	20,3	5,1	6,4
120	28,9	26,6	315	46,0	43,1	576,3	27	20,7	162,7	4,0	0,7	739,0	22,0	4,8	6,7
130	29,7	27,7	294	49,0	43,3	592,8	21	21,0	183,7	3,8	0,7	776,5	23,7	4,6	6,0
140	30,5	28,6	277	51,9	43,5	607,3	17	21,3	205,0	3,6	0,6	812,3	25,2	4,3	5,8
150	31,0	26,6	263	54,7	43,7	620,2	14	21,5	226,5	3,4	0,6	846,7	26,8	4,1	5,6
160	31,7	30,4	251	57,4	43,9	631,8	12	21,7	248,2	3,3	0,5	880,0	28,2	3,9	5,5
170	32,2	31,3	241	60,0	44,0	642,1	10	21,9	270,1	3,2	0,5	912,2	29,6	3,8	5,4
180	32,7	32,1	233	62,6	44,1	651,4	8	22,1	292,2	3,1	0,5	943,6	31,0	3,6	5,2
190	33,2	32,9	225	65,1	44,2	659,9	8	22,3	314,5	3,1	0,5	974,4	32,3	3,5	5,1
200	33,6	33,6	219	67,6	44,3	667,6	6	22,4	336,9	3,0	0,5	1004,5	33,5	3,3	5,0

Ek 1'in devamı

II. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 1,0

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
Yıl	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	10,8	8,4	7.423	14,2	49,2	267,0						267,0		8,9	8,9
40	14,4	12,0	2.998	18,2	52,8	385,7	4425	16,2	16,2	13,5	4,1	401,9	4,0	9,6	10,0
50	17,5	15,0	1.741	21,9	55,2	480,9	1257	18,3	34,5	11,4	2,6	515,4	6,7	9,6	10,3
60	20,3	17,5	1.211	25,5	56,8	557,1	530	19,9	54,4	9,6	1,8	611,5	8,9	9,3	10,2
70	22,5	19,5	935	28,9	58,0	618,8	276	21,1	75,5	8,3	1,4	694,3	10,9	8,8	9,9
80	24,3	21,3	770	32,1	58,9	669,5	165	22,0	97,5	7,3	1,1	767,0	12,7	8,4	9,6
90	25,7	22,9	662	35,2	59,6	711,8	108	22,8	120,3	6,5	0,9	832,1	14,5	7,9	9,2
100	27,0	24,2	587	38,2	60,2	747,6	75	23,4	143,7	5,9	0,8	891,3	16,1	7,5	8,9
110	28,0	25,5	531	41,1	60,6	778,2	56	23,9	167,6	5,5	0,7	945,8	17,7	7,1	8,6
120	28,9	26,6	489	43,8	61,0	804,7	42	24,4	192,0	5,1	0,6	996,7	19,3	6,7	8,3
130	29,7	27,7	456	46,5	61,4	827,7	33	24,8	216,8	4,8	0,6	1.044,5	20,8	6,4	8,0
140	30,5	28,6	430	49,0	61,7	848,1	26	25,1	241,9	4,6	0,5	1.090,0	22,2	6,1	7,8
150	31,0	29,6	408	51,4	61,9	866,1	22	25,4	267,3	4,3	0,5	1.133,4	23,6	5,8	7,6
160	31,7	30,4	390	53,8	62,2	882,1	18	25,7	293,0	4,2	0,5	1.175,1	24,9	5,5	7,3
170	32,2	31,3	375	56,0	62,4	896,6	15	25,9	318,9	4,0	0,4	1.215,5	26,2	5,3	7,2
180	32,7	32,0	362	58,2	62,5	909,6	13	26,1	345,0	3,9	0,4	1.254,6	27,5	5,1	7,0
190	33,2	32,9	350	60,3	62,7	921,4	12	26,3	371,3	3,8	0,4	1.292,7	28,7	4,8	6,8
200	33,6	33,6	340	62,3	62,8	932,2	10	26,4	397,7	3,7	0,4	1.329,9	29,9	4,7	6,6

II. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 1,3

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
Yıl	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	10,8	9,7	10.266	14,1	63,5	341,3						341,3		11,4	11,4
40	14,4	13,5	4.147	17,9	68,3	493,0	6119	19,2	19,2	17,1	4,1	512,2	3,7	12,3	12,8
50	17,5	16,5	2.407	21,5	71,3	614,7	1740	21,6	40,8	14,3	2,6	655,5	6,2	12,3	13,1
60	20,3	18,9	1.675	24,9	73,4	712,2	732	23,5	64,3	12,1	1,8	776,5	8,3	11,9	12,9
70	22,5	21,0	1.293	28,1	74,9	791,0	382	24,9	89,2	10,4	1,4	880,2	10,1	11,3	12,6
80	24,3	22,7	1.065	31,1	76,1	855,9	228	26,0	115,2	9,1	1,1	971,1	11,9	10,7	12,1
90	25,7	24,3	915	34,0	77,0	910,0	150	26,9	142,1	8,1	0,9	1.052,1	13,5	10,1	11,7
100	27,0	25,7	811	36,7	77,8	955,7	104	27,6	169,7	7,3	0,8	1.125,4	15,1	9,6	11,3
110	28,0	26,9	735	39,3	78,4	994,8	76	28,2	197,9	6,7	0,7	1.192,7	16,6	9,0	10,8
120	28,9	28,1	677	41,7	78,9	1.028,6	58	28,8	226,7	6,3	0,6	1.255,3	18,1	8,6	10,5
130	29,7	29,2	631	44,1	79,3	1.058,2	46	29,2	255,9	5,9	0,6	1.314,1	19,5	8,1	10,1
140	30,5	30,2	594	46,3	79,7	1.084,1	37	29,6	285,5	5,6	0,5	1.369,6	20,8	7,7	9,8
150	31,0	31,1	564	48,4	80,1	1.107,1	30	30,0	315,5	5,6	0,5	1.422,6	22,2	7,4	9,5
160	31,7	32,1	539	50,4	80,3	1.127,7	25	30,3	345,8	5,1	0,5	1.473,5	23,5	7,0	9,2
170	32,2	33,0	518	52,3	80,6	1.146,1	21	30,6	376,4	4,9	0,4	1.522,5	24,7	6,7	9,0
180	32,7	33,8	500	54,1	80,8	1.162,8	18	30,8	407,2	4,8	0,4	1.570,0	25,9	6,5	8,7
190	33,2	34,7	485	55,8	81,0	1.177,9	15	31,0	438,2	4,6	0,4	1.616,1	27,1	6,2	8,5
200	33,6	35,5	471	57,4	81,2	1.191,6	14	31,2	469,4	4,5	0,4	1.661,0	28,3	6,0	8,3

III. BONİTET SINIFI (BE=22 m) ve SIKLIK DERECEŚİ= 0,4

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
Yıl	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	8,8	6,3	3.268	12,1	19,6	92,3						92,3		3,1	3,1
40	11,8	9,1	1.320	15,6	21,0	133,3	1948	10,1	10,1	5,1	4,5	143,4	7,0	3,3	3,6
50	14,3	11,5	766	19,0	22,0	166,2	554	11,4	21,5	4,4	2,9	187,7	11,5	3,3	3,8
60	16,5	13,4	533	22,3	22,6	192,5	233	12,4	33,9	3,9	2,2	226,4	15,0	3,2	3,8
70	18,3	15,1	412	25,4	23,1	213,8	121	13,2	47,1	3,5	1,7	260,9	18,1	3,1	3,7
80	19,7	16,4	339	28,5	23,4	231,3	73	13,7	60,8	3,1	1,4	292,1	20,8	2,9	3,7
90	20,9	17,6	291	31,5	23,7	246,0	48	14,2	75,0	2,9	1,2	321,0	23,4	2,7	3,6
100	22,0	18,7	258	34,5	24,0	258,3	33	14,6	89,6	2,7	1,1	347,9	25,8	2,6	3,5
110	22,8	19,6	234	37,4	24,2	268,9	24	14,9	104,5	2,6	1,0	373,4	28,0	2,4	3,4
120	23,6	20,4	215	40,2	24,3	278,0	19	15,2	119,7	2,4	0,9	397,7	30,1	2,3	3,3
130	24,2	21,2	201	43,0	24,4	286,0	14	15,4	135,1	2,3	0,8	421,1	32,1	2,2	3,2
140	24,9	21,9	189	45,7	24,6	293,0	12	15,7	150,8	2,3	0,8	443,8	34,0	2,1	3,2
150	25,4	22,6	180	48,4	24,7	299,3	9	15,8	166,6	2,2	0,7	465,9	35,8	2,0	3,3
160	26,0	23,2	172	51,0	24,8	304,8	8	16,0	182,6	2,2	0,7	487,4	37,5	1,9	3,0
170	26,4	23,8	165	53,5	24,8	309,8	7	16,1	198,7	2,1	0,7	508,5	39,1	1,8	3,0
180	26,8	24,3	159	56,1	24,9	314,3	6	16,3	215,0	2,1	0,7	529,3	40,6	1,7	2,9
190	27,3	24,8	154	58,5	25,0	318,4	5	16,4	231,4	2,1	0,7	549,8	42,1	1,7	2,9
200	27,7	25,3	150	61,0	25,0	322,1	4	16,5	247,9	2,0	0,6	570,0	43,5	1,6	2,9

Ek 1'in devamı

III. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 0,7

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	8,8	6,8	6.527	12,0	33,8	155,8						155,8		5,2	5,2
40	11,8	9,7	2.637	15,4	36,4	225,0	3890	11,9	11,9	8,1	4,3	236,9	5,0	5,6	5,9
50	14,3	12,2	1.531	18,6	38,0	280,6	1106	13,5	25,4	6,9	2,7	306,0	8,3	5,6	6,1
60	16,5	14,1	1.065	21,7	39,1	325,0	466	14,6	40,0	5,9	1,9	365,0	11,0	5,4	6,1
70	18,3	15,8	822	24,7	39,9	361,0	243	15,5	55,5	5,2	1,5	416,5	13,3	5,2	6,0
80	19,7	17,2	677	27,6	40,5	390,6	145	16,2	71,7	4,6	1,2	462,3	15,5	4,9	5,8
90	20,9	18,5	582	30,4	41,0	415,3	95	16,8	88,5	4,2	1,0	503,8	17,6	4,6	5,6
100	22,0	19,6	516	33,1	41,4	436,2	66	17,2	105,7	3,8	0,9	541,9	19,5	4,4	5,4
110	22,8	20,6	467	35,7	41,7	454,0	49	17,6	123,3	3,5	0,8	577,3	21,4	4,1	5,2
120	23,6	21,5	430	38,3	42,0	469,5	37	18,0	141,3	3,4	0,7	610,8	23,1	3,9	5,1
130	24,2	22,4	401	40,8	42,3	482,9	29	18,2	159,5	3,2	0,7	642,4	24,8	3,7	4,9
140	24,9	23,2	378	43,2	42,5	494,8	23	18,5	178,0	3,0	0,6	672,8	26,5	3,5	4,8
150	25,4	23,9	359	45,5	42,6	505,3	19	18,7	196,7	2,9	0,6	702,0	28,0	3,4	4,7
160	26,0	24,6	343	47,7	42,8	514,7	16	18,9	215,6	2,8	0,5	730,3	29,5	3,2	4,6
170	26,4	25,3	330	49,9	42,9	523,1	13	19,1	234,7	2,8	0,5	757,8	31,0	3,1	4,5
180	26,8	25,9	318	52,1	43,0	530,7	12	19,2	253,9	2,7	0,5	784,6	32,4	2,9	4,4
190	27,3	26,6	308	54,2	43,2	537,6	10	19,4	273,3	2,6	0,5	810,9	33,7	2,8	4,3
200	27,7	27,2	299	56,2	43,3	543,8	9	19,5	292,8	2,6	0,5	836,6	35,0	2,7	4,2

III. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 1,0

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	8,8	7,3	10.143	11,8	48,0	217,5						217,5		7,3	7,3
40	11,8	10,3	4.097	15,1	51,6	314,2	6.046	14,1	14,1	11,1	4,2	328,3	4,3	7,9	8,2
50	14,3	12,7	2.379	18,2	53,8	391,8	1.718	15,9	30,0	9,4	2,7	421,8	7,1	7,8	8,4
60	16,5	14,7	1.655	21,2	55,4	453,8	724	17,3	47,3	7,9	1,9	501,1	9,4	7,6	8,4
70	18,3	16,4	1.278	24,0	56,6	504,1	377	18,3	65,6	6,9	1,4	569,7	11,5	7,2	8,1
80	19,7	17,8	1.052	26,7	57,5	545,4	226	19,1	84,7	6,0	1,1	630,1	13,4	6,8	7,9
90	20,9	19,1	904	29,3	58,1	579,9	148	19,8	104,5	5,4	1,0	684,4	15,3	6,4	7,6
100	22,0	20,2	802	31,8	58,7	609,0	102	20,3	124,8	4,9	0,8	733,8	17,0	6,1	7,3
110	22,8	21,3	726	34,2	59,2	634,0	76	20,8	145,6	4,6	0,7	779,6	18,7	5,8	7,1
120	23,6	22,2	669	36,5	59,6	655,5	57	21,2	166,8	4,3	0,7	822,3	20,3	5,5	6,9
130	24,2	23,1	624	38,7	59,9	674,3	45	21,5	188,3	4,0	0,6	862,6	21,8	5,2	6,6
140	24,9	23,9	587	40,8	60,2	690,9	37	21,8	210,1	3,8	0,6	901,0	23,3	4,9	6,4
150	25,4	24,7	558	42,8	60,4	705,5	29	22,1	232,2	3,7	0,5	937,7	24,8	4,7	6,3
160	26,0	25,4	533	44,7	60,6	718,6	25	22,3	254,5	3,5	0,5	973,1	26,2	4,5	6,1
170	26,4	26,1	512	46,6	60,8	730,4	21	22,5	277,0	3,4	0,5	1.007,4	27,5	4,3	5,9
180	26,8	26,8	494	48,4	61,0	741,0	18	22,7	299,7	3,3	0,4	1.040,7	28,8	4,1	5,8
190	27,3	27,5	479	50,1	61,2	750,6	15	22,8	322,5	3,2	0,4	1.073,1	30,1	4,0	5,6
200	27,7	28,1	465	51,8	61,3	759,4	14	23,0	345,5	3,2	0,4	1.104,9	31,3	3,8	5,5

III. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECEŚİ= 1,3

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	8,8	7,9	14.029	11,7	62,0	278,1						278,1		9,3	9,3
40	11,8	10,9	5.667	14,9	66,6	401,7	8.362	16,7	16,7	14,0	4,1	418,4	4,0	10,0	10,5
50	14,3	13,3	3.290	17,9	69,6	500,8	2.377	18,8	35,5	11,8	2,6	536,3	6,6	10,0	10,7
60	16,5	15,3	2.289	20,7	71,6	580,2	1.001	20,4	55,9	10,0	1,9	636,1	8,8	9,7	10,6
70	18,3	17,0	1.767	23,3	73,1	644,4	522	21,6	77,5	8,6	1,4	721,9	10,7	9,2	10,3
80	19,7	18,4	1.455	25,9	74,3	697,2	312	22,6	100,1	7,5	1,1	797,3	12,6	8,7	10,0
90	20,9	19,7	1.251	28,3	75,2	741,3	204	23,4	123,5	6,8	0,9	864,8	14,3	8,2	9,6
100	22,0	20,8	1.109	30,5	75,9	778,6	142	24,0	147,5	6,1	0,8	926,1	15,9	7,8	9,3
110	22,8	21,8	1.004	32,7	76,5	810,4	105	24,6	172,1	5,6	0,7	982,5	17,5	7,4	8,9
120	23,6	22,7	925	34,7	77,0	838,0	79	25,0	197,1	5,3	0,6	1.035,1	19,0	7,0	8,6
130	24,2	23,6	862	36,7	77,4	862,0	63	25,4	222,5	4,9	0,6	1.084,5	20,5	6,6	8,3
140	24,9	24,4	812	38,5	77,8	883,2	50	25,8	248,3	4,7	0,5	1.131,5	21,9	6,3	8,1
150	25,4	25,2	771	40,3	78,1	901,9	41	26,1	274,4	4,5	0,5	1.176,3	23,3	6,0	7,8
160	26,0	26,0	737	41,9	78,4	918,7	34	26,3	300,7	4,3	0,5	1.219,4	24,7	5,7	7,6
170	26,4	26,7	708	43,5	78,6	933,7	29	26,6	327,3	4,2	0,5	1.261,0	26,0	5,5	7,4
180	26,8	27,4	684	44,9	78,9	947,2	24	26,8	354,1	4,0	0,4	1.301,3	27,2	5,3	7,2
190	27,3	28,1	662	46,4	79,1	959,5	22	27,0	381,1	3,9	0,4	1.340,6	28,4	5,1	7,1
200	27,7	28,8	643	47,7	79,2	970,8	19	27,1	408,2	3,8	0,4	1.379,0	29,6	4,9	6,9

Ek 1'in devamı

IV. BONİTET SINIFI (BE=17 m) ve SIKLIK DERECESİ= 0,4

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeysi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	6,9	4,8	4.843	9,6	19,0	71,3						71,3		2,4	2,4
40	9,2	7,0	1.956	12,4	20,4	103,0	2.887	8,8	8,8	4,1	4,3	111,8	7,9	2,6	2,8
50	11,2	8,8	1.136	15,1	21,3	128,4	820	9,9	18,7	3,5	3,0	147,1	12,7	2,6	2,9
60	12,8	10,3	790	17,6	21,9	148,7	346	10,8	29,5	3,1	2,2	178,2	16,6	2,5	3,0
70	14,0	11,5	610	20,2	22,4	165,2	180	11,4	40,9	2,8	1,8	206,1	19,8	2,4	2,9
80	15,2	12,6	502	22,6	22,7	178,7	108	11,9	52,8	2,5	1,5	231,5	22,8	2,2	2,9
90	16,2	13,5	432	25,0	23,0	190,0	70	12,4	65,2	2,4	1,3	255,2	25,5	2,1	2,8
100	17,0	14,3	383	27,3	23,2	199,6	49	12,7	77,9	2,2	1,1	277,5	28,1	2,0	2,8
110	17,6	15,0	347	29,6	23,4	207,7	36	13,0	90,9	2,1	1,0	298,6	30,4	1,9	2,7
120	18,3	15,6	319	31,9	23,6	214,8	28	13,2	104,1	2,0	0,9	318,9	32,6	1,8	2,7
130	18,9	16,2	298	34,1	23,7	221,0	21	13,4	117,5	2,0	0,9	338,5	34,7	1,7	2,6
140	19,5	16,8	280	36,2	23,8	226,4	18	13,6	131,1	1,9	0,8	357,5	36,7	1,6	2,6
150	19,9	17,3	266	38,3	23,9	231,2	14	13,8	144,9	1,9	0,8	376,1	38,5	1,5	2,5
160	20,4	17,7	254	40,4	24,0	235,5	12	13,9	158,8	1,8	0,8	394,3	40,3	1,5	2,5
170	20,7	18,2	245	42,4	24,1	239,3	9	14,0	172,8	1,8	0,8	412,1	41,9	1,4	2,4
180	21,1	18,6	236	44,4	24,1	242,8	9	14,1	186,9	1,8	0,7	429,7	43,5	1,3	2,4
190	21,5	19,0	229	46,4	24,2	246,0	7	14,3	201,2	1,8	0,7	447,2	45,0	1,3	2,4
200	21,9	19,4	222	48,3	24,3	248,8	7	14,3	215,5	1,7	0,7	464,3	46,4	1,2	2,3

IV. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 0,7

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeysi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	6,9	5,2	9.671	9,5	32,8	120,3						120,3		4,0	4,0
40	9,2	7,5	3.907	12,2	35,3	173,8	5.764	10,4	10,4	6,4	4,8	184,2	5,6	4,3	4,6
50	11,2	9,3	2.268	14,8	36,8	216,7	1.639	11,7	22,1	5,5	2,2	238,8	9,3	4,3	4,8
60	12,8	10,8	1.578	17,2	37,9	251,1	690	12,7	34,8	4,7	2,0	285,9	12,2	4,2	4,7
70	14,0	12,1	1.218	19,6	38,7	278,9	360	13,5	48,3	4,1	1,5	327,2	14,8	4,0	4,8
80	15,2	13,2	1.003	21,9	39,3	301,8	215	14,1	62,4	3,7	1,3	364,2	17,1	3,8	4,6
90	16,2	14,2	862	24,1	39,8	320,8	141	14,6	77,0	3,4	1,1	397,8	19,4	3,6	4,4
100	17,0	15,0	764	26,3	40,2	337,0	98	15,0	92,0	3,1	0,9	429,0	21,4	3,4	4,3
110	17,6	15,8	692	28,3	40,5	350,7	72	15,3	107,3	2,9	0,8	458,0	23,4	3,2	4,2
120	18,3	16,5	637	30,4	40,7	362,7	55	15,6	122,9	2,8	0,8	485,6	25,3	3,0	4,0
130	18,9	17,1	595	32,3	41,0	373,1	42	15,9	138,8	2,6	0,7	511,9	27,1	2,9	3,9
140	19,5	17,7	560	34,2	41,2	382,2	35	16,1	154,9	2,5	0,7	537,1	28,8	2,7	3,8
150	19,9	18,3	532	36,1	41,3	390,3	28	16,3	171,2	2,4	0,6	561,2	30,5	2,6	3,7
160	20,4	18,8	508	37,9	41,5	397,6	24	16,4	187,6	2,4	0,6	585,2	32,1	2,5	3,7
170	20,7	19,4	488	39,6	41,6	404,1	20	16,6	204,2	2,3	0,6	608,3	33,6	2,4	3,6
180	21,1	19,9	471	41,3	41,7	410,0	17	16,7	220,9	2,3	0,6	630,9	35,0	2,3	3,5
190	21,5	20,3	457	43,0	41,8	415,3	14	16,8	237,7	2,2	0,5	653,0	36,4	2,2	3,4
200	21,9	20,8	444	44,6	41,9	420,1	13	16,9	254,6	2,2	0,5	674,7	37,7	2,1	3,4

IV. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 1,0

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeysi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	6,9	5,6	15.030	9,4	46,5	168,0						168,0		5,6	5,6
40	9,2	7,9	6.071	12,0	50,0	242,7	8.959	12,3	12,3	8,7	4,2	255,0	4,8	6,1	6,4
50	11,2	9,8	3.524	14,5	52,2	302,6	2.547	13,9	26,2	7,4	2,7	328,8	8,0	6,1	6,6
60	12,8	11,3	2.452	16,8	53,7	350,6	1.072	15,0	41,2	6,3	1,9	391,8	10,5	5,8	6,5
70	14,0	12,6	1.893	19,0	54,8	389,4	559	15,9	57,1	5,5	1,5	446,5	12,8	5,6	6,4
80	15,2	13,7	1.559	21,2	55,7	421,4	334	16,6	73,7	4,9	1,2	495,1	14,9	5,3	6,2
90	16,2	14,6	1.340	23,2	56,4	448,0	219	17,2	90,9	4,4	1,0	538,9	16,9	5,0	6,0
100	17,0	15,5	1.188	25,2	56,9	470,5	152	17,7	108,6	4,0	0,9	579,1	18,8	4,7	5,8
110	17,6	16,3	1.076	27,1	57,4	489,8	112	18,1	126,7	3,7	0,8	616,5	20,6	4,5	5,6
120	18,3	17,0	991	28,9	57,8	506,4	85	18,4	145,1	3,5	0,7	651,5	22,3	4,2	5,4
130	18,9	17,7	924	30,6	58,1	520,9	67	18,7	163,8	3,3	0,6	684,7	23,9	4,0	5,3
140	19,5	18,3	870	32,3	58,3	533,7	54	19,0	182,8	3,2	0,6	716,5	25,5	3,8	5,1
150	19,9	18,9	826	33,9	58,6	545,0	44	19,2	202,0	3,1	0,6	747,0	25,7	3,6	5,0
160	20,4	19,5	790	35,5	58,8	555,2	36	19,4	221,4	3,0	0,5	776,6	28,5	3,5	4,9
170	20,7	20,0	759	37,0	59,0	564,2	31	19,6	241,0	2,9	0,5	805,2	29,9	3,3	4,7
180	21,1	20,5	732	38,4	59,2	572,4	27	19,7	260,7	2,8	0,5	833,1	31,3	3,2	4,6
190	21,5	21,0	709	39,8	59,3	579,9	23	19,9	280,6	2,7	0,5	860,5	32,6	3,1	4,5
200	21,9	21,5	689	41,1	59,4	586,6	20	20,0	300,6	2,7	0,5	887,2	33,9	2,9	4,4

Ek 1'in devamı

IV. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 1,3

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	6,9	6,0	20.786	9,3	62,0	214,8						214,8		7,2	7,2
40	9,2	8,3	8.397	11,8	66,6	310,3	12.389	14,5	14,5	11,0	4,2	324,8	3,4	7,8	8,1
50	11,2	10,2	4.874	14,2	69,6	386,9	3.523	16,4	30,9	9,3	2,7	417,8	7,4	7,7	8,4
60	12,8	11,7	3.392	16,4	71,6	448,2	1.482	17,7	48,6	7,9	1,9	496,8	9,8	7,5	8,3
70	14,0	13,0	2.618	18,5	73,1	497,8	774	18,8	67,4	6,8	1,4	565,2	11,9	7,1	8,1
80	15,2	14,1	2.156	20,5	74,3	538,6	462	19,6	87,0	6,0	1,2	625,6	13,9	6,7	7,8
90	16,2	15,1	1.854	22,4	75,2	572,7	302	20,3	107,3	5,4	1,0	680,0	15,8	6,4	7,6
100	17,0	15,9	1.642	24,2	75,9	601,5	212	20,9	128,2	5,0	0,9	729,7	17,6	6,0	7,3
110	17,6	16,7	1.488	25,9	76,5	626,1	154	21,4	149,6	4,6	0,7	775,7	19,3	5,7	7,1
120	18,3	17,4	1.370	27,5	77,0	647,4	118	21,7	171,3	4,3	0,7	818,7	20,9	5,4	6,8
130	18,9	18,1	1.278	29,1	77,4	665,9	92	22,1	193,4	4,1	0,6	859,3	22,5	5,1	6,6
140	19,5	18,7	1.204	30,5	77,8	682,3	74	22,4	215,8	3,9	0,6	898,1	24,0	4,9	6,4
150	19,9	19,3	1.143	31,9	78,1	696,8	61	22,7	238,5	3,7	0,5	935,3	25,5	4,6	6,2
160	20,4	19,9	1.092	33,2	78,4	709,7	51	22,9	261,4	3,6	0,5	971,1	26,9	4,4	6,1
170	20,7	20,5	1.050	34,5	78,6	721,3	42	23,1	284,5	3,5	0,5	1.005,8	28,3	4,2	5,9
180	21,1	21,0	1.013	35,7	78,9	731,8	37	23,3	307,8	3,4	0,5	1.039,6	29,6	4,1	5,8
190	21,5	21,5	981	36,8	79,1	741,3	32	23,4	331,2	3,3	0,4	1.072,5	30,9	3,9	5,6
200	21,9	22,0	953	37,9	79,2	749,9	28	23,6	354,8	3,2	0,4	1.104,7	32,1	3,7	5,5

V. BONİTET SINIFI (BE=12 m) ve SIKLIK DERECESİ= 0,4

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	5,0	3,3	8.237	7,0	18,2	50,3						50,3		1,7	1,7
40	6,6	4,9	3.327	9,1	19,6	72,6	4.910	7,7	7,7	3,0	4,9	80,3	9,6	1,8	2,0
50	8,0	6,1	1.932	11,0	20,4	90,6	1.395	8,6	16,3	2,7	3,3	106,9	15,2	1,8	2,1
60	9,0	7,2	1.344	12,9	21,0	104,9	588	9,4	25,7	2,4	2,5	130,6	19,7	1,7	2,2
70	9,8	8,0	1.037	14,7	21,5	116,6	307	9,9	35,6	2,2	2,0	152,2	23,4	1,7	2,2
80	10,6	8,8	854	16,5	21,8	126,1	183	10,4	46,0	2,0	1,6	172,1	26,7	1,6	2,2
90	11,4	9,4	734	18,3	22,1	134,1	120	10,7	56,7	1,9	1,5	190,8	29,7	1,5	2,1
100	12,0	9,9	651	20,0	22,3	140,8	83	11,0	67,7	1,8	1,3	208,5	32,5	1,4	2,1
110	12,5	10,4	590	21,7	22,5	146,6	61	11,3	78,7	1,7	1,2	225,3	34,9	1,3	2,0
120	13,1	10,9	543	23,3	22,6	151,6	47	11,5	90,2	1,7	1,1	241,8	37,3	1,3	2,0
130	13,5	11,3	506	24,9	22,7	155,9	37	11,7	101,9	1,6	1,0	257,8	39,5	1,2	2,0
140	14,0	11,7	477	26,5	22,8	159,7	29	11,8	113,7	1,6	1,0	273,4	41,6	1,1	2,0
150	14,3	12,0	453	28,0	22,9	163,1	24	12,0	125,7	1,5	0,9	288,8	43,5	1,1	1,9
160	14,7	12,3	433	29,5	23,0	166,2	20	12,1	137,8	1,5	0,9	304,0	45,3	1,0	1,9
170	15,0	12,7	416	31,0	23,1	168,9	17	12,2	150,0	1,5	0,9	318,9	47,0	1,0	1,9
180	15,4	12,9	401	32,5	23,2	171,3	15	12,3	162,3	1,5	0,9	333,6	48,7	1,0	1,9
190	15,7	13,2	389	33,9	23,2	173,6	12	12,4	174,7	1,5	0,9	348,3	50,2	0,9	1,8
200	16,1	13,5	378	35,3	23,3	175,6	11	12,5	187,2	1,5	0,9	362,8	51,6	0,9	1,8

V. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 0,7

Yaş	Kalan Meşcere						Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	5,0	3,6	16.450	6,9	31,5	84,9						84,9		2,8	2,8
40	6,6	5,2	6.645	8,9	33,8	122,7	9.805	9,0	9,0	4,7	4,5	131,7	6,8	3,1	3,3
50	8,0	6,5	3.857	10,8	35,3	152,9	2.788	10,2	19,2	4,0	2,9	172,1	11,2	3,1	3,4
60	9,0	7,5	2.684	12,6	36,4	177,2	1.173	11,1	30,3	3,5	2,1	207,5	14,6	3,0	3,5
70	9,8	8,4	2.072	14,3	37,1	196,8	612	11,7	42,0	3,1	1,7	238,8	17,6	2,8	3,4
80	10,6	9,2	1.706	16,0	37,7	212,9	366	12,3	54,3	2,8	1,4	267,2	20,3	2,7	3,3
90	11,4	9,9	1.467	17,6	38,1	226,4	239	12,7	67,0	2,6	1,2	293,4	22,8	2,5	3,3
100	12,0	10,5	1.300	19,2	38,5	237,8	167	13,0	80,0	2,4	1,0	317,8	25,2	2,4	3,2
110	12,5	11,0	1.177	20,7	38,8	247,5	123	13,3	93,3	2,3	0,9	340,8	27,4	2,3	3,1
120	13,1	11,5	1.084	22,2	39,1	255,9	93	13,6	106,9	2,2	0,9	362,8	29,5	2,1	3,0
130	13,5	11,9	1.011	23,6	39,3	263,3	73	13,8	120,7	2,1	0,8	384,0	31,4	2,0	3,0
140	14,0	12,4	953	25,0	39,5	269,7	58	14,0	134,7	2,0	0,8	404,4	33,3	1,9	2,9
150	14,3	12,8	905	26,4	39,6	275,4	48	14,1	148,8	2,0	0,7	424,2	35,1	1,8	2,8
160	14,7	13,1	864	27,7	39,8	280,6	41	14,3	163,1	2,0	0,7	443,7	36,8	1,8	2,8
170	15,0	13,5	831	28,9	39,9	285,1	33	14,4	177,5	1,9	0,7	462,6	38,4	1,7	2,7
180	15,4	13,9	802	30,2	40,0	289,3	29	14,5	192,0	1,9	0,7	481,3	39,9	1,6	2,7
190	15,7	14,2	776	31,4	40,1	293,0	26	14,6	206,6	1,8	0,6	499,6	41,4	1,5	2,6
200	16,1	14,5	755	32,6	40,2	296,5	21	14,7	221,3	1,8	0,6	517,8	42,7	1,5	2,6

Ek 1'in devamı

V. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 1,0

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	5,0	3,9	25.564	6,9	44,6	118,6						118,6		4,0	4,0
40	6,6	5,5	10.327	8,8	47,9	171,3	15.237	10,7	10,7	6,3	4,3	182,0	5,9	4,3	4,6
50	8,0	6,8	5.995	10,6	50,1	213,6	4.332	12,0	12,0	5,4	2,8	236,3	9,6	4,3	4,7
60	9,0	7,9	4.171	12,3	51,5	247,4	1.824	13,1	35,8	4,7	2,0	283,2	12,6	4,1	4,7
70	9,8	8,8	3.220	13,9	52,6	274,8	951	13,8	49,6	4,1	1,6	324,4	15,3	3,9	4,6
80	10,6	9,5	2.651	15,5	53,4	297,3	569	14,5	64,1	3,7	1,3	361,4	17,7	3,7	4,5
90	11,4	10,2	2.280	17,0	54,1	316,1	371	15,0	79,1	3,4	1,1	395,2	20,0	3,5	4,4
100	12,0	10,8	2.020	18,4	54,6	332,0	260	15,4	94,5	3,1	1,0	426,5	22,2	3,3	4,3
110	12,5	11,4	1.830	19,8	55,0	345,6	190	15,7	110,2	2,9	0,9	455,8	24,2	3,1	4,1
120	13,1	11,9	1.685	21,1	55,4	357,3	145	16,0	126,2	2,8	0,8	483,5	26,1	3,0	4,0
130	13,5	12,3	1.572	22,4	55,7	367,6	113	16,3	142,5	2,7	0,7	510,1	27,9	2,8	3,9
140	14,0	12,8	1.480	23,6	56,0	376,6	92	16,5	159,0	2,6	0,7	535,6	29,7	2,7	3,8
150	14,3	13,2	1.406	24,8	56,2	384,6	74	16,7	175,7	2,5	0,7	560,3	31,4	2,6	3,7
160	14,7	13,6	1.343	25,9	56,4	391,7	63	16,9	192,6	2,4	0,6	584,3	33,0	2,4	3,7
170	15,0	14,0	1.291	27,0	56,6	398,1	52	17,0	209,6	2,3	0,6	607,7	34,5	2,3	3,6
180	15,4	14,3	1.246	28,1	56,7	403,9	45	17,1	226,7	2,3	0,6	630,6	35,9	2,2	3,5
190	15,7	14,7	1.207	29,1	56,9	409,2	39	17,3	244,0	2,3	0,6	653,2	37,4	2,2	3,4
200	16,1	15,0	1.173	30,0	57,0	414,0	34	17,4	261,4	2,2	0,5	675,4	38,7	2,1	3,4

V. BONİTET SINIFI ve SIKLIK DERECESİ= 1,3

Yaş	Kalan Meşçere						Ayrılan Meşçere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşçere		Ortalama Artım	
	Üst Boy	Orta Boy	Ağaç Sayısı	Orta Çap	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat %'si	Kalan Meşçere	Genel Meşçere
	m	m	Adet	cm	m ²	m ³	Adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³
30	5,0	4,2	35.356	6,8	57,7	151,6						151,6	-	5,1	5,1
40	6,6	5,8	14.282	8,6	62,0	219,0	21.074	12,6	12,6	8,0	4,3	231,6	5,4	5,5	5,8
50	8,0	7,1	8.291	10,4	64,7	273,0	5.991	14,2	26,8	6,8	2,8	299,8	8,9	5,5	6,0
60	9,0	8,2	5.769	12,0	66,6	316,3	2.522	15,4	42,2	5,9	2,0	358,5	11,8	5,3	6,0
70	9,8	9,1	4.453	13,5	68,0	351,3	1.316	16,3	58,5	5,1	1,5	409,8	14,3	5,0	5,9
80	10,6	9,8	3.667	15,0	69,1	380,1	786	17,1	75,6	4,6	1,3	455,7	16,6	4,8	5,7
90	11,4	10,5	3.153	16,4	69,9	404,1	514	17,7	93,3	4,2	1,1	497,4	18,8	4,5	5,5
100	12,0	11,1	2.794	17,7	70,6	424,4	359	18,2	111,5	3,9	0,9	535,9	20,8	4,2	5,4
110	12,5	11,7	2.531	18,9	71,1	441,8	263	18,6	130,1	3,6	0,8	571,9	22,7	4,0	5,2
120	13,1	12,2	2.331	20,1	71,6	456,8	200	18,9	149,0	3,4	0,8	605,8	24,6	3,8	5,0
130	13,5	12,6	2.174	21,2	72,0	469,9	157	19,2	168,2	3,2	0,7	638,1	26,4	3,6	4,9
140	14,0	13,1	2.047	22,3	72,3	481,4	127	19,5	187,7	3,1	0,7	669,1	28,1	3,4	4,8
150	14,3	13,5	1.944	23,3	72,6	491,7	103	19,7	207,4	3,0	0,6	699,1	29,7	3,3	4,7
160	14,7	13,9	1.858	24,3	72,9	500,8	86	19,9	227,3	2,9	0,6	728,1	31,2	3,1	4,6
170	15,0	14,3	1.785	25,2	73,1	509,0	73	20,1	247,4	2,8	0,6	756,4	32,7	3,0	4,4
180	15,4	14,7	1.723	26,1	73,3	516,4	62	20,2	267,6	2,8	0,5	784,0	34,1	2,9	4,4
190	15,7	15,0	1.669	26,9	73,5	523,1	54	20,4	288,0	2,7	0,5	811,1	35,5	2,8	4,3
200	16,1	15,4	1.622	27,7	73,7	529,2	47	20,5	308,5	2,7	0,5	837,7	36,8	2,6	4,2



Alaçam Dağları, 2012
Şükrü Teoman GÜNER

23

KARAÇAM AĞAÇLANDIRMALARININ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN ETMENLER

1. Giriş

Kesintili bir yayılış alanına sahip olan karaçam (*Pinus nigra* Arn.), Güney Avrupa, Kuzeybatı Afrika ve Türkiye’de (Anadolu’da) yayılmaktadır (Vidaković, 1991). Bu tür ssp. *nigra*, ssp. *salzmannii*, ssp. *laricio*, ssp. *dalmatica* ve ssp. *pallasiana* olmak üzere sistematik bakımdan 5 alt türü bulunmaktadır (Tutin ve ark., 1993). Bu alt türlerden Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*) (Güner ve ark., 2012) doğal olarak Türkiye, Trakya, Kırım, Balkanlar, Güney Karpatlar, Kıbrıs, Batı Kafkasya ve Batı Suriye’de yayılış göstermektedir (Davis, 1965; Anşın ve Özkan, 1993). Karaçam Türkiye’de 165-2150 metrelerde saf veya meşe, göknar, çam ve ardıç gibi cinslerle karışık olarak; Marmara, Karadeniz, Ege, Akdeniz, İç Anadolu Bölgeleri ile Yukarı Fırat Bölümü’nde bulunmaktadır (Kandemir ve Mataracı, 2018).

Türkiye’nin orman varlığı, 2020 yılı verilerine göre 22,621 milyon hektar olup bu alanın yaklaşık % 18,3’ünü (4.199.623 ha) karaçam ormanları oluşturmaktadır (OGM, 2021). Karaçam gerek yayılış gerekse odununun kullanım alanı bakımından önemli bir ağaç türümüzdür.

Karaçam, stebe en çok sokulan türlerden olması, toprak istekleri bakımından kanaatkâr olması, sıcak ve kurağa dayanıklı olduğu gibi kış soğuklarına da dayanıklı olması (Saatçioğlu, 1969) sebebiyle, ağaçlandırma çalışmalarında en çok kullanılan türlerden biridir. Ancak, karaçam ağaçlandırmalarında gelişim farklılıklarına rastlanılmaktadır. Bu durumun büyük ölçüde yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Başarılı bir ağaçlandırma, söz konusu ağaç türünün yetiştirme ortamı istekleri hakkında yeterli bilgiye sahip olmakla mümkündür (Güner ve ark., 2016). Ağaçlandırma çalışmalarında aday sahaların bonitetinin belirlenmesi, yapılacak çalışmanın başarısı için oldukça önemlidir.

¹⁾ Doç. Dr., Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Bartın, Elmek: stguner@gmail.com

²⁾ Dr., Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir, Elmek: aydincomez@ogm.gov.tr

³⁾ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Elmek: kursadozkan@isparta.edu.tr

Orman ağaçlarının gelişimi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerle ilgili olarak farklı ağaç türlerinde (Bravo-Oviode ve Montero, 2005; Bravo-Oviode ve ark., 2011; Bueis ve ark., 2016; Moreno-Fernández ve ark., 2018), farklı istatistik metotlar kullanılarak (Seynave ve ark., 2005; Bueis ve ark., 2016; Gülsoy ve Çınar, 2019), yöresel ve bölgesel düzeyde (Bravo ve Montero, 2001; Diéguez-Aranda ve ark., 2005; Ercanlı ve ark., 2008; Bravo ve ark., 2011; Álvarez-Álvarez ve ark., 2011; Yener ve Altun, 2018), ülke veya geniş coğrafik ölçekte (Çepel ve ark., 1977; Chen ve ark., 2002; Moreno-Fernández ve ark., 2018; Eckhart ve ark., 2019) yapılmış ulusal ve uluslararası çok sayıda araştırma mevcuttur.

Türkiye’de, karaçamın ekolojisi (Karaöz, 1988; Akbin, 1994; Yücel, 1995; Yücel, 2000; Kara, 2002; Sevgi, 2003; Özkan, 2004; Karatepe, 2004; Sevgi ve Tecimen, 2009) ve verimliliği ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmalar (Eruz, 1984; Altun ve ark., 2007; Özkan ve ark., 2008; Özkan ve Gülsoy, 2009; Özel ve ark., 2010; Güner ve ark., 2011a; Güner ve ark., 2011b; Gülsoy ve ark., 2014; Polat ve ark., 2014; Güner ve ark., 2016; Gülsoy ve Çınar, 2019; Çınar ve Gülsoy, 2019; Karatepe ve ark., 2020) mevcuttur. Bu araştırmalardan Karaöz (1988), Akbin (1994), Kara (2002), Karatepe (2004), Özel ve ark. (2010), Güner ve ark. (2011a), Güner ve ark. (2011b), Polat ve ark. (2014), Güner ve ark. (2016) ile Karatepe ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmalar türün doğal yayılış alanı dışındaki ağaçlandırma alanlarında, diğerleri ise türün doğal yayılış alanlarında gerçekleştirilmiştir.

Geniş alanlarda karaçam ağaçlandırılması yapılmış olmakla birlikte, karaçam ağaçlandırmaları ile yetiştirme ortamı özellikleri arasında ilişkileri içeren birikimlerin değerlendirilmesi yapılmamıştır. Bu çalışmada, yukarıda sıralanan ve türün doğal yayılış alanı dışında yapılan araştırmalardan elde edilen bulguların bir arada değerlendirilmesi ve karaçam ağaçlandırmalarının gelişiminde etkili olan ekolojik faktörlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Fizyografik Faktörlerin Karaçam Ağaçlandırmalarının Gelişimine Etkisi

Türkiye’deki karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin büyüme modelleri üzerine yapılan çalışmada, bonitet endeksi (BE_{40}) ile yükselti ve bakı arasında önemli ilişkiler bulunmuş, karaçamın doğu bakılar ile düşük yükseltilerde daha iyi bir gelişim gösterdiği belirlenmiştir (Yavuz ve ark., 2004). Mersin-Kandincik havzası’ndaki karaçam ağaçlandırmalarında, güney bakı grubundaki karaçamların üst boy gelişimleri kuzey bakı grubuna göre daha fazla bulunmuştur (Polat ve ark., 2014). Yükselti/iklim kuşakları arasında ise anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir (Polat ve ark., 2014). Türkiye’deki karaçam ağaçlandırmalarının gelişimi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmada, bonitet endeksi (BE_{40}) ile yükselti, eğim ve yamaç konumu arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur (Güner ve ark., 2016).

“Yükseltinin ekolojideki önemi iklime yaptığı etkiden kaynaklanmaktadır. Ülkemizdeki karaçam ağaçlandırma alanları genel olarak bozkırın etrafında bulunmakta ve vejetasyon döneminde toprakta su açığı meydana gelmektedir” (Güner ve ark., 2011a). “Dolayısıyla, genel olarak karaçam ağaçlandırma alanlarındaki sınırlayıcı faktör su açığıdır. Bu sebeple, yükseltiye bağlı olarak yağışın artması, boy büyümesinin yükselti ile artmasına yol açmıştır. Ayrıca yükseltideki artış, sıcaklığın düşmesine, buharlaşmanın azalmasına ve beraberinde daha nemli yetiştirme ortamlarının oluşmasına sebep olmuştur” (Güner ve ark., 2016). Karaçam ağaçlandırmalarının 1200-1600 m yükselti arasında yapılmasının muhtemel başarıyı arttıracığı bildirilmektedir (Güner ve ark., 2016). Yavuz ve ark. (2004), ise karaçam ağaçlandırmalarının düşük yükseltide yapılmasını önermektedir. Bu durum, araştırmaya konu alanlarda, su açığı bulunmamasının, yükseltiye bağlı olarak sıcaklığın azalmasının, vejetasyon döneminin kısalmasının, boy büyümesinde gerilemelere sebep olduğu şeklinde yorumlanabilir. Keza, doğal sarıçam (Çepel ve ark., 1977) ve doğu ladini (Daşdemir, 1992; Yener ve Altun, 2018) ormanlarında yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır. Yükselti ile ilgili olarak, karaçam ağaçlandırmalarının, bozkırın etrafında yer alan ve su açığı bulunan alanlarda 1200-1600 m yükselti arasında, su açığı bulunmayan alanlarda ise daha düşük yükseltide yapılması önerilebilir.

Karaçam ağaçlandırmalarında (Güner ve ark., 2016) ve doğal karaçam ormanlarında yapılan araştırmalarda (Eruz, 1984; Özkan ve ark., 2008; Gülsoy ve ark., 2014) yamaç konumu ile bonitet endeksi arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. “Yamaç üst kenarından aşağılara inildikçe ağaçların su ve besin maddelerinden yararlanma imkânları daha fazla olmaktadır” (Güner ve ark., 2016). Bu sebeple, karaçam ağaçlandırmalarında önceliğin orta ve alt yamaç arazilere verilmesine, sırt ve üst yamaç arazilerden kaçınılmasına dikkat edilmelidir.

“Yamaç eğimi, lokal iklim üzerinde etkili olduğu gibi toprağın su ve besin ekonomisini de etkilediğinden, az eğimli yerlerde iyi bonitetlerin bulunması doğaldır” (Güner ve ark., 2016). Ancak, karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi eğimdeki artışa bağlı olarak artmıştır. Bu durum, araştırma alanlarındaki toprakların bir m³ hacimdeki kil ve toz+kil miktarı ile eğim arasındaki negatif ilişki ile açıklanmıştır (Güner ve ark., 2016). Topraktaki kil miktarının artması, toprakların su tutma ve besin maddesi kapasitesinin artmasına, hava kapasitesinin azalmasına sebep olmaktadır. Toprağın hava kapasitesinin azalması ise kök gelişiminin engellenmesine, dolayısıyla boy gelişiminin gerilemesine sebep olmaktadır (Çepel, 1996). Bu noktada eğim önem arz etmekte ve eğimdeki artış ile yağın yağış sularının topraktan drene olması ve toprak gözeneklerinin hava ile dolması sağlanmaktadır. Ayrıca az eğimli alanlarda toprağın kil içeriğinin yüksek olması, kurak dönemde meydana gelebilecek çatlama, dolayısıyla su kayıplarını da arttırmaktadır (Güner ve ark., 2016). Eğim ile boy gelişimi arasındaki pozitif ilişki toprağın ince taneli olmasındaki olumsuzluğun eğim

faktörü tarafından giderilmesi ile açıklanabilir. Dolayısıyla, karaçam ağaçlandırmalarının ince taneli topraklarda orta ve çok eğimli; orta ve kaba taneli topraklarda ise düz ve az eğimli alanlarda yapılmasına dikkat edilmelidir.

Bakının, bir yerin sıcaklık ve nem iklimini önemli derecede etkileyen bir faktör olması sebebiyle boy gelişimi üzerinde etkili olması beklenir (Güner ve ark., 2016). Ancak yapılan araştırmaların birçoğunda, bakı ile boy büyümesi arasında anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir (Gülsoy ve ark., 2014; Oğuzoğlu ve Özkan, 2015; Güner ve ark., 2016). Bu durum, bakının istatistik hesaplara sayısal bir parametre olarak sokulmasındaki güçlükler ile açıklanmıştır (Çepel ve Dündar, 1980). Mersin-Kadıncık havzasındaki karaçam ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada, güney bakı grubundaki karaçamların kuzey bakı grubuna göre (Polat ve ark., 2014), daha iyi bir gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Polat ve ark. (2014), tarafından yapılan araştırma her ne kadar güney bakıyı daha avantajlı olarak gösterse de çalışmanın Akdeniz'in sıcak ve nemli hava etkisini alan Toros dağlarının güney yamaçlarını temsil ettiği unutulmamalıdır. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin büyüme modelleri üzerine yapılan çalışmada ise doğu bakıda yer alan karaçamların diğer bakılara göre daha iyi bir gelişim gösterdiği bildirilmektedir (Yavuz ve ark., 2004). Özellikle su açığı bulunan yörelerdeki karaçam ağaçlandırmalarında önceliğin kuzey bakı grubuna verilmesi, boy gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olacaktır.

3. Toprak Özelliklerinin Karaçam Ağaçlandırmalarının Gelişimine Etkisi

Karaçam ağaçlandırmalarının büyüme modelleri üzerine yapılan çalışmada (Yavuz ve ark., 2004), karaçamın pH değeri düşük topraklar (pH=5,0-6,0) ile kum, toz ve kil oranlarının hemen hemen birbirlerine eşit olduğu ancak toz oranının biraz daha yüksek olduğu topraklarda daha iyi bir gelişim gösterdiği bildirilmektedir. Eskişehir ve Afyonkarahisar illerindeki karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi ile toprakların mutlak derinliğine (B horizonunun alt sınırı) kadar olan ince toprak miktarı, solum, iskelet hacmi, kum, toplam azot ve organik karbon arasında pozitif, magnezyum arasında negatif; toprakların bir m³ hacimdeki değerlerinden iskelet hacmi, toplam azot arasında pozitif, kalsiyum, magnezyum ve katyon değişim kapasitesi arasında ise negatif ilişkiler belirlenmiştir (Güner ve ark., 2011a). Diğer yandan, Mersin-Kadıncık havzasındaki karaçam ağaçlandırmalarının boy (H₃₈) gelişimi ile toprakların kum (kg/m³) ve toplam azot (g/m³) miktarı arasında pozitif; iskelet hacmi (l/m³) arasında ise negatif yönde önemli ilişkiler bulunmuştur (Polat ve ark., 2014). Güner ve ark. (2016), tarafından karaçam ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada, mutlak toprak derinliğinin boy gelişimini (BE₄₀) arttırdığı, ancak bir m³ hacimdeki toprak miktarı (Ø < 2 mm), iskelet hacmi, kum, toz, kil, toplam kar-

bonat ve organik karbon miktarının boy gelişimine anlamlı bir etkisinin olmadığı ortaya konulmuştur. Karatepe ve ark. (2020), tarafından Burdur yöresinde yapılan çalışmada, karaçam ağaçlandırmalarının 21 yaşındaki boy gelişimi ile toprağın 0-30 cm derinlik kademesindeki kil, organik madde, K, Mg, Mn ve Cu arasında pozitif; toz, pH, kireç ve Na arasında negatif ilişkiler belirlenmiştir. Aynı çalışmada ayrıca, 30-60 cm derinlik kademesindeki kil miktarındaki artış boylanmayı arttırırken, pH ve kireç içeriğinin yükselmesine bağlı olarak boy gelişiminin azaldığı da ortaya konmuştur.

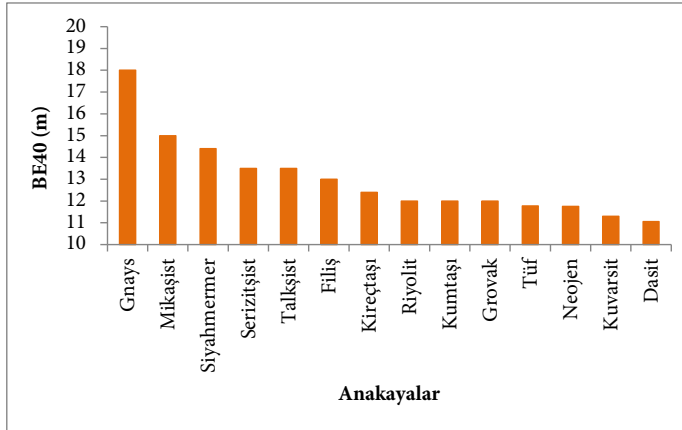
Güner ve ark. (2011a) tarafından yapılan çalışmada, toprak derinliği, ince toprak miktarı, iskelet hacmi, kum, toplam azot ve organik karbon miktarındaki artış karaçamın boy gelişimini olumlu; katyon değişim kapasitesi, kalsiyum ve magnezyum miktarındaki artış ise olumsuz yönde etkilemiştir. Toprak derinliği ve ince toprak miktarındaki artış, toprağın su ve besin ekonomisini; iskelet hacmi ve kum miktarındaki artış ise hava kapasitesini olumlu yönde etkileyecektir. Buradan karaçamın kaba taneli, hava kapasitesi yüksek, nemli ve besin maddesine zengin topraklarda daha iyi bir gelişim yaptığı söylenebilir. Keza, karaçamın kaba taneli (Eruz, 1984; Polat ve ark., 2004) ve nemli (Eruz, 1984) topraklarda iyi bir gelişim gösterdiği bildirilmektedir. Katyon değişim kapasitesi, toprağın besin maddesi kapasitesi için bir ölçüt olabildiği gibi, toprağın su tutma kapasitesini değerlendirmede yardımcı bir özelliktir (Eruz, 1984). Toprakların katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyonları ile boy gelişimi arasında doğrusal ilişkilerin bulunması beklenir. Karatepe ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada da, karaçamın boy gelişimi ile K, Mg, Mn ve Cu arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Güner ve ark. (2011a), tarafından yapılan çalışmada ise zıt sonuçlara ulaşılmıştır. Bu durum, araştırmada kötü verim sınıfında bulunan sahaların, genel olarak 1000-1200 m yükseltinin altında, ince taneli, kireç bakımından zengin, iklim tipi kurak-az nemli olan ve yıllık yağışı 400-450 mm civarında olması sebebiyle düşük düzeydeki yağışın topraktaki katyonları yıkayamaması ve bitki tarafından alınamaması ile açıklanmıştır. Yine karaçamın boy gelişimi ile topraktaki kireç (Karatepe ve ark., 2020) ve pH (Yavuz ve ark., 2004; Karatepe ve ark., 2020) değerleri arasında negatif ilişkiler bulunmuştur. Toprağın kireç içeriğinin yükselmesi beraberinde pH'nın yükselmesine, pH'nın yükselmesi ise toprakta var olan besin elementlerinin bitkiler tarafından alınamamasına sebep olabilmektedir. Dolayısıyla, yüksek kireç ve pH değerlerinde bitki gelişimlerinde gerilemeler görülebileceğinden bu tip sahalardaki ağaçlandırmalara ihtiyatla yaklaşılmalıdır.

Karaçam ağaçlandırmaları üzerine yapılan araştırma bulgularına göre, yöresel yapılan çalışmalarda (Güner ve ark., 2011a; Polat ve ark., 2014; Karatepe ve ark., 2020), boy gelişimi ile toprak özellikleri arasında daha fazla, ülke düzeyinde ya da geniş coğrafik alanlarda yapılan çalışmalarda (Yavuz ve ark., 2004; Güner ve

ark., 2016) ise daha az ilişki bulunmuştur. Geniş ölçekte yapılan çalışmalarda, iklim özellikleri ile fizyografik faktörlerin, toprak özelliklerine göre boy gelişimi üzerinde daha etkili olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, ağaçlandırmalarda aday sahaların verimliliğinin belirlenmesinde yerel düzeyde yapılacak araştırmalardan elde edilecek sonuçlarının kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre karaçam ağaçlandırmalarının genellikle toprak kireç içeriğinin az ve reaksiyonunun 5-6 pH değerleri arasında olduğu, balçık türündeki topraklarda daha iyi geliştiği söylenebilir.

4. Anakayanın Karaçam Ağaçlandırmalarının Gelişimine Etkisi

Mersin-Kadıncık havzasındaki karaçam ağaçlandırmalarının kalkıştı ve dolomitik kireçtaşı anakayalar üzerinde yayılış gösterdiği, karaçamların 38 yaşındaki üst boy gelişimleri bakımından anakayalar arasında önemli bir farklılık belirlenemediği bildirilmektedir (Polat ve ark., 2014). Güner ve ark. (2016), karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi ile mikaşist ve gnays anakaya arasında pozitif, dasit anakaya arasında ise negatif yönde önemli ilişkiler bulmuştur. Araştırma kapsamında incelenen siyah mermer, serisit şist, talk şist, filiş, kireçtaşı, riyolit, kumtaşı, grovak, tuf, neojen ve kuvarsit anakayalar ile boy gelişimi arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Ancak ortalama değerlere göre karaçamın dasit, tuf, kuvarsit anakayalar ile alüvyal anamateryallerde zayıf; gnays, mikaşist, siyah mermer, serisit şist ve talk şist anakayalarda ise daha iyi bir gelişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Anakayalara göre karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi (Güner ve ark., 2016).

Genel bir değerlendirme yapıldığında, karaçamın şistik yapıya sahip olan anakayalar üzerinde daha iyi bir gelişim gösterdiği söylenebilir. Ancak burada

dikkat edilmesi gereken önemli bir konu ise arazi etütlerinde anakaya tabaka yönünün sağlıklı bir şekilde belirlenmesidir. Ağaçlandırmalarda, anakayanın yatay tabakalanma gösterdiği sahalardan kaçınılmasına, dikey ve eğik tabakalanma gösteren sahalarda çalışma yapılmasına özen gösterilmelidir.

5. İklim Özelliklerinin Karaçam Ağaçlandırmalarının Gelişimine Etkisi

Devrek-Akçasu yöresindeki karaçam ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada, 1985-2006 yılları arasında ve iki farklı yükselti kademesinde (420-720 m ve 720-1020 m) bir önceki yıldaki vejetasyon dönemine ait ortalama yüksek sıcaklık ve toplam yağış miktarının, ağaçların bir yıl sonraki boy artımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, boy artımı ile vejetasyon dönemi ortalama yüksek sıcaklık değişkeni arasında birinci yükselti kademesinde negatif, ikinci yükselti kademesinde ise pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Diğer yandan her iki yükselti kademesinde de vejetasyon dönemi toplam yağış miktarı ile boy gelişimi arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur (Özel ve ark., 2010). Araştırmacılar, sürekli değişim sergileyen iklimik koşulların, edafik ve fizyografik koşullara göre büyüme ve adaptasyon üzerinde daha etkili olduğunu bildirmektedir. Güner ve ark. (2016), tarafından karaçam ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada, üst boy (BE_{40}) ile yıllık yağış ve en kurak ayın yağış miktarı arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Ancak yıllık ortalama sıcaklık, ortalama yüksek sıcaklık, en soğuk ayın ortalama sıcaklığı, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı, dört yaz ayının ortalama sıcaklığı ve dört yaz ayının yağış miktarı ile boy gelişimi arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir (Güner ve ark., 2016).

Yukarıdaki araştırma bulguları ışığında, karaçam ağaçlandırmalarının gelişimi üzerinde yağış faktörünün etkili olduğu, özellikle yıllık yağışın 400 mm ve en kurak aydaki (Ağustos-Eylül) yağış miktarının 10 mm'nin üzerinde olduğu alanlarda karaçamın daha iyi bir gelişim göstereceği söylenebilir.

6. Karaçam Ağaçlandırmalarında Verimliliğinin Gösterge Türleri

Güner ve ark. (2011b), tarafından İç Anadolu Bölgesi'nde yapılan çalışmada, karaçam ağaçlandırmalarının verimli olabileceği potansiyel alanların odunsu gösterge türleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, karaçam için bir negatif (*Juniperus oxycedrus*) ve dört pozitif gösterge tür (*Rosa canina*, *Cistus laurifolius*, *Quercus vulcanica*, *Crataegus orientalis*) belirlenmiştir. Ayrıca karaçamın verimliliği ile odunsu tür zenginliği arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Buna göre, "eğer bir alanda *Juniperus oxycedrus* türü mevcut değilse ve *Rosa canina*, *Cistus laurifolius*, *Quercus vulcanica* veya *Crataegus*

orientalis türlerinden herhangi birisine rastlandıysa; o alanın verim gücünün karaçam için iyi veya orta düzeyde olduğu düşünülebilir. Bu tespitlere ilave olarak, söz konusu sahada odunsu takson çeşitliliği beşten fazlaysa, bu alanın karaçam için orta veya iyi bonitette olma ihtimali oldukça yüksektir. Eğer bir alanda *Juniperus oxycedrus* türü bulunuyorsa, bu durumda alanın karaçam için verimsiz olduğu düşünülebilir; ancak böyle sahalar için acele karar verilmemeli, sahada *Rosa canina*, *Crataegus orientalis* ve hatta *Quercus vulcanica* türlerinin mevcut olup olmadığına bakılmalıdır. Eğer alanda, bu üç tür (özellikle *R. canina*) yoksa ve aynı zamanda odunsu takson çeşitliliği de beşten azsa, karaçam, bu alanda muhtemelen zayıf bir gelişme gösterecektir. Son olarak da belirtmemiz gerekir ki, iyi ve orta bonitette olan bazı örnek alanlarda, yukarıda bahsi geçen türlerden hiçbiri bulunmadığı gibi tür çeşitliliği de çok fakirdir. Dolayısıyla bu tip sahalarda, verimliliği etkileyen diğer yetiştirme ortamı faktörlerinin belirlenmesi zorunlu hale gelmektedir” denilmektedir (Güner ve ark., 2011b: 57).

Araştırma sonuçları, gösterge türlerin, aday sahaların ön değerlendirmesinde kullanılabilirliğini, nihai kararın ise yetiştirme ortamı etüt edildikten sonra verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

7. Karaçam Ağaçlandırmalarının Verimliliğinin Modellenmesi

Karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin büyüme modelleri üzerine yapılan çalışmada, karaçamın 40 yaşındaki üst boy gelişimi, edafik ve fizyografik faktörler ile modellenmiştir (Yavuz ve ark., 2004). Elde edilen modelin (Model 1) belirtme katsayısı (R^2) 0,63, standart hatası ise 2,2 m olarak belirlenmiştir.

$$BE_{40} \text{ (m)} = - 57,37 - (0,794 \times pH) + (0,808 \times \%kum) + (0,750 \times \%kil) + (0,888 \times \%toz) - (0,0187 \times bakı^\circ) - (0,0007771 \times yükselti \text{ m}) \quad \text{Model 1}$$

Eskişehir ve Afyonkarahisar illerindeki karaçam ağaçlandırmalarının gelişimi ile fizyografik faktörler, iklim, anakaya ve toprakların bir m^3 hacimdeki değerleriyle yapılan aşamalı regresyon analizinde, eğim, yamaç konumu, enlem ve mikâşist anakaya modele girmiştir (Model 2). Modelin belirtme katsayısı %38, standart hatası 2,49 m olarak belirlenmiştir. Regresyon ağacı modelinde, BE_{40} üzerinde etkili olan yetiştirme ortamı faktörleri nispi önem düzeylerine göre enlem, ince toprak miktarı, yamaç konumu, toz, organik karbon, solun, kireç, yükselti, toplam azot, kil, iskelet hacmi ve faydalanılabilir su kapasitesi olarak sıralanmıştır (Şekil 2). Modelde gerçek ve tahmini boy değerleri arasındaki ilişki önemli olup, açıklanan varyans oranı %86,9 olarak bulunmuştur (Güner ve ark., 2011a).

$$BE_{40} (m) = 5,995 + (0,05796 \times \text{eğim}\%) + (0,02813 \times \text{yamaç konumu}\%) + (0,00001238 \times \text{enlem}) + (1,308 \times \text{mikaşist}) \quad \text{Model 2}$$

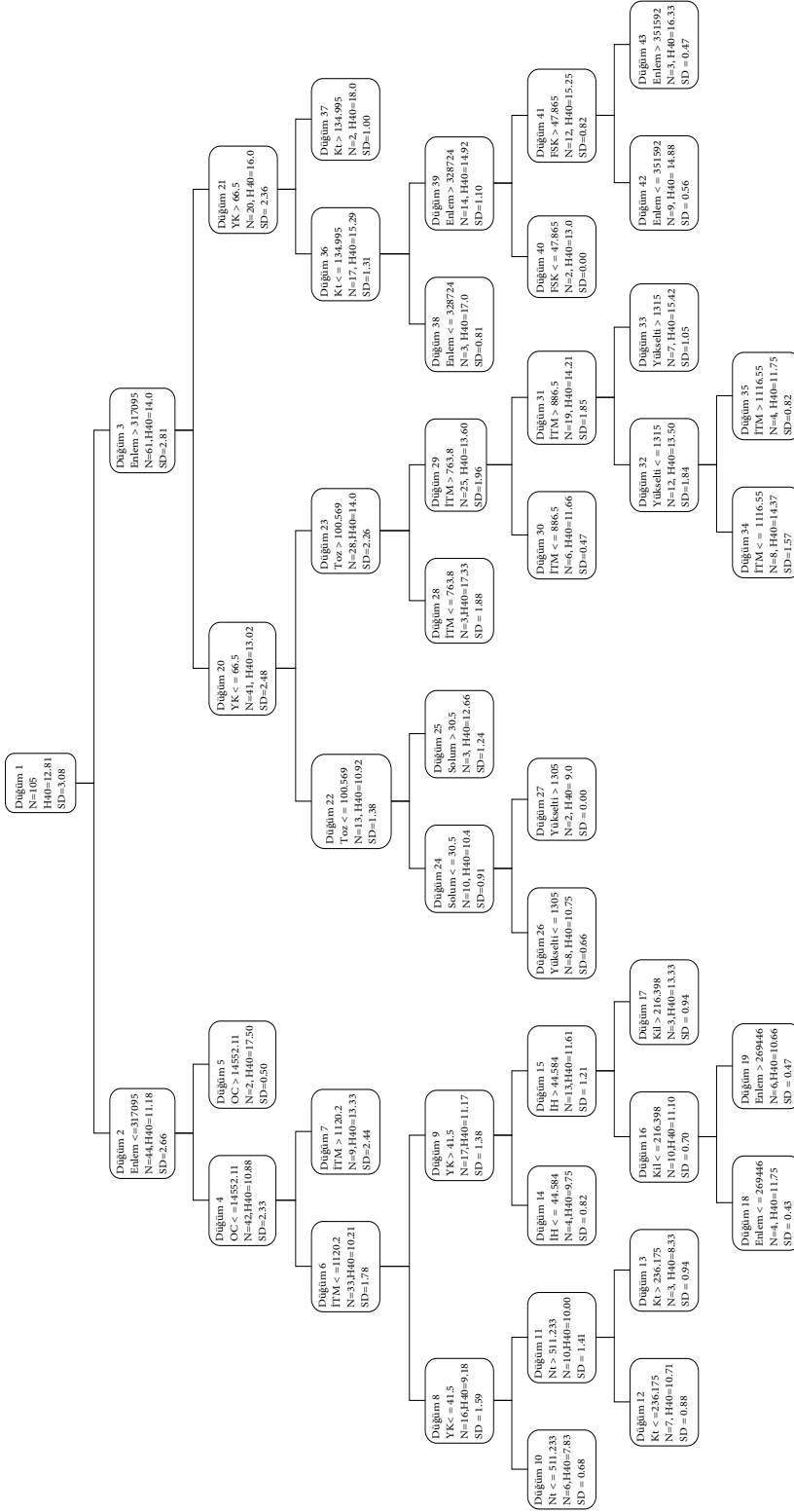
Mersin-Kadıncık havzasındaki karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi, toprak özellikleri ile modellenmiştir (Polat ve ark., 2014). Elde edilen modelin (Model 3) belirtme katsayısı (R^2) 0,14 bulunmuştur.

$$H_{38} (m) = 15,48 - (0,006 \times \text{iskelet hacmi}(l/m^3)) \quad \text{Model 3}$$

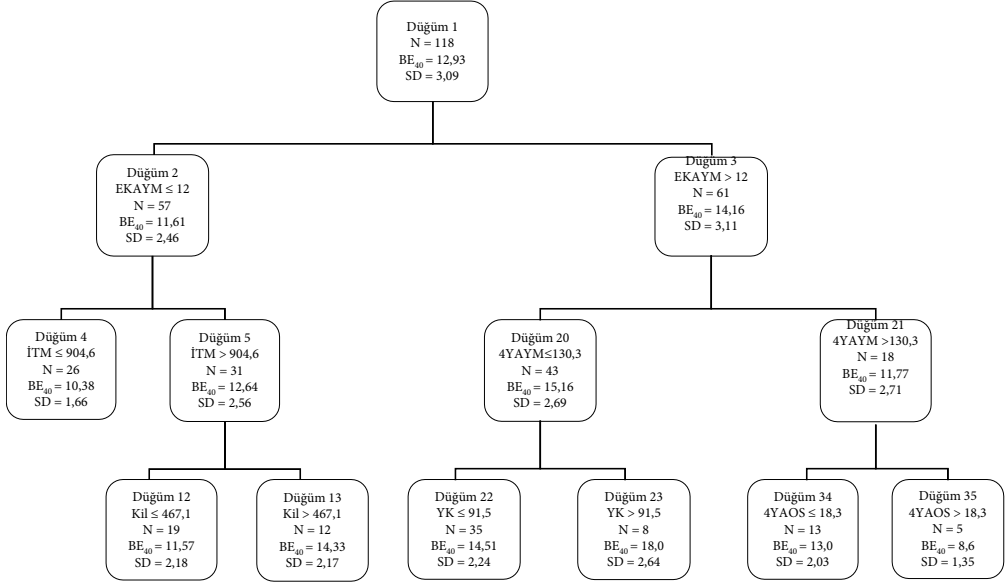
Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi üzerine yapılan çalışmada, boy gelişimi aşamalı regresyon ve regresyon ağacı yöntemleri ile tahmin edilmiştir (Güner ve ark., 2016). Fizyografik faktörler, iklim, anakaya ve toprak özelliklerinin bir m^3 hacimdeki değerleriyle yapılan aşamalı regresyon analizinde, eğim, yamaç konumu, dasit, gnays ve mikaşist anakayalar modele girmiştir (Model 4). Modelin belirtme katsayısı %34,7, standart hatası 2,56 m olarak bulunmuştur. Regresyon ağacı modelinde, BE_{40} üzerinde etkili olan yetiştirme ortamı faktörleri nispi önem düzeylerine göre en kurak aydaki yağış miktarı, dört yaz ayının yağış miktarı, yamaç konumu, ince toprak miktarı, dört yaz ayının ortalama sıcaklığı ve kil miktarı olarak sıralanmıştır (Şekil 3). Modelde gerçek ve tahmini boy değerleri arasındaki ilişki önemli olup, açıklanan varyans oranı %54,4 olarak bulunmuştur (Güner ve ark., 2016).

$$BE_{40} (m) = 10,759 + (0,047 \times \text{eğim}\%) + (0,023 \times \text{yamaç konumu}\%) - (1,400 \times \text{dasit}) + (4,626 \times \text{gnays}) + (1,464 \times \text{mikaşist}) \quad \text{Model 4}$$

Karaçam ağaçlandırmaları ile ilgili olarak yöresel ve bölgesel düzeyde yapılan çalışmalarda elde edilen modeller yukarıda verilmiştir. Bu modeller karaçam ağaçlandırmalarında aday sahaların bonitetinin belirlenmesinde kullanılabilir. Ancak belirtme katsayısı ve güvenilirliği daha yüksek modeller elde etmek için yerel düzeyde araştırmalara devam edilmelidir.



Şekil 2. Eskişehir ve Afyonkarahisar illerindeki karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi (BE_{40}) ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere ait regresyon ağacı modeli (Güner ve ark., 2011a) (N: örnek alan sayısı, BE_{40} : bonitet endeksi (m), SD: standart sapma, OC: organik karbon g/m^3 , İTM: ince toprak miktarı ($\varnothing < 2mm$) kg/m^3 , YK: yamaç konumu %, Nt: toplam azot g/m^3 , Kt: toplam $CaCO_3$ kg/m^3 , IH: iskelet hacmi l/m^3 , FSK: faydalanılabilir su kapasitesi mm/m^3)



Şekil 3. Karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi (BE_{40}) ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere ait regresyon ağacı modeli (Güner ve ark., 2016) (N: örnek alan adedi, BE_{40} : bonitet endeksi (m), SD: standart sapma, EKAYM: en kurak ayın yağış miktarı mm, İTM: ince toprak miktarı ($\varnothing < 2$ mm) kg/m^3 , 4YAYM: haziran-eylül aylarındaki toplam yağış miktarı mm, YK: yamaç konumu %, 4YAOS: Haziran-Eylül aylarındaki ortalama sıcaklık $^{\circ}C$)

Kaynaklar

- Akbin, N. A., 1994. İzmit Yöresindeki Bazı Karaçam Ormanlarında Toprakların Kimyasal Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ertan Eruz, 62 sayfa, İstanbul.
- Altun, L., Yılmaz, E., Günlü, A., Ercanlı, İ., Usta, A., Yılmaz, M., Bakkaloğlu, M., 2007. Murat Dağı (Uşak) Yöresinde Yayılış Gösteren Ağaç Türlerinin (Kızılçam, Karaçam ve Sarıçam) Verimliliğini Etkileyen Kimi Ekolojik Etmenlerin Araştırılması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7(1): 71-92.
- Álvarez-Álvarez, P., Khouri, E.A., Cámara-Obregón, A., Castedo-Dorado, F., Barrio-Anta, M., 2011. Effects of Foliar Nutrients and Environmental Factors on Site Productivity in *Pinus pinaster* Ait. Stands in Asturias (NW Spain). *Annals of Forest Science*, 68: 497–509. doi: 10.1007/s13595-011-0047-5.
- Anşın, R., Özkan, Z.C., 1993. *Tohumlu Bitkiler*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın Nu: 19, 512 sayfa, Trabzon.
- Bueis, T., Bravo, F., Pando, V., Turrion, M-B., 2016. Relationship between Environmental Parameters and *Pinus sylvestris* L. Site Index in Forest Plantations in Northern Spain Acidic Plateau. *iForest*, 9: 394-401.

- Bravo, F., Lucà, M., Mercurio, R., Sidari, M., Muscolo, A., 2011. Soil and forest Productivity: A Case Study from Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Stands in Calabria (Southern Italy). *iForest*, 4: 25-30.
- Bravo, F., Montero, G., 2001. Site Index Estimation in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Stands in the High Ebro Basin (Northern Spain) Using Attributes. *Forestry*, 74(4): 395-406.
- Bravo-Oviedo, A., Montero, G., 2005. Site Index in Relation to Edaphic Variables in Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Stands in South West Spain. *Annals of Forest Science*, 62: 61-72.
- Bravo-Oviedo, A., Roig, S., Bravo, F., Montero, G., Del-Rio, M., 2011. Environmental Variability and its Relationship to Site Index in Mediterranean Maritime Pine. *Forest Systems*, 20 (1): 50-64.
- Bueis, T., Bravo, F., Pando, V., Turrion, M-B., 2016. Relationship between Environmental Parameters and *Pinus sylvestris* L. Site Index in Forest Plantations in Northern Spain Acidic Plateau. *iForest*, 9: 394-401.
- Chen, H. Y. H., Krestov, P. V., Klinka, K., 2002. Trembling Aspen Site Index in Relation to Environmental Measures of Site Quality at Two Spatial Scales. *Can. J. For. Res.*, 32: 112-119, doi: 10.1139/X01-179.
- Çepel, N., 1996. *Toprak İlmi*. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, Yayın Nu: 3945/438, 288 sayfa, İstanbul.
- Çepel, N., DüNDAR, M., 1980. Bolu-Aladağ Orman Ekosistemlerinde Sarıçam'ın (*Pinus sylvestris* L.) Boy Artımı ile Reliyef ve Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 30(1): 129-140.
- Çepel, N., DüNDAR, M., Günel, A., 1977. Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler. TÜBİTAK, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, Proje Nu: TOAG 154, Tübitak Yayınları Nu: 354, TOAG Seri Nu: 65, 165 sayfa, Ankara.
- Çınar, T., Gülsoy, S., 2019. Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Verimlilik için Gösterge Bitki Analizleri: Manisa-Demirci Yöresi Örneği. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 91-99, doi: 10.21597/jist.418309.
- Daşdemir, İ., 1992. *Türkiye'deki Doğu Ladini (Picea orientalis L. Carr.) Ormanlarında Yetiştirme Ortamı Faktörleri-Verimlilik İlişkisi*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayın Nu: 64, 66 sayfa, Ankara.
- Davis, P. H., 1965. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Volume 1, Edinburgh Univ. Press, 567 pages, Edinburgh.
- Diéguez-Aranda, U., Álvarez González, J. G., Barrio Anta, M., Rojo Alboreca, A., 2005. Site Quality Equations for *Pinus sylvestris* L. Plantations in Galicia (northwestern Spain). *Annals of Forest Science*, 62: 143-152, doi: 10.1051/forest:2005006.
- Eckhart, T., Pötzelsberger, E., Koeck, R., Thom, D., Lair, G.J., Loo, M. V., Hase-

- nauer, H., 2019. Forest Stand Productivity Derived from Site Conditions: an Assessment of Old Douglas-Fir Stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*) in Central Europe. *Annals of Forest Science*, 76: 19, doi: 10.1007/s13595-019-0805-3.
- Ercanlı, İ., Günlü, A., Altun, L., Başkent, E. Z., 2008. Relationship between Site Index of Oriental Spruce [*Picea orientalis* (L.) Link] and Ecological Variables in Maçka, Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23: 319-329, doi: 10.1080/02827580802249100.
- Eruz, E., 1984. *Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Meşcerelerinin Boy Gelişimi İle Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 368, 72 sayfa, İstanbul.
- Gulsoy, S., Suel, H., Celik, H., Ozdemir, S., Ozkan, K., 2014. Modelling Site Productivity of Anatolian Black Pine Stands in Response to Site Factors in Buldan District, Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 46(1): 213-220.
- Gülsoy, S., Çınar, T., 2019. The Relationships between Environmental Factors and Site Index of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Stands in Demirci (Manisa) District, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1): 1235-1246.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T., 2012. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, ISBN: 978-605-60425-7-7, 1290 sayfa, İstanbul
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., 2011a. Eskişehir ve Afyonkarahisar İllerindeki Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarının Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten Nu: 1, 83 sayfa, Eskişehir.*
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırmalarının Verimlilik Modellemesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(1): 159-172,
- Güner, Ş. T., Özkan, K., Çömez, A., Çelik, N., 2011b. İç Anadolu Bölgesi'nde Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Verimli Olabileceği Potansiyel Alanların Odunsu Gösterge Türleri. *Ekoloji*, 20(80): 51-58..
- Kandemir, A., Mataracı, T., 2018. *Pinus* L. Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., Çimen, A.Ö. (Eds.), *Resimli Türkiye Florası (Illustrated Flora of Turkey) 2*, ANG Vakfı, Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları, İstanbul.
- Kara, Ö., 2002. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikro Funguslarının Mevsimsel Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora tezi, Danışmanlar; Ahmet Asan, Doğan Kantarcı, 140 sayfa, İstanbul.

- Karaöz, Ö., 1988. Belgrad Ormanı'nda Bazı İğne Yapraklı ve Geniş Yapraklı Orman Ekosistemlerinin Önemli Edafik Özellikleri ile Bitkisel Kütle Karakteristikleri Bakımından Karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Necmettin Çepel, 203 sayfa, İstanbul.
- Karatepe, Y., 2004. Gölcük (Isparta)'te Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Meşcerelerinin Topraklarındaki Toplam Azot ve Organik Karbon ile Ölü Örtülerindeki Toplam Azot ve Organik Madde Miktarlarının Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 1-16.
- Karatepe, Y., Coban, H. O., Basaran, M. A., 2020. Relations between Tree Height and Soil Properties in Semiarid Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) Afforestation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(3): 1379-1388.
- Moreno-Fernández, D., Álvarez-González, J.G., Rodríguez-Soalleiro, R., Pasalodos-Tato, M., Cañellas, I., Montes, F., Díaz-Varela, E., Sánchez-González, M., Crecente-Campo, F., Álvarez-Álvarez, P., Barrio-Antag, M., Pérez-Cruzadoc, C., 2018. National-Scale Assessment of Forest Site Productivity in Spain. *Forest Ecology and Management*, 417: 197-207.
- OGM, 2021. *Türkiye Orman Varlığı 2020*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 56 sayfa, ISBN: 978-605-7599-68-1, Ankara.
- Oğuzoğlu, Ş., Özkan, K., 2015. Eskişehir Türkmen Dağı'nda Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Verimliliğinin Dağılım Modellemesi. *Biological Diversity and Conservation*, 8(2): 134-140.
- Özel, H.B., Ertekin, M., Tufanoğlu, G.Ç., 2010. Devrek-Akçasu Yöresindeki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaçlandırmalarında Boy Artımı ile Bazı İklim Faktörleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Ecological Life Science*, 5(4): 376-389.
- Özkan, K., 2004. Beyşehir Gölü havzası'nda Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* Arnold) Yayılışı ile Fizyografik Yetiştirme Ortamı Faktörleri Arasındaki İlişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 30-47.
- Özkan, K., Gülsoy, S., 2009. Effect of Environmental Factors on the Productivity of Crimean Pine (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*) in Sutculer, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30(6): 965-970.
- Özkan, K., Gülsoy, S., Mert, A., 2008. Interrelations between Height Growth and Site Characteristics of *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. *J. The Malaysian Forester*, 71: 9-16.
- Polat, S., Polat, O., Kantarcı, M. D., Tüfekçi, S., Aksay, Y., 2014. Mersin Kadıncık Havzası'ndaki Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ağaçlandırmalarının Boy Gelişimi İle Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(1): 22-37.

- Saatçioğlu, F., 1969. Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın Nu: 138, 323 s, İstanbul.
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesi'nde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold) Yükseltiyeye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 221 sayfa, İstanbul
- Sevgi, O., Tecimen, H.B., 2009. Physical, Chemical and Pedogenetical Properties of Soils in Relation with Altitude at Kazdağı Upland Black Pine Forests. *Journal of Environmental Biology*, 30(3): 349-354.
- Seynave, I., Gégout, J-C., Hervé, J-C., Dhôte, J-F., Drapier, J., Bruno, É., Dumé, G., 2005. *Picea abies* Site Index Prediction by Environmental Factors and Understorey Vegetation: A Two-Scale Approach Based on Survey Databases. *Can. J. For. Res.*, 35: 1669–1678, doi: 10.1139/X05-088.
- Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A., 1993. *Flora Europaea*. Second Edition Volume 1, Psilotaceae to Platanaceae, Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Vidaković, M., 1991. *Conifers Morphology and Variation*. Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., 2004. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. TÜBİTAK Proje Nu: TOGTAG – 2747, Kesin Rapor 223 sayfa.
- Yener, İ., Altun L., 2018. Predicting Site Index for Oriental Spruce (*Picea orientalis* L. (Link)) Using Ecological Factors in the Eastern Black Sea, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5): 3107-3116.
- Yücel, E., 1995. Ehrami Karaçamın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Anadolu Üniversitesi Yayın Nu: 847, Fen Fakültesi Yayın Nu: 2, 151 sayfa, Eskişehir.
- Yucel, E., 2000. Ecological Properties of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*. *Silva Genetica*, 49: 264-277.



**KARAÇAM
EKOSİSTEMLERİNİN
CANLILARI**



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

24

KARAÇAM (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ORMANLARININ VEJETASYON YAPISI

1. Giriş

Türkiye üç ana iklim bölgesinin kesişim alanında yer almaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak üç farklı fitocoğrafik bölgeye sahiptir (Şekil 1 - Davis, 1971). Kuzeyde Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgesine ait bir flora ve vejetasyon yapısı mevcutken, güneyde ve batıda Akdeniz fitocoğrafik bölgesi; orta, doğu ve güneydoğuda ise İran-Turan Fitocoğrafik bölgesinin egemenliğinde bir flora ve vejetasyon yapısı bulunmaktadır. Bu farklılıkla birlikte; yerelde var olan yeryüzü şekli, anakaya, toprak özellikleri gibi ekolojik koşullardaki değişimler zengin bir flora ve vejetasyon yapısının meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu farklılaşma ve zenginlik özellikle geniş yayılışlı orman ağaçlarının florası ve orman kuruluşlarında belirgin şekilde görülmektedir.



Şekil 1. Türkiye'nin fitocoğrafik bölgeleri (Davis, 1971'den).

Ülkemizde farklı fitocoğrafik bölgelerde oldukça geniş bir yayılış gösteren ve bunun neticesinde gerek bölgesel gerekse yerel ölçekte farklı bitki toplulukları ve vejetasyon üniteleri tarafından temsil edilen bir takson da Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*)'dır. Taksonun her üç fitocoğrafik bölgede yayılışı bu-

¹⁾ Prof. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Burdur, Elmek: alikavgaci1977@yahoo.com

lunmaktadır. Ancak bu yayılış özellikle, Orta ve Batı Karadeniz, Güney Marmara, Ege Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi içinde yer almaktadır. Marmara Bölgesinin kuzeyinde yer alan Çilingöz bölgesinde türün izole bir yayılışı da mevcuttur (Velioğlu ve ark., 2005). İç Anadolu'nun iç kısımları ile, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde yayılış göstermemektedir. Ayrıca Avrupa-Sibirya Fitocoğrafik bölgesinin doğusunda bulunan ve ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi'ne denk gelen Kolşik Bölgede türün yayılışına rastlanmamaktadır. Karaçam, yayılış yaptığı alanlarda daha çok Anadolu'nun iç kesimlerine bakan yamaçlar üzerinde bulunmaktadır (Mayer ve Aksoy, 1986). Bu özelliğiyle ülkemizdeki çam türleri içinde stepe en çok sokulan tür olarak belirginleşmektedir.

Karaçam saf ormanlar kurmakla birlikte, yayılış yaptığı bölgelerde bulunan diğer orman ağaçlarıyla da karışık ormanlar meydana getirmektedir (Mayer ve Aksoy, 1986; Akman, 1995). Kuzeyde, sarıçam (*P. sylvestris*), doğu kayını (*Fagus orientalis*), Batı Karadeniz göknarı (*Abies normanniana* subsp. *equi-trojana*) ve meşe türleriyle (*Quercus* spp.) karışık ormanlar meydana getirmektedir. Batıda ise kızılçam (*Pinus brutia*) ve meşe türleriyle karışımlar oluşturmaktadır. Güney Anadolu'daki yayılışında ise karışık ormanlar kurduğu ağaç türleri kızılçam, Toros sediri (*Cedrus libani*), Toros göknarı (*Abies cilicica*) ve meşe türleridir. Bu karışık ormanlar özellikle ekotonlarda yer almaktadır.

Türkiye ormanlarının vejetasyon yapısı yaklaşık 60 yıldır yoğun bir şekilde bitki sosyolojisi araştırmalarına konu olmuştur (Sarıbaşı, 2006). Yapılmış bu çalışmalardan hareketle ülkemizdeki karaçam ormanlarının vejetasyon yapısı hakkında ayrıntılı bilgilere ulaşmak mümkündür. Nitekim bu çalışmaları temel alarak Türkiye ormanlarının vejetasyon yapısı kapsamlı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Mayer ve Aksoy (1986) tarafından hazırlanmış *Türkiye Ormanları* kitabı ile Akman (1995)'in *Türkiye Orman Vejetasyonu* kitabı ülkemiz ormanları ve bu kapsamda karaçam ormanlarının vejetasyon yapısı hakkında ayrıntılı bilgileri ortaya koymaktadır. Bununla birlikte son yıllarda bitki sosyolojisi çalışmalarıyla ilgili olarak gerçekleştirilen bilgisayar programları ve analiz teknikleri (Kavgacı ve ark., 2008), vejetasyon bilgisine yönelik geniş veri bankaları hazırlamak ve bir bütün halinde analizler yapmaya imkan vermektedir. Bu ise geniş bir coğrafyada vejetasyon yapısı ve çeşitliliğini daha iyi anlama olanağı sağlamaktadır (Chtry ve ark. 2016; 2020; Dengler ve ark., 2012, Bruelheide ve ark., 2019; Bonari ve ark., 2021)

Ülkemizdeki karaçam ormanları sahip oldukları floristik ve ekolojik özellikleri itibariyle iki ana vejetasyon birimi (alyans seviyesinde) altında sınıflandırılmıştır: *Cisto laurifolii* – *Pinion pallasianae* ve *Adenocarpo comlicati* – *Pinion pallasianae* (Quézel ve ark., 1978). Yapılan bu sınıflandırmaya göre *Cisto-Pinion* Kuzey Anadolu ile Ege Bölgesi'nin iç kesimlerindeki yayılışları temsil ederken, *Adenocarpo-Pinion'un* Ege Bölgesi'ndeki denize yakın yayılışları karakterize ettiği görülmektedir. Güney Anadolu'daki karaçam ormanlarının ise *Lonicero-Cedron* ve *Abieti-Cedron* alyansları içinde sınıflandırıldığı

anlaşılmaktadır. Ancak yapılan son çalışmalar ile Batı ve Güney Anadolu'daki karaçam ormanlarının floristik olarak birbirine benzerlik gösterdiği, Güney Anadolu'daki Toros sediri ve Toros göknarı ormanlarından belirgin olarak farklılaştığı tespit edilmiştir (Kavgacı ve ark., 2021). Benzer şekilde Kuzey Anadolu karaçam ormanlarının da Batı ve Güney Anadolu'daki karaçam ormanlarından floristik olarak farklı olduğu bilinmektedir (Kavgacı ve ark., 2013). Bu kapsamda ülkemizdeki karaçam ormanlarını; 1) Öksin bölgedeki karaçam ormanlarını kapsayacak şekilde Kuzey Anadolu karaçam ormanları ve 2) Akdeniz fitocoğrafik bölgesi sınırları içinde kalan Batı ve Güney Anadolu karaçam ormanları olmak üzere iki ana vejetasyon birimi altında sınıflamak uygundur. Bu kapsamda Kuzey Anadolu karaçam ormanları *Cisto-Pinion* alyansı, Batı ve Güney Anadolu karaçam ormanları ise *Adenocarp-Pinion* alyansı tarafından temsil edilmektedir.

2. Kuzey Anadolu Karaçam Ormanları

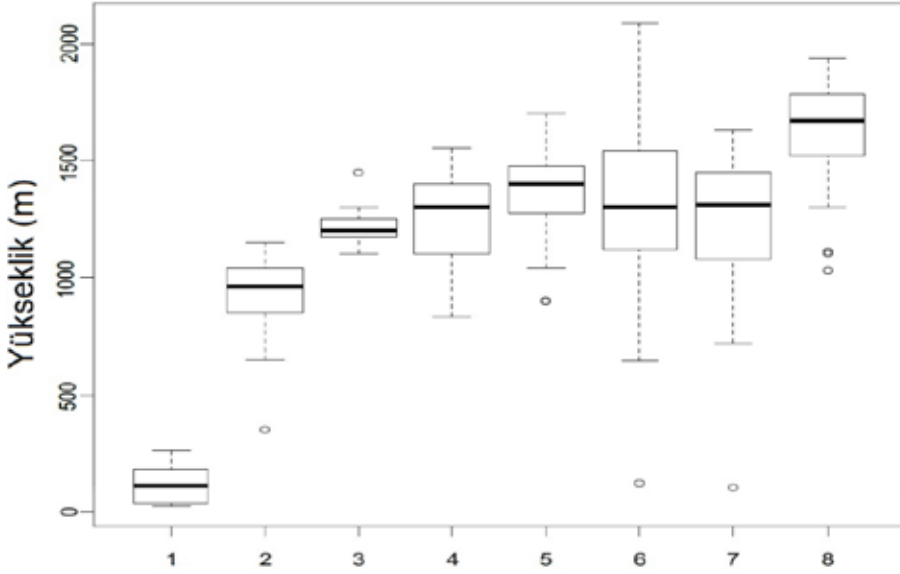
Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgesinin batı kesiminde yer alan bölgeye ait kapsamlı bir orman vejetasyonu veri bankası oluşturulmuş ve sayısal sınıflandırması gerçekleştirilmiştir (Çoban ve Willner, 2019). Veri bankası içinde bölgedeki karaçam ormanları da kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Söz konusu çalışma Kastamonu ilini çalışmanın doğu sınırı olarak kabul etmiştir. Bu nedenle Amasya-Samsun ve Sinop hattı ve çevresindeki yayılışları veri setine dahil edilememiştir. Ancak bölgesel ölçekte genel bir sınıflandırma ortaya koyması ve ana vejetasyon ünitelerini tanımlaması nedeniyle çalışma Kuzey Anadolu karaçam ormanlarının genel vejetasyon özelliklerini anlama açısından önemlidir. Karaçam bölgede genel olarak deniz etkisinin kaybolmaya başladığı iç kesimlerde ve yoğun olarak 1100-1500m yükseltiler arasında bulunmaktadır (Şekil 2, Çoban ve Wilner, 2019).

Çoban ve Willner (2019), Kuzey Anadolu'da yayılış gösteren karaçam ormanlarını 4 ana vejetasyon ünitesi altında sınıflandırmıştır. Bunlar, 1) Marn üzerindeki Sub-öksin karaçam ormanları, 2) Akdeniz etkisi altındaki sub-öksin karaçam ormanları, 3) Ksero-öksin karaçam ormanları ve 4) Karaçam+Sarıçam ekotonları'dır. Söz konusu vejetasyon ünitelerinin fitososyolojik yapısı Çoban ve Willner (2019)'a göre aşağıda sunulmuştur.

2.1. Marn üzerindeki sub-öksin karaçam ormanları

Genellikle tek tabakalı ormanlar meydana getiren bu vejetasyon tipinde yer yer Batı Karadeniz Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojana*) karışım girmektedir. Bu durum toplumun tabakalı ormanlar da meydana getirebildiğini göstermektedir. Yer yer sarıçamın da floristik kompozisyona katıldığı vejetasyon biriminin ayırt edici türleri: *Iris sintenisii*, *Viburnum lantana*, *Cra-*

taegus orientalis, *Lithospermum purpureocaeruleum*, *Festuca valesiaca*, *Galium verum*, *Veronica pectinata*, *Lonicera nummularifolia*, *Carex flacca*, *Astragalus distophysus*, *Trifolium physodes*, *Trifolium campestre*, *Lathyrus digitatus*, *Globularia trichosantha*, *Berberis crataegina*, *Corylus colurna*, *Helianthemum canum*, *Cerastium fontanum*, *Buxus sempervirens*, *Euphorbia nicaeensis*, *Orobanche anatolica*, *Anchusa leptohlylla* ve *Sanguisorba minor*'dür.



Şekil 2. Öksin bölgenin batı kesiminde yayılış gösteren iğne yapraklı ormanların yükseltiye bağlı değişimi (Çoban ve Willner, 2019'dan) – 1. Kızılcım ormanları, 2. Akdeniz etkisi altındaki sub-öksin karaçam ormanları, 3. Ksero-öksin karaçam ormanları, 4. Marn üzerindeki sub-öksin karaçam ormanları, 5. Karaçam+sarıçam ekotonları, 6. Sarıçam ormanları, 7. Dağlık Batı Karadeniz göknarı ormanları.

Bu vejetasyon birimi Kuzey Anadolu'da bulunan diğer karaçam ormanlarından farklı olarak çalı katınca zengindir. *Juniperus oxycedrus*, *Cornus mas*, *Corylus colurna*, *Pyracantha coccinea*, *Viburnum lantana* ve *Sorbus torminalis* bu vejetasyon biriminin çalı katını meydana getiren türlerdir.

Vejetasyon birimi çoğunlukla marn ve andezit anakaya üzerinde yer almaktadır. Genel iklim özellikleri kışı soğuk yarı nemli-nemli karakterdedir. Yıllık yağış 800-900 mm civarındadır.

Suböksin alt dağlık bölgede yayılış gösteren bu vejetasyon birimi 1000 ile 1500 m yükseklikler arasında bulunmaktadır. Vejetasyon birimine ait ormanların güzel örneklerini Bolu ili sınırları içinde Aladağ, Mudurnu ve Nallıhan'da, Beypazarı Karaşar bölgesinde ve Kastamonu ili Azdavay ve Daday ilçelerinde görmek mümkündür.

2.2. Akdeniz iklimi etkisi altındaki sub-öksin karaçam ormanları

Kuzey Anadolu'da Akdeniz fitocoğrafik bölgesine ait bitkilerin yoğun şekilde floristik kompozisyona katıldığı bu vejetasyon biriminde ayırt edici bitkiler; *Holosteum umbellatum*, *Prunella vulgaris*, *Psoralea bituminosa*, *Scutellaria orientalis*, *Dianthus calocephalus*, *Trifolium alpestre*, *Aristolachia hirta*, *Asyneuma limonifolium*, *Onobrychis armena*, *Leontodon asperrinus*, *Rumex pulcher*, *Senecio vernalis*, *Saponaria glutinosa*, *Colutea cilicica*, *Trifolium arvense* ve *Hieracium pannosum*'dur. Bölgedeki diğer karaçam ormanlarına göre bu ormanlarda tür çeşitliliği daha düşüktür. Meşcere boyu yaklaşık olarak 16m'dir. Yer yer karaçama tüylü meşe (*Quercus pubescens*) ve Türk meşesi (*Q. cerris*) ağaç katında eşlik etmektedir. Ot ve çalı katı genel olarak Avrupa-Sibiryaya fitocoğrafik bölgesine ait bitkilerin egemenliğinde olmakla birlikte Akdeniz fitocoğrafik bölgesine ait bitkileri yoğunlukla görmek de mümkündür. *Psoralea bituminosa*, *Cistus creticus*, *Cistus laurifolius* ve *Aristolochia hirta* bu bitkilerden bazılarıdır.

Akdeniz iklimi etkisi altındaki sub-öksin karaçam ormanları çoğunlukla şistik anakayalar üzerinde yer almaktadır. Topraklar kumlu balçık ve hafif asidikdir. Yarı nemli iklim tipine sahiptir. Bursa'nın Mezit bölgesindeki karaçam ormanları bu vejetasyon birimine örnek olarak verilebilecek yayılışlardan biridir.

2.3. Ksero-öksin karaçam ormanları

Karaçama; Türk meşesi, tüylü meşe ve titrek kavak (*Populus tremula*)'ın da eşlik ettiği bu vejetasyon birimi; öksin kuşaktan İran-Turan fitocoğrafik bölgesine geçiş bölgesindeki karaçam ormanlarını temsil etmektedir. *Luzula forsteri*, *Verbascum flavidum*, *Silene compacta*, *Ferulago galbanifera*, *Millium vernale*, *Turritis laxa*, *Limodorum abortivum*, *Muscari aucheri*, *Cerastium fragillimum*, *Geranium macrostylum*, *Rubus tomentellus*, *Iris chatii*, *Rosa canina*, *Prunus x domestica*, *Viscum album*, *Ranunculus reuterianus*, *Luzula campestris*, *Cephalanthera damasonium*, *Tanacetum parthenium*, *Anemone blanda*, *Cnidium silaifolium*, *Origanum sipyleum* ve *Bunium microcarpum* bu vejetasyon biriminin ayırt edici bitkileridir.

Karaçamın yüksek bir kapalılığa sahip olduğu bu ormanlar iyi bir gelişmeye sahiptirler. Meşcere boyu yaklaşık olarak 18-22 m arasındadır.

Vejetasyon birimi çoğunlukla şistik ve ultrabazik anakayalar üzerinde yer almaktadır. Yayılış alanında iklim yarı nemli ya da kuru-yarı nemli özelliktedir. Yükseklik 1100-1300 m arasında değişmektedir.

Ksero-öksin karaçam ormanlarının güzel örneklerini Sündiken ve Türkmen Dağlarının alt dağlık ve dağlık kesimlerinin batı ve güney yamaçlarında görmek mümkündür.

2.4. Karaçam+sarıçam ekotonları

Bu ormanlar karaçam ormanlarından sarıçam ormanlarına geçiş alanlarındaki karaçam - sarıçam karışık ormanlarını temsil etmektedir. *Poa nemoralis*, *Lapsana communis*, *Epilobium lanceolatum*, *Galium aperine*, *Myosotis discolor*, *Carex divulsa*, *Petrorhagia alpina*, *Alyssum murale*, *Crataegus tanacetifolia*, *Cicer anatolicum*, *Lens culinaris*, *Cystopteris fragilis*, *Ranunculus argyreus*, *Poa pratensis*, *Anthyllis vulneraria*, *Erysimum crassipes*, *Lathyrus tuberosus*, *Trifolium repens* ve *Euphorbia stricta* bu vejetasyon biriminin ayırt edici türleridir.

Karaçam – sarıçam karışık ormanları özellikle suboksin ve ksero-öksin alt dağlık ve dağlık bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Bu vejetasyon biriminin yayılış alanının 900 ile 1400 m yükseltiler arasına denk gelen alt yükselti yayılışlarında karaçam egemendir. 1400 ile 1700 m arasında bulunan üst yükselti kuşağında ise saraçam vejetasyon birimine egemen olmaktadır. Bu durum iki türün yetişme ortamı istekleri ve yükseltiye bağlı yayılış alanlarının bir sonucudur. Nitekim sarıçam, karaçama oranla daha üst yükselti basamaklarında yer alan bir türdür. Bu vejetasyon biriminde yer yer tüylü meşeyi de görmek mümkün olabilmektedir. Bu, özellikle ksero-öksin alanlara yaklaşan yayılışlarda söz konusu olmaktadır. Vejetasyon biriminin yayılış alanlarında iklim; yarı nemli – yarı kurak iklim özelliklerine sahiptir.

Karaçamı, Kuzey Anadolu'da yukarıda belirtilen egemen ağaç türü olarak meydana getirdiği ormanlarının yanında, Batı Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojana*) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis*) egemen ormanlar ile, İran-Turan fitocoğrafik bölgeye geçiş kuşağında yer alan tüylü meşe (*Quercus pubescens*) egemen ormanlarda ve azonal Titrek kavak (*Populus tremula*) ormanlarında da floristik kompozisyon içinde görmek mümkündür.

3. Batı ve Güney Anadolu Karaçam Ormanları

Ülkemizin Akdeniz fitocoğrafik bölgesi içinde yer alan ormanlarına yönelik kapsamlı bir fitososyolojik analiz Kavgacı ve ark. (2021), tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada, karaçamın egemen olduğu ormanların; bölgede yayılış gösteren sert yapraklı ormanlar ile iğne yapraklı ormanlar ve yapraklı ormanlardan floristik olarak belirgin bir şekilde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bilgi, Batı ve Güney Anadolu karaçam ormanlarının sintaksonomik yerini tam olarak belirlemek açısından önemlidir. Nitekim yukarıda da belirtildiği üzere, Quézel ve ark. (1978) karaçam ormanlarına yönelik yapmış oldukları sınıflamada Batı Anadolu'da yer alan karaçam ormanlarını *Adenocarpus-Pinon* alyansı içinde gruplandırırken, Güney Anadolu'da Toroslarda yer alan ormanları ise Toros sediri ve Toros göknaarının egemen olduğu ormanlarla ilişkilendirmiştir (*Lonicero-Cedron*, *Abieti-Cedron*). Oysaki, Kavgacı ve ark. (2021)'na göre Batı ve Güney Anadolu'da yer alan karaçam ormanlarının tek

bir sintaksonomik birimde sınıflandırılmasının uygun olduğu ortaya konulmuştur (*Adenocarpus complicatus* – *Pinion pallasianae*). Karaçam ormanlarının sintaksonomik olarak yer aldığı *Adenocarpus-Pinion* alyansının karakter bitkileri *Adenocarpus complicatus*, *Genista lydia*, *Genista anatolica*, *Chamaecytisus eriocarpus*, *Chamaecytisus pygmaeus*, *Cicer montbretti*, *Hypericum adenocarpum*, *Achillea sypilea*, *Cistus laurifolius* ve *Teucrium kotschyianum* olarak bildirilmiştir (Akman ve ark., 1978).

Her ne kadar karaçam iğne yapraklı bir tür olsa da Batı ve Güney Anadolu'daki karaçam ormanlarının floristik yapısı; yapraklı türlerin egemen olduğu ormanlara, bölgede yayılış gösteren diğer iğne yapraklı ormanlarından (*P. brutia*, *C. libani*, *A. cilicica*, *Juniperus excelsa*, *J. foetidissima*) daha fazla benzerlik göstermektedir. Bu kapsamda özellikle; Türk meşesi (*Q. cerris*), kasnak meşesi (*Q. vulcanica*), Makedonya meşesi (*Q. trojana*), palamut meşesi (*Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis*) ve mazı meşesi (*Q. infectoria*) ormanlarının floristik yapısının karaçam ormanlarının floristik yapısına benzerliği dikkat çekicidir. Bu durum, ormanların içinde buldukları ekolojik koşulların bir neticesidir. Nitekim bu ormanların hemen hemen tamamının orta dağlık yükselti kuşağında ve deniz etkisinin azaldığı Akdeniz ardı kuşakta yayılış yaptığı görülmektedir. Karaçamın bölgede egemen olduğu ormanlar ise en yoğun olarak yaklaşık 1100–1600 m yükseltiler arasında ortaya çıkmaktadır ve tür asıl olarak bölgenin iç kesimlerinde deniz etkisinin azaldığı alanlarda egemen tür olarak belirmektedir.

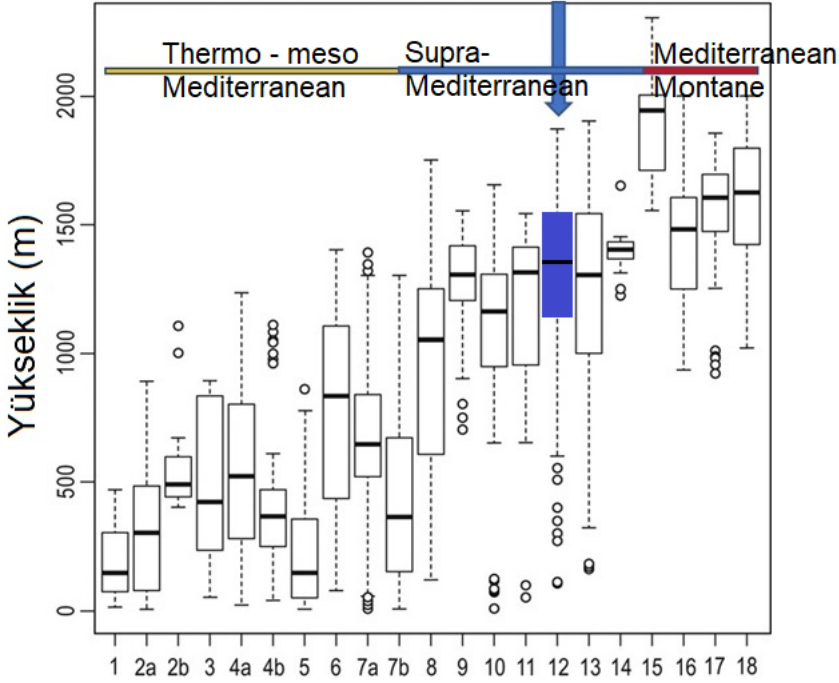
Batı ve Güney Anadolu'daki karaçam egemen ormanlarda yapılan fitososyolojik çalışmalardan hareketle, bölgedeki karaçam ormanlarının floristik açıdan oldukça zengin olduğu söylenebilir (Kavgacı ve ark., 2021). Bölge ormanlarında tür düzeyinde 900'e yakın bitki bulunmaktadır. Bu zenginlik içinde karaçama en fazla eşlik eden türler bolluk sıralamasına göre şu şekildedir: *Poa bulbosa*, *Quercus cerris*, *Cistus laurifolius*, *Juniperus oxycedrus*, *Lathyrus laxiflorus*, *Dactylis glomerata*, *Luzula forsteri*, *Doronicum orientale*, *Rubus canescens*, *Silene italica*, *Campanula lyrata*, *Turritis laxa*, *Pilosella hoppeana*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Vicia cracca*, *Salvia tomentosa*, *Teucrium chamaedrys*, *Viscum album*, *Digitalis ferruginea*, *Anthemis tinctoria*, *Clinopodium vulgare*, *Veronica chamaedrys*, *Fragaria vesca*, *Cephalanthera rubra*, *Rosa canina*, *Pilosella piloselloides*, *Genista lydia*, *Poa nemoralis*, *Galium peplidifolium*, *Asperula involucrata*, *Cytisus pygmaeus*, *Pilosella x auriculoides*, *Trifolium alpestre*, *Pteridium aquilinum*, *Brachypodium pinnatum*, *Lapsana communis*, *Crataegus monogyna*, *Sanguisorba minor*, *Populus tremula*, *Berberis crataegina*, *Cotoneaster nummularia*.

Karaçama eşlik eden türler incelendiğinde Türk meşesi ve *Cistus laurifolius*'un ilk sıralarda yer alması ilgi çekici bir durumdur. Çünkü her iki tür de Batı ve Güney Anadolu'da farklı farklı vejetasyon tiplerinin egemen türleri durumundadır. Öte yandan *C. laurifolius* çalılıkları ile, Türk meşesi yapraklı ormanları floristik açıdan, karaçam ormanlarına büyük benzerlik göstermek-

tedir. Bu durum, süksesyonel süreçler açısından bu ormanlar arasında bir ilişkinin olduğuna işaret etmektedir. Nitekim, bölgedeki karaçam ormanlarının floristik yapısı incelendiğinde, çalı katının temel olarak *C. laurifolius* çalılıkları tarafından şekillendiği ve ağaç katında da Türk meşesinin yoğun olarak karaçama eşlik ettiği görülmektedir. Bu durum bölgede bulunan ve karaçam ile aynı yayılış zonu içinde yer alan *C. laurifolius* çalılıkları ile Türk meşesi ormanlarının karaçam ormanlarının bozulumu sonucunda meydana gelmiş sekonder vejetasyonlar olabileceğine işaret etmektedir (Özkan, 2002). Özellikle, yangın ve otlatma gibi insan kaynaklı baskılar karaçam ormanlarının ortadan kalkması ve onun yerini *C. laurifolius* çalılıkları ve Türk meşesi ormanlarının alması sonucunu doğurmuştur.

Karaçam, yayılış yaptığı bölgelerde geniş alanlarda saf ormanlar kurmaktadır. Tür, yarı-ışık ağacı olduğu için bu ormanlar genel olarak tek tabakalı orman kuruluşlarına sahiptir. Karaçama yer yer Toros sediri, Toros göknarı ve kızılçam ağaç katında eşlik etmektedir. Bu durum özellikle kızılçam ormanlarından karaçam ormanlarına; karaçam ormanlarından da üst yükselti kuşağında yer alan Toros sediri ve Toros göknarı ormanlarına geçiş alanlarında gerçekleşmektedir. Karaçamanın egemen olduğu, Toros sediri ve Toros göknarının ona eşlik ettiği ormanların güzel örneklerini Antalya ili, Akseki ve İbradı ilçeleri sınırları içinde kalan Melik ve Kaldırım Dağlarında (Çinbilgel, 2012) ve Köprülü Kanyon Milli Parkında (Ayaşlıgil, 1987); karaçam – kızılçam karışık ormanlarını ise yine Antalya ili, Çakırlar havzasında görmek mümkündür.

Karaçamanın genel yayılışı içinde Kuzey Ege ve Güney Marmara civarında özellikle öksin kökenli ağaç türleriyle yaptığı karışımlar, floristik olarak Akdeniz fitocoğrafik bölgesinin diğer alanlarında yayılış yapan karaçam ormanlarından ayrılmaktadır. Karaçamanın genel yayılışı içinde Balıkesir ili Dursunbey ilçesi ve civarındaki karaçam – doğu kayını karışık ormanları ile yine Balıkesir-Kazdağ'ndaki karaçamanın; doğu kayını, adi gürgen (*Carpinus betulus*), kestane (*Castanea sativa*) ve Batı Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojana*) ile meydana getirdiği karışık ormanlar, Akdeniz fitocoğrafik bölgesi içindeki diğer karaçam ormanlarından belirgin bir floristik farklılaşma göstermektedir. Benzer şekilde Kütahya Türkmen dağında da karaçam; doğu kayını ve sarıçam gibi öksin kökenli ağaçlarla karışık ormanlar meydana getirmektedir. Bu durum, Güney Marmara ve Kuzey Ege'de yer alan karaçam ormanlarının öksin bölge florasından yoğun bir şekilde etkilendiğini ve Akdeniz fitocoğrafik bölgesi ile Avrupa-Sibiryaya fitocoğrafik bölgesi arasındaki geçiş alanlarını temsil ettiğini göstermektedir. Söz konusu karaçam karışık ormanlarının floristik yapısı incelendiğinde şu türler tarafından karakterize edildiği görülmektedir: *Fragaria vesca*, *Asperula involucrata*, *Cirsium hypoleucum*, *Galium paschale*, *Veronica officinalis*, *Stellaria holostea*, *Galium rotundifolium*, *Veronica chamaedrys*, *Rubus caesius*, *Sorbus torminalis*, *Viola sieheana*, *Cytisus pygmaeus*, *Trifolium alpestre*, *Pilosella piloselloides*.



Şekil 3. Akdeniz fitocoğrafik bölgesindeki çalı ve ormanlara ait vejetasyon birimlerinin yükseltiye bağlı değişimi (Kavgacı ve ark. 2021'den). 1) *Sarcopoterium spinosum* friganası, 2a) *Cistus creticus* gariği, 2b) *Pinus pinea* ormanı, 3) *Erica manipuliflora* gariği, 4a) *Arbutus andrachne*, *Quercus coccifera* ve *Juniperus excelsa* sert yapraklı orman ve makisi, 4b) *Quercus ilex*, *Arbutus andrachne*, *Quercus coccifera* sert yapraklı orman ve makisi, 5) *Olea europaea* sert yapraklı orman ve makisi, 6) *Quercus coccifera* sert yapraklı orman ve makisi, 7a) Üst yükselti *Pinus brutia* ormanı, 7b) Alt yükselti *Pinus brutia* ormanı, 8) *Quercus ithaburensis* ve *Q. infectoria* ormanı, 9) *Ostrya carpinifolia*, *Quercus trojana* ve *Q. vulcanica* ormanı, 10) *Quercus cerris* ormanı, 11) *Cistus laurifolius* gariği 12) ***Pinus nigra* ormanı**, 13) Öksin kökenli türlerin egemen olduğu ormanlar, 14) *Populus tremula* ormanı, 15) *Juniperus communis* subsp. *nana* çalılığı, 16) *Juniperus excelsa* ormanı, 17) *Abies cilicica* ve *Cedrus libani* ormanı, 18) *Cedrus libani* ormanı.

Balıkesir Kazdağı ve Dursunbey bölgesi ile Kütahya Türkmenadağında yukarıda belirtildiği gibi karaçam özellikle öksin kökenli ağaç türleriyle karışık ormanlar meydana getirdiği gibi, saf meşcereler de oluşturmaktadır. Karışık ormanlarında ise bazı durumlarda meşcere kuruluşunun asıl egemen türü, bazılarında ise eşlik edici tür halindedir. Bölge ormanlarında yapılacak sin-taksonomik analizlerde bu durumun göz önüne alınmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Karaçamın saf meşcereler kurduğu ya da karışıkta egemen tür olarak bulunduğu ormanlar *Adenocarpo-Pinion* alyansı altında yer alırken, eşlik edici tür olarak yer aldığı karışık ormanları *Cisto-Pinion* alyansı altında sınıflandırılmalıdır (Kavgacı ve ark., 2021).

4. Sonuç

Karaçam, ülkemizde oldukça geniş bir coğrafyada yoğun bir yayılış göstermektedir. Bulunduğu alanlar genel olarak deniz iklimi etkisinin azaldığı, Anadolu'nun iç kısımlarını teşkil etmektedir. Yayılış alanı içinde gerek ana iklim koşullarından, gerekse topoğrafya ve anakaya ile toprak özelliklerinden kaynaklanan nedenlerle farklı bitki toplumları meydana getirmektedir. Ilıman iklimin egemen olduğu Kuzey Anadolu yayılış alanı ile Akdeniz ikliminin egemen olduğu Batı ve Güney Anadolu'da yayılış yapan karaçam ormanları floristik olarak temel iki ana vejetasyon birimini temsil etmektedir. Her bir vejetasyon birimi içinde ise ekolojik ve coğrafik farklılaşmalara bağlı olarak alt vejetasyon birimleri meydana gelmektedir. Ortaya çıkan her bir vejetasyon birimi ise kendine has biyolojik ve ekolojik süreçlere sahiptir.

Karaçam ormanlarının floristik, ekolojik ve yapısal özelliklerinde var olan bu çeşitlilik, doğa koruma açısından bu ormanların sahip olduğu zenginliğe ve ülkemizin bitki biyolojik çeşitliliği içindeki hassasiyetine ve önemine işaret etmektedir. Karaçam ormanlarının sahip olduğu bu çeşitlilik ve zenginliğin sürekliliğinin sağlanması ülkemiz ormancılığının önemli sorumluluklarından biri olup, yapılacak ormancılık çalışmalarında bu zenginlik ve çeşitliliğin farkında olunmalıdır.

Kaynaklar

- Akman, Y., 1995. *Türkiye Orman Vejetasyonu*. Ankara Üniversite Yayınları, Ankara.
- Ayaşlıgil, Y., 1987. *The Köprülü Kanyon Nationalpark*. Landschaftsökologie Weihenstephan, Munich, Germany.
- Bonari, G., Fernández-González, F., Çoban, S., Monteiro-Henriques, T., Bergmeier, E., Didukh, Y. P., Xystrakis, F., Angiolini, C., Chytrý, K., Acosta, T. R. A., Agrillo, E., Costa, J. E., Hennekens, S. M., Knollová, I., Neto, C. S., Sağlam, C., Skovoroc, Z., Tichý, L., Chytrý, M., 2021. Classification of the Mediterranean Lowland to Submontane Pine Forest Vegetation. *Applied Vegetation Science*, <https://doi.org/10.1111/avsc.12544>.
- Bruelheide, H., Dengler, J., Jiménez-Alfaro, B., Purschke, O., Hennekens, S. M., Chytrý, M. *et al.* (2019) sPlot - A New Tool for Global Vegetation Analysis. *Journal of Vegetation Science*, 30: 161-186.
- Chytrý, M., Hennekens, S., Jiménez-Alfaro, B., Knollová, I., Dengler, J., Jansen, F. *et al.* (2016) European Vegetation Archive (EVA): An Integrated Database of European Vegetation Plots. *Applied Vegetation Science*, 19, 173-180.
- Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S. M., Knollová, I., Janssen, J. A. M., Rodwell, J. S. *et al.* (2020) EUNIS Habitat Classification: Expert System, Characteristic Species Combinations and Distribution Maps of European Habitats.

- Applied Vegetation Science*, <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>.
- Çinbilgel, İ., 2012. Melik ve Kaldırım Dağı ile Çevresinin (Manavgat-İbradı/Antalya) Flora ve Vejetasyon Yönünden Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Mustafa Gökçeoğlu, 417 sayfa, Antalya.
- Çoban, S., Willner, W., 2019. Numerical Classification of the Forest Vegetation in the Western Euxine Region of Turkey. *Phytocoenologia*, 49: 71-106.
- Davis, P.H., 1971. Distribution Patterns in Anatolia with Particular Reference to Endemism. In: Davis, P.H. *et al.* (Eds), *Plant Life of South-West Asia*, Botanical Society of Edinburgh, 15-27 pp., Edinburgh.
- Dengler, J., Oldeland, J., Jansen, F., Chytrý, M., Ewald, J., Finckh, M. *et al.* (2012) Vegetation Databases for the 21st Century. *Biodiversity & Ecology*, 4: 15-24.
- Kavgacı, A., Čarni, A., Silc, U. 2008. Bitki Sosyoloji Çalışmalarında Kullanılan Sayısal Metotlar ve Bazı Bilgisayar Programları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 188-201.
- Kavgacı, A. Erdoğan, N., Öner, H. H., Arslan, M. Bonari, G., Chytrý, M., Čarni, A., 2021. Classification of Forest and Shrubland Vegetation in Mediterranean Turkey. *Applied Vegetation Science*, 24: e12589.
- Kavgacı, A., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Yalçın, O. Y., Carus, S., Dündar, T., 2013. Classification and Ordination of *Pinus nigra* Dominated Forest at Alaçam Mountains (NW Anatolia-Turkey). *Eurasian Journal of Forest Science*, 1, 35-50.
- Mayer, H., Aksoy, H., 1986. *Walder Turkei*. Stuttgart, Germany: Gustav Fischer Verlag.
- Quézel, P., Barbero, M., Akman, Y., 1978. The Phytosociological Interpretation of Forest Groups in the Eastern Mediterranean Basin (French). *Documents Phytosociologiques*, 2: 329-352.
- Özkan, K., 2002. Türler Arası Birlikteliğin Interspesifik Korelasyon Analizi ile Ölçümü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 71-78.
- Sarıbaşı, M., 2006. Bitki Sosyolojisinin Önemi ve Tarihçesi ve Ülkemiz Ormancılığında Bitki Sosyolojisi Çalışmaları. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 7:67-88.
- Velioğlu, V., Çengel, B., Kandemir, G., İçgen, Y., Kaya, Z. 2005. Kasatura Körfezi Tabiatı Koruma Alanındaki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Populasyonunun Genetik Çeşitliliğinin RAPD Yöntemiyle Belirlenmesi. *Korunan Alanlar Sempozyumu*, 8-10 Eylül, 2005, sayfa: 513-520, Isparta.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

25

KARAÇAM EKOSİSTEMLERİNDE TOPRAK MİKROMANTAR TOPLUMLARI

1. Giriş

Orman ekosistemlerinin canlı bileşenleri arasında yer alan toprak mantarlarının ayrışma faaliyetlerine, karşılıklı yardım esasına dayalı ortaklıklara (simbiyoz) ve hastalık etmeni olarak önemli etkileri vardır. Mantarlar toprakta meydana gelen enerji akışı, besin maddesi dolaşımı ve organik madde ayrışması süreçlerinde aktif rol alırlar ve ekosistemin şekillenmesinde etkili olurlar (Buee ve ark., 2009; Li ve ark., 2018).

Toprakta, mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen faaliyetlerde de mantarlar özel bir öneme sahiptirler. Farklı mantar türleri asit, nötr ve alkali (pH 2,0-11,0) karaktere sahip çok farklı topraklarda yaşayabilmektedirler. Özellikle bakteri ve aktinomisetler için uygun olmayan asit topraklarda organik maddenin ayrıştırılmasında mantarlar en etkili canlı grubudur. Böylece diğer canlıların faaliyetlerinin durakladığı ortamlarda bile organik maddenin ayrıştırılması işlemine devam ederek toprak verimliliğine katkı sağlarlar. Birim ağırlıktaki toprakta, mantarlar sayı olarak bakteri ve aktinomisetlerden daha az olmasına karşılık, canlı kütle (biomas) ağırlığı olarak en yüksek değere (1.120-11.200 kg/ha) sahiptirler (Brady, 1990).

Her yıl orman topraklarının üzerine büyük miktarda organik madde yığılmaktadır. Bunlardaki besin elementlerinin tekrar kullanılabilmesi için, büyük molekülü organik bileşiklerin yapısından çıkıp, serbest iyon halini alması gereklidir. Bu olay ancak organik maddelerin ayrışması ile mümkündür. Genel olarak asit karaktere sahip orman topraklarında ve üzerindeki ölü örtüde bulunan mantarlar madde/enerji dönüşümü üzerinde etkili olarak toprak verimliliğini artırır. Bu nedenle bitkilerin ve özellikle orman ağaçlarının gelişiminde toprak mantarları önemli bir canlı grubudur (Brady, 1990).

Mikromantarlar yüksek plastiklik özelliği ve kötü şartlara uyum gösterme yeteneği bakımından toprakta yaşayan canlılar içerisinde özel bir ayrıcalığa sahiptir (Sun ve ark., 2005). Mikromantar salgıladığı çeşitli hücre dışı enzimler ile her çeşit organik materyali ayrıştırarak karbon ve diğer besin maddesi dola-

¹⁾ Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Trabzon, Elmek: okara@ktu.edu.tr

şımını düzenlemektedir (Žifčáková ve ark., 2016).

Mikroflora toprak oluşumu ve gelişimi olaylarında da etkilidir. Kayalar üzerinde çok sık rastlanan *Penicillium* cinsine ait mantar türleri anakayanın yapısındaki silikatları bünyelerine alarak anakayanın biyolojik olarak ayrışmasına neden olurlar. Ayrıca mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan organik (humik asit, oksalik asit) ve inorganik (sülfirik asit, nitrik asit, fosforik asit) asitler anakayayı kimyasal olarak ayrıştırırlar. Oluşan bu organik asitler aynı zamanda katyonlarla şelat oluşturarak katyonları alt toprağa taşırlar (Hattori, 1973).

Toprak mikromantarlarının ekosistem içindeki temel görevleri çok çeşitlidir. Mantarlar organik maddeleri ayrıştırmak, organik ve inorganik maddelerden N, P, K, S ve diğer iyonları mineralize etmek suretiyle besin döngüsünde rol alır. Diğer yandan besin elementlerini sitoplazma içinde tutarak topraktan yıkanmasını engellemekte ve topraktaki zehirli maddeleri ayrıştırmakta veya bünyelerinde biriktirmektedir (Rhodes, 2013). Bunların yanında mantarlar bitkilerin su ve besin elementi alımını artırmak, toprakların kırıntılı yapı kazanmasını sağlamak, humik maddeleri sentezlemek, zararlı toprak mikroorganizmaları ile mücadele etmek, antibiyotik üretmek, tohumların çimlenme engelini kaldırmak, toprak oluşum ve gelişim olaylarına katılmak gibi çok farklı faaliyetleri vardır (Christensen, 1989).

Çeşitli araştırmalarda bitki örtüsü ile toprak mikromantarları arasında anlamlı ilişkiler olduğu belirtilmiştir (Christensen, 1969; 1981). İbrelili ve yapraklı orman topraklarının mikromantar florası ile ilgili yapılan bir çalışmada topraklarda yoğun olarak *Mortierella vinaceae*, *Trichoderma* sp., *Mortierella isabellina*, *Penicillium nigricans*, *Mortierella nana*, *Pullularia pullulans* ve *Monocillium humicola* var. *brunneum* mantar türleri bulunmuştur. Ayrıca yapraklı orman (Akçağaç) toprakları ile ibrelili (Tsuga) orman topraklarının mantar türleri bakımından farklı olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak mantar toplumlarının tür bileşiminin bitki örtüsü ile sıkı bir ilişki içerisinde olduğu ifade edilmiştir (Christensen, 1969). Aynı araştırmacı dünyanın çeşitli yerlerinde ve farklı yetişme ortamlarında (çöl, mera, orman, çalılık ve tundra) yapılan 33 toprak mikromantar araştırmasını karşılaştırmıştır. Bu çalışma sonucunda yetişme ortamına bağlı olarak mantar toplumlarının farklı ancak birbiriyle iç içe oldukları bildirilmiştir. Ayrıca bir bölgeye ait (yerel) türlerin çoğunun veya hepsinin genel (küresel) olduğu belirtilmiştir. Bundan dolayı çok farklı coğrafik bölgelerde benzer mantar toplumlarına rastlanabileceği ifade edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, farklı bölgelerde bulunmasına karşılık aynı bitki örtüsü altından alınan toprakların mantar toplumlarının benzer olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da bitki örtüsü ile mikromantar toplumları arasında sıkı bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Ayrıca mikrofloranın miktar ve tür bakımından karakterinin, ağaçların ürettiği organik mad-

denin özelliğine göre de değiştiği sonucuna varılmıştır (Christensen, 1981).

Çeşitli araştırmalar arazi kullanım biçiminin toprakların mantar florası üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Ilıman kuşaktaki mera topraklarında *Fusarium* ve *Aspergillus* türlerinin, orman topraklarında ise bunun aksine *Penicillium* türlerinin hâkim olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmalarda nemli topraklardaki mantar sayılarının kuru ve ıslak topraklarda bulunandan fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca sonbahar mevsimindeki mantar sayısının %27'sinin spor kaynaklı olduğu, buna karşılık bu oranın ilkbahar mevsiminde %10'a düştüğü belirtilmiştir. Buna bağlı olarak da toprak sıcaklığı ve bitki faaliyetlerinin azaldığı sonbahar mevsiminde mantarların vejetatif gelişmelerinin azaldığı sonucuna varılmıştır (Orpurt ve Curtis, 1957; Clarke ve Christensen, 1981).

Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) ormanlarında yapılan bir çalışmada, tıraşlama kesimi takip eden 3 yıl boyunca ölü örtü ve topraktaki mikromantarlar incelenmiştir. Ölü örtü ve topraklardan en fazla *Mortierella* türlerinin izole edildiği bildirilmiştir. *Penicillium* türlerinin ise genelde ölü örtü ve organik maddece zengin üst toprakta bulunduğu ifade edilmiştir. Ayrıca ölü örtü ve toprak horizonlarında bulunan mantar türlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Mantar toplulukları bakımından en yüksek benzerlik ise ölü örtünün çürüntü tabakası ile humus tabakası arasında bulunmuştur (Bååth, 1981).

Hasenekoğlu ve Azaz (1991), Sarıçam ormanlarında tıraşlama kesiminin mantar florasına etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar 50 toprak örneğinden toplam 127 ayrı mikromantar izolatu elde etmişlerdir. Her iki alanda (tıraşlama kesim alanı ve kontrol alanı) tür çeşitliliği bakımından zengin cinsler sırasıyla *Penicillium* sp., *Acremonium*, *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Cladosporium* sp., *Mortierella* sp. olduğu bildirilmiştir. Ancak *Penicillium* sp. cinsinin frekans ve tür sayısı bakımından diğerlerinden daha zengin olduğu belirtilmiştir. 1 gr fırın kurusu topraktaki mantar sayıları tıraşlama alanında ortalama 182.270, kontrol alanında ise ortalama 287.160 olduğu bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada tropik yağmur ormanlarında tarım arazisine çevrilen toprakların mantar florası incelenmiştir. Tür çeşitliliğinin aynı yıl içinde olduğu gibi yıllar arasında da değiştiği belirlenmiştir. Toprak neminin mantar topluluklarının tür sayısında değişime yol açan önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir. Bu araştırma sonucunda geleneksel yöntemlerle yapılan tarım faaliyetlerinin kısa sürede mantar çeşitliliğini etkilemediği sonucuna varılmıştır (Persiani ve Casado, 1998). Yangın, kesim vb. gibi nedenlerle doğal yapısı bozulmuş alanlarda ise tür çeşitliliğinin olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (Lumley ve ark., 2001).

Çürükçül (Saprofit) mantarlar besin elementleri bakımından zengin topraklarda yüksek miktarda bulunmakta ve bitki besin elementleri ve pH ile pozitif korelasyon göstermektedir. *Mortierella* çözümez haldeki fosforu kul-

lanılabilir forma dönüştürmek suretiyle bitkilerin ve diğer toprak canlılarının alımını sağlamaktadır (Osorio ve Habte, 2013; Wu ve ark., 2019).

Çolakoğlu (2001) tarafından Belgrad Ormanı'nda doğal meşe meşçeresi ve dikimle geliştirilmiş karaçam meşçeresi altındaki mikromantar florasından bazılarının (*Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Stemphylium*, *Stachyotrys* ve *Fusarium*) her iki meşçerede de yaşayabildikleri halde, bazılarının (*Absidia*) karaçam türüne, bazılarının da (*Gliocladium*, *Trichothecium*, *Acremonium*, *Humicola*, *Cladosporium*, *Alternaria* ve *Ulocladium*) meşe türüne bağlı oldukları ifade edilmiştir.

Belgrad Ormanı'nda karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) topraklarındaki mikromantar florası üzerine yapılan bir çalışmada 32 toprak örneğinden "Toprağı Sulandırma Metodu" ile 310 izolat elde edildiği bildirilmiştir (Çolakoğlu, 2002). Bu izolatların teşhislerinin yapılması sonucu 9 cinse ait 13 tür, 1 varyete ve ayrıca 5 ayrı steril mikromantar elde edilmiştir. Araştırma alanı topraklarında tür sayısı bakımından en zengin cins *Penicillium* (2 tür, 1 varyete)'dur. En yaygın türler ise *Mucor jansseni*, *Rhizopus nigricans*, *Penicillium chrysogenum* ve *Trichoderma viride* olduğu belirtilmiştir. Teşhis edilen mikromantarların bazılarının çürükçül (saprofit) bazılarının ise diğer funguslar üzerinde parazit olarak geliştiği ifade edilmiştir (*Trichoderma viride*). Topraktaki bu mikromantarların bazılarının ise insanlarda alerji (*Penicillium chrysogenum* ve *Penicillium expansum*) ve aspergillosis hastalığına neden olduğu bilinmektedir.

Çankırı (Eldivan) karaçam orman topraklarında yapılan bir çalışmada; *Absidia*, *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Chrysosporium*, *Cladobotryum*, *Cladosporium*, *Clonostachys*, *Cunninghamella*, *Engyodontium*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Gliomastix*, *Memnoniella*, *Mortierella*, *Mucor*, *Myrothecium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Sepedonium*, *Sporothrix*, *Stachyotrys*, *Thysanophora*, *Trichoderma*, *Trichothecium* ve *Ulocladium* cinsleri belirlenmiştir. Tür zenginliği bakımından ele alındığında; *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Cladosporium* ve *Paecilomyces* cinslerinin öne çıktıkları belirtilmiştir (Oskay ve Şimşek, 2017).

2. Toprak Mikromantar Toplumlarının Belirleme Yöntemleri

2.1. Araştırma alanlarının yeri ve yetişme ortamı özellikleri

Bu çalışma 105O530 nolu ve Bazı Salep Türlerinin Buldukları Yetişme Ortamına Ait Mantar Florası isimli Tübitak projesi (Kara ve ark., 2010) ile Kuzey Trakya Dağlık Yetişme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikromantarlarının Mevsimsel Değişimi isimli Doktora

tezi (Kara, 2002) kapsamında yapılan çalışmalara dayanmaktadır. Araştırma alanları Muğla-Köyceğiz, Çanakkale-Ayvacık, Kastamonu-Taşköprü, Kırklareli-Demirköy ilçesi mülki hudutları içerisinde kalmaktadır. Söz konusu çalışmalarda mantar türlerini belirlemek için aşağıda belirtilen yöntem kullanılmıştır.

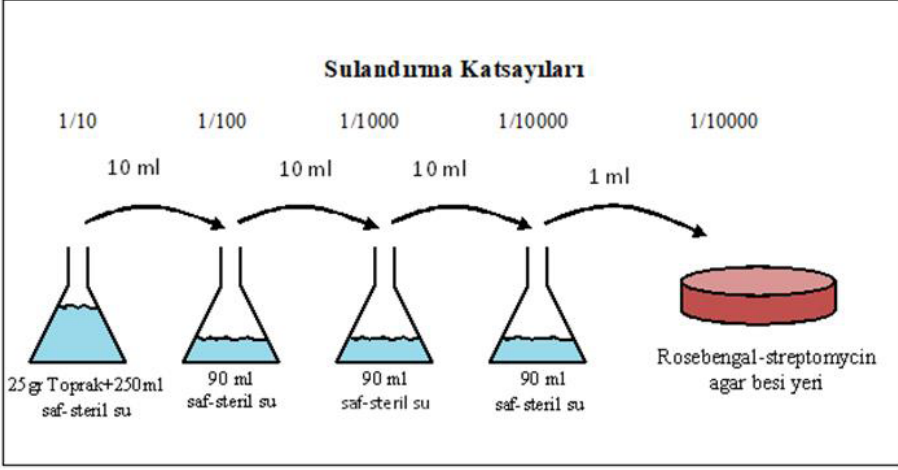
Çizelge 1. Örnek alanlara ait bazı yetiştirme ortamı özellikleri (Kara ve ark., 2010).

	Yükselti (m)	Bakı	Eğim %	Toprak Derinliği	Anakaya	Yamaç Konumu
Kastamonu-Taşköprü	1221	-	0	Derin	Granit	Düzlük
Çanakkale-Ayvacık	674	Kuzey	12	Orta Derin	Granit	Üst Yamaç
Muğla-Köyceğiz	1357	Güney batı	60	Derin	Serpantin	Üst Yamaç
Kırklareli-Demirköy	300	Kuzey	35	Derin	Granit	Alt Yamaç

2.2. Toprak örneklerinde mantar florasının belirlenmesi

Mantarların İzolasyonu ve Tür Tespiti: Toprak mikromantarlarının izolasyon işlemi Toprağı Sulandırma Yöntemine (Waksman, 1922) göre yapılmış ve rosebengal-streptomycin agar besi yeri kullanılmıştır (Ottow, 1972). Bu metod şöyle uygulanmaktadır: Her toprak örneğinden 10 gram tartılır ve darası alınan petri kutularına konur. Petriler 105 °C'lik sıcaklıkta 24 saat tutularak ve tekrar tartılır. Böylece, her toprak örneğinin nem miktarı % olarak hesaplanır. Bu nem miktarları göz önüne alınarak 25 gram fırın kurusu toprağa karşılık gelecek nemli toprağın kaç gram olduğu bulunur. Bu şekilde hesaplanan nemli toprak örnekleri 500 ml'lik erlenlere konur ve üzerlerine 250 ml saf-steril su eklenir. Böylece toprak örneklerindeki nem miktarları da dikkate alınarak, toprağın 1/10 oranında sulandırılması sağlanır. Bu karışım, yaklaşık 30 dakika kadar çalkalanır; böylece toprak partiküllerinin homojen bir şekilde dağılarak bir süspansiyon haline gelmesi sağlanır. Bundan sonra, 1/10 oranında sulandırılmış bu toprak süspansiyonunun içinden steril bir pipetle 10 ml çekilmiş ve içinde 90 ml saf-steril su bulunan bir erlene boşaltılır. Böylece bu sulandırmadan sonra, 1/100 oranında sulandırılmış toprak süspansiyonu elde edilir. Daha sonra aynı yol izlenerek 1/1.000 ve 1/10.000 oranında sulandırılmış toprak süspansiyonları hazırlanır. 1/10.000'lik süspansiyondan 1 ml steril bir pipetle çekilecek ve içerisinde katılaşma derecesine yakın bir sıcaklığa kadar soğutulmuş (henüz katılaşmamış), yaklaşık 15-20 ml rosebengal-streptomycin agar bulunan 10cm. çapındaki petri kaplarına aktarılır (Şekil 1).

Bu şekilde hazırlanan petri kapları, masa üzerine serilerek, temiz ve ıslak bir bez üzerinde, içindeki agar katılaşmaya kadar, el ile rotasyon hareketi yapılarak, süspansiyonun besiyeri içinde homojen olarak dağılması sağlanır. Bu şekilde her toprak örneğinden 3 adet petri kabı hazırlanır (Şekil 2).



Şekil 1. Toprakların sulandırma yönteminin şematik gösterimi.



Şekil 2. Rosebengal-streptomycin agar besi yerinde topraktan izole edilen mantar kolonileri (7. gün).

Petri kapları, 27 °C'lık etüvde yaklaşık 7-10 gün süreyle inkübasyona bırakılır. Bu süre sonunda her örnek için, petrilere bulunan tüm fungus kolonileri sayılır. Sayım işlemi petri kapları ters yüz edilerek ve işaretlenmek suretiyle yapılır. Bu şekilde, her örnek için, petrilere bulunan toplam fungus kolonileri sayıları bulunmuş ve petri sayısına (her toprak örneği 3 tekrarlı ekilmiştir) bölünür. Böylece ortalama koloni sayısı bulunur. Bulunan sayı, sulandırma kat-

sayısı olan 10.000 ile çarpılır ve her toprak örneğinin 1 gramlık fırın kurusu kısmında bulunan toplam fungus sayısı hesaplanır.

Sayımdan sonra, hemen tüm koloniler, teşhis amacıyla içinde eğri durumda PDA besiyeri bulunan tüplere steril koşullarda teker teker alınırlar (Şekil 3). Bu tüpler yine etüvde 27 °C'de inkübasyona bırakılırlar. Yaklaşık 10 gün sonra, bütün tüpler yanyana dizilmiş, dış görünüşlerine göre, aynı türün olabileceği varsayılan tüpler biraraya getirilmiş ve bunlara birer numara verilir. Alınan toprak örneklerinde mantar sayım ve izolasyon işlerine devam edilir.



Şekil 3. Eğik besi yerinde (PDA) bulunan tüplerdeki farklı mantar türleri.

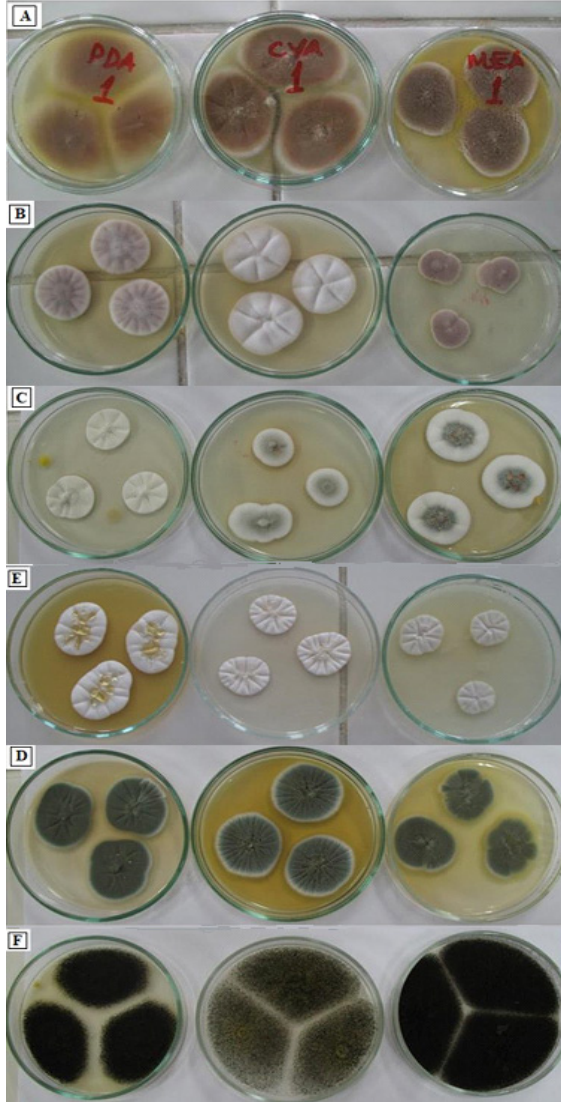
İzole edilen toprak mantarları, çok çeşitli literatürler kullanılarak teşhis edilir. Bu yayınlar arasında “The Genus *Aspergillus*” (Raper ve Fennell, 1965), “Identification of Common *Aspergillus* Species” (Klich, 2002a), “The Genus *Penicillium* and its Teleomorphic States *Eupenicillium* and *Talaromyces*” (Pitt, 1979), “A manual of Soil Fungi” (Gilman, 1957), “Toprak Mikrofungusları, Cilt I-VII” (Hasenekoğlu, 1991), “Dematiaceous Hypomycetes” (Ellis, 1971), “Fusarium species. An Illustrated Manual for Identification” (Nelson ve ark., 1983), “Compendium of Soil Fungi” (Domsch ve Gams, 1980) adlı eserler sayılabilir.

Mikromantar teşhisleri için Malt Ekstrakt Agar (MEA), Czapek Dox Agar (CA), Czapek Yeast Ekstrakt Agar (CYA), %25 Glycerol Nitrat Agar (G25N) gibi çeşitli besi yerleri kullanılır. Mantar büyüme ortamına üç nokta ekim yapılır (Şekil 4A-F).

Daha sonra, gelişen kolonilerin makroskobik ve mikroskobik özellikleri belirlenerek tür ve cins düzeyinde teşhis edilir. Mikroskop altında incelemeler için laktofonel çözeltisi içinde preparatlar hazırlanır.

2.3. Karaçam topraklarında mikromantar çalışmalarında kullanılan bazı toprak özellikleri ve yöntemleri

Toprak mikromantar çalışmalarında belirlenen fiziksel toprak özelliklerinin yöntemleri; Hacim Ağırlığı: Hacim silindirleriyle alınan toprak örnekleri öncelikle 105 °C sıcaklıkta kurutularak fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Fırın kuru ağırlıkların 1 lt'deki örnek hacmine oranı ile örnek ağırlıkları g/l olarak hesaplanmıştır (Irmak, 1954). İnce Toprak Ağırlığı: 2 mm'lik eleklerden geçirilerek elde edilen ince toprak örnekleri 105 °C sıcaklıkta kurutulmuş ve böylece fırın kuru ağırlıkları bulunmuştur. Bulunan değerlerin örnek hacmine oranı ile fırın kuru ağırlık g/l olarak hesaplanmıştır. Tane Çapı: Toprak



Şekil 4. A-F. Üç nokta ekimi sonrası çeşitli besi yerlerinde gelişen farklı mantar kolonileri.

örneklerinin tane çapları Bouyoucous hidrometre metodu ile tayin edilmiştir. Toprak türlerinin belirlenmesi uluslararası tane çapı sınıflarına göre yapılmıştır (Irmak, 1954; çur, 1974).

Toprak mikromantar çalışmalarında belirlenen kimyasal toprak özelliklerinin yöntemleri; Toprak Reaksiyonu (pH): Toprak örneklerinin reaksiyonu cam elektrodlu pH metre ile ölçülmüştür. Aktüel asitlik için 1/2,5 oranında saf su, değişim asitliği için 1/2,5 oranında 1 N KCl ile ıslatılıp ölçme yapılmıştır (Irmak, 1954). Organik Karbon: Toprak örneklerinin organik karbon miktarı örnekler 0,25 mm'lik elekten geçirildikten sonra Wackley-Black'in ıslak yakma yöntemi ile bulunmuştur (Irmak, 1954; Gülçur, 1974). Toplam Azot: Toprak örneklerinde toplam azot (Nt) oranları, örnekler 0,25 mm'lik elekten geçirildikten sonra Semi-Mikro Kjeldhal metodu ile ve Markham damıtma aygıtı kullanılarak tayin edilmiştir (Irmak, 1954; Gülçur, 1974).

3. Karaçam Ormanlarının Mikromantarları ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Mikromantarların izole edildiği karaçam alanlarına ait bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırma alanlarında kum içeriği bakımından zengin süzek topraklar bulunmaktadır. Toprak reaksiyonu 4,57 ile 6,23 arasında değişmekte ve şiddetli-orta derecede asit sınıflarda yer almaktadır. Muğla-Köyceğiz'den alınan toprak örnekleri serpantin anakayasası üzerinde gelişmiştir. Bu topraklarda belirlenen pH değerleri granit üzerinde gelişenlere göre dikkat çekici oranda yüksektir (6,06-6,23). Bu durum serpantin anakayasasına bağlı olarak pH değerlerinin bir miktar yükselmesine yol açmıştır. Toprakların organik madde içerikleri %0,17 ile %8,25 arasında değişmekte olup ikinci derinlik kademesinde (5-10cm) daha düşüktür. Toplam azot değerleri birinci derinlik kademesinde (0-5cm) %0,212- %0,048 arasında, ikinci derinlik kademesinde (5-10cm) %0,09-0,02 arasında değişim göstermektedir (Çizelge 2).

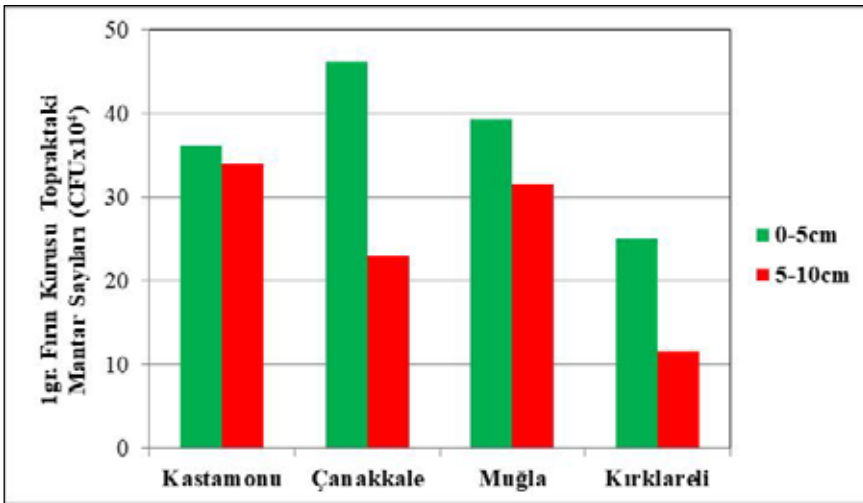
İncelenen topraklardan 1gr fırın kurusu topraktan izole edilen mikromantar sayıları 0-5cm derinlik kademesinde $25,0 \times 10^4$ ile $46,3 \times 10^4$ arasında, 5-10 cm derinlik kademesinde ise $11,6 \times 10^4$ ile $34,0 \times 10^4$ arasında değişim göstermektedir (Çizelge 3). İkinci derinlik kademesinde mantar sayılarının azaldığı belirlenmiştir. Toprak kesiti boyunca mantar sayılarında meydana gelen bu azalma örnek alanlara bağlı olarak bazı farklar göstermektedir (Şekil 5).

Çizelge 2. Çalışma alanlarına ait bazı toprak özellikleri (Kara ve ark., 2010).

Örnek Alanlar	Toprak Derin. (cm)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	Organik Mad. (%)	Toplam Azot (%)
Kastamonu-Taşköprü	0-5	1,14	57,41	21,45	21,14	KuKB	4,80	1,85	0,048
	5-10	1,41	51,11	23,52	25,36	KuKB	4,96	0,17	0,023
Çanakkale-Ayvacık	0-5	0,81	79,96	7,49	12,55	KuB	5,46	3,66	0,212
	5-10	0,93	76,82	6,40	16,78	KuB	5,26	2,03	0,020
Muğla-Köyceğiz	0-5	1,02	65,80	16,47	17,72	KuB	6,06	4,26	0,180
	5-10	1,28	72,24	12,17	15,58	KuB	6,23	1,21	0,058
Kırklareli-Demirköy	0-5	0,93	78	11	11	KuB	4,57	8,25	0,249
	5-10	1,43	74	9	17	KuB	4,73	3,33	0,091

Çizelge 3. Örnek alanlarda belirlenen mantar sayıları (1 gr fırın kurusu toprakta).

Derinlik	Kastamonu-Taşköprü	Çanakkale-Ayvacık	Muğla-Köyceğiz	Kırklareli-Demirköy
0-5 cm	32	46	34	32
	39	33	44	23
	38	60	40	20
	Ort.	36,3 x10 ⁴	46,3 x10 ⁴	39,3 x10 ⁴
5-10cm	23	23	34	14
	30	25	27	10
	49	21	34	11
	Ort.	34,0 x10 ⁴	23,0 x10 ⁴	31,6 x10 ⁴

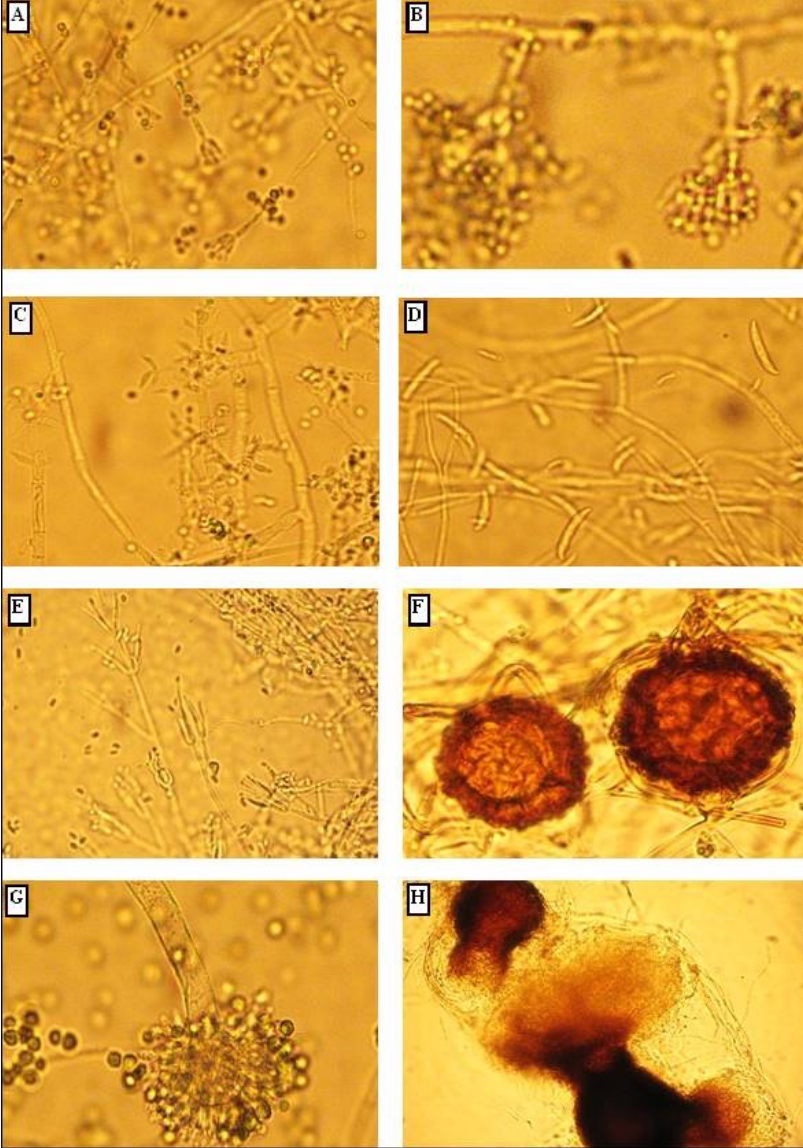
**Şekil 5.** Toprak derinliğine bağlı olarak mantar sayılarının değişimi.

Ülkemizin farklı yerlerinde yayılış gösteren Karaçam ormanlarının, 0-5 cm derinlik kademesinde 33 tür, 5-10 cm derinlik kademesinde 27 mantar türü belirlenmiştir (Çizelge 4). *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium citreonigrum*, *Penicillium decumbens*, *Penicillium glabrum*, *Penicillium janczewskii*, *Penicillium restrictum* her iki derinlik kademesinde ortak rastlanan türlerdir. Karaçam topraklarından izole edilen mantar türlerinin önemli bir kısmının *Penicillium* cinsine ait mantar türleri olduğu görülmektedir. 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademelerinde teşhis edilen toplam mantar türlerinin sırasıyla %51 ve %55'lik kısmını *Penicillium* türlerinin oluşturduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, karaçam topraklarındaki mikromantar topluluğunun bileşiminde *Penicillium* türlerinin baskın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Karaçam Topraklarından izole edilen mikromantar türleri.

0-5 cm	5-10cm
<i>Acremonium exiguum</i>	<i>Aspergillus</i> sp.
<i>Acremonium kiliense</i>	<i>Beauveria bassiana</i>
<i>Aspergillus pseudoglaucus</i>	<i>Gliocladium roseum</i>
<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Gliocladium vermoesenii</i>
<i>Emericella rugulosa</i>	<i>Mortierella elongata</i>
<i>Fusarium</i> sp.1	<i>Mortierella</i> sp.1
<i>Fusarium</i> sp.2	<i>Paecilomyces farinosus</i>
<i>Mucor</i> sp.1	<i>Paecilomyces lilacinus</i>
<i>Mucor</i> sp.2	<i>Paecilomyces variotii</i>
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	<i>Paecilomyces</i> sp.1
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	<i>Penicillium brevicompactum</i>
<i>Paecilomyces variotii</i>	<i>Penicillium citreonigrum</i>
<i>Penicillium citreonigrum</i>	<i>Penicillium citrinum</i>
<i>Penicillium corylophilum</i>	<i>Penicillium decumbens</i>
<i>Penicillium decumbens</i>	<i>Penicillium glabrum</i>
<i>Penicillium glabrum</i>	<i>Penicillium janczewskii</i>
<i>Penicillium implicatum</i>	<i>Penicillium janthinellum</i>
<i>Penicillium janczewskii</i>	<i>Penicillium paxilli</i>
<i>Penicillium janthinellum</i>	<i>Penicillium purpurogenum</i>
<i>Penicillium jenseni</i>	<i>Penicillium restrictum</i>
<i>Penicillium melinii</i>	<i>Penicillium simplicissimum</i> ,
<i>Penicillium restrictum</i>	<i>Penicillium</i> sp. 1
<i>Penicillium variabile</i>	<i>Penicillium</i> sp. 2
<i>Penicillium waksmanii</i>	<i>Penicillium</i> sp. 3
<i>Penicillium</i> sp. 1	<i>Penicillium</i> sp. 4
<i>Penicillium</i> sp. 2	<i>Trichoderma</i> sp.1
<i>Penicillium</i> sp. 3	<i>Trichoderma</i> sp.2
<i>Penicillium</i> sp. 4	
<i>Penicillium</i> sp. 5	
<i>Phoma</i> sp.	
<i>Thysanophora penicillioides</i>	
<i>Trichoderma</i> sp. 1	
<i>Trichoderma</i> sp. 2	
35 tür	27 tür

Fusarium türleri genel olarak bitki köklerinde hastalık etmenidir. Kaçam topraklarının 0-5cm derinlik kademesinde bu mantar türüne rastlanmıştır. Buna karşılık hastalık yapıcı mantarlara karşı biyolojik kontrol etmeni olarak işlev gören *Trichoderma* türleri her iki derinlik kademesinden izole edilmiştir. Topraklarda bulunan mantar türlerine ait mikroskopik fotoğraflar (Konidiyofor ve Konidial Yapılar, X 40) Şekil 6A-H'de gösterilmiştir.



Şekil 6. A- *Penicillium waksmanii*, B-*Penicillium janthinellum*, C- *Trichoderma* sp., D- *Fusarium* sp., E- *Gliocladium roseum*, F- *Mucor* sp., G- *Aspergillus* sp., H- *Phoma* sp.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada ülkemizin farklı yerlerinde yayılış gösteren Karaçam orman topraklarında bulunan mikromantar türleri ve sayıları incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; 1 gram fırın kurusu toprakta ortalama mantar sayıları 0-5 cm derinlik kademesinde $36,7 \times 10^4$, 5-10 cm derinlik kademesinde $25,0 \times 10^4$ bulunmuştur. Bir gram verimli toprakta bulunan mantar sayısı ortalama $40,0 \times 10^4$ olarak bildirilmektedir (Brady, 1990). Karaçam topraklarında belirlenen mantar sayıları bu değerle kıyaslandığında daha dşuk olduğu görülmektedir. Bu durum karaçam meşcerelerinin verimsiz alanlar üzerinde yayılış göstermesi ile ilgili olabilir. Nitekim toprak örneklerinin alındığı saharlar granit anakayası üzerinde gelişmiş kumlu ve asit karakterli topraklardır. Bu toprakların besin maddeleri bakımından fakir, su tutma kapasitesi dşuk verimsiz saharlar olması mantar gelişimini olumsuz etkileyebilir. Toprak mikroorganizmaları besin maddeleri ihtiyaçları bakımından yüksek bitkilere benzerler. Makro elementlerden özellikle fosfor, kükürt, kalsiyum, potasyum, magnezyum ve mikro elementlerden molibden, çinko, mangan, kobalt, bakır, demir, bor, vanadyum, klor ve sodyum mantarlar için önemlidir (Swier ve ark., 2011). Genel olarak toprak organizmalarının optimum düzeyde gelişebilmeleri için toprağın su tutma kapasitesinin %55-60'ı kadar nem içermesi gerekir (engel, 1994).

Birçok çalışmada toprak derinliği arttıķa mantar sayılarının önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. Bu durum toprak kesiti boyunca, mantar sayılarının azalmasında toprakların organik madde içerikleri ve havalanma koşullarının etkili olduğunu göstermektedir (Kara ve Asan, 2007). Ayrıca toprakların toplam azot miktarlarının da mantar sayıları üzerinde olumlu etkide bulunduğu çeşitli araştırıcılar tarafından ifade edilmektedir (Saksena, 1955; Ramakrishnan, 1955). İncelenen karaçam topraklarında toplam azot miktarları da alt horizonlara doğru sürekli azalmaktadır. Dolayısıyla toprak kesiti boyunca mantar sayılarının azalmasında toplam azot miktarlarının organik maddeye benzer bir etkide bulunduğu söylenebilir. Çünkü toprak kesiti boyunca toplam azot ile organik madde benzer bir değişim göstermektedir ve sürekli azalmaktadır. Bu sonuçlar, Karaçam topraklarındaki mantar sayılarının diğer çalışmalarla benzerlik gösterdiği ve toprak derinliğine bağlı olarak azaldığı görülmektedir.

rnek alan topraklarında 14 cinse ait toplam 49 mantar türü bulunmuştur. Bulunan mantar cinsleri *Acremonium*, *Aspergillus*, *Beauveria*, *Emericella*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Mortierella*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Phoma*, *Scopulariopsis*, *Thysanophora*, *Trichoderma*'dur. İncelenen topraklarda en fazla *Penicillium* cinsine ait mantar türü bulunmuştur (izelge 4). Her iki derinlik kademesinde toplam 49 mantar türünden 26 tanesi (%53) *Penicillium* cinsine aittir. *Penicillium* cinsi mantarlar orman topraklarında yüksek sayıda ve türde

olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından da bildirilmektedir. Yapılan bir çalışmada farklı yetiştirme ortamlarındaki topraklarda bulunan mantarlarla ilgili araştırmalar bir araya getirilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmalarda ortalama 90 mantar türü bulunduğu ve bunların %21'nin *Penicillium* türlerinden oluştuğu bildirilmiştir (Christensen ve ark., 2000).

Toprak mikromantar florasında sık rastlanan *Aspergillus* cinsi mantarların Karaçam sahalarından az sayıda izole edilmesi dikkati çekmektedir. *Aspergillus* cinsi mantarlar için en uygun sıcaklık 25-40 °C'ler arasındadır. Bundan dolayı *Aspergillus* cinsine ait mantar türleri tropik ve subtropik topraklarda daha fazla sayıdadır. Diğer bir deyişle 25° kuzey ve güney enlem derecelerinin yukarısında bulunan topraklarda *Aspergillus* türleri azalmaktadır (Klich, 2002b). Bu bilgilere bağlı olarak *Aspergillus* türlerinin az sayıda bulunması Ülkemizdeki karaçam sahalarının yayılış gösterdiği alanların dünya üzerindeki konumu ile ilgili olduğu söylenebilir.

Karaçam orman topraklarında teşhis edilen mikromantarlar farklı ekolojik etkilere sahiptir. Bunlardan *Mortierella* ve *Mucor* saprofit, *Trichoderma* ise diğer funguslar üzerinde parazit olarak gelişmektedir. Topraktaki bu mikromantarların bazılarının ise insanlarda allerji (*Penicillium chrysogenum* ve *Penicillium expansum*) ve aspergillosis hastalığına neden olduğu bilinmektedir.

Karaçam orman topraklarındaki mantar toplulukları içinde *Trichoderma* cinsinin önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. *Trichoderma* türleri orman topraklarında sıklıkla rastlanan ve antagonistik etkiye sahip mantarlardır. Ülkemizde ve dünyada yapılan çeşitli araştırmalar, bu cinsine ait türlerin orman topraklarında oldukça yaygın olduklarını göstermektedir (Widden ve Parkinson, 1973; Kubicek ve Harman, 1998). *Trichoderma* türleri hastalık yapıcı diğer türleri baskılamak suretiyle mikromantar toplumlarının şekillendirmekte ve dengelemektedir (Matei ve ark., 2020). Bunun yanında orman yangınlarından sonra topraklarda *Trichoderma* türlerinin yüksek miktarda bulunuşu fakir yetiştirme ortamlarına uyum sağlayan kozmopolit bir tür olduğunu göstermektedir (Azaz ve Pekel, 2002).

Karaçam topraklarının 0-5 derinlik kademesinden 2 *Fusarium* türü izole edilmiştir. *Fusarium* türleri genel olarak orman topraklarından ziyade verimli tarım ve mera topraklarında yaygın bir mantar cinsidir. Karaçam topraklarında *Fusarium* türlerinin düşük sayıda olması antagonistik mantarların baskılayıcı etkisinden ileri gelebilir. Antagonist mantarlar diğer mantarların gelişmelerini, salgıladıkları antibiyotik maddeler aracılığıyla engelleyebildikleri gibi; doğrudan temas ettikleri mantarların hücre duvarlarını salgıladıkları enzimler aracılığıyla parçalamak suretiyle baskılayabilmektedirler (Küçük, 2000). Toprakta bulunan birçok antagonistik mikroorganizma, bitki patojenlerinin neden olduğu hastalıklara karşı doğal yollarla biyolojik mücadele sağlar (Garbeva ve ark.,

2004). Nitekim araştırma topraklarında da teşhis edilen *Trichoderma*, *Penicillium* ve *Gliocladium* gibi saprofitik karakterli mantar cinsleri toprak patojenlerinin antagonistleri olarak tanımlanırlar. Bunlar gibi saprofitik karakterli mantar gruplarının topraktaki varlığı bitki patojenlerine karşı baskılayıcı etkide bulunarak mantar toplumlarının bileşimini şekillendirir.

Çeşitli araştırmalarda bitki örtüsü ve buna bağlı olarak ölü örtü özellikleri ile mantar türleri arasında önemli ilişkilerin olduğu belirtilmektedir (Trevor ve ark., 2001). Kara (2005) tarafından yapılan bir çalışmada karaçam örnek alanındaki mantar florasının Kayın ve Meşe örnek alanlarından farklı olduğu ve bu durumun iğne yaprak bileşiminde yer alan maddeler ile ilgili olabileceği belirtilmiştir. Karaçam ibrelerinde diğer ağaçların yapraklarında olmayan reçine ve bazı aromatik bileşikler mantar toplumlarının farklılaşmasına yol açabilir.

Topraktan izole edilip çeşitli besi yerlerinde yetiştirilen mantarlar ancak kültüre edilebilen türlerle sınırlıdır. Ayrıca morfolojik ve mikroskopik özelliklere dayanan mantar teşhisleri de bazı hatalara yol açabilmektedir. Sonuç olarak besi yerleri kullanılarak yapılan geleneksel izolasyona dayalı metotlar ile toprak mantarlarının yalnızca çok küçük bir bölümü izole edilip teşhis edilebilmektedir. 2011 yılına kadar yaklaşık 100.000 mantar türü teşhis edilmiştir. Buna karşılık toprakta gerçekte 1,5–5,1 milyon mantar türünün bulunduğu tahmin edilmektedir (Hawksworth, 2001; Blackwell, 2011).

Toprak mantarları ile ilgili çalışmalarda kısa sürede ve güvenilir sonuçlar verdiğinden DNA dizileme teknolojileri son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Orman topraklarında bulunan mantarların teşhisinde moleküler tekniklerin kullanılması mikromantar toplumlarının ekolojisini anlamamıza önemli katkılar sunmaktadır. Ancak bu tür çalışmalarda moleküler yöntemlerin yanında geleneksel yöntemlerin de kullanılması çok değerli bilgilere ulaşmamızı sağlayacaktır. Günümüzde toprak mantarlarının geleneksel yöntemlerle izole edilip, kültüre alınması ve besi yerlerinde saklanması hala önemini korumaktadır. Tür teşhisi, taksonomik revizyonlar, yetiştirme ortamındaki fonksiyonlar, biyolojik kontrol, çevre rehabilitasyonu ve endüstriyel işlemlerde kullanım için kültüre alınmış mantar örneklerine ihtiyaç vardır. Ayrıca DNA dizilerini belgelemek için şahit mantar örnekleri veri tabanlarında fiziksel olarak saklanması gereklidir (Nilsson ve ark., 2006).

Aynı yetiştirme yerindeki mikromantar toplumları mevsimlere göre önemli değişiklikler göstermektedir (Bhattacharyya ve Jha, 2011). Genel olarak sıcaklık ve nemin mantar gelişimi için uygun olduğu dönemlerde (ilkbahar) toprak mantar toplumları tür ve sayı bakımından en yüksek seviyeye ulaşmaktadır (Kara, 2002). Ancak diğer mevsimlerde yapılan mantar izolasyonları farklı türlerin izolasyonunu mümkün kılmaktadır. Bu nedenle karaçam sahalarındaki mantar toplumlarının tür bileşimini ve aralarındaki ilişkileri anlamak için

mevsimsel örnekleme yapılması daha yararlı bir yaklaşımdır.

Teşekkür

Bu çalışma 105O530 nolu TÜBİTAK projesi ile T-782/07032000 nolu İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen Doktora tezi kapsamında yapılan çalışmalara dayanmaktadır. Desteklerinden dolayı her iki kuruma teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- Azaz, A. D., Pekel, O., 2002. Comparison of Soil Fungi Flora in Burnt and Unburnt Forest Soils in the Vicinity of Kargıcak (Alanya-Turkey). *Turk J Bot.*, 26: 409-416.
- Bååth, E., 1981. Microfungi in a Clear-Cut Pine Forest Soil in Central Sweden. *Canadian Journal of Botany*, 59: 1331-1337.
- Bhattacharyya, P. N., Jha, D. K., 2011. Seasonal and Depth-Wise Variation in Microfungal Population Numbers in Nameri Forest Soil, Assam, Northeast India. *Mycosphere*, 2(4): 297-305.
- Blackwell, M., 2011. The Fungi: 1, 2, 3... 5.1 Million species? *Am. J. Bot.*, 98: 426-438.
- Brady, N. C., 1990. *The Nature and Properties of Soils*. Tenth Edition, Macmillan Publishing Company, 621 pages, ISBN 0-02-313361-9, New York.
- Buee, M., Reich, M., Murat, C., Morin, E., Nilsson, R. H., Uroz, S., ve ark. 2009. 454 Pyrosequencing Analyses of Forest Soils Reveal an Unexpectedly High Fungal Diversity. *New Phytol.*, 184: 449-456.
- Christensen, M., 1969. Soil Microfungi of Dry to Mesic Conifer-Hardwood Forest in Northern Wisconsin. *Ecology*, 50 (1): 9-27.
- Christensen, M., 1981. Species Diversity and Dominance in Fungal Communities. Pages: 201-232, In *The Fungal Community, Its Organization and Role in The Ecosystem*, Edited by Wicklow, D., and Carroll, G., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Christensen, M., 1989. A View of Fungal Ecology. *Mycologia*, 81 (1): 1-19.
- Christensen, M., Frisvad J. C., Tuthill, D. E., 2000. Penicillium Species Diversity in Soil and Some Taxonomic and Ecological Notes. In: Samson, R.A and Pitt, J. (Ed.), *Integration of Modern Taxonomic Methods for Penicillium and Aspergillus Classification*, Harwood Academic Publishers, Singapore, 309-321 pp., ISBN 90-5823-159-3.
- Clarke, D. C., Christensen, M., 1981. The Soil Microfungal Community of A South Dakota Grassland. *Canadian Journal of Botany*, 59 (10): 1950-1960.
- Çengel, M., 1994. *Toprak Biyolojisi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Baskımevi, Bornova, İzmir.
- Çolakoğlu, G., 2001. İstanbul/Belgrad Ormanı'nda Karaçam (*Pinus nigra* Ar-

- nold.) ve Meşe (*Quercus* spp.) Meşcerelerinin Topraklarındaki Mikrofungus Floraları ve Bunların Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51A(1): 115-9124.
- Çolakoğlu, G., 2002. Belgrad Ormanında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinin Topraklarındaki Mikrofungus Florası Üzerinde Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52A(1): 115-124.
- Domsch, K. H. ve Gams, W., 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Academic Pres, London.
- Ellis, M. B., 1971. *Dematiaceous Hypomycetes*. CAB, Kew, UK.
- Garbeva, P., Van veen, J. A., Van Elsas, J. D., 2004. Microbial Diversity in Soil: Selection of Microbial Populations by Plant and Soil Type and Implications for Disease Suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*, 42: 243-270.
- Gilman, J. C., 1957. *A Manual of Soil Fungi*. The Iowa State College, Press-Ames, Iowa, USA.
- Gülçur, F., 1974. *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Yayın Nu: 1970/201, İstanbul.
- Hasenekoğlu, İ., 1991. *Toprak Mikrofungusları*. Cilt I – VII, Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Yayın Nu: 689/11, Erzurum.
- Hasenekoğlu, İ., Azaz, A. D., 1991. Sarıkamış Civarındaki Traşlanmış Orman Alanları Topraklarının Mikrofungus Florası ve Bunun Normal Orman Toprakları ile Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. *Turk J. of Botany*, 15 (2): 214-226.
- Hattori, T., 1973. *Microbial Life in the Soil*. An Introduction, Marcel Dekker, ISBN 0-8247-6023-9, 427 pages, Inc. New York.
- Hawksworth, D. L., 2001. The Magnitude of Fungal Diversity: The 1.5 Million Species Estimate Revisited. *Mycol. Res.*, 105: 1422–1432.
- Irmak, A., 1954. *Arazide ve Laboratuvarında Toprağın Araştırılması Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 559/27, İstanbul.
- Kara, Ö., 2002. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofunguslarının Mevsimsel Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 140 sayfa, İstanbul.
- Kara, Ö., 2005. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofungusları. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2): 167-174.
- Kara, Ö., Asan A 2007. Microfungal Community Structure from Forest Soils in Northern Thrace Region, Turkey. *Annals of microbiology*, 57(2): 149-155.
- Kara, Ö., Sevgi, O., Tecimen, B., Bolat, İ., 2010. Bazı Salep Türlerinin Buldukları Yetiştirme Ortamına Ait Mantar Florası. TÜBİTAK Proje Numarası: 105O530 Kesin Rapor 243 sayfa.

- Klich, M. A., 2002a. *Identification of Common Aspergillus Species*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands.
- Klich, M. A., 2002b. Biogeography of *Aspergillus* Species in Soil and Litter. *Mycologia*, 94(1): 21-27.
- Kubicek, C. P., Harman, G. E., 1998. *Trichoderma and Gliocladium*. Vol. 1. Basic Biology, Taxonomy and Genetics. Taylor & Francis, 278 pages, London.
- Küçük, Ç., 2000. *Trichoderma harzianum ile Toprak Kökenli Bazı Bitki Patojenlerinin Kontrolü*. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Merih Kıvanç, 80 sayfa, Eskişehir.
- Li, H. L., Ostermann, A., Karunarathna, S. C., Xu, J. C., Hyde, K. D., and Mortimer, P. E. 2018. The Importance of Plot Size and the Number of Sampling Seasons on Capturing Macrofungal Species Richness. *Fungal Biol.*, 122: 692–700.
- Lumley, T.C., Gignac, L.D., Currah, R.S., 2001. Microfungus Communities of White Spruce and Trembling Aspen Logs at Different Stages of Decay in Disturbed and Undisturbed Sites in The Boreal Mixewood Region of Alberta. *Canadian Journal of Botany*, 79: 76-92.
- Matei, G.M., Matei, S., Mocanu, V., 2020. Assessing the Role of Soil Microbial Communities of Natural Forest Ecosystem. *The EuroBiotech Journal*, 4(1): 1-7.
- Nelson, P. E., Tousson, T. A., Marasas, W. F. O., 1983. *Fusarium species. An Illustrated Manual for Identification*. The Penn. State Univ. Press, Pennsylvania, 193 pages, USA.
- Nilsson, R. H., Ryberg, M., Kristiansson, E., Abarenkov, K., Larsson, K.-H., Kõljalg, U., 2006. Taxonomic Reliability of DNA Sequences in Public Sequence Databases: A Fungal Perspective. *PLoS ONE* 1: e59.10.1371.
- Orpurt, P. A., Curtis, J. T., 1957. Soil Microfungi in Relation to The Prairie Continuum in Wisconsin. *Ecology*, 38 (4): 628-637.
- Oskay, F., Şimşek, Z., 2017. Çankırı (Eldivan) Karaçam Orman Topraklarında Saptanan Mikrofunguslar. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3 (1): 23-38.
- Osorio, N. W., Habte, M. 2013. Synergistic Effect of a Phosphate-Solubilizing Fungus and an Arbuscular Mycorrhizal Fungus on *Leucaena* Seedlings in an Oxisol Fertilized with Rock Phosphate. *Botany*, 91: 274–281.
- Ottow, J. C. G., 1972. Rosebengal As Selective Aid in The Isolation of Fungi and Actinomycetes from Natural Sources. *Mycologia*, 64: 304–315.
- Persiani, A.M., Casado, M.A., 1998. Diversity and Variability in Soil Fungi from a Disturbed Tropical Rain Forest. *Mycologia*, 90 (2): 206-214.
- Pitt, J.I., 1979. *The Genus Penicillium and Its Teleomorphic States Eupenicillium and Talaromyces*. Academic Pres INC, London.
- Ramakrishnan, K., 1955. Some Espects of Soil Fungal Ecology. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 41B: 110-116.
- Raper, K. B., Fennell, D. I., 1965. *The Genus Aspergillus*. The Williams Wilkins

- Company, Baltimore, USA.
- Rhodes, C. J., 2013. Applications of Bioremediation and Phytoremediation. *Sci. Prog.*, 96(4): 417-427.
- Saksena, S. B., 1955. Ecological Factors Governing the Distribution of Soil Microfungi in Some Forest Soil of Sagar. *Ibid*, 34: 262-298.
- Sun, J. M., Irzykowski, W., Jedryczka, M., and Han, F. X., 2005. Analysis of the Genetic Structure of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary Populations from Different Regions and Host Plants by Random Amplified Polymorphic DNA markers. *J. Integr. Plant Biol.*, 47: 385–395.
- Swier, H., Dkhar, M. S., Kayang, H., 2011. Fungal Population and Diversity Inorganically Amended Agricultural Soils of Meghalaya, India. *Journal of Organic Systems*, 6(2): 3–12.
- Trevor, C., Lumley, L., Dennis, L. G., Currah, R. S., 2001. Microfungus Communities of White Spruce and Trembling Aspen Logs at Different Stages of Decay in Disturbed and Undisturbed Sites in The Boreal Mixewood Region of Alberta. *Canadian Journal of Botany*, 79: 76-92.
- Waksman, S. A., 1922. A Method Counting the Numbers of Fungi in the Soil. *Journal Bacteriol.*, 7: 339–441.
- Widden, P., Parkinson, D., 1973. Fungi from Canadian Forest Soils. *Canadian Journal of Botany*, 51(12): 2275-2290.
- Wu, D., Zhang, M., Peng, M., Sui, X., Li, W., Sun, G., 2019. Variations in Soil Functional Fungal Community Structure Associated with Pure and Mixed Plantations in Typical Temperate Forests of China. *Front. Microbiol.*, 10: 1636.
- Žifčáková, L., Vetrovský, T., Howe, A., Baldrian, P. 2016. Microbial Activity in Forest Soil Reflects the Changes in Ecosystem Properties between Summer and Winter. *Environ. Microbiol.*, 18: 288–301.



Eldivan, 2016
Meriç ÇAKIR

26

KARAÇAM ORMANLARININ TOPRAK FAUNASI

1. Giriş

Orman ekosistemindeki her bir ağaç, ekosistem özelliklerini, toprak yapısını, ölüörtüleri ile topraktaki besin maddelerini arttırarak ve kökleri ile hem basınç hem de salgıladıkları kimyasallar ile fiziksel ve kimyasal olarak etkilerler (Binkley ve Giardina, 1998). Biyolojik olarak ağaçlar, orman ekosistemindeki her organizmayı etkilerler. Örneğin her bir ağaç, türe özgü genetik özelliklerine bağlı olarak, ölüörtü yolu ile toprak canlılarının komünite yapılarını etkiler (Çakır ve Makineci, 2018). Ölüörtü kalınlığı canlılar için yeni ekolojik nişler yaratırken toprak faunası için mikro iklimi düzenler (Scheu ve ark., 2003). Ölüörtü ayrışırken meydana gelen humus formu ve ölüörtü kalitesi mikro eklembacaklıların miktarını ve çeşitliliğini etkileyebilmektedir (Cakir ve Makineci, 2013).

Önceki çalışmalar, mikro eklembacaklıların toprak ekosistemindeki düzenli olmayan dağılışları ile miktar ve çeşitliliklerinin, buldukları ortamın fiziksel, kimyasal ve ekolojik özellikleri ile yakından ilişkili olduğunu göstermiştir. (Antunes ve ark., 2008). Mikro eklembacaklıların komünite yapılarını, vejetasyon, toprak yapısı ve kimyası, organik madde, toprak mikroflorası, toprak nemi ve sıcaklığı gibi faktörlerin düzenlediğini belirtilmektedir (Gutiérrez-López ve ark., 2010). Ayrıca mikro eklembacaklılara ait türlerin birbirleri ile olan etkileşimi de (av-avcı ilişkisi gibi) mekânsal dağılımlarında belirleyici faktördür (Wardle, 2002; Birkhofer ve ark., 2011). Toprak altındaki canlıların birbirleri ile ilişkisi araştırıldığı gibi toprakaltı ve topraküstü canlıların da etkileşimi araştırılmaktadır. Bu bağlamda, saf ve karışık meşcerelerin toprak biyolojik çeşitliliğine etkisi ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Scheu ve ark., 2003; Chauvat ve ark., 2011). Yapılan çalışmalar da ağaç türlerinin mikro eklembacaklıların miktar ve çeşitliliğini, olumlu (Sabais ve ark., 2011), olumsuz (Alphei ve ark., 1996), veya etkisiz (Wardle, 2002) yönde etkilediğini göstermiştir. Fakat mikro eklembacaklıların çeşitliliğini ve komünite yapısındaki bu değişiklikleri hangi faktörlerin etkilediği tam olarak bilinmemektedir (Wardle, 2002).

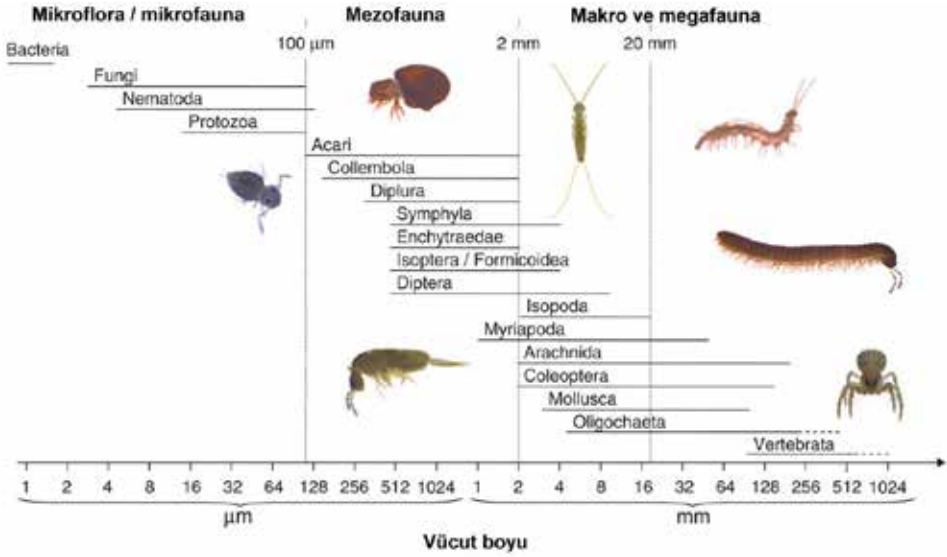
Türkiye orman ağaçları ve kurdukları ormanlar açısından zengindir. Türkiye'de önemli yayılışa sahip Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold) beş alttürü vardır ve toplam 4.244.921ha alanı kaplamaktadır (Anonim, 2015). Karaçam Trakya, Karadeniz

¹⁾ Doç. Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Çankırı, Elmek: mericcakir@gmail.com

(Doğu Karadeniz hariç), Ege, Marmara, İç ve Doğu Anadolu'da bulunur. Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki Karaçam ekosistemlerindeki mikroeklembacıklı komünitelerinin anlaşılması ve ekosistem süreçlerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir.

2. Toprak Faunası

Yaşam süresinin bir bölümünü veya tamamını toprak içerisinde geçiren bütün canlılar *toprak canlıları* olarak adlandırılır (Çepel, 1995; Kantarcı, 2000). Toprak canlıları araştırma konusuna göre fonksiyonel, vücut boyutlarına göre ve toprakta bulunuşlarına göre üç kısımda sınıflandırılırlar (Wallwork, 1970). En çok kullanılan sınıflandırma Swift ve ark. (1979) tarafından yapılan boyutsal sınıflandırmadır. Vücut boyutlarına göre sınıflandırılan toprak canlıları boyutları $<100 \mu\text{m}$ olan toprak canlıları mikroflora/mikrofauna, $100 \mu\text{m}$ ile 2 mm arasında olan toprak canlıları mezofauna ve boyutları $>2 \text{ mm}$ olan toprak canlıları makro/megafauna olarak adlandırılarak üç gruba ayrılmaktadır (Swift ve ark., 1979; Çakır, 2017a; Şekil 1).



Şekil 1. Toprak faunasının vücut boyuna göre sınıflandırılması (Swift ve ark., 1979; Çakır, 2017a).

Toprak faunasının çeşitliliği ile ilgili çalışmalarda küresel tanımlanan tür sayısı ve birim alandaki miktar ve çeşitlilikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

2.1. Mikroflora / mikrofauna

Toprak içerisindeki miktar ve çeşitlilik bakımından en zengin grup olan mikrofloranın boyutları $<100 \mu\text{m}$ 'dan küçüktür (Fierer ve ark., 2007). En çok çalışılan mikroflora "*mikrop*" olarak adlandırılan bakteri ve mantarlardır. Mik-

roflora ölüörtü ayrışması, karbon ve besin döngüleri ve bitki büyümesi ile birincil üretimin düzenlenmesi gibi ekosistem fonksiyonlarına katkıda bulunurlar. Özellikle kök bölgesinde aktif olarak bulunan mantar ve bakteriler bitki büyümesini etkilerler (Wall ve ark., 2012; Çakır, 2017a).

Çizelge 1. Toprak canlılarının boyutlarına göre, tanımlanan ve tahmin edilen tür sayıları ile birim alandaki miktar ve çeşitlilikleri (Bardgett ve van der Putten, 2014; Orgiazzi ve ark., 2016).

Canlılar	Tanımlanan tür sayısı	Tahmin edilen tür sayısı	Birim alandaki tür çeşitlilikleri	Birim alandaki miktarları
Mikroflora/Mikrofauna				
Prokaryot	40.000	1.000.000.000	100-9000cm ⁻³	4-20x10 ⁹ cm ⁻³
Fungi	97.000	15.000.000-51.000.000	200-235g ⁻¹	100 mg ⁻¹
Nematoda	25.000	1.000.000-10.000.000	10-100m ⁻²	2-9x10 ⁵ m ⁻²
Mezofauna				
Collembola	8.500	24.000	20m ⁻²	1-5x10 ⁴ m ⁻²
Acari	45.000	80.000	100-150m ⁻²	1-10x10 ⁴ m ⁻²
Makrofauna				
Isopoda	5.000	-	10-100m ⁻²	10 m ⁻²
Diplopoda	11.000	15.000-20.000	10-2500m ⁻²	110 m ⁻²
Oligochaeta	7.000	30.000	10-15ha ⁻¹	300 m ⁻²

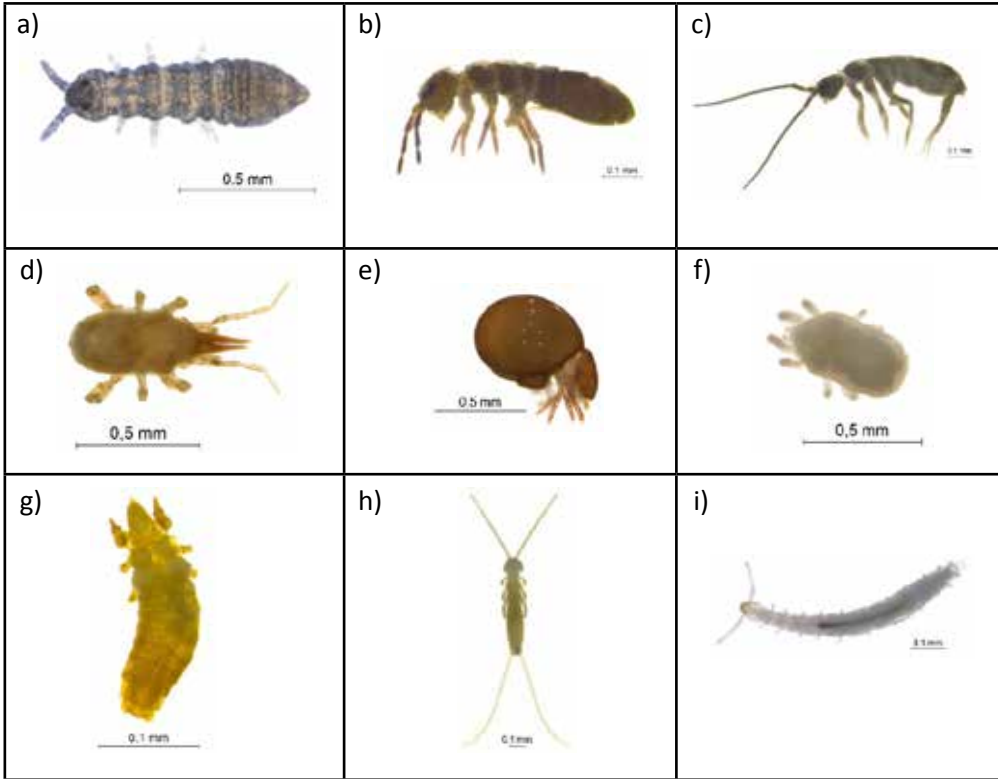
Mikrofauna, toprak canlıları içerisinde boyutları <100 µm olan Nematoda, Protozoa ve Rotifera taksonlarını içeren gruptur (Wallwork, 1970). Toprak mikrofaunasının farklı besin kaynaklarını tüketerek besin döngüsü gibi ekosistem fonksiyonlarına katkıları vardır. Mikrofauna mikroplar ile beslenerek mantar ve bakterilerin popülasyonunu düzenlerken kendileri de mezofaunanın besin kaynağını oluşturmaktadırlar (De Deyn ve ark., 2003; Çakır, 2017a).

2.2. Mezofauna

Mezofauna, boyutları 100 µm ile 2 mm arasında olan toprak canlılarıdır (Swift ve ark., 1979). Mezofaunayı oluşturan ana taksonlar Acari, Collembola, Protura, Diplura ve Symphla'dır (Şekil 2). Toprak içerisindeki boşluklarda ve ölüörtü katmanında yoğun olarak bulunurlar. Toprak mezofaunası, patojenik organizmalar ile beslenerek hastalık ve zararlıların kontrolü ile besin döngüsü gibi süreçlere katkı sağlarken makrofauna ile küçük omurgalıların besin kaynağını oluştururlar (Coleman ve ark., 2004; Akkaya ve Uğurtaş, 2006; Çakır, 2017a).

2.3. Makrofauna

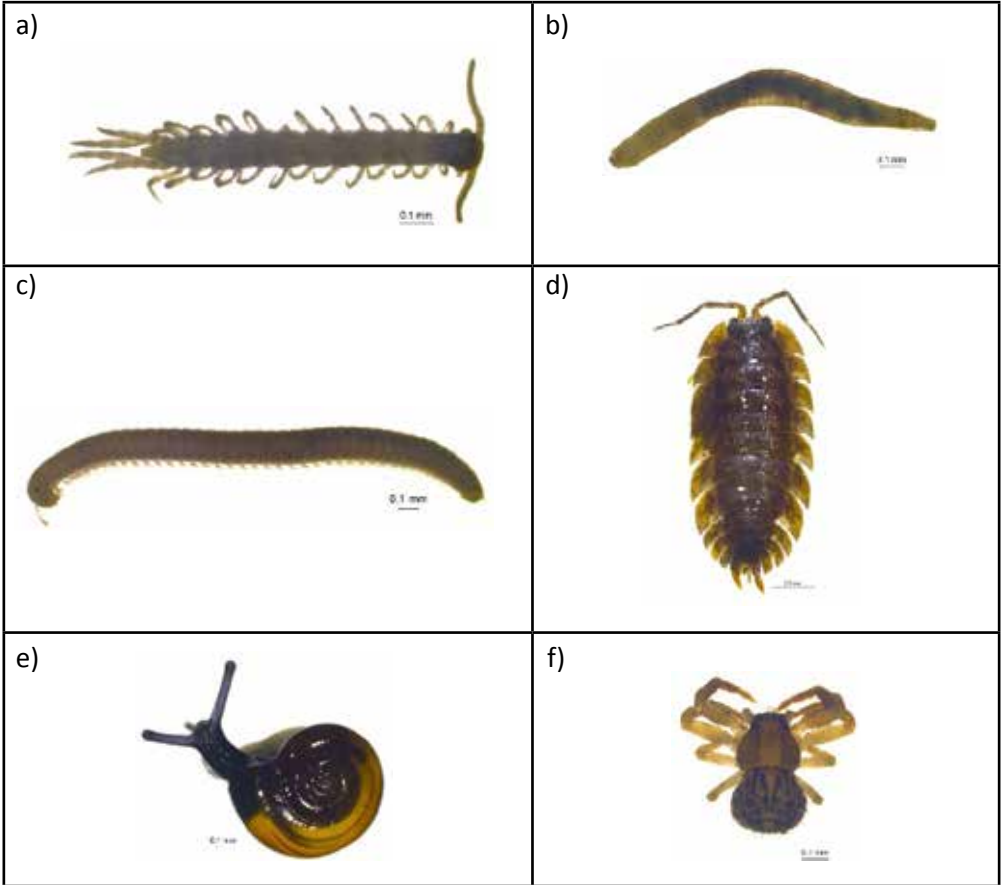
Makrofauna boyutları $>2\text{mm}$ 'den büyük olan toprak canlılarıdır (Swift ve ark., 1979). Makrofauna, Insecta, Isopoda, Myriapoda, Arachnida gibi makroeklembacaklılar ile birlikte Gastropoda ve Oligochaeta gibi yumuşak vücutlu omurgasızları da kapsar (Şekil 3). Makrofauna içerisinde Diplopoda, Isopoda ve Gastropoda ölüörtü ile beslenen önemli ayrıştırıcılardır. Chilopoda, Arachnida ve Carabidae toprak ve ölüörtüde beslenen peredatör grubun üyeleridirler. *Ekosistem mühendisleri* olarak adlandırılan karıncalar ve toprak solucanları buldukları çevrenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek ekosistem fonksiyonlarını etkilemektedirler (Jones ve ark., 1994). Makrofauna, ayrışma, besin döngüsü, toprak strüktürü ile zararlı ve hastalık yapan canlıların popülasyon yoğunluğunu dengede tutmak gibi önemli ekosistem fonksiyonlarını etkilerler. Yukarıda belirtilen faaliyetleri ile makrofaunanın bitki büyümesi ve birincil üretime olumlu ve olumsuz etkileri olmaktadır (Barros ve ark., 2001; Frouz ve ark., 2006; Çakır, 2017a).



Şekil 2. Toprak içerisinde en çok bulunan mezofauna taksonları a, b, c; Collembola, d, e, f; Acari, g; Protura, h; Diplura ve i; Symphla (Meriç Çakır).

3. Karaçam Toprak Faunası Etkileşimi

İğne yapraklı ormanlar ile geniş yapraklı ormanlar arasında birçok ekolojik farklılıklar vardır. Bu farkın oluşmasına neden olan en büyük etki ağaç türünün (ibrelî/yapraklı) toprak ekosistemine olan etkisidir. Ağaç türünün ölüörtüsüne ait kimyasal özelliği başta ayrışma süreci, toprak canlılarının komünite yapısı ve toprağın kimyasal özelliklerini etkiler. Zhang ve ark. (2008) geniş yapraklı ormanlarda ayrışmanın iğne yapraklılara kıyasla daha hızlı olduğu ve toprak organizmaları ile ayrışma arasında da pozitif ilişki olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden ölüörtü dökümü ve bu yolla toprak üstünden biriken ölüörtü miktarı toprak canlıları için hem niş hem de besin maddesi sağlaması açısından önemlidir. Ülkemizde ve dünyada karaçam ekosistemlerinde döküm ve ölüörtü miktarı farklılıklar göstermektedir (Çizelge 2).



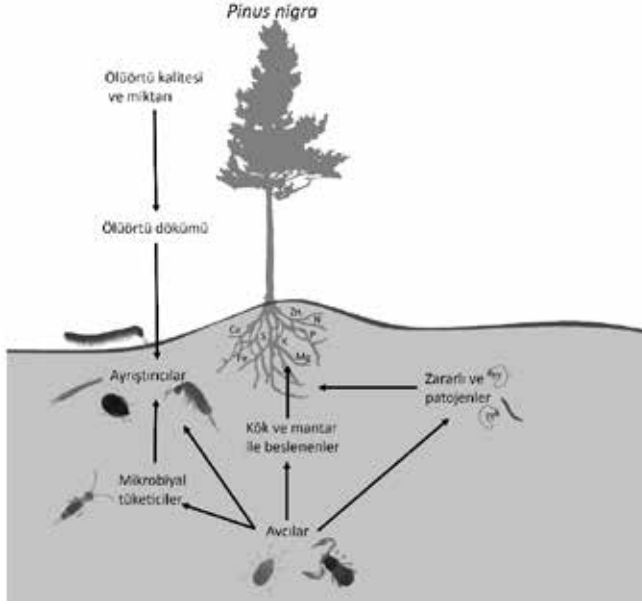
Şekil 3. Önemli makrofauna taksonları a; Chilopoda, b; Oligochaeta, c; Diplopoda, d; Isopoda, e; Gastropoda ve f; Arachnida (Meriç Çakır).

Karaçam ekosistemlerinde ortalama ölüörtü dökümü $3,25 \text{ t. ha}^{-1}$ iken ölüörtü miktarı ise $30,12 \text{ t. ha}^{-1}$ olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Genel olarak çürüntülü mul humus tipindeki karaçam ekosistemleri göreceli olarak kalın bir ölüörtüye sahiptir. Kalın ölüörtü tabakası ise toprak canlıları için farklı ekolojik nişler oluşturmaktadır (Çakır ve Makineci, 2013). Ölüörtü, orman ekosisteminde topraküstü ve toprakaltı sistemleri birbirine bağlayan en önemli etkidir ve toprak besin ağının enerji kaynağını oluşturur. Çakır ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada ölüörtü dökümü ile toprağa verilen besin madde miktarını ve toprak faunası ile mikrobiyal faaliyetin ayrışma üzerindeki etkisine bakmıştır. Şekil 4'de karaçam ekosistemindeki ağaç ve toprak canlıları arasındaki etkileşim şema halinde verilmiştir. Ölüörtü kalitesi ve miktarı toprak faunasını doğrudan etkilerken, toprak faunası da beslenme faaliyetleri (ayrıştırıcılar) sonucunda ortaya çıkan ve bitkiler için kullanılabilir formdaki besin maddeleri ile topraküstü ekosistemini doğrudan etkilerler (Bardgett ve Wardle, 2010). Ayrıca toprak faunası, bitkinin daha fazla besin maddesine ulaşmasını sağlayarak, bitkinin besin madde oranını değiştirir (canlılar için lezzetlilik) ve böylece dolaylı olarak bitkiler ile beslenen (otobur) faunanın da değişmesine neden olur (Nielsen, 2019).

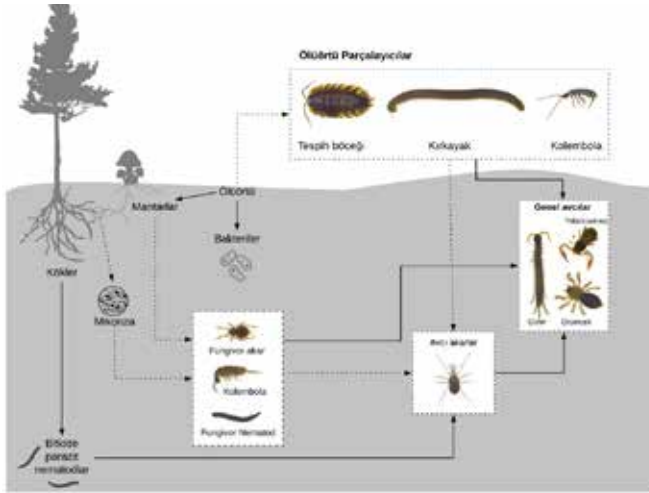
Çizelge 2. Karaçam ormanlarında ölüörtü dökümü ve toprak üstünde biriken ölüörtü miktarı.

	Ölüörtü dökümü (t. ha ⁻¹)	Ölüörtü miktarı (t. ha ⁻¹)	Kaynak
Eldivan/Çankırı	1,70	22,90	(Çakır ve ark., 2019)
Araç/Kastamonu	–	55,96	(Duyar, 2018)
Eskişehir	3,44	–	(Koray ve Tolunay, 2020)
Bahçeköy/İstanbul	4,52 ^a	26,40 ^b	(Irmak ve Çepel, 1968) ^a ve (Çakır ve Makineci, 2013) ^b
Türkiye	–	13,10 – 26,00	(Güner ve Güner, 2020)
Yunanistan	2,00 – 2,50	32,00 – 55,00	(Kavvadias ve ark., 2001)
Macaristan	–	12,87 – 26,88	(Csontos ve ark., 2007)
Avusturya	3,50 – 3,80	–	(Bray ve Gorham, 1964)
İtalya	5,23	–	(de Marco ve ark., 2010)
Culbin/İskoçya	2,61	–	(Miller ve ark., 1976)

Toprak faunasının Karaçam ekosistemi içerisindeki etkileşimlerini gösteren basitleştirilmiş toprak besin ağı gösterilmiştir (Çakır ve ark., 2019; Şekil 5). Ölüörtü ayrıştıran toprak faunası karbon ve besin döngüsüne katkı sağlayarak mikrobiyal canlıları ve bitkilerin topraküstü kısımlarını etkilerler. Avcılar ise toprak faunasının komünite yapısını düzenlerken biyokimyasal döngüyü de etkilerler (Çakır ve ark., 2019).



Şekil 4. Bitki-toprak geribildirimini basitleştirilmiş şematik çizimi Nielsen (2019)'dan değiştirilerek.



Şekil 5. Eklembacaklılara ait basitleştirilmiş toprak besin ağı Nielsen (2019)'dan değiştirilerek.

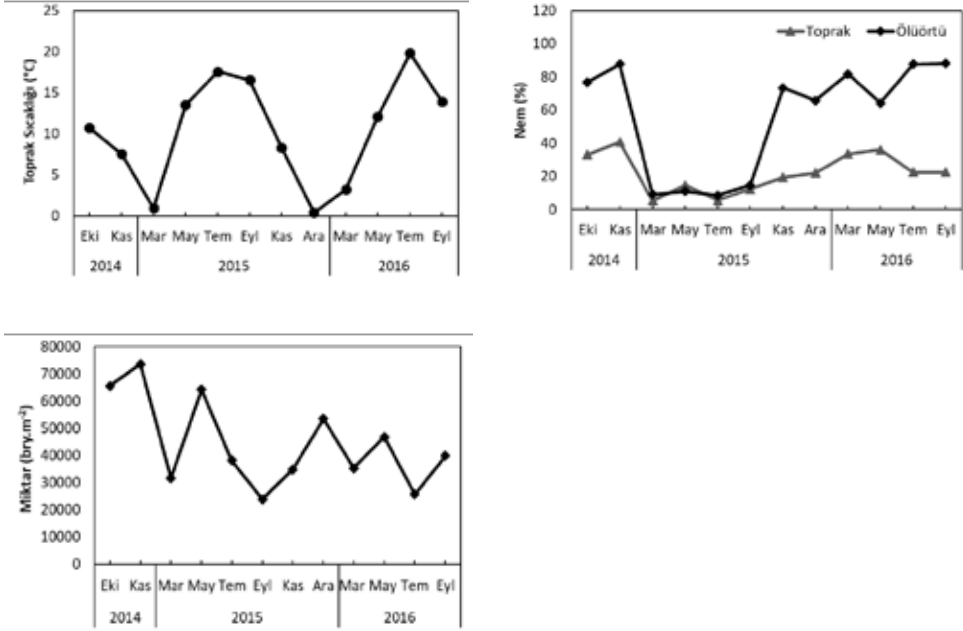
Toprağın canlı bileşeni olan toprak besin ağı içerisinde yer alan canlılar her ekosistemde tür çeşitliliği ve komünite yapıları bakımından farklılıklar göstermektedir. Ayrıca ülkemizde genel olarak eğimli ve sıg topraklar üzerinde yetişmek zorunda olan orman ekosistemlerinde, ölümlü ayrışması ve toprak besin ağında gerçekleşen süreçler sonucunda orman kendi gübrelemesini yap-

maktadır. Bu nedenle, ayrışma sürecine önemli katkıları olan toprak faunası, bitki büyümesi için hayati öneme sahiptir. Setälä (2000) sarıçam (*Pinus sylvestris*)'ın bulunduğu örnek alanlarda Collembola taksonu çıkarıldığı zaman, besin döngüsünün sekteye uğradığını ve sarıçam örnek alanlarında artım ve büyümenin yavaşladığını belirterek toprak besin ağındaki her bir taksonun ne kadar önemli olduğunu göstermiştir.

3.1. Toprak faunasının komünite yapısı

Toprak içerisinde bir metrekare alan içerisindeki mezofaunaya ait birey sayısı birkaç yüz bini bulabilmektedir (Coleman ve ark., 2004). Eldivan ve Belgrad ormanlarındaki karaçam alanlarında yıllık ortalama mikroeklembacaklı miktarı sırası ile 44.462 bry.m⁻² ve 74.384 bry.m⁻² Bago Ulusal Parkında (Avustralya) ortalama 44.732 bry.m⁻² olduğu belirtilmiştir (Spain, 1974; Cakir ve Makineci, 2013; Çakır, 2019b). Mikroeklembacaklıların en yoğun olduğu bahar aylarında, Duyar (2018) Kastamonu Araç'da karaçam meşceresinde yapmış olduğu çalışmada mikroeklembacaklı miktarının 129.242 bry.m⁻² olduğunu belirtmiştir. Benzer olarak en yüksek mikroeklembacaklı miktarı Eldivan (73.543 bry.m⁻²) ve Belgrad (100.967 bry.m⁻²) ormanların da sırası ile Kasım ve Mayıs ayında olduğu belirtilmiştir (Cakir ve Makineci, 2013; Çakır, 2019b). Farklı gelişim çağları da toprak faunasını etkilemektedir. Meşcere yaşlandıkça ağaçların birey sayıları, meşçere kapalılığı, diri örtü, ölüörtü ve mikro iklim değişmekte bu da toprakaltı sistemi etkilemektedir. Toprak faunasını en fazla ölüörtü miktarı ve kalitesinde meydana gelen değişimden etkilenmektedir. Genç (24 yaş) orta (85 yaş) ve yaşlı (111 yaş) karaçam meşcerelerinde toprak faunasının miktarında önemli farklılık olduğu belirlenmiştir. Yıllık ortalama mikroeklembacaklı miktarı genç (13.488 bry.m⁻²) meşcerede, orta (22.236 bry.m⁻²) ve yaşlı (20.339 bry.m⁻²) meşcerelere kıyasla daha az bulunmuştur (Çakır ve ark., 2019).

Birçok canlının yaşama alanı olan toprağın sıcaklığı ve nem içeriği canlıların miktarlarını ve komünite yapılarını doğrudan etkilemektedir bu durum yıl içerisinde toprak faunasının miktarında bir dalgalanmaya neden olmaktadır (Şekil 6) (Gongalsky ve ark., 2008). Toprak sıcaklığında ve neminde yıl içerisinde meydana gelen değişim canlıların miktarlarını doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Genel olarak kurak veya toprak neminin azaldığı dönemlerde toprak canlılarının miktarında bir azalma olmaktadır (Şekil 6). Ölüörtü ve toprak içerisinde yaşayan eklembacaklıların popülasyon dinamiklerini ve komünite yapılarını etkileyen en önemli faktörler toprak nemi ve humus tipidir (Vegter ve ark., 1988; Cakir ve Makineci, 2013). Fakat ölüörtü ve toprağın üst katmanlarındaki taksonlar ile göreceli olarak derinde yaşayan taksonlar arasında sıcaklık ve nemden etkilenme dereceleri fizyolojik özelliklerinden dolayı farklılık göstermektedir (Ponge, 2000).

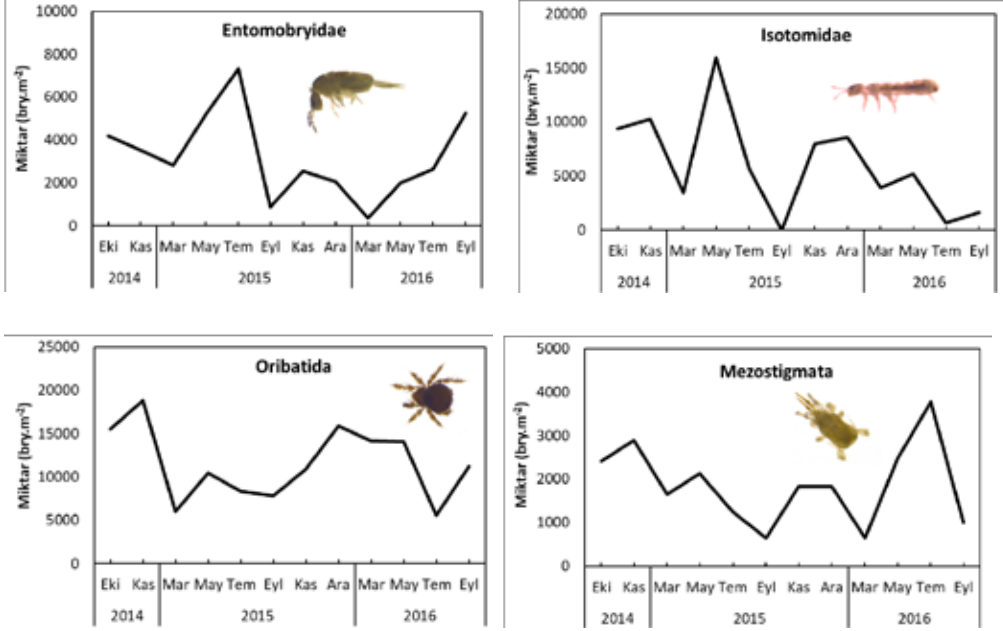


Şekil 6. Eldivan Dağı (Çankırı) Karaçam meşcerelerindeki yıl içerisindeki toprak sıcaklığı, toprak ve ölüörtü nemi ile toplam mikroeklembacıklı miktarının yıl içerisindeki değişimi (Çakır, 2017b; Çakır, 2019b).

Collembola ve Acarina taksonları yaşam stratejileri bakımından farklılık göstermektedirler. Collembola yaşam stratejisi bakımından *r*-seçilimli, hızlı üreme yeteneğinde ve popülasyon boyutları hızlı artan ve azalan canlılardır, Acarina ise *K*-seçilimli canlılar olup buldukları ortama uyum sağlayan düşük üreme yeteneğindeki, fakat popülasyon büyüklükleri göreceli olarak sabit olan canlılardır (Brussaard, 1998; Coleman ve ark., 2004; Quadros ve ark., 2009). Yaşam stratejilerindeki bu farklılık iki canlı gurubunun yıl içerisindeki popülasyon yoğunluklarını etkilemektedir. Entomobryidae ve Isotomidae familyalarına ait bireyler yıl içerisindeki kurak dönemlerde yaşam stratejileri gereği diyapoz durumuna geçerek biyolojik gelişimlerini durdururlar (Şekil 7). *K*-seçilimli akarlar ise (Oribatida ve Mesostigmata) kurak şartlara daha dayanıklıdır popülasyonları küçülse de yıl içerisinde daha kararlı yaşamlarını devam ettirirler (Siepel, 1994; Çakır, 2017b).

Toprak faunası içerisinde en fazla bulunan canlılar Acari ve Collembola taksonlarıdır. Karaçam ormanlarında yapılan çalışmalarda; yarıkurak karaçam ormanlarında Acari ve Collembola taksonları toplam faunanın %98,5'ini oluştururken (Çakır, 2019b) Belgrad Ormanında bu iki takson toplam faunanın %96,8'ini oluşturmaktadır (Çakır ve Makineci, 2013). Diğer gruplar (Proruta, Pauropoda, Diplura, Diplopoda, Chilopoda, Pseudoscorpionida vb.) ise %3-4'ünü oluşturmaktadır (Çizelge 3). Acari ve Collembola taksonlarının miktarları genç ve yaşlı meşcerelerde farklılık göstermektedir. Karst milli

parkında (Slovakya) yapılan karaçam ağaçlandırmasında Acari ve Collembola taksonlarının miktarları genç (30 yaş) meşcerede 9.100 bry.m^{-2} iken yaşlı meşcerede (90 yaş) $15.200 \text{ bry.m}^{-2}$ olduğu belirtilmiştir (Kovac ve ark., 2005). Benzer olarak Genç (24 yaş) orta (85 yaş) ve yaşlı (111 yaş) karaçam meşcerelerinde Acari ve Collembola taksonlarının miktarları sırası ile $13.174 \text{ bry.m}^{-2}$, $21.757 \text{ bry.m}^{-2}$ ve $19.526 \text{ bry.m}^{-2}$ bulunmuştur (Çakır ve ark., 2019).



Şekil 7. Bazı mikroeklembacıklı taksonların karaçam ormanında (Eldivan/Çankırı) mevsimsel değişimi (Çakır, 2017b).

Toprak ekosisteminde organik maddenin ayrışması ve besin elementlerinin mineralizasyonu gibi önemli ekosistem süreçleri, toprak faunasının beslenme faaliyetleri sonucunda meydana gelmektedir (Çakır ve Makineci, 2011). Toprak faunası beslenme alışkanlıklarına göre sınıflandırıldığında, çevresel kaynakları benzer yollar ile kullanan tür grupları için *birlik* "guild" terimi kullanılmaktadır (Root, 1967). Bu sayede çalışma kolaylığı için, taksonomik olarak tamamen farklı türleri aynı birlik içerisinde almak mümkün olmaktadır. Örneğin Diplopoda ve Collembola farklı iki sınıfa ait taksonlar olmasına rağmen genel olarak çürükçüldürler. Toprak faunasının komünite yapısını büyük oranda çürükçüller (Colembola, Diplopoda, Isopoda ve Oribatida) oluşturmaktadır. Çürükçüllerden sonra en yüksek orana yırtıcılar (Chilopoda, Araneae, Pseudoscorpionida ve Mesostigmata) ve kalan küçük kısmı ise otçul ve hepçil fauna oluşturmaktadır. İstanbul, Çankırı ve Kastamonu Karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmalarda çürükçüllerin oranı sırası ile %79, %56, %62 iken yırtıcıların oranı sırası ile %20, %42 ve %37'dir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı bölgelerdeki karaçam meşcerelerinde belirlenen mikro eklembacaklıların miktar (bry.m^{-2}) ve komünite içindeki oranları (%).

TAKIM	Alt Takım / Familya	Trofik grup	İstanbul Belgrad ¹	%	Çankırı Eldivan ²	%	Kastamo- nu Araç ³	%
Acari	<i>Oribatida</i>	Çürükçül	25.330	31,4	11.559	26,0	56.338	43,6
	<i>Astigmata</i>	Çürükçül	7.151	8,9	1.877	4,2	0	0,0
	<i>Prostigmata</i>	Yırtıcı	9.672	12,0	12.886	29,0	40.182	31,1
	<i>Mesostigmata</i>	Yırtıcı	4.954	6,1	5.676	12,8	7.317	5,7
Collembola	<i>Entomobryidae</i>		7.888	9,8	3.234	7,3	4.418	3,4
	<i>Tomoceridae</i>		1.637	2,0	5	0,0	138	0,1
	<i>Isotomidae</i>	Çürükçül	15.157	18,8	6.045	13,6	11.323	8,8
	<i>Sminthuridae</i>	/	531	0,7	187	0,4	690	0,5
	<i>Neelidae</i>	Fungivor	2.831	3,5	388	0,9	2.624	2,0
	<i>Neanuridae</i>		649	0,8	133	0,3	0	0,0
	<i>Onychiuridae</i>		590	0,7	192	0,4	3.866	3,0
	<i>Hypogastruridae</i>		88	0,1	1.022	2,3	1.104	0,9
Diplopoda	<i>Chordeumatida</i>	Çürükçül	0	0,0	25	0,1	0	0,0
	<i>Spirobolidae</i>	Çürükçül	177	0,2	0	0,0	0	0,0
	<i>Polidesmida</i>	Çürükçül	88	0,1	0	0,0	0	0,0
	<i>Polyxenidae</i>	Çürükçül	796	1,0	0	0,0	0	0,0
Chilopoda	<i>Lithobiomorpha</i>	Yırtıcı	177	0,2	29	0,1	138	0,1
Isopoda	<i>Oniscidae</i>	Çürükçül	88	0,1	5	0,0	0	0,0
Protura		Otçul	1.194	1,5	688	1,5	690	0,5
Paupopoda		Otçul	0	0,0	206	0,5	0	0,0
Arachnida	<i>Araneae</i>	Yırtıcı	531	0,7	49	0,1	138	0,1
Diplura	<i>Campodeidae</i>	Çürükçül	442	0,5	10	0,0	0	0,0
Pseudoscorpionida		Yırtıcı	442	0,5	15	0,0	0	0,0
Sympyla	<i>Scutigera</i>	Hepçil	177	0,2	54	0,1	276	0,2
Hymenoptera	<i>Formicidae</i>	Hepçil	133	0,2	177	0,4	0	0,0
Toplam			80.724	100	44.463	100	129.242	100

¹(Çakır ve Makineci, 2013), ²(Çakır, 2019b), ³(Duyar, 2018)

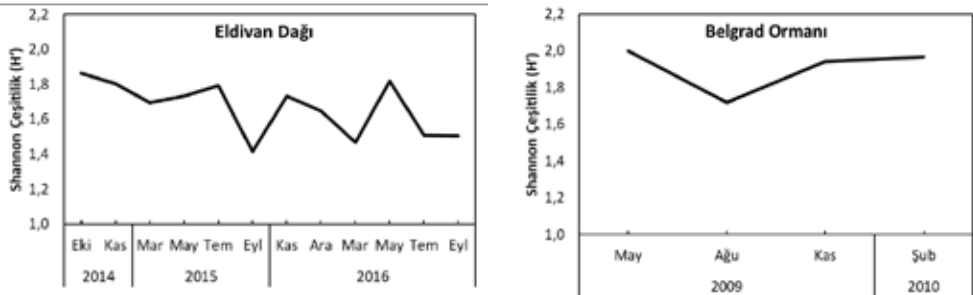
3.2. Toprak faunasının çeşitliliği

Toprak biyolojik çeşitliliği, toprak içerisinde yaşayan türlerin sayısını ifade etmektedir (Coleman ve ark., 2004). Son yıllarda önemli bir çalışma konusu haline gelen toprak biyolojik çeşitliliği, önemli ekosistem süreçleriyle de doğrudan ilişkilidir (Wagg ve ark., 2014). Toprak içerisinde canlı sayısı arttıkça farklı beslenme seviyelerindeki canlı etkileşimi de artmaktadır bu durum ayrışma ve besin döngüsü gibi ekosistem süreçlerini doğrudan etkilemektedir (Richter ve ark., 2019). Toprak biyolojik çeşitliliği yıl içerisinde mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Toprak eklem-

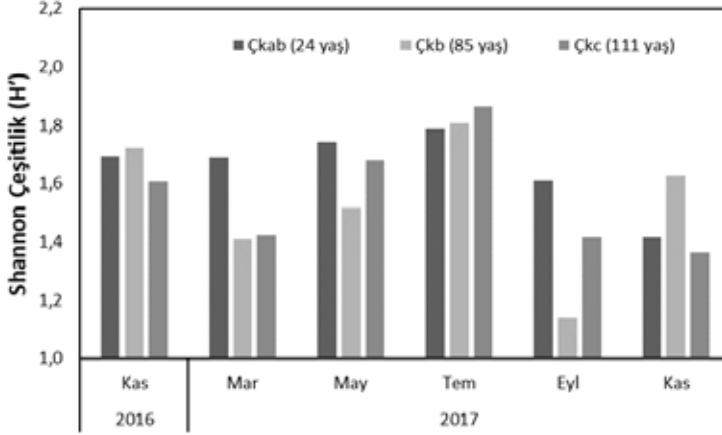
bacaklılarına ait biyolojik çeşitlilik değeri, yıl içerisinde toprak neminin fazla olduğu dönemde artış gösterirken, kurak dönemde çeşitlilik azalma eğilimindedir (Şekil 8). Ayrıca toprak biyolojik çeşitliliği kurak ekosistemlerden nemli ekosistemlere doğru da bir artış göstermektedir (Orgiazzi ve ark., 2016). Eldivan Dağı Karaçam meşçeresinde yıllık ortalama Shannon çeşitlilik değeri 1,66 iken Belgrad Ormanında yıllık ortalama 1,91 olarak belirlenmiştir. En yüksek çeşitlilik değeri Eldivan Dağında Ekim ve Mayıs aylarında, Belgrad ormanında ise Mayıs ayında belirlenmiştir (Cakir ve Makineci, 2013; Çakır, 2019b). Benzer olarak Kastamonu Araçta yapılan çalışmada en yüksek çeşitlilik değeri 2,34 ile Mayıs ayında elde edilmiştir (Duyar, 2018).

Toprak biyolojik çeşitliliği, nemli ve kurak ekosistemler arasında farklılık gösterirken, aynı ekosistem içerisinde bulunan farklı gelişim çağları altındaki topraklarda da farklılık göstermektedir. Eldivan karaçam meşçeresinde farklı gelişim çağlarında elde edilen toprak mikro eklembacaklılara ait çeşitliliğin yıl içerisinde farklılıklar gösterdiği görülmüştür (Şekil 9). Yıllık ortalama çeşitlilik değeri en yüksek 24 yaşındaki meşçerede 1,66 bulunurken 85 yaşındaki meşçerede 1,54 ve 111 yaşındaki meşçerede 1,56 bulunmuştur.

Genel olarak orman ekosisteminde gelişim çağı arttıkça biyolojik kütle artmakta, bitki örtüsünde tabakalanma ve bunların sonucunda, ekosistem içerisinde potansiyel nişler ortaya çıkmakta ve nişlerin çoğalması, tür çeşitliliğinin artmasını etkilemektedir (Odum ve Barrett, 2008). Karaçam ekosisteminde meşçere yaşı ilerledikçe ayrışma, besin döngüsü, odun üretimi ve çeşitliliğin arttığı belirtilmiştir (Lucas-Borja ve Delgado-Baquerizo, 2019). Benzer olarak Salmon ve ark. (2006) yaşlı meşçerelerde mikro eklembacaklı çeşitliliğinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Fakat ülkemizde farklı gelişim çağlarındaki meşçerelerin toprak canlılarına olan etkileri ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır.



Şekil 8. Eldivan Dağı ve Belgrad Ormanı Karaçam meşçerelerinde belirlenen mikroeklembacaklılara ait Shannon Çeşitlilik indeksi değerinin yıl içerisindeki değişimi (Cakir ve Makineci, 2013; Çakır, 2019b).



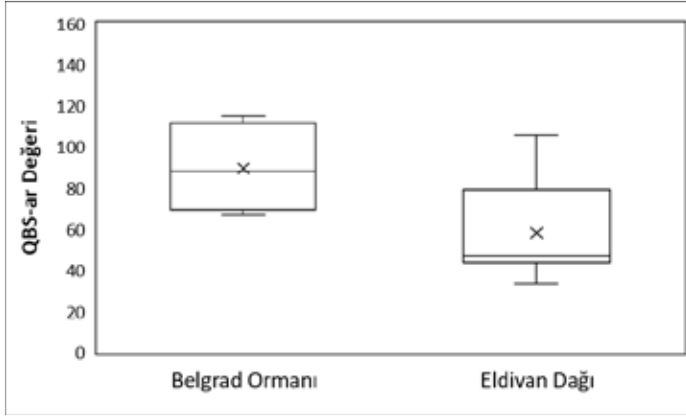
Şekil 9. Farklı gelişim çağlarındaki karaçam meşcerelerinde, toprak mikroeklembacıklara ait Shannon çeşitlilik indeksi değerlerinin zamansal değişimi.

3.3. Toprak faunasının toprak biyolojik kalitesi üzerine etkisi

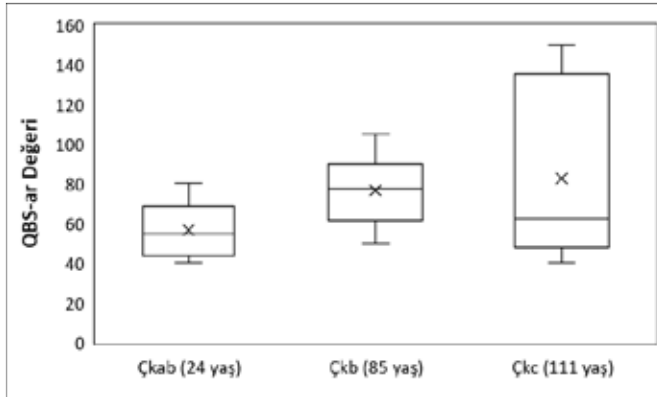
Son yıllarda toprak canlıları, insan kökenli bozulmalara verdikleri hızlı tepkilerden dolayı biyolojik toprak kalite parametresi olarak kullanılmaktadır (Paz-Ferreiro ve Fu, 2016). Toprak biyolojik kalitesinin belirlenmesinde tasarlanan ve geliştirilen göstergelerden biri QBS-ar (İtalyanca'da: *Qualità Biologica del Suolo*) dir. QBS-ar, toprak mikroeklembacaklı topluluğunun biyolojik çeşitliliğini, toprak hayvanlarının kırılabilirliğinin derecesi ile birleştirilerek toprak biyolojik kalitesi hakkında bilgi sağlar (Parisi ve ark., 2005). Bu konuda Belgrad Ormanında bulunan ve Karaçamında içinde bulunduğu yedi farklı orman ağacı türü altındaki toprak biyolojik kalitesi hesaplanmış ve en yüksek toprak biyolojik kalite değeri Belgrad Ormanı'nın doğal türü olan *Fagus orientalis* ve ağaçlandırma (*Pinus sylvestris*) meşcerelerinde belirlenmiştir (Çakır, 2019a).

Eldivan Dağı ve Belgrad Ormanı karaçam meşcereleri QBS-ar değerleri karşılaştırıldığında toprak biyolojik kalitesi, toprak biyolojik çeşitliliği ile paralellik göstererek nemli ekosistemde daha yüksek değer aldığı görülmektedir (Şekil 10). QBS-ar değeri toprağa bağımlı canlı sayısı ile doğru orantılı artış göstermektedir (Parisi ve Menta, 2008).

Toprak biyolojik kalitesi genç ve yaşlı ekosistemlerde de farklılık göstermektedir. Yukarıda belirtildiği gibi yaşlı meşcerelerin daha durağan ve potansiyel nişlere sahip olması toprak biyolojik çeşitliliğini arttırdığı gibi toprak biyolojik kalitesini de arttırmaktadır (Lucas-Borja ve Delgado-Baquerizo, 2019; Menta ve Remelli, 2020) (Şekil 11). Yarıkurak ekosistemde yürütülen çalışmada farklı gelişim çağlarındaki karaçam meşcereleri kıyaslanmış ve QBS-ar değerinin meşcere yaşı ile arttığı belirlenmiştir.



Şekil 10. Eldivan Dağı ve Belgrad Ormanı Karaçam meşcerelerinde belirlenen yıllık QBS-ar değeri (Çakır, 2019b; Çakır, 2019a).



Şekil 11. QBS-ar değerinin farklı gelişim çağlarındaki karaçam meşcerelerindeki değişimi (yayımlanmamış veri) (Çakır ve ark., 2019).

Sonuç olarak Türkiye’de geniş alanlarda yayılış gösteren karaçam ormanlarının toprak canlılarıyla ilgili bilgiler;

i) Toprak faunasının ve ekosistem süreçlerindeki görevlerinin bilinmesi, karaçam orman ekosistemlerinde besin döngüsü ve net birincil üretim hakkında da önemli bilgiler sunacaktır.

ii) Orman ekosistemlerinde toprak, biyolojik çeşitliliğin sıcak noktalarından bir tanesidir. Toprak faunasının bilinmesi Türkiye canlı çeşitliliğine önemli katkı sağlayacaktır.

ii) Toprak faunası kullanılarak belirlenebilecek, toprak biyolojik kalitesi ile toprakların hem biyolojik durumu hem de bozulma durumları hakkında önemli bilgiler en az maliyetle belirlenebilecektir.

Kaynaklar

- Akkaya, A., Uğurtaş, İ. H., 2006. The Feeding Biology of *Ophisops elegans* Menetries, 1832 (Reptilia: Lacertidae) Populations of the Bursa region. *Turkish Journal of Zoology*, 30 (4): 357-360.
- Alphei, J., Bonkowski, M., Scheu, S., 1996. Protozoa, Nematoda and Lumbricidae in the Rhizosphere of *Hordelymus europeaus* (Poaceae): Faunal Interactions, Response of Microorganisms and Effects on Plant Growth. *Oecologia*, 106 (1): 111-126.
- Anonim, 2015. *Türkiye Orman Varlığı*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü.
- Antunes, S., Pereira, R., Sousa, J., Santos, M., Gonçalves, F., 2008. Spatial and Temporal Distribution of Litter Arthropods in Different Vegetation Covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology*, 44 (1): 45-56.
- Bardgett, R., Wardle, D., 2010. *Aboveground-Belowground Linkages: Biotic Interactions, Ecosystem Processes, and Global Change*. Oxford University Press, 978-0-19-954687-9, 301 pages, New York.
- Bardgett, R.D., van der Putten, W.H., 2014. Belowground Biodiversity and Ecosystem Functioning. *Nature*, 515 (7528): 505-511.
- Barros, E., Curmi, P., Hallaire, V., Chauvel, A., Lavelle, P., 2001. The Role of Macrofauna in the Transformation and Reversibility of Soil Structure of an Oxisol in the Process of Forest to Pasture Conversion. *Geoderma*, 100 (1): 193-213.
- Binkley, D., Giardina, C., 1998. Why do Tree Species Affect Soils? The Warp and Woof of Tree-Soil Interactions. *Biogeochemistry*, 42: 89-106.
- Birkhofer, K., Wolters, V., Diekötter, T., 2011. Density-Dependent and-Independent Effects on the Joint Use of Space by Predators and Prey in Terrestrial Arthropod Food-Webs. *Oikos*, 120 (11): 1705-1711.
- Bray, J.R., Gorham, E., 1964. Litter Production in Forests of the World. In: Cragg, J.B. (Ed.), *Advances in Ecological Research*, Academic Press, pages: 101-157, London.
- Brussaard, L., 1998. Soil Fauna, Guilds, Functional Groups and Ecosystem Processes. *Applied Soil Ecology*, 9 (1-3): 123-135.
- Cakir, M., Makineci, E., 2013. Humus Characteristics and Seasonal Changes of Soil Arthropod Communities In A Natural Sessile Oak (*Quercus petraea* L.) Stand and Adjacent Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (11): 8943-8955.
- Chauvat, M., Titsch, D., Zaytsev, A.S., Wolters, V., 2011. Changes in Soil Faunal Assemblages During Conversion from Pure to Mixed Forest Stands. *Forest Ecology Management*, 262 (3): 317-324.
- Coleman, D. C., Crossley, D. A., Hendrix, P. F., 2004. *Fundamentals of Soil Eco-*

logy. Academic Press, 0-12-179726-0, 386 p., USA.

- Csontos, P., Rocchini, D., Bacaro, G., 2007. Modelling Factors Affecting Litter Mass Components of Pine Stands. *Community Ecology*, 8 (2): 247-255.
- Çakır, M., 2017a. Kurak Ekosistemlerde Toprak Faunasının Önemi. *Anatolian Journal of Forest Research*, 3 (1): 67-78.
- Çakır, M., 2017b. Seasonal Changes in Microarthropods Abundance and Diversity in Black Pine (*Pinus nigra*) Forest. In, *Ecology 2017 Symposium*, (Poster presentation) 11-13 May, 743 pages, Kayseri Turkey.
- Çakır, M., 2019a. Belgrad Ormanının Toprak Biyolojik Kalite İndeksinin Mikroeklembacaklılar ile Belirlenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5 (1): 38-45.
- Çakır, M., 2019b. The Negative Effect of Wood Ants (*Formica rufa*) on Microarthropod Density and Soil Biological Quality in A Semi-Arid Pine Forest. *Pedobiologia*, 77: 150593.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması ile Mikroeklembacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK, Proje Nu: 215O572, 125 sayfa, Ankara.
- Çakır, M., Makineci, E., 2011. Toprak Faunası: Sınıflandırılması ve Besin Ağındaki Yeri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (2): 43-55.
- Çakır, M., Makineci, E., 2018. Community Structure and Seasonal Variations of Soil Microarthropods During Environmental Changes. *Applied Soil Ecology*, 123: 313-317.
- Çepel, N., 1995. *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3878/432, 536 sayfa, İstanbul.
- De Deyn, G. B., Raaijmakers, C. E., Zoomer, H. R., Berg, M. P., de Ruiter, P. C., Verhoef, H. A., Bezemer, T. M., van der Putten, W. H., 2003. Soil Invertebrate Fauna Enhances Grassland Succession and Diversity. *Nature*, 422 (6933): 711-713.
- de Marco, A., Esposito, F., Giordano, M., Vittozzi, P., Virzo de Santo, A., 2010. Litter Production, Soil Organic Matter Dynamics and Microbial Activity in Two Coeval Forest Stands on Mount Vesuvius. In, EGU General Assembly Conference Abstracts, p. 5929.
- Duyar, A., 2018. Diversity of Soil Microarthropods in Habitats Containing Different Tree Species in the Spring Season. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27: 9634-9641.
- Fierer, N., Breitbart, M., Nulton, J., Salamon, P., Lozupone, C., Jones, R., Robeson, M., Edwards, R.A., Felts, B., Rayhawk, S., 2007. Metagenomic and Small-Subunit rRNA Analyses Reveal the Genetic Diversity of Bacteria, Archaea, Fungi, and Viruses in Soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 73 (21): 7059-7066.
- Frouz, J., Elhottová, D., Kuráž, V., Šourková, M., 2006. Effects of Soil Macrofauna

- na on Other Soil Biota and Soil Formation in Reclaimed and Unreclaimed Post Mining Sites: Results of a Field Microcosm Experiment. *Applied Soil Ecology*, 33 (3): 308-320.
- Gongalsky, K. B., Persson, T., Pokarzhevskii, A. D., 2008. Effects of Soil Temperature and Moisture on the Feeding Activity of Soil Animals as Determined by the Bait-Lamina Test. *Applied Soil Ecology*, 39 (1): 84-90.
- Gutiérrez-López, M., Jesús, J.B., Trigo, D., Fernández, R., Novo, M., Díaz-Cosín, D.J., 2010. Relationships Among Spatial Distribution of Soil Microarthropods, Earthworm Species and Soil Properties. *Pedobiologia*, 53 (6): 381-389.
- Güner, Ş.T., Güner, D., 2020. Changes in Carbon Stocks of Soil and Forest Floor in Black Pine Plantations in Turkey. *Journal of Forestry Research*, 32 (1): 339-347
- Irmak, A., Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanı'nda Seçilen Birer Kayın, Meşe ve Karaçam Meşcerelerinde Yıllık Yaprak Dökümü Miktarı ve Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddelerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18 (A): 53-76.
- Jones, C. G., Lawton, J. H., Shachak, M., 1994. Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos*, 69 (1): 373-386.
- Kantarıcı, M.D., 2000. *Toprak İlmi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 4261/462, 420 sayfa, İstanbul.
- Kavvadias, V. A., Alifragis, D., Tsiontsis, A., Brofas, G., Stamatelos, G., 2001. Litterfall, Litter Accumulation and Litter Decomposition Rates in Four Forest Ecosystems in Northern Greece. *Forest Ecology and Management*, 144 (1): 113-127.
- Koray, E. Ş., Tolunay, D., 2020. Türkmen Dağı Karaçam Meşcerelerinde Döküm ile Ekosisteme Giren Besin Maddesi Miktarları. *Türkiye Ormançılık Dergisi*, 21 (3): 201-214.
- Kovac, L., Kostúrová, N., Miklisová, D., 2005. Comparison of Collembolan Assemblages (*Hexapoda*, *Collembola*) of Thermophilous Oak Woods and *Pinus nigra* Plantations in the Slovak Karst (Slovakia). *Pedobiologia*, 49 (1): 29-40.
- Lucas-Borja, M. E., Delgado-Baquerizo, M., 2019. Plant Diversity and Soil Stoichiometry Regulates the Changes in Multifunctionality During Pine Temperate Forest Secondary Succession. *Science of The Total Environment*, 697: 134204.
- Menta, C., Remelli, S., 2020. Soil Health and Arthropods: from Complex System to Worthwhile Investigation. *Insects*, 11 (1): 54.
- Miller, H., Cooper, J.M., Miller, J., 1976. Effect of Nitrogen Supply on Nutrients in Litter Fall and Crown Leaching in a Stand of Corsican Pine. *Journal of Applied Ecology*, 13 (1): 233-248.
- Nielsen, U.N., 2019. *Soil Fauna Assemblages Global to Local Scales*. Cambridge

University Press, 978-1-316-64210-8, 365 pages, UK.

- Odum, E.P., Barrett, G.W., 2008. *Ekoloji'nin Temel İlkeleri*. Çeviri Editörü: Kani Işık, Palme Yayıncılık, 978-9944-341-74-5, 598 sayfa, Ankara.
- Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J.-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall, D.H., 2016. *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, 978-92-79-48168-0, 176 pages, Luxembourg.
- Parisi, V., Menta, C., 2008. Microarthropods of the Soil: Convergence Phenomena and Evaluation of Soil Quality Using QBS-ar and QBS-c. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (8 B): 1170-1174.
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., Mozzanica, E., 2005. Microarthropod Communities as a Tool to Assess Soil Quality and Biodiversity: A New Approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105 (1): 323-333.
- Paz-Ferreiro, J., Fu, S., 2016. Biological Indices for Soil Quality Evaluation: Perspectives and Limitations. *Land Degradation and Development*, 27 (1): 14-25.
- Ponge, J.F., 2000. Vertical Distribution of Collembola (Hexapoda) and Their Food Resources in Organic Horizons of Beech Forests. *Biology and Fertility of Soils*, 32 (6): 508-522.
- Quadros, A.F., Caubet, Y., Araujo, P.B., 2009. Life History Comparison of Two Terrestrial Isopods in Relation to Habitat Specialization. *Acta Oecologica*, 35 (2): 243-249.
- Richter, A., Kern, T., Wolf, S., Struck, U., Ruess, L., 2019. Trophic and Non-Trophic Interactions in Binary Links Affect Carbon Flow in the Soil Micro-Food Web. *Soil Biology and Biochemistry*, 135: 239-247.
- Root, R.B., 1967. The Niche Exploitation Pattern of the Blue-Gray Gnatcatcher. *Ecological Monograph*, 37: 317-335.
- Sabais, A.C.W., Scheu, S., Eisenhauer, N., 2011. Plant Species Richness Drives the Density and Diversity of Collembola in Temperate Grassland. *Acta Oecologica*, 37 (1): 195-202.
- Salmon, S., Mantel, J., Frizzera, L., Zanella, A., 2006. Changes in Humus Forms and Soil Animal Communities in Two Developmental Phases of Norway Spruce on an Acidic Substrate. *Forest ecology and management*, 237 (1): 47-56.
- Scheu, S., Albers, D., Alpehi, J., Buryr, R., Klages, U., Migge, S., Platner, C., Salamón, J. A., 2003. The Soil Fauna Community in Pure and Mixed Stands of Beech and Spruce of Different Age: Trophic Structure and Structuring Forces. *Oikos*, 101 (2): 225-238.
- Setälä, H., 2000. Reciprocal Interactions between Scots Pine and Soil Food Web Structure in the Presence and Absence of Ectomycorrhiza. *Oecologia*, 125

- (125): 109-118.
- Siepel, H., 1994. Life-History Tactics of Soil Microarthropods. *Biology and Fertility of Soils*, 18 (4): 263-278.
- Spain, A.V., 1974. The Effects of Carbaryl and DDT on the Litter Fauna of a Corsican Pine (*Pinus nigra* var. *maritima*) Forest: A Multivariate Comparison. *Journal of Applied Ecology*, 11 (2): 467-481.
- Swift, M.J., Heal, W., Anderson, J.M., 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. University of California Press, 0-632-00378-2, 372 pages, Berkeley.
- Vegter, J., Joosse, E., Ernsting, G., 1988. Community Structure, Distribution and Population Dynamics of Entomobryidae (Collembola). *The Journal of Animal Ecology*, 57 (3): 971-981.
- Wagg, C., Bender, S.F., Widmer, F., van der Heijden, M.G., 2014. Soil Biodiversity and Soil Community Composition Determine Ecosystem Multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (14): 5266-5270.
- Wall, D. H., Bardgett, R. D., Behan-Pelletier, V., Herrick, J. E., Jones, T. H., Ritz, K., Six, J., 2012. *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford University Press, 978-0-19-957592-3, 406 pages, UK.
- Wallwork, J. A., 1970. *Ecology of Soil Animals*. McGraw-Hill, 07-094125-4, 283 pages, London.
- Wardle, D. A., 2002. *Communities and Ecosystems: Linking the Aboveground and Belowground Components*. Princeton University Press, 0-691-07486-0, 392 pages, Princeton.
- Zhang, P., Tian, X., He, X., Song, F., Ren, L., Jiang, P., 2008. Effect of Litter Quality on its Decomposition in Broadleaf and Coniferous Forest. *European Journal of Soil Biology*, 44 (4): 392-399.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

27

KARAÇAM KABUK LİKENLERİ

1. Giriş

Alg ve mantarların ortak yaşam birlikteliği (simbiyotik) olan liken türleri kutuplardan ekvatora ve deniz kıyısından dağların yüksek kesimlerine kadar çok çeşitli ekosistemlerde yayılış göstermektedirler. Günümüz sınıflandırma sistemine göre Mantarlar (Fungi) Alemi içinde ele alınan likenlerde, alg gerekli olan karbon kaynağını, mantar ise su ile mineral maddelerin alınmasını ve yüksek sıcaklık, yüksek nem ve zararlı ışınlarla karşı koruma görevini sağlamaktadır (Nash, 2008).

Likenler yeryüzünde yaklaşık 13500-18000 arasında türle temsil edilmektedir (Sipman ve Aptroot, 2001). Türkiye'nin zengin biyolojik çeşitliliğinin bir parçası da liken türleridir (John ve Türk, 2017). Son yıllarda yapılan taksonomik çalışmalar sonucunda Türkiye için yeni tür tespitleri ile liken takson sayımız her yıl artmaktadır. Türk (2014) liken tür sayısının likenikol (likencil) mantarlar ile birlikte 3000 civarında beklendiğini belirtmektedir. 2020 yılına kadar yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye'de belirlenen mevcut 1765 liken ve 231 likenikol¹ mantar taksonu olduğu bildirilmiştir (John ve Türk, 2017; John ve ark., 2020; Güvenç ve ark., 2020).

Likenleşmiş mantarlar olarak da adlandırılan liken türleri morfolojik ve fizyolojik olarak yapısında bulunan alg ve mantarlardan oldukça farklılaşmışlardır. Likenler morfolojik görünüşlerine göre dalsı (fruticose), yapraksı (foliose), kabuksu (crustose), pulsü (squamulose), toplu iğnemsî (calicioid) ve unsu (leprose) gibi tiplere ayrılırlar (Purvis ve ark., 1992; URL 2).

Likenler ağaç kabuğu, kozalak, kütük, toprak, kaya, taş, mezar taşları, duvarlar, ahşap ve beton binaların yüzeyleri gibi farklı substratlar (tutundukları ortam) üzerinde bulunmaktadır (Purvis ve ark., 1992). Ağaçların üzerinde büyüyen türler epifitik likenler olarak bilinir. Epifitik liken çeşitliliği orman ekosisteminde önemli bir işleve sahiptir (Ellis, 2012). Aynı zamanda bu likenler buldukları ormanların birçok ekolojik özelliği için gösterge türlerdir (Bergamini ve ark., 2005; Ellis, 2012; Giordani ve ark., 2012; Aragón ve ark., 2019; Loppi, 2019).

Epifitik likenlerin ormanlarda bulunuşlarını etkileyen etmenlerin başında ağaç kabuğunun pH'sı, yapısı ve su tutma kapasitesi gibi ağaç türünün özellik-

¹) Likenikol mantarlar: Yalnızca likenler üzerinde yaşayan konakçıya özgü türlerdir (URL1).

leri gelmektedir. Bununla birlikte iklim (yağış, sıcaklık, nem, rüzgar), topoğrafya (yükselti, bakı, eğim), meşcere özellikleri (ağaç türü çeşitliliği, karışımı, yaşı, katlılığı, sıklığı), oluşan mikro-iklim (ışıklandırma, nem, sıcaklık) ve hava kirliliği gibi faktörlerin de etkisi bulunmaktadır (Kuusinen, 1996; Dietrich ve ark., 1997; McCune, 1997; Price ve Hochachka, 2001; Giordani, 2006; Fritz ve ark., 2008; Lie ve ark., 2009; Nascimbene ve ark., 2009; Marmor ve ark., 2010; Öztürk ve ark., 2010; Öztürk ve Güvenç, 2010; Öztürk ve Oran, 2011; Ellis, 2012; Ódor ve ark., 2013; Bäcklund ve ark., 2016; Sevgi ve ark., 2016; Sevgi ve ark., 2019). Ayrıca ağacın tabanından tepesine taşıdığı liken tür çeşitliliğinin de değiştiği bilinmektedir (Ellyson ve Sillett, 2003; Çobanoğlu ve ark., 2008; Lie ve ark., 2009).

Buldukları ekosistemlerde uzun yıllar yaşayabilen liken türleri farklı işlevlere sahiptirler. Orman ekosistemlerinde yayılış gösteren liken türleri özellikle ormanların besin ve su döngüsü için önemli bir rol oynarlar. Liken biyokütlesi ormanlarda ölü örtüye de katılarak önemli bir dinamik olarak dikkati çekmektedir (Berryman ve McCune, 2006; Sevgi ve ark., 2011). Ayrıca likenler hava kalitesi izlemesinde gösterge tür olarak kullanılmaktadır (Jackson ve ark., 1993; McCune ve ark., 1998; Aamlid ve ark., 2000; McCune, 2000; Garty, 2001; Asta ve ark., 2002; Giordani ve Brunialti, 2015; Geiser ve ark., 2019). Bununla birlikte likenler ekosistemdeki bu önemli rollerinin yanı sıra gıda, boya, giyecek, zehir ve ilaç gibi çeşitli amaçlarla da kullanımı olan türlerdir (Brodo ve ark., 2001).

Türkiye’de likenler ile ilgili Türk araştırmacıların yaptığı ilk eserler Kâmil Karamanoğlu (1971), Necmettin Zeybek (1982), Hüseyin Güner (1986) ve Betül Tutel (1986)’in çalışmalarıdır. Ülkemizde liken çalışmalarına öncülük yapan ilk doktora tezleri ise Ayşen Özdemir (1987) ve Şule Öztürk (1989) tarafından yapılmıştır. Elli yıldır yapılan birçok çalışma ile Türkiye likenleri belirlenmeye çalışılmaktadır (John, 1992; 1995; John ve Türk, 2017; John ve ark., 2020; Güvenç ve ark., 2020).

Pinus nigra J. F. Arnold. Akdenizin önemli çam türlerindedir. *P. nigra* türünün alt türleri arasında “subsp. *pallasiana*” çok geniş ekolojik plastisiteye sahiptir (Richardson, 1998). Türkiye’de doğal yayılış gösteren karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) geniş alanlarda saf veya karışık ormanlar oluşturmaktadır (Kalıpsız, 1963; Alptekin, 1986; Akkemik ve ark., 2010), yarı kurak ve kurak alanlarda yetişebilir (Richardson, 1998). Dağ çamları arasında olan *P. nigra* subsp. *pallasiana* genellikle Güney Anadolu’da klimaks bitki örtüsü türlerini oluşturur (Richardson, 1998). Ayrıca kurak alanlarda ağaçlandırma için de en çok tercih edilen çam türüdür (Konukçu, 2001). Bu özellikler liken biyoçeşitliliğini etkileyen önemli faktörlerdir.

Epifitik liken çeşitliliği üzerine odaklanan ekolojik çalışmalar türlerin ekosistemdeki işlevlerinin anlaşılmasına katkı sağlamıştır (Ellis, 2012). Özellikle substrat olarak ağaç türünü hedefleyerek yapılan çalışmalar önemli veriler ortaya koymaktadır (Oran ve ark., 2007; Oran, 2011; Çobanoğlu ve ark., 2008;

Güvenç ve ark., 2009; Öztürk ve ark., 2010; Öztürk ve Güvenç, 2010; Oran ve Öztürk, 2011; Öztürk ve Oran, 2011; Oran ve Öztürk, 2012; Yavuz ve ark., 2015; Güvenç ve ark., 2019; Öztürk ve ark., 2019; Sevgi ve ark., 2019, Çobanoğlu ve Sevgi, 2009). Avrupa'da karaçam üzerindeki liken türlerini inceleyen bazı araştırmalar yapılmıştır (Pirintsos ve ark., 1993; Christensen, 1994; Aragón ve ark., 2006). Ülkemizde de karaçam ormanlarındaki liken türleri ile ilgili yapılan çalışma sayısı oldukça azdır (Güvenç ve ark., 2009; Öztürk ve Güvenç, 2010; Çobanoğlu ve ark., 2011; Sevgi ve ark., 2011; Yavuz ve ark., 2015; Sevgi ve ark., 2019). Bu çalışmalar epifitik liken çeşitliliğini ve ekolojisini belirlemede substratı temel alınarak gerçekleştirildiği için orman ve liken ekolojisi için değerli veriler ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı; dünya çapında en geniş yayılışını Türkiye'de gösteren karaçam üzerinde bulunan epifitik liken türlerinin kaynaklara dayalı olarak listesinin oluşturulması ve karaçam ormanlarının liken türleri açısından zenginliğinin ortaya konulmasıdır. Böylece karaçam ekosistemlerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktır.

2. Yöntem

Bu çalışmada karaçamın yayılış gösterdiği bölgelerde yapılan liken florası çalışmalarının tespiti için "liken, liken florası, liken biotası, epifitik liken, likenleşmiş mantarlar, likenikol mantarlar, ve karaçam" anahtar kelimeleri ile ilgili Dergipark, Google akademi vb. arama motorlarından ve Ulusal tez merkezinden (URL 3) kaynaklar taranmıştır. Tarama sonucunda ulaşılan tezler, proje raporları ve Türkiye için yeni yayılış veya yeni tür kayıtlarını içeren makaleler incelenerek karaçamın üzerinde bulunan epifitik liken türleri ve likenikol mantar türlerinin listesi belirlenmiştir. Taramalar sonucunda ulaşılan 208 adet çalışma incelenmiştir. 1971-2020 yılları arasında yayınlanan bu çalışmalarda substratı karaçam olarak belirtilen 45 alanda yapılan 52 adet çalışma olduğu belirlenmiştir. Kaynaklar yıl sıralamasına göre numaralanmış ve Ek 1'de kaynaklar kısmında bu numaralar kullanılmıştır.

İncelenen kaynaklar sırasıyla; (1) Karamanoğlu, 1971; (2) Akbıyık, 1992; (3) Çetin, 1992; (4) Öztürk, 1992; (5) Candan, 1999; (6) Dinçer ve Özdemir Türk, 2001; (7) Hezarfen ve ark., 2001; (8) Karabulut, 2003; (9) Özdemir Türk, 2003; (10) Öztürk ve ark., 2005; (11) Çobanoğlu ve Sevgi, 2006; (12) Oran ve Öztürk, 2006; (13a) Sevinç, 2006; (13b) Sevinç, 2016; (14) Tufan ve ark., 2006; (15) Çobanoğlu, 2007; (16) Halıcı ve Candan, 2007; (17a) Singer, 2007; (17b) Singer ve ark., 2014; (18a) Aksoy ve Halıcı, 2007; (18b) Halıcı, 2008; (18c) Halıcı ve Aksoy, 2009; (19) Halıcı ve Güvenç, 2008; (20a) Kocakaya, 2008; (20b) Kocakaya ve ark., 2009; (21) Güvenç ve ark., 2009; (22) Türk ve ark., 2009; (23) Öztürk ve Güvenç, 2010; (24)

Sezer, 2010; (25a) Yavuz, 2010; (25b) Yavuz ve Çobanoğlu, 2018; (26) Çobanoğlu ve ark., 2011; (27) Tufan-Çetin ve Sümbül, 2011; (28) Yavuz, 2011; (29a) Koç, 2012; (29b) Koç ve ark., 2017; (30) Vondrák ve ark., 2012; (31) Akgül, 2013; (32) Çobanoğlu ve ark., 2013; (33) Gökçen, 2013; (34) Halıcı, 2014; (35) Kocakaya ve ark., 2014; (36) Şenkardeş ve ark., 2014; (37) Sönmez, 2015; (38) Candan, 2016; (39) Vondrák ve ark., 2016; (40) Yavuz, 2016; (41) Oran ve ark., 2018; (42) Eren, 2019; (43) Sevgi ve ark., 2019; (44) Kocakaya ve ark., 2020; (45) Tufan, 2020.

Bu çalışmalardan aynı alanda yapılan çalışma sonucunda elde edilen verileri sunan tez, proje raporu ve makalenin tür listesinde farklılıkların olması durumunda ayrı kaynak olarak değerlendirilmiş fakat oluşturduğumuz tür listesindeki kaynak numarası aynı verilmiştir. Değerlendirmeye alınan 52 adet çalışmadan 33'ü makale, 17'si lisansüstü tez ve 2'si proje raporudur. Çalışmaya konu olan eserlerin belirlenmesinde kullanılan dahil olma ve dışlanma ölçütleri aşağıda sunulmuştur.

Dahil olma ölçütleri:

- Substratının karaçam, *Pinus nigra* veya *P. nigra* subsp. *pallasiana* olarak belirtilmesi,
- Likencil mantar türlerinin *Pinus nigra* veya *P. nigra* subsp. *pallasiana* üzerinde bulunan liken türleri üzerinde bulunması,
- Bir alanda yapılan çalışma sonucunda elde edilen verileri sunan tez, proje raporu ve makalenin tür listesinde farklılıkların olması durumunda ayrı kaynak olarak değerlendirilmesidir.

Dışlama ölçütleri:

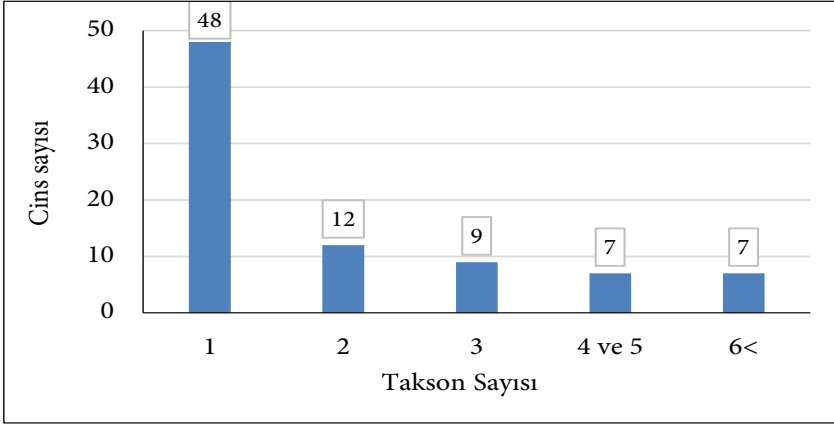
- Substratının *Pinus* sp. olarak belirtilmesi,
- Substratının iğne yapraklı (konifer) ağaç kabuğu olarak belirtilmesi,
- *Pinus nigra* ormanlarında bulunduğu belirtilmesidir.

İncelenen kaynaklarda yer alan türlerin güncel bilimsel adları "Index Fungorum" sitesinden kontrol edilerek listede parantez içinde belirtilmiştir (URL 4). Hazırlanan liste kaynaklarda geçen ve sinonim olan tür isimlerine göre sıralanmıştır.

3. Bulgular

Bu çalışmada değerlendirilmiş yayınlar kapsamında karaçamın üzerinde bulunduğu belirtilen 83 cinse ait 187 liken taksonu, 4 likencil mantar ve 1 saprofitik mantar türü olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen takson listesi alfabetik olarak yer aldıkları kaynaklar ile birlikte Ek 1'de sunulmuştur. Cinsleri takson sayısına göre gruplandırdığımızda 6'dan büyük taksonu olan 7 cins, 4 ve 5 taksonu olan 7 cins, 3 taksonu olan 9 cins, 2 taksonu olan 12 cins olduğu belir-

lenmiştir. Karaçam üzerinde bulunan 48 cinsin ise bir taksonu bulunmaktadır (Şekil 1). En fazla takson sayısının *Lecanora* (16) cinsinde olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla *Usnea* (14), *Physcia* (8), *Caloplaca*, *Ochrolechia*, *Ramalina* ve *Rinodina* (6) cinsleri takip etmektedir (Ek 1).



Şekil 1. Karaçam liken cinslerinin takson sayıları.

Karaçam likenleri üzerinde kayıtlara göre dört likencil mantar türü olduğu görülmektedir. Bunlar *Lichenostigma maureri* Hafellner (3 kayıt) *Clypeococcum hypocenomycis* D.Hawksw., *Intralichen christiansenii* (D. Hawksw.) D. Hawksw. & M.S. Cole, ve *Tremella candelariellae* Diederich & Etayo (1 kayıt) türleridir. Bu likencil mantar türlerinden *L. maureri* türünün konakçı liken türünün *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf olduğu kayıtlara geçmiştir (Halıcı ve Candan, 2007; Halıcı ve ark., 2014; Candan, 2016). *C. hypocenomycis* türünün *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy liken türü üzerinde Eskişehir’de bulunduğu kaydedilmiştir (Halıcı ve Candan, 2007). *I. christiansenii* türünün Aladağlar Milli Parkı’nda *Hypogymnia farinacea* Zopf liken türü üzerinde olduğu belirtilmiştir (Halıcı, 2008). *T. candelariellae* türünün ise konakçı liken türü *Candelariella antennaria* Räsänen olarak kayda alınmıştır (Kocakaya ve ark., 2020). Ayrıca karaçam kabukları üzerinde likenleşmenin ilk aşamasında olduğu belirlenen *Sclerococcum mediterraneum* (Sarrión & Hafellner) Olariaga, Teres, J. M. Martín, M. Prieto & Baral adlı bir saprofitik mantar türü de kayıtlarda yer almaktadır (Halıcı ve Aksoy, 2009).

Karaçam üzerinde bulunan liken türleri büyüme formlarına göre incelendiğinde 93 taksonun (% 50) kabuksu (crustose), 47 taksonun (% 25) yapraklı (foliose), 32 taksonun (% 17) dalsı (fruticose), 7 taksonun (% 4) pulsu (squamulose), 5 taksonun (% 3) toplu iğnemsisi (calicioid) ve 3 taksonun (% 2) unslu (leprose) likenler olduğu belirlenmiştir.

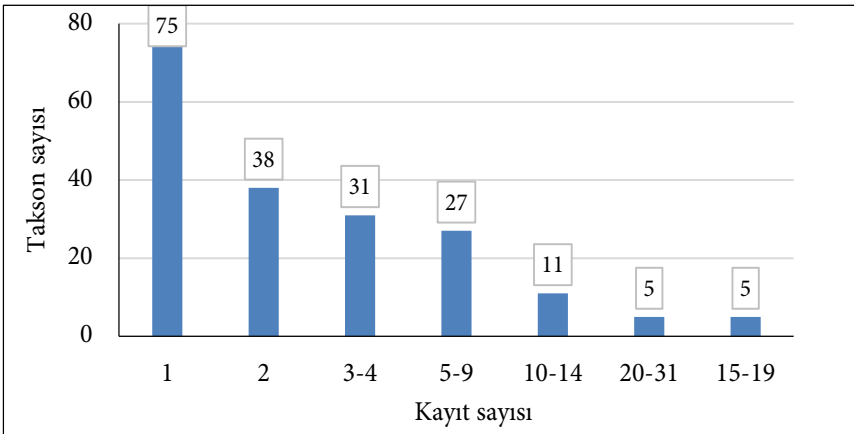
Karaçamın yayılış gösterdiği alanlarda liken türleri belirlenen çalışmalarda alansal araştırmalar Adana, Afyon, Ankara, Antalya, Balıkesir, Burdur, Bursa,

Çanakkale, Denizli, Eskişehir, Isparta, İçel, İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Kayseri, Kocaeli, Konya, Kütahya, Malatya, Manisa, Muğla, Niğde, Sakarya, Yalova ve Yozgat illerini kapsamaktadır (Şekil 2). Giresun, Gümüşhane, Kastamonu, Sivas, Trabzon ve Uşak illerinde ise noktasal kayıtlar bulunmaktadır.



Şekil 2. ■ *P. nigra* subsp. *pallasiana* yayılış alanlarını (Orman Atlası, 2013) ve ★ liken türleri belirlenen alanları göstermektedir.

Bu veriler ile yayınlanan 52 kaynakta türlerin toplam kayıt sayısı 775 olarak belirlenmiştir. Bu kayıt sayıları arasında oluşturulan yedi grupta 75 taksonun tek bir kayıt ile yayınlarda yer aldığı görülmektedir. Karaçam likenleri arasında 38 takson 2 kayıt sayısı ile çalışmalarda bulunmaktadır. Liken taksonlarından 31'inin 3-4, 27'sinin 5-9 ve 11'inin ise 10-14 kayıt sayısı olduğu belirlenmiştir. 10 liken taksonunun ise 15-31 kayıt sayısı ile yaygın bir yayılış gösterdiği görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Karaçam liken taksonlarının kayıt sayıları.

Bu yaygın türlerin; *Pseudevernia furfuracea* (31 kayıt), *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav. (25 kayıt), *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy (22 kayıt), *Hypogymnia farinacea* (21 kayıt), *Evernia prunastri* (L.) Ach. (20 kayıt), *Bryoria fuscescens* var. *fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D.Hawksw. (19 kayıt), *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. (17 kayıt), *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (16 kayıt), *Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb. (16 kayıt), *Lecanora chlorotera* Nyl. (15 kayıt) olduğu tespit edilmiştir.

4. Tartışma

Türkiye'nin, Asya ve Avrupa arasında geçiş bölgesinde olması, değişik topoğrafya, iklim ve habitat çeşitliliğine sahip olması, farklı fitocoğrafik bölgelerin kesişme noktasında bulunması gibi ekolojik ve floristik nedenlerle zengin bir liken florasına sahip olması beklenmektedir. Breuss ve John (2004) çalışmalarında Türkiye'deki 1200 olarak bilinen liken takson sayısının yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Son yıllarda artan liken çalışmaları ile 2020 yılında toplam 1996 liken ve likencil mantar taksonu olduğunun belirlenmesi de bu beklentiyi haklı çıkarmaktadır. Liken biyoçeşitliliği ve tür zenginliği araştırmalarında substrat olarak bir ağaç türüne odaklanarak çalışmaların yapılması ile bu zenginliğin daha da detaylı ortaya konması mümkün olacaktır.

Türkiye'de yapılan birçok liken çalışmaları sonucunda liken taksonu sayısının en yüksek olduğu iller Trabzon (607), Bursa (606), Giresun (597), Kayseri (482), Eskişehir (464), Antalya (431) ve Isparta (410) olarak belirlenmiştir (Güvenç ve ark., 2020). Bu iller arasında karaçamın doğal yayılış gösterdiği alanlarda birçok çalışma yapılmıştır (Öztürk, 1992; Özdemir Türk, 2003; Öztürk ve ark., 2005; Oran ve Öztürk, 2006; Tufan ve ark., 2006; Aksoy ve Halıcı, 2007; Candan, 2007; Singer, 2007; Halıcı, 2008; Güvenç ve ark., 2009; Halıcı ve Aksoy, 2009; Öztürk ve Güvenç, 2010; Yavuz, 2010; Yavuz, 2011; Tufan-Çetin ve Sümbül, 2011; Koç, 2012; Gökçen, 2013; Halıcı ve ark., 2014; Kocakaya ve ark., 2014; Singer ve ark., 2014; Sönmez, 2015; Yavuz, 2016; Koç ve ark., 2017; Yavuz ve Çobanoğlu, 2018; Tufan, 2020). Bu çalışmalara göre karaçam üzerinde Bursada 33, Kayseri'de 62, Eskişehir'de 50, Antalya'da 35 ve Isparta'da 75 takson olduğu kayıtlarda yer almaktadır.

Liken tür çeşitliliği ve zenginliğinde habitat ve substrat çeşitliliği oldukça önemlidir (Löhmus ve ark., 2007). Karaçam üzerindeki liken tür listesini belirlemek için incelenen çalışmalar değerlendirmeye alınırken özellikle substratı iğne yapraklı (konifer) ağaç kabuğu ve *Pinus* sp. olarak belirtilen kayıtlar alanda karaçam yayılışı olduğu bilinse dahi listeye dahil edilmemiştir. Ayrıca toplandığı yer bilgisi olarak *Pinus nigra* ormanlarında bulunduğu belirtilen kayıtlarda listeye alınmamıştır. Bu nitelikte 48 kaynak bulunmaktadır. Buna

ilave olarak liken çeşitliliğini belirlemeye yönelik yapılan bazı çalışmalarda örneklerin toplanmasında alanda farklı substratlara göre örnekleme yapılmadığı için türün bulunuşundaki substrat çeşitliliği gözden kaçabilmektedir. Çünkü oldukça geniş alanlarda bu çalışmalar yapılmaktadır. Eğer substrat çeşitliliği dikkate alınarak tür örneklemeleri yapılabilirse geniş yayılışa sahip karaçam üzerindeki liken türlerinin sayısının belirlediğimiz 192 takson sayısından (likensel, likencil mantar ve saprofitik mantar) daha da yüksek olması muhtemeldir. Ayrıca ormanlarda hakim ağaç türüne göre yapılacak liken çalışmaları orman ekolojisi ve yönetimi açısından da oldukça önemli veriler verecektir. Karaçam üzerindeki likenlerin kabuksu, yapraksı ve dalsı tür sayısının değişiklik gösterdiği görülmektedir. Bu farklılık karaçamın yayılış gösterdiği kurak ve nemli yetiştirme ortamlarına gösterdiği uyumu da yansıtmaktadır.

Karaçam ormanlarında liken türlerinin bulunuşları orman ekolojisi açısından bazı önemli bilgilerde sunmaktadır. Güvenç ve ark. (2009) Uludağ'da yaptıkları çalışmada karaçam üzerinde 20 liken taksonu bildirmiş ve 1300 m yükseklikteki bireylerde liken çeşitliliğinin daha zengin olduğunu belirlemişlerdir. Yine Uludağ'da *Abies nordmanniana* (Steven) Spach subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.) Coode & Cullen, *Fagus orientalis* Lipsky ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* türleri üzerindeki likenlerin bulunuşlarını karşılaştıran bir çalışma yapılmıştır (Öztürk ve Güvenç, 2010). Bu çalışmada dörtten fazla örnek ağaç üzerinde olan 25 liken türü istatistik değerlendirmeye alınmıştır. Bu türlerden 9 liken tür sayısı ile karaçam en düşük liken türü bulunduran ağaç türü olarak belirtilmiştir. Epifitik liken kompozisyonları açısından göknar ve karaçamın birbirine yakın olduğu ve kabuk pH'larının bunda etkili olacağı bildirilmiştir. Dalsı liken türü olan *Pseudevernia furfuracea* karaçam için gösterge tür olarak bildirilmiştir.

Çobanoğlu ve ark. (2011) Alaçam Dağları'nın (Balıkesir-Kütahya) saf karaçam ormanlarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında 95 alanda toplam 471 ağaçtan liken örnekleme yaparak karaçam üzerinde 37 epifitik liken taksonu bulunduğunu tespit etmişlerdir. Alanda hakim liken türlerinin *Pseudevernia furfuracea*, *Hypogymnia farinacea*, *Hypogymnia tubulosa*, *Bryoria capillaris* (Ach.) Brodo & D.Hawksw. ve *Platismatia glauca* olduğu belirlenmiştir. *P. furfuracea* çalışma bölgesindeki tüm örnek alanlarda tespit edilmiştir. Alaçam Dağları'nda yapılan bir başka çalışmada karaçam ormanlarının liken ölü örtüsünün pH özellikleri ile yetiştirme ortamı bileşenlerinin (yükselti, eğim, bakı, meşcere yaşı, kapalılık ve yetiştirme ortamı verimliliği) etkileri incelenmiştir. Bakı ve yükseltinin liken ölü örtüsünün pH'sı üzerinde az da olsa etkili olduğu belirlenmiştir (Sevgi ve ark., 2011).

Sündiken Dağları'nda yapılan bir başka çalışmanın sonuçlarına göre çam türleri arasında liken tür kompozisyonunun farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bunda da kabuk pH'sının etkili olduğu açıklanmıştır (Yavuz ve ark., 2015). Gölcük Tabiat Parkı'nda (Isparta) yapılan çalışmada karaçam türünün mevcut

epifitik liken türlerinin yaklaşık %14'ünü bulundurduğu bildirilmiştir. Karaçam bu alanda en yüksek liken bulunduran ağaç türü olarak bildirilmiştir (Yavuz ve Çobanoğlu, 2018). Sevgi ve ark. (2019) Alaçam Dağları'nda yaptıkları çalışmada 282 ağaç örnekleyerek karaçam üzerinde 33 epifitik liken türü olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma alanlarında bazı türlerin gösterge türler olduğunu belirlemişlerdir. *Bryoria implexa* (Hoffm.) Brodo & D.Hawksw. türünün Simav alanı için ve *Hypocenomyce scalaris* türünün 120 yaşından daha yaşlı meşcereler için gösterge tür oldukları tespit edilmiştir. Yükselti, ağaç boyu, ağaç taç boyu ve kabuk pH'sı liken tür zenginliğini etkileyen faktörler olarak bildirilmiştir.

Barla Dağı'nda (Isparta) yapılan bir çalışmada *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala türünün alanda sadece yaşlı karaçam üzerinde bulunduğu ve az sayıda örnekle temsil edildiği bildirilmiştir. Bunun sebebi de yaşlı ağaçların az oluşu ile açıklanmıştır (Koç, 2012; Koç ve ark., 2017). Bu çalışmalara göre karaçam likenlerinin çeşitliliğini etkileyen faktörler arasında yükselti, nem, bakı, ağaç boyu, ağaç taç boyu ve kabuk pH'ı gibi faktörler bulunmaktadır. *P. furfuracea* ve *Nephromopsis chlorophylla* (Willd.) Divakar, A.Crespo & Lumbsch gibi asidofitik liken türleri karaçam üzerinde daha yaygın olarak bulunmaktadır (Sevgi ve ark., 2019).

Pinus türlerinin katmanlar halinde bulunan kabuk yüzey özelliği ile özellikle genç bireylerin üzerinde az liken türü olması beklenir. Bu sebeple de substrat olan diğer ağaç türlerine göre karaçam üzerindeki liken tür çeşitliliğinin daha az olduğu çalışmalarda da ortaya konulmaktadır (Öztürk ve Güvenç, 2010; Çobanoğlu ve ark., 2011; Yavuz, 2011). Fakat ormanda yaşlı karaçam bireylerinin bulunuşu liken tür çeşitliliğini arttırmaktadır. Sevgi ve ark. (2019) toplu iğnemesi (calicioid) likenlerin yaşlı ağaçlarda genç ağaçlardan daha yaygın olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bazı liken türlerinin de sadece yaşlı bireylerde bulunduğu bilinmektedir. Bununla birlikte meşcerenin iç kesimlerinde nemin yüksek olmasının tür sayısını arttıran etkenlerden biri olduğu görülmektedir (Yavuz, 2011). Bu yüzden orman yönetimi ve planlamalarında meşcerelerde yaşlı bireylerin korunması liken biyoçeşitliliği için oldukça önemlidir.

Güvenç ve ark. (2020) çalışmalarında Türkiye'de 50 ve üzeri ilde yayılış gösteren 29 takson olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamız sonucunda elde edilen listede bu taksonlardan 10'unun karaçam üzerinde bulunduğu belirlenmiştir. Bu türlerin sırasıyla; *Lecanora chlarotera* (15), *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. (11), *Caloplaca cerina* (Hedw.) Th. Fr. (9), *Athallia holocarpa* (Hoffm.) Arup, Froden & Sochting (8), *Physcia adscendens* H. Olivier (7), *Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr (5), *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Zahlbr. (3), *Circinaria contorta* (Hoffm.) A. Nordin, Savić & Tibell, *Diplotoma epipolium* (Ach.) Arnold ve *Xanthoria elegans* (Link) Th.Fr. (1) kayıt sayısı olduğu saptanmıştır.

5. Sonuç

Türkiye’de 45 alanda yapılan 52 adet çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye’de karaçam ormanlarında belirtilen 83 cinse ait 187 liken taksonu, 4 likencil mantar ve 1 saprofitik mantar türü olduğu tespit edilmiştir. Türkiye günümüzde belirlenen liken taksonlarının yaklaşık %10’unun Karaçam üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sayılar karaçam ormanlarının liken türleri açısından önemli bir ekosistem olduğunu göstermektedir.

Karaçamın yoğun yayılış yaptığı (Bolu, Kastamonu, Muğla vb.) alanlarda liken türlerinin belirlenmesi için yeni çalışmaların yapılması ile tespit edilen tür sayısının artması beklenmektedir. Ayrıca çalışmalarda saf karaçam meşcereleri ve karaçamın diğer türler ile oluşturduğu karışık meşcerelerin liken tür çeşitliliği ve zenginliği açısından incelenmesi mevcut zenginliği ortaya çıkarmayı sağlayacaktır. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar ile karaçam ormanlarının liken türlerinin belirlenmesi orman ekosistemlerinin incelenmesine, orman sağlığının izlenmesine ve sürdürülebilir orman işletmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Aamlid, D., Torseth, K., Venn, K., Stuanes, A. O., Solberg, S., Hysten, G., Christophersen, N., Framstad, E., 2000. Changes of Forest Health in Norwegian Boreal Forest During 15 Years. *Forest Ecology and Management*, 127: 103–118.
- Akbıyık, A., 1992. Kütahya Ilıca Yöresi Likenlerinin Taksonomik ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşen Özdemir, 101 sayfa, Eskişehir.
- Akgül, H. E., 2013. Karacaören Baraj Gölü (Burdur, Isparta) Çevresindeki Likenler ve Likenikol Funguslar. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Celaeddin Öztürk, 73 sayfa, Konya.
- Akkemik, Ü., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2010. Some Changes in Taxonomy of Pines (*Pinus* L.) Native to Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University*, 61 (1): 63-78.
- Aksoy, A., Halıcı, M. G., 2007. Aladağlar Milli Parkı (Niğde, Kayseri, Adana) Liken Florası. TÜBİTAK Proje Raporu, Kayseri.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)’nın Coğrafik Varyasyonları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Suad Ürgenç, 170 sayfa, İstanbul.
- Aragón, G., Martínez, I., Belinchón, R., 2006. Aportación al Conocimiento de los Líquenes Epífitos de *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. sylvestris*

- en la Península Ibérica. *Botanica Complutensis*, 30: 61-70.
- Aragón, G., Martínez, I., Hurtado, P., Benítez, Á., Rodríguez, C., Prieto, M., 2019. Using Growth Forms to Predict Epiphytic Lichen Abundance in A Wide Variety of Forest Types. *Diversity*, 11: 51.
- Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., Fornasier, F., Kirschbaum, U., Nimis, P.L., Purvis, O. W., Pirintsos, S., Scheidegger, C., Haluwyn, C. V., Wirth, V., 2002. Mapping Lichen Diversity as in Indicator of Environmental Quality. In: *Monitoring with Lichens-Monitoring Lichen*; Nimis, P.L., Scheidegger, C., Wolseley, P.A., Eds.; NATO Science Series (Series IV: Earth and Environmental Sciences); Volume 7, pp.: 273–279, Springer: Dordrecht, The Netherlands,
- Bäcklund, S., Jönsson, M., Strengbom, J., Frisch, A., Thor, G., 2016. A Pine is a Pine and a Spruce is a Spruce—The Effect of Tree Species and Stand Age on epiphytic lichen communities. *PLoS ONE*, 11: 1-18.
- Bergamini, A., Scheidegger, C., Stofer, S., Carvalho, P., Davey, S., Dietrich, M., Dubs, F., Farkas, E., Groner, U. R. S., Kärkkäinen, K., Keller, C., Lökös, L., Lommi, S., Máguas, C., Mitchell, R., Pinho, P., Rico, V. J., Gregorio Aragón, G., Truscott, A. M., Wolseley, P., Watt, A., 2005. Performance of Macrolichens and Lichen Genera as Indicators of Lichen Species Richness and Composition. *Conservation Biology*, 19 (4): 1051-1062.
- Berryman, S., McCune, B., 2006. Estimating Epiphytic Macrolichen Biomass from Topography, Stand Structure and Lichen Community Data. *Journal of Vegetation Science*, 17: 157–170.
- Breuss, O., John, V., 2004. New and Interesting Records of Lichens from Turkey. *Österreichische Zeitschrift für Pilzkunde*, 13: 281-294.
- Brodo, M., Sharnoff, S. D. ve Sharnoff, S., 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven, U.S.A.
- Candan, M., 1999. Malatya Orduzu Bölgesi Likenlerinin Taksonomik ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşen Türk, 69 sayfa, Eskişehir.
- Candan, M., 2016. Lichens and Lichenicolous Fungi of Akdag Natural Park (Afyon-Denizli) in Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 9 (3): 198-203.
- Christensen, S. N., 1994. Lichen Associated with *Pinus nigra* on Mt. Trapezitsa, Epirus, NW Greece. *Acta Botanica Fennica*, 150: 11–20.
- Cobanoğlu, G., Sevgi, O., 2009. Analysis of the Distribution of Epiphytic Lichens on *Cedrus libani* in Elmali Research Forest (Antalya, Turkey). *Journal of Environmental Biology*, 30(2): 205-212.
- Çetin, G., 1992. Balıkesir İli Dursunbey Yöresinde Bulunan Bazı Liken Türlerinin Taksonomik Özellikleri ve Yayılış Alanları. Uludağ Üniversitesi Fen

Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Gü-
lendam Tümen, 96 sayfa, Balıkesir.

- Çobanoğlu, G., 2007. Lichens from the Maslak Campus of Istanbul Technical University. *Turkish Journal of Botany*, 31(1): 71-74.
- Çobanoğlu, G., Açıkgöz, B., Baloni, L., 2013. Contributions to Lichen Diversity of Turkey from the Sarısu Area (Kocaeli). *Turkish Journal of Botany*, 37 (5): 964-969.
- Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Sevgi, O., 2008. Lichen Mycota Along Uludağ Fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.). *University of Craiova Seria: Biologie, Horticultură, Tehnologia Prelucrării Produselor Agricole*, 13: 15-19.
- Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Yılmaz, O., Açıkgöz, B., 2011. Alaçam Dağları Karaçam Ormanlarının Epifitik Likenleri (Balıkesir-Kütahya). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (1): 31-37.
- Çobanoğlu, G., Sevgi, O., 2006. Elmalı Sedir Araştırma Ormanı (Antalya) Epifitik Liken Florası. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 56A (1): 81-88.
- Dietrich, M., Scheidegger, C., 1997. Frequency, Diversity and Ecological Strategies of Epiphytic Lichens in the Swiss Central Plateau and Pre-alps. *Lichenologist*, 29: 237-258.
- Dinçer, Ş., Özdemir Türk, A., 2001. Çamlıyayla'nın (İçel) Epifitik Likenleri. *Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 6: 1-13.
- Ellis, C. J., 2012. Lichen Epiphyte Diversity: A Species, Community and Trait-Based Review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14 (2): 131-152.
- Ellyson, W. J. T., Sillett, S. C., 2003. Epiphyte Communities on Sitka Spruce in an Old Growth Redwood Forest. *The Bryologist*, 106: 197-211.
- Eren, E., 2019. Bozdağlar'ın Liken Biyoçeşitliliği. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayhan Şenkardeşler, 251 sayfa, İzmir.
- Fritz, Ö., Niklasson, M., Churski, M., 2008. Tree Age is a Factor for the Conservation of Epiphytic Lichens and Bryophytes in Beech Forests. *Applied Vegetation Science*, 12: 93-106.
- Garty, J., 2001. Biomonitoring Atmospheric Heavy Metals with Lichens: Theory and Application. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 20: 309-371.
- Geiser, L. H., Nelson, P. R., Jovan, S. E., Root, H. T., Clark, C. M., 2019. Assessing Ecological Risks from Atmospheric Deposition of Nitrogen and Sulfur to US Forests Using Epiphytic Macrolichens. *Diversity*, 11: 87.
- Giordani, P., 2006. Variables Influencing the Distribution of Epiphytic Lichens in Heterogeneous Areas: A Case Study for Liguria, NW Italy. *Journal of Vegetation Science*, 17: 195-206.
- Giordani, P., Brunialti, G., 2015. Sampling and Interpreting Lichen Diversity

- Data for Biomonitoring Purposes. In: *Recent Advances in Lichenology*; Upreti, D.K., Divakar, P.K., Shukla, V., Bajpai, R., Eds.; Springer: New Delhi, India, pp.; 19–46, ISBN 978-81-322-2180-7.
- Giordani, P., Brunialti, G., Bacaro, G., Nascimbene, J., 2012. Functional Traits of Epiphytic Lichens as Potential Indicators of Environmental Conditions in Forest Ecosystems. *Ecological Indicators*, 18: 413-420.
- Gökçen, Ü., 2013. Türkmen Dağı (Eskişehir) Likenlerinin Substrat Çeşitliliğine Bağlı Olarak Dağılımı. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Mehmet Candan, 262 sayfa, Eskişehir.
- Güner, H., 1986. *Likenlerin Biyolojisi ve Ege Bölgesi'nde Bulunan Bazı Türleri*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi Nu: 92, İzmir.
- Güvenç, Ş., John, V., Türk, A., 2020. Phytogeographical Analysis of the Lichens and Lichenicolous Fungi of Turkey. *Borziiana*, 1: 87-108.
- Güvenç, Ş., Oran, S., Öztürk, Ş., 2009. The Epiphytic Lichens on Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arnd. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] in Mt. Uludag (Bursa–Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 3 (2): 143-147.
- Güvenç, Ş., Öztürk, Ş., Oran, S., 2019. Epiphytic Lichen Diversity on *Quercus pubescens* Willd. in Bursa Province. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 12(2): 51-56.
- Halıcı, M. G., Kocakaya, M., Kırış, Z., 2014. Lichenized and Lichenicolous Fungi of Bakırdağ (Kayseri, Adana). *Acta Botanica Hungarica*, 56 (3–4): 319-332.
- Halıcı, M. G., 2008. Aladağlar Milli Parkı (Niğde, Kayseri, Adana) Liken Florası. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ahmet Aksoy, 397 sayfa, Kayseri.
- Halıcı, M. G., Aksoy, A., 2009. Lichenized and Lichenicolous Fungi of Aladağlar National Park (Niğde, Kayseri, Adana) in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 33: 169–189.
- Halıcı, M. G., Candan, M., 2007. Notes on Some Lichenicolous Fungi Species from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 31 (4): 353-356.
- Halıcı, M. G., Güvenç, Ş., 2008. Lichens from the Mediterranean Phytogeographical Region of Turkey. *Cryptogamie Mycologie*, 29 (1): 95-106.
- Hezarfen, B., Özdemir Türk, A., Candan, M., 2001. Yeşildağ (Kütahya-Bilecik) Liken Florası. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2 (1): 203-209.
- Jackson, L., Ford, J., Schwatzman, D., 1993. Collection and Chemical Analysis of Lichens for Biomonitoring. In: *Lichens as Bioindicators of Air Quality*; USDA Forest Service General Technical Report RM-224; Huckaby, L.S., Ed.; pp. 96–115, USDA Forest Service: Fort Collins.
- John, V., 1992. Flechten der Türkei, I. (Türkiye Likenleri I.), Das die Türkei betref-

- fende lichenologische Shrifftum (Türkiye Likenleri ile ilgili Literatür), Pflanzmuseum für Naturkunde (Pollichia-Museum), pp.;1-14, Bad Dürkheim.
- John, V., 1995. Flechten der Türkei IV. (Türkiye Likenleri IV.), Das die Türkei betreffende lichenologische Shrifftum (Türkiye likenleri ile ilgili literatürlere ilaveler), Pflanzmuseum für Naturkunde (Polichia-Museum), p.; 1-10, Bad Dürkheim.
- John, V., Güvenç, Ş., Türk, A., 2020. Additions to the Checklist and Bibliography of the Lichens and Lichenicolous Fungi of Turkey. *Archive for Lichenology*, 19: 1-32.
- John, V., Türk, A., 2017. *Türkiye Likenleri Listesi*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayını, 831 sayfa, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye'de Karaçam (Pinus nigra Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Nu: 349/8, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- Karabulut, Ş. N., 2003. Şap Dağ ve Karadağ (Çanakkale) Liken Florası. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşen Türk, 164 sayfa, Eskişehir.
- Karamanoğlu, K., 1971. Türkiye'nin Önemli Liken Türleri. *Ankara Eczacılık Fakültesi Mecmuası*, 1: 53-75.
- Kirschbaum, U., Wirth, V., 1997. *Flechten erkennen, Luftgüte bestimmen*. Stuttgart: Ulmer GmbH & Co (in German).
- Kocakaya, M., 2008. Kızıldağ (Konya) Liken Florası. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ahmet Aksoy, 168 sayfa, Kayseri.
- Kocakaya, M., Halıcı, M.G., Aksoy, A., 2009. Lichens and Lichenicolous Fungi of Kızıldağ (Derebucak, Konya). *Turkish Journal of Botany*, 33: 105–112.
- Kocakaya, M., Halıcı, M.G., Aksoy, A., 2014. Lichenized and Lichenicolous Fungi of Gevne Valley (Konya, Antalya). *Turkish Journal of Botany*, 38(2): 358-369.
- Kocakaya, Z., Kocakaya, M., Barak, M.Ü., 2020. A New Lichenicolous Fungus Record from the Çamlık National Park (Yozgat, Turkey), *Tremella candellariellae* (Basidiomycota, Tremellales). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (2): 388-390.
- Koç, Ş. N., 2012. Barla Dağı (Isparta) Liken Florası. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışmanlar; Ebru Ataşlar ve Ayşen Türk, 351 sayfa, Eskişehir.
- Koç, Ş.N., Ataşlar, E., Türk, A., Tufan-Çetin, Ö., 2017. Lichens of Barla Mountain in Isparta, Turkey: Diversity Study and Ecological Assessment of the Area. *Plant Biosystems*, 151 (6): 985–995.
- Konukçu, M., 2001. *Ormanlar ve Ormancılığımız*. DPT Yayınları Yayın Nu:

- 2630, Ankara.
- Kuusinen, M., 1996. Epiphyte Flora and Diversity on Basal Trunks of Six Old-Growth Forest Tree Species in Southern and Middle Boreal Finland. *Lichenologist*, 28: 443–463.
- Lie, M. H., Arup, U., Grytnes, J.A., Ohlson, M., 2009. The Importance of Host Tree Age, Size and Growth Rate as Determinants of Epiphytic Lichen Diversity in Boreal Spruce Forests. *Biodiversity and Conservation*, 18: 3579–3596.
- Lõhmus, A., Lõhmus, P., Vellak, K., 2007. Substratum Diversity Explains Landscape-Scale Co-Variation in the Species-Richness of Bryophytes and Lichens. *Biological Conservation*, 135(3): 405–414.
- Loppi, S., 2019. May the Diversity of Epiphytic Lichens be Used in environmental forensics? *Diversity*, 11: 36, 1–13.
- Marmor, L., Tõrra, T., Randlane, T., 2010. The Vertical Gradient of Bark pH and Epiphytic Macrolichen Biota in Relation to Alkaline Air Pollution. *Ecological Indicators*, 10 (6): 1137–1143.
- McCune, B., 2000. Lichen Communities as Indicators of Forest Health. *Bryologist*, 103: 353–356.
- McCune, B., Rogers, P., Ruchty, A., Ryan, B., 1998. Lichen Communities for Forest Health Monitoring in Colorado, USA: a report to the USDA Forest Service. Internal report to Interior West Region, USDA Forest Service. 30 p.
- Nascimbene, J., Marini, L., Motta, R., Nimis, P.L., 2009. Influence of Tree Age, Tree Size and Crown Structure on Lichen Communities in Mature Alpine Spruce Forests. *Biodiversity and Conservation*, 18: 1509–1522.
- Nash T. H. III, (Ed) 2008. *Lichen Biology*. Cambridge University Press, 502 p., London.
- Neitlich, P. N., McCune, B., 1997. Hostspots of Epiphytic Lichen Diversity in Two Young Managed Forests. *Conservation Biology*, 11: 172–182.
- Ódor, P., Király, I., Tinya, F., Bortignon, F., Nascimbene, J., 2013. Patterns and Drivers of Species Composition of Epiphytic Bryophytes and Lichens in Managed Temperate Forests. *Forest Ecology and Management*, 306: 256–265.
- Oran, S., 2011. Epiphytic Lichen Diversity on *Fagus orientalis* Lipsky and *Fagus sylvatica* L. in the Marmara Region (Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 4 (1): 134–143.
- Oran S., Öztürk Ş., 2006. Lichens of Gemlik, İznik, Mudanya and Orhangazi Districts in Bursa Province (Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 30: 231–250.
- Oran, S., Öztürk, Ş., 2011. The Diversity of Lichen and Lichenicolous Fungi on *Quercus* taxa Found in the Marmara Region Turkey. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 4 (2): 204–223.
- Oran, S., Öztürk, Ş., 2012. Epiphytic Lichen Diversity on *Quercus cerris* and

- Q. frainetto* in the Marmara Region (Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 36(2): 175-190.
- Oran, S., Özyiğitoğlu, G., Öztürk, Ş., 2018. Lichenized and Lichenicolous Fungi Records from Kazdağı (Balıkesir, Turkey). *Mantar Dergisi*, 9 (1): 39-49.
- Oran, S., Uğur, A., Öztürk, Ş., 2007. Some Lichen Records from *Quercus vulcanica* Forests around Yukarı Gökdere (Isparta, Turkey). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 1 (3): 121-126.
- Özdemir Türk, A., 2003. Two New Records for the Lichen Flora of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 27(1): 69-70.
- Özdemir, A., 1987. Eskişehir İli'nde Yayılış Gösteren Bazı Liken Türlerinin Taksonomik ve Ekolojik Özellikleri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hüseyin Güner, İzmir.
- Öztürk, Ş., 1989. Uludağ Liken Türleri Üzerinde Taksonomik Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Bilgin Tözün, 177 sayfa, Bursa.
- Öztürk, Ş., 1992. Uludağ'ın Kabuksu ve Dalsı Likenleri Üzerinde Bir Araştırma. *Doğa Turkish Journal of Botany*, 16: 405-409.
- Öztürk, Ş., Güvenç, Ş., 2010. Comparison of the Epiphytic Lichen Communities Growing on Various Tree Species on Mt. Uludağ (Bursa, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 34: 449-456.
- Öztürk, Ş., Güvenç, Ş., Oran, S., 2005. Floristic Lichen Records from Isparta and Burdur Provinces. *Turkish Journal of Botany*, 29(3): 243-250.
- Öztürk, Ş., Güvenç, Ş., Oran, S., 2019. The Determination of the Changes in Epiphytic Lichen Diversity at Microclimatic Conditions the *Quercus Petraea* (Mattuschka) Liebl. Forest in the Uludağ Mountains (Bursa, Turkey). *Nova Hedwigia*, 475-487.
- Öztürk, Ş., Oran, S., 2011. Investigations on the Bark pH and Epiphytic Lichen Diversity of *Quercus* Taxa found in Marmara Region. *Journal of Applied Biological Sciences*, 5 (1): 27-33.
- Öztürk, Ş., Oran, S., Güvenç, Ş., Dalkiran, N., 2010. Analysis of the Distribution of Epiphytic Lichens in the Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests Along an Altitudinal Gradient in Uludağ Mountain, Bursa-Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 42(4): 2661-2670.
- Pirintsos, S.A., Diamantopoulos, J., Stamou, G. P., 1993. Analysis of the Vertical Distribution of Epiphytic Lichens on *Pinus nigra* (Mount Olympos, Greece) Along an Altitudinal Gradient. *Vegetatio*, 109: 63-70.
- Price, K., Hochachka, G., 2001. Epiphytic Lichen Abundance: Effects of Stand Age and Composition in Coastal British Columbia. *Ecological Applications*, 11: 904-913.
- Purvis, O. W., Coppins, B. J., Hawksworth, D. L., James, P. W., Moore, D. M.,

1992. *The Lichen Flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publications: London, UK.
- Richardson, D.M. (Ed.), 1998. *Ecology and Biogeography of Pinus*. First published Cambridge University Press.
- Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., Çobanoğlu Özyitoğlu, G., Tecimen, H. B., Sevgi, O., 2019. Factors Influencing Epiphytic Lichen Species Distribution in a Managed Mediterranean *Pinus nigra* Arnold Forest. *Diversity*, 11: 59.
- Sevgi, O., Çobanoğlu, G., Sevgi, E., 2016. Effect of Forest Habitat on the Distribution of Lichen Species in Şerif Yüksel Research Forest (Bolu, Turkey). *Pakistan Journal of Botany*, 48 (2): 581-588.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Yılmaz, O.Y., 2011. Alaçam Dağları Karaçam Ormanlarının Liken Ölü Örtü pH'sının İrdelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (2): 45-52.
- Sevinç, Ö. S., 2006. Demirci (Manisa) Yöresi Likenleri Üzerine Taksonomik Araştırmalar. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hüseyin Güner, 244 sayfa, Manisa.
- Sevinç, Ö. S., 2016. The Lichen Flora of the Demirci (Manisa/Turkey) Region. *Biological Diversity and Conservation*, 9 (1): 107-115.
- Sezer, O., 2010. Türkiye Liken Biyotasının Belirlenmesine Katkılar. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşen Özdemir Türk, 201 sayfa, Eskişehir.
- Singer, E.T., Türk, A.Ö., Candan, M., 2014. Additional Records to the Lichenized and Lichenicolous Fungi Diversity of Bozdağ (Eskişehir/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 7 (1): 79-87.
- Singer, T., 2007. Bozdağ (Eskişehir) Likenlerinin Taksonomik ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşen Türk, 185 sayfa, Eskişehir.
- Sipman H. J. M., Aptroot, A., 2001. Where are the Missing Lichens? *Mycological Research*, 105: 1433-1439.
- Sönmez, E., 2015. Odunpazarı ve Tepebaşı İlçelerinin (Eskişehir) Liken Çeşitliliği. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Lütfi Özav, 555 sayfa, Eskişehir.
- Şenkardeşler, A., Cansaran Duman, D., Eşiz-Dereboylu, A., 2014. Türkiye'de Yayılış Gösteren *Usnea* Cinsinin Revizyonu. TÜBİTAK Proje raporu, İzmir.
- Tufan Çetin, Ö., 2020. Ahmetler Kanyonu (Antalya-Türkiye) ve Çevresinin Liken Oluşturan ve Likenikol Mantarları. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 7 (2): 38-50.
- Tufan Çetin, Ö., Sümbül, H., 2011. Regional Annotated Mycobiotas New to <http://mycotaxon.com/> (Lichen of the Köprülü Canyon National Park in Turkey). *Mycotaxon*, 115: 534-536.

- Tufan, Ö., Sümbül, H., Özdemir Türk, A., 2006. Lichen Flora of the Termessos National Park in Southwestern Turkey. *Mycotaxon*, 1-12.
- Tutel, B., 1986. Liken Biyolojisi ve Faydaları. *Marmara Üniversitesi Eczacılık Dergisi*, 2 (2): 185-194.
- Türk, A., 2014. Likenler. Güner, A. ve Ekim, T. (ed). *Resimli Türkiye Florası*. Cilt 1, Ali Nihat Gökyiğit Vakfı, Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye İş Bankası Kültür yayınları, İstanbul.
- Türk, A., Öztürk, Ş., Çobanoğlu, G., Candan, M., Güvenç, Ş., Oran, S., 2009. TLT Araştırma Gezisinden Bazı Liken Kayıtları-Ankara Beyman Ormanı. *Türk Liken Topluluğu Bülteni*, 7: 12-17.
- URL1: <http://www.lichenicolous.net> [Erişim Tarihi: 15/04/2021]
- URL2: <https://www.britishlichensociety.org.uk/about-lichens/glossary-terms> [Erişim Tarihi: 15/04/2021]
- URL3: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> [Erişim Tarihi: 01/04/2020-01/11/2020]
- URL4: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> [Erişim Tarihi: 01/04/2021]
- Vondrák, J., Halıcı, M. G., Güllü, M., Demirel, R., 2016. Taxonomy of the Genus *Athallia* and its Diversity in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 40 (3): 319-328.
- Vondrák, J., Halıcı, M. G., Kocakaya, M., Vondrákova, O., 2012. Teloschistaceae (Lichenized Ascomycetes) in Turkey. 1. – Some records from Turkey. *Nova Hedwigia*, 94 (3-4): 385-396.
- Yavuz, M., 2010. Gölcük Tabiat Parkı Liken Florası ve Isparta Hava Kirliliğinin Likenlerle Derecelendirilmesi. Marmara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Gülşah Çobanoğlu, 296 sayfa, İstanbul.
- Yavuz, M., Çobanoğlu, G., 2018. Lichen Diversity of Gölcük Nature Park (Isparta), Including New Records for Turkey. *Olenia*, 34: 57-66.
- Yavuz, Y., 2011. Sündiken Dağları (Eskişehir) Likenlerinin Habitat ve Substrata Bağlı Olarak Dağılımı. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşen Türk, 74 sayfa, Eskişehir.
- Yavuz, Y., 2016. Samanlı Dağları'nın Liken Çeşitliliğinin Kantitatif Yöntemlerle İncelenmesi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ayşen Türk, 205 sayfa, Eskişehir.
- Yavuz, Y., Özdemir Türk, A., Böcük, H., 2015. Epiphytic Lichen Diversity of the Sündiken Mountains (Eskişehir, Turkey). *Herzogia*, 28 (2): 753-761.
- Zeybek, N., 1982. Likenler ve sanayide önemi. IV. *Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı*, 27-29 Mayıs 1982, sayfa: 91-95, Eskişehir.

Ek 1. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* üzerindeki epifitik liken listesi.

Takson *	Kaynaklar
<i>Alectoria sarmentosa</i> (Ach.) Ach. *[<i>Alectoria sarmentosa</i> (Ach.) Ach. subsp. <i>sarmentosa</i>]	26, 41
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid. *[<i>Buellia punctata</i> (Hoffm.) Massal.]	3, 7, 29a, 33, 40
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Körb. ex A. Massal.	6, 10, 13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 19, 20b, 22, 24, 25a, 29a, 29b, 33, 34, 40, 25b
<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Räsänen	24
<i>Athallia alnetorum</i> (Giralt, Nimis & Poelt) Arup, Frödén & Söchting *[<i>Caloplaca alnetorum</i> Giralt, Nimis & Poelt]	10, 39
<i>Athallia cerinella</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Söchting *[<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey]	5, 25a, 35, 25b
<i>Athallia cerinelloides</i> (Erichsen) Arup, Frödén et Söchting *[<i>Caloplaca cerinelloides</i> (Erichsen) Poelt]	25a, 31, 34, 25b
<i>Athallia holocarpa</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Söchting *[<i>Caloplaca holocarpa</i> (Hoffm.) A.E.Wade]	3, 10, 18a, 18b, 18c, 21, 22, 25a, 28, 29a, 29b, 25b
<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén et Söchting	34, 39
<i>Bacidia hegetschweileri</i> (Hepp) Vain.	18a, 18b
<i>Bacidia laurocerasi</i> (Delise ex Duby) Zahlbr.	18a, 18b, 18c
<i>Blastenia ferruginea</i> (Huds.) A. Massal. *[<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th.Fr.]	18a, 18b, 18c, 20b, 29a, 29b, 45
<i>Blastenia furfuracea</i> (H.Magn.) Arup, Söchting & Frödén	35
<i>Blastenia hungarica</i> (H.Magn.) Arup, Söchting & Frödén *[<i>Caloplaca hungarica</i> H. Magn.]	33, 38, 40
<i>Bryoria bicolor</i> (Ehrh.) Brodo & D.Hawksw.	38
<i>Bryoria capillaris</i> (Ach.) Brodo & D.Hawksw.	3, 13a, 13b, 26, 33, 35, 38, 41, 43
<i>Bryoria fuscescens</i> var. <i>fuscescens</i> (Gyeln.) Brodo & D.Hawksw.	2, 3, 8, 11, 13a, 13b, 17a, 17b, 18a, 18c, 20b, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29a, 29b, 40, 41, 43
<i>Bryoria implexa</i> (Hoffm.) Brodo & D.Hawksw.	26, 38, 43
<i>Bryoria nadvornikiana</i> (Gyeln.) Brodo & D.Hawksw.	29a, 29b, 38
<i>Buellia disciformis</i> (Fr.) Mudd	21, 40
<i>Buellia erubescens</i> Arnold	21, 26, 34, 40, 43
<i>Buellia griseovirens</i> (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.	11, 18a, 18b, 18c, 21, 23, 26, 33, 38, 40, 43
<i>Calicium glaucellum</i> Ach.	8, 26, 43
<i>Calicium notarisii</i> (Tul.) M. Prieto & Wedin *[<i>Cyphelium notarisii</i> (Tul.) Blomb. & Forss.]	9, 33
<i>Calicium quercinum</i> Pers.	8
<i>Calicium viride</i> Pers.	2, 3, 33
<i>Caloplaca boulyi</i> (Zahlbr.) M. Steiner & Poelt	7

Ek 1'in devamı

Takson *	Kaynaklar
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr. * <i>[Caloplaca cerina</i> var. <i>cerina</i> (Ehrh. ex Hedw.) Th.Fr. <i>Caloplaca cerina</i> var. <i>chloroleuca</i> (Sm.) Th.Fr. <i>Caloplaca stillicidiorum</i> (Vahl) Lynge]	10, 18a, 18b, 18c, 19, 20b, 24, 25a, 29a, 29b, 34, 35, 25b
<i>Caloplaca haematites</i> (Chaub.ex St.-Aman) Zwackh	19, 29a, 29b, 30, 34
<i>Caloplaca herbidella</i> (Hue) H.Magn. * <i>[Blastenia herbidella</i> (Hue) Servit]	25a, 29a, 29b, 35, 38, 25b
<i>Caloplaca microthallina</i> Wedd.	25a
<i>Caloplaca monacensis</i> (Lederer) Lettau	35
<i>Candelariella antennaria</i> Räsänen	34
<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr.	7, 10, 18a, 18b, 18c, 25a, 29a, 29b, 25b
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Zahlbr.	7, 22, 25a, 25b
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau	7, 18a, 18b, 20b, 25a, 29a, 29b, 34, 35, 38, 25b
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) J. Steiner	40
<i>Chaenotheca brunneola</i> (Ach.) Müll. Arg.	24
<i>Chaenotheca chrysocephala</i> (Ach.) Th. Fr.	13a, 13b, 26, 43
<i>Chaenotheca ferruginea</i> (Turner) Mig.	18a, 18b, 18c
<i>Chaenothecopsis pusiola</i> (Ach.) Vain	22
<i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J.R. Laundon	22, 29a, 29b, 40
<i>Circinaria contorta</i> (Hoffm.) A. Nordin, Savić & Tibell * <i>[Parmelia contorta</i> Bory]	3
<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	2, 26, 43
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	13a, 13b, 22, 33, 40, 41
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	2, 3, 13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 20b, 22, 26, 27, 28, 29a, 29b, 33, 42
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	22, 29a, 29b
<i>Cladonia ramulosa</i> (With.) J.R. Laundon	26
<i>Clypeococcum hypocenomycis</i> D. Hawksw.	16
<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	7, 18a, 18b, 18c, 20b, 33, 34
<i>Diplotomma epipolium</i> (Ach.) Arnold	7
<i>Dolichousnea longissima</i> (Ach.) Articus * <i>[Usnea longissima</i> Ach.]	38
<i>Evernia divaricata</i> (L.) Ach.	3, 11, 18a, 18b, 18c, 20b, 24, 26, 34, 40, 43
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	2, 3, 7, 8, 11, 13a, 13b, 17a, 17b, 21, 22, 23, 24, 25a, 26, 28, 29a, 29b, 31, 33, 25b, 42, 43, 45
<i>Fellhanera bouteillei</i> (Desm.) Vězda	21
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	20b, 24

Ek 1'in devamı

Takson *	Kaynaklar
<i>Flavoplaca microthallina</i> (Wedd.) Arup, Frödén & Söchting	25b
<i>Fuscidea arboricola</i> Coppins & Tønsberg	21, 23
<i>Gallowayella fulva</i> (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, Hur & A. Thell *[<i>Xanthomendoza fulva</i> (Hoffm.) Söchting, Kärnefelt et S. Y. Kondr.]	34
<i>Glaucospora carpinea</i> (L.) S.Y. Kondr., L. Lökös & Farkas *[<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.]	7, 18a, 18b, 18c, 22, 25a, 33, 35, 37, 40
<i>Glaucospora subcarpinea</i> (Szatala) S.Y. Kondr., L. Lökös & Farkas *[<i>Lecanora subcarpinea</i> Szatala]	22
<i>Gyalolechia flavorubescens</i> (Huds.) Söchting, Frödén & Arup *[<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J.R.Laundon]	18a, 18b, 18c, 19, 20b, 25a, 25b
<i>Gyalolechia flavovirescens</i> (Wulfen) Söchting, Frödén & Arup	25b
<i>Huneckia pollinii</i> (A. Massal.) S.Y. Kondr., Kärnefelt, Elix, A. Thell, Jung Kim, A.S. Kondr. & Hur *[<i>Caloplaca pollinii</i> (A.Massal.) Jatta]	35
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.) M. Choisy	2, 3, 8, 13a, 13b, 17a, 17b, 20b, 24, 26, 29a, 29b, 33, 38, 40, 43
<i>Hypogymnia farinacea</i> Zopf *[<i>Hypogymnia bitteriana</i> (Zahlbr.) Krog.]	2, 3, 8, 11, 13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 19, 20b, 21, 22, 23, 24, 25a, 26, 27, 33, 38, 40, 41, 25b, 43, 45
<i>Hypogymnia laminisorediata</i> D. Hawksw. & Poelt	3
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	2, 3, 8, 11, 13a, 13b, 21, 22, 23, 24, 25a, 26, 33, 40, 41, 25b, 42, 43
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	2, 3, 6, 7, 11, 13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 20b, 21, 22, 23, 24, 25a, 26, 27, 28, 29a, 29b, 33, 35, 38, 40, 41, 25b, 42, 43, 45
<i>Intralichen christiansenii</i> (D. Hawksw.) D. Hawksw. & M.S. Cole	18b
<i>Lambiella insularis</i> (Nyl.) T.Sprib.	25b
<i>Lecania koerberiana</i> J. Lahm	18a, 18b, 18c
<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach.	7, 25b
<i>Lecanora albellula</i> (Nyl.) Th. Fr.	25a
<i>Lecanora allophana</i> (Ach.) Nyl.	35
<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Röhl.	25a, 25b
<i>Lecanora campestris</i> (Schaer.) Hue	25a, 29a, 35, 25b
<i>Lecanora chlorotera</i> Nyl.	3, 4, 6, 10, 12, 18a, 18b, 18c, 20b, 22, 25a, 26, 29a, 34, 37, 40, 25b, 43
<i>Lecanora expallens</i> Ach.	2
<i>Lecanora horiza</i> (Ach.) Röhl.	20b, 37
<i>Lecanora intumescens</i> (Rebent.) Rabenh.	35
<i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach.	7, 29a, 29b
<i>Lecanora saligna</i> (Schrad.) Zahlbr	27, 40

Ek 1'in devamı

Takson *	Kaynaklar
<i>Lecanora strobilina</i> (Spreng.) Kieffer	18a, 18b, 18c, 38, 40
<i>Lecanora subintricata</i> (Nyl.) Th. Fr.	21
<i>Lecanora subrugosa</i> Nyl.	21
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.	28, 40
<i>Lecanora umbrina</i> (Ach.) A.Massal.	25a
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy *[<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy f. <i>elaeochroma</i> <i>Lecidella elaeochroma</i> f. <i>soralifera</i> (Erichsen) D.Hawksw.]	3, 4, 7, 8, 12, 18a, 18b, 18c, 19, 20b, 22, 25a, 26, 28, 29a, 29b, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 25b, 43, 45
<i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner *[<i>Pertusaria albescens</i> (Huds.) M. Choisy & Werner var. <i>albescens</i>]	3, 26, 27, 43, 45
<i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner *[<i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl.]	2, 3, 18a, 18b, 18c, 21
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	3, 17a, 17b, 38
<i>Letharia vulpina</i> (L.) Hue	2, 3, 17a, 18a, 18b, 18c, 19, 20a, 20b, 24, 26, 27, 33, 38, 43
<i>Lichenostigma maureri</i> Hafellner	16, 34, 38
<i>Lobarina scrobiculata</i> (Scop.) Nyl. ex Cromb	45
<i>Megaspora verrucosa</i> (Ach.) Arcadia & A. Nordin	10, 29a
<i>Melanelixia glabra</i> (Schaer.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch *[<i>Parmelia glabra</i> (Schaerer) Nyl.]	3
<i>Melanelixia glabratula</i> (Lamy) Sandler Arup	38, 40
<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch *[<i>Parmelia subaurifera</i> Nyl.]	3, 4, 12, 21, 40
<i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	18a, 18b, 18c, 22, 28, 29a, 29b, 33, 38
<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch *[<i>Parmelia exasperata</i> (Ach.) De Not]	3, 10, 18a, 18b, 18c, 19, 25a, 29a, 29b, 35, 38, 25b
<i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch *[<i>Parmelia exasperatula</i> Nyl.]	2, 3, 17a, 17b, 18a, 18b, 18c, 20b, 24, 25a, 29a, 29b, 33, 34, 35, 38, 40, 25b, 45
<i>Micarea denigrata</i> (Fr.) Hedl.	41
<i>Micarea prasina</i> Fr.	13a, 13b, 38
<i>Mycocalicium subtile</i> (Pers.) Szatala	18a, 18b, 18c, 21, 29a, 29b, 38
<i>Mycoglaena acuminans</i> (Nyl.) Vainio	13a
<i>Nephroma laevigatum</i> Ach.	27
<i>Nephromopsis chlorophylla</i> (Willd.) Divakar, A. Crespo & Lumbsch *[<i>Cetraria chlorophylla</i> (Willd.) Varinio <i>Tuckermanopsis chlorophylla</i> (Willd.) Hale]	3, 25a, 26, 28, 25b, 43
<i>Ochrolechia alboflavescens</i> (Wulfen) Zahlbr.	38

Ek 1'in devamı

Takson *	Kaynaklar
<i>Ochrolechia microstictoides</i> Räsänen	41
<i>Ochrolechia pallescens</i> (L.) A.Massal.	20a
<i>Ochrolechia szatalaensis</i> Verseghy	3
<i>Ochrolechia tartarea</i> (L.) A. Massal.	24
<i>Ochrolechia turneri</i> (Sm.) Zopf	2, 20b, 26, 43
<i>Oxneria fallax</i> (Arnold) S.Y. Kondr. & Kärnefelt *[<i>Xanthomendoza fallax</i> (Hepp ex Arnold) Arnold]	29a
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	3, 7, 8, 11, 18a, 18b, 18c, 19, 20b, 24, 25a, 26, 27, 34, 35, 40, 41, 25b, 43, 45
<i>Parmelia submontana</i> Nadv. ex Hale	25a, 25b, 45
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	3, 4, 8, 11, 12, 13a, 13b, 17a, 22, 26, 27, 28, 40
<i>Parmelina carporrhizans</i> (Taylor) Hale	8
<i>Parmelina pastillifera</i> (Harm.) Hale	13a, 13b, 20b, 31, 35
<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 22, 25a, 29a, 29b, 34, 38, 25b
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (Hoffm.) Nyl.	3, 11, 13a, 13b, 17a, 18a, 18b, 18c, 19, 22, 26, 29a, 29b, 33, 34, 38, 43
<i>Pectenia plumbea</i> (Lightf.) P.M. Jørg., L. Lindblom, Wedin & S. Ekman	45
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	29a
<i>Pertusaria coronata</i> (Ach.) Th.Fr.	20b, 33
<i>Pertusaria flavida</i> (DC.) J.R. Laundon	33, 45
<i>Pertusaria pertusa</i> (L.) Tuck.	3, 8, 45
<i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Mereschk.) Essl.	33
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	17a, 17b, 25a, 29a, 29b, 25b
<i>Phlyctis argena</i> (Ach.) Flot.	3, 45
<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier	7, 17a, 20b, 25a, 28, 29a, 29b, 40, 25b
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.	3, 7, 10, 25a, 34, 35, 25b
<i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr.	29a, 29b, 33, 38
<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau	5, 25a, 25b
<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC. *[<i>Physcia semipinnata</i> (J. F. Gmel.) Moberg]	6, 10, 18a, 18b, 18c, 20b, 25a, 29a, 29b, 34, 35, 38, 25b
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	7, 10, 17a, 20b, 25a, 29a, 35, 40, 25b
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	10, 13a, 13b, 20b, 25a, 29a, 31, 33, 34, 38, 25b
<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.	25a, 25b
<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R.Laundon	14, 20b, 25a, 29a, 29b, 25b
<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	29a, 29b, 33

Ek 1'in devamı

Takson *	Kaynaklar
<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	25a, 25b
<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	25a, 38
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.	3, 8, 10, 11, 13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 20b, 22, 26, 27, 28, 40, 41, 42, 43, 45
<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch * <i>[Parmelia acetabulum</i> (Necker) Duby]	3, 13a, 13b, 17a, 18a, 18b, 18c, 19, 20b, 25a, 29a, 29b, 31, 34, 38, 25b, 42
<i>Polycauliona candelaria</i> (L.) Frödén, Arup & Søchting * <i>[Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.]	33
<i>Polyozosia hagenii</i> (Ach.) S.Y. Kondr., L. Lökös & Farkas * <i>[Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>hagenii</i> <i>Myriolecis hagenii</i> (Ach.) Sliwa, Zhao Xin & Lumbsch.]	7, 13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 28, 29a, 31, 34, 37, 40, 25b
<i>Polyozosia sambuci</i> (Pers.) S.Y. Kondr., L. Lökös & Farkas * <i>[Lecanora sambuci</i> (Pers.) Nyl. <i>Myriolecis sambuci</i> (Pers.) Clem.]	25a, 25b
<i>Polyozosia semipallida</i> (H. Magn.) S.Y. Kondr., L. Lökös & Farkas * <i>[Lecanora semipallida</i> H.Magn. <i>Myriolecis semipallida</i> (H.Magn.) Šliwa, Zhao Xin & Lumbsch]	25a, 25b
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf * <i>[Pseudevernia furfuracea</i> var. <i>ceratea</i> (Ach.) D. Hawksw. <i>Pseudevernia furfuracea</i> var. <i>furfuracea</i> (L.) Zopf]	1, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 13a, 13b, 17a, 17b, 18a, 18b, 18c, 19, 20b, 21, 22, 23, 24, 25a, 26, 27, 28, 29a, 29b, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 25b, 42, 43, 45
<i>Ramalina calicaris</i> (L.) Röhl.	45
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	3, 4, 7, 12, 13a, 13b, 18a, 18b, 18c, 20b, 22, 25a, 26, 28, 25b, 42, 43
<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	13a, 13b, 40
<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.	17a, 25a, 25b
<i>Ramalina polymorpha</i> (Lilj.) Ach.	25a, 25b
<i>Ramalina subgeniculata</i> Nyl.	45
<i>Rinodina albana</i> (A.Massal.) A.Massal.	35
<i>Rinodina exigua</i> (Ach.) S. Gray	3, 7, 25a
<i>Rinodina oleae</i> Bagl.	4, 12
<i>Rinodina plana</i> H.Magn.	20b, 38
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	25a, 29a, 29b, 34, 25b
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A.Massal.	20b, 29a, 29b, 37
<i>Schaereria corticola</i> Muhr & Tønsberg	38
<i>Schaereria dolodes</i> (Nyl.) Schmull & T. Sprib.	38
<i>Sclerococcum mediterraneum</i> (Sarrion & Hafellner) Olariaga, Teres, J.M. Martín, M. Prieto & Baral * <i>[Dactylospora mediterranea</i> Sarrion & Hafellner]	18a, 18b, 18c
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vězda	40
<i>Seawardiella lobulata</i> (Flörke) S.Y. Kondr., I. Kärnefelt & A. Thell * <i>[Calogaya lobulata</i> (Flörke) Arup, Frödén et Sochting <i>Caloplaca lobulata</i> (Flörke) Hellb.]	30, 34

Ek 1'in devamı

Takson *	Kaynaklar
<i>Straminella varia</i> (Hoffm.) S.Y. Kondr., L. Lökös & Farkas * <i>[Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach.]	18a, 18b, 18c, 19, 20b, 27, 29a, 29b, 38
<i>Strangospora moriformis</i> (Ach.) Stein	9, 40
<i>Strangospora pinicola</i> (A.Massal.) Körb.	15
<i>Tetramelas poeltii</i> (T. Schauer) Kalb * <i>[Buellia poeltii</i> Schaurer)	3
<i>Toniniopsis subincompta</i> (Nyl.) Kistenich, Timdal, Bendiksby & S. Ekman * <i>[Bacidia subincompta</i> (Nyl.) Arnold]	18c
<i>Tornabea scutellifera</i> (With.) J. R. Laundon	34
<i>Trapeliopsis flexuosa</i> (Fr.) Coppins & P.James	17a, 26, 28, 38, 40, 43
<i>Tremella candelariellae</i> Diederich & Etayo	44
<i>Usnea barbata</i> (L.) F.H. Wigg.	26, 36
<i>Usnea dasopoga</i> (Ach.) Nyl.	36
<i>Usnea filipendula</i> Stirt.	22, 24
<i>Usnea flammea</i> Stirt.	40
<i>Usnea florida</i> (L.) F.H. Wigg.	26, 43
<i>Usnea fulvoreaegens</i> (Räsänen) Räsänen	13a, 13b
<i>Usnea glabrescens</i> (Nyl. ex Vain.) Vain.	21, 22, 23, 26, 43
<i>Usnea hirta</i> (L.) F.H. Wigg	13a, 13b, 17a, 17b, 21, 26, 29a, 29b, 33, 36, 40, 43
<i>Usnea intermedia</i> (A. Massal.) Jatta	26, 36
<i>Usnea lapponica</i> Vain.	26, 36
<i>Usnea scabrata</i> Nyl.	26, 43
<i>Usnea subfloridana</i> Stirt.	21, 26, 43
<i>Usnea subscabrosa</i> Nyl. ex Motyka	26, 43
<i>Usnea substerilis</i> Motyka	26, 36
<i>Varicellaria hemisphaerica</i> (Flörke) I. Schmitt & Lumbsch * <i>[Pertusaria hemisphaerica</i> (Flörke) Erichsen]	20b, 24, 26, 43
<i>Xanthocarpia crenulatella</i> (Nyl.) Frödén, Arup & Søchting * <i>[Caloplaca crenulatella</i> (Nyl.) H. Olivier]	31
<i>Xanthoria elegans</i> (Link) Th.Fr.	25a
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.	7, 10, 13a, 17a, 17b, 25a, 29a, 29b, 33, 34, 37, 38, 40, 25b

*Kaynaklarda geçen ve sinonim olan tür isimleri



Alaçam Dağları, 2007
Orhan SEVGİ

28

KARAÇAM ORMANLARININ KUŞLARI

1. Giriş

Karaçam ormanları Türkiye'nin hemen her bölgesinde Karadeniz, Ege ve Akdeniz dağlarında ve İç Anadolu'nun bozkır alanları dışında tüm dağlık kesimlerinde geniş yayılışlar yapar. Coğrafi olarak en geniş yayılışa sahip çam türü olan karaçam ülkemizde 400-2100 m yükseltilerde yer almaktadır (Anonim, 2013). Karaçam ağaçları daha çok kıyı bölgelerinin iç kesimlerinde saf ya da karışık ormanlar kurar, hatta bozkır bölgelerine kadar dahi sokulmaktadır. Türkiye'de 2.727.524 hektar normal kapalı ve 1.517.397 hektar boşluklu kapalı olmak üzere toplam 4.244.921 hektar alanda karaçam ormanı yayılmıştır (Anonim, 2019). Türkiye'nin orman varlığının %19'unu (4.244.921 ha) karaçam ormanları oluşturmaktadır (Anonim, 2015).

Karaçam, bozkır bölgelere en çok sokulan türlerden olması, toprak istekleri bakımından kanaatkâr olması, iklim koşullarının sıcak, kurak ve sert geçtiği bölgelerde dayanıklı olduğu gibi kış soğuklarına da dayanıklı olması (Saatçioğlu, 1969) sebebiyle, ağaçlandırma çalışmalarında ve bozuk vasıflı olarak nitelikli sahaların rehabilitasyonu çalışmalarında sıklıkla kullanılan türlerden biri olmuştur (Güner ve Özkan, 2019). Karaçam ağaç türüyle yapılan ağaçlandırma sahalarının yaklaşık 550 bin hektar alanı kapsadığı görülmektedir (Güner ve ark., 2011).

Kuşlar ile karaçam ormanları arasındaki ilişkiye gelmeden önce genel anlamda ormanların kuşlar açısından nasıl bir habitat olduğunu anlamak gerekmektedir. Ormanlar kuşlar için önemli bir yaşam alanıdır. Türkiye'nin %29'u (22.343.935 hektar) ormanlık alandan oluşmaktadır (Anonim, 2019). Türkiye'de 480'den fazla kuş türü yaşamaktadır (Bacak ve ark., 2019). Bu kuş türlerinin yaklaşık üçte biri orman yaban hayatı alanlarında görülmektedir. Ormanlar kuşlara barınma, beslenme, saklanma ve üreme gibi önemli yaşam alanı oluşturur. Ormanda yaşayan birçok kuş türü zararlı böceklerin çeşitli biyolojik

¹⁾ Prof. Dr. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: zeynel@iuc.edu.tr

²⁾ Öğr. Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Ormanlık Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Elmek: ergun.bacak@iuc.edu.tr

³⁾ Doktora öğrencisi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

dönemlerini besin olarak kullanır. Bu yönleriyle doğal dengenin sağlanmasında önemli rol oynarlar (Arslangündoğdu, 2005).

Ormanlar farklı ağırlıkta ve büyüklükte kuş türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Ağaçların alt dalları, gövdeleri ve tepeleri birçok kuşun yuva alanı, niş alanı ve yaşam ortamıdır (Dreyer ve Dreyer, 1999). Bazı kuşlar ağaç kabuklarındaki kabuk böceklerini yerken, bazıları tohumlardan yararlanmaktadır (Arslangündoğdu, 2010). Yaprak döken ormanlar iğne yapraklı ormanlardan daha fazla kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır. Bu ormanlar aynı zamanda tür çeşitliliğiyle birlikte türlerin popülasyon sayılarına da olumlu katkılar sağlar. Kuşlar açısından zengin çeşitliliğe sahip ormanlar genellikle meşe ve kayın ormanları olup (Dreyer ve Dreyer, 1999), iğne yapraklılardaki tür sayısı neredeyse bu ormanların yarısı kadardır (Hall ve ark., 1997; Xirouchakis, 2005; Diaz, 2006; Bergner ve ark., 2015). Bazı kuş türleri yaprak döken ağaçları tercih ederken, bazıları iğne yapraklı ağaçları tercih edebilmektedir. Özellikle karışık ağaç türlerine sahip ormanlar daha büyük ve daha çeşitli kuş popülasyonlarını desteklemektedir (Diaz, 2006).

Ormandaki ağaç türleri, bu ağaçların yaşı, çeşitliliği ve sıklığı, tabakalılığı hem kuş türü sayısını hem de türün popülasyonunu etkilemektedir (Ertan ve Arslangündoğdu, 2013; Diaz, 2006; Bergner ve ark., 2015). Ağaç türü karışımının oranı tür çeşitliliğini belirleyici unsurlardan bir tanesidir. Bunun dışında meşcerenin yaşı, kapalılık gibi etkenlerde kuş türü çeşitliliğine etki etmektedir. Jansson ve Andrén (2003)'a göre yaşlı ağaçların miktarı ve tür karışımına sahip orman miktarının artmasının tür zenginliğine pozitif yönde etkisi olduğunu saptamıştır. Ayrıca ormanda tabakalılık artıkça üreyen kuş türü sayısının arttığı tespit edilmiştir (Arslangundogdu ve Yilmaz, 2011).

Bu çalışmada amaç karaçam ormanlarında yaşayan kuşlara özel bir yer vermektir. Bu kuş türleri geniş bir beslenme ve yaşam ortamı yelpazesine sahip olduklarından karaçam ağaç türü/ karaçam ormanı türlerin bulunması açısından belirleyici bir unsurdan öte önemli bir yaşam alanı olarak bu çalışmada ele alınmıştır. Karaçam ormanların kuşlarının belirlenmesinde araştırmacıların geçmişte yapmış oldukları kuş gözlemlerinden ve eBird kayıtlarından karaçam ormanlarında yapılan kuş gözlemlerinden titizlikle elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Öncelikle elimizde karaçam ormanlarında yapılmış düzenli bir şekilde yürütülen kuş araştırması bulunmamaktadır. Ancak farklı çalışmalarda karaçam meşceresine denk gelen örnek alanlarımızdaki kuş kayıtları (Arslangündoğdu, 2005; Bacak ve ark., 2015), Biyolojik çeşitlilik çalışmalarında karaçam orman-

larına denk gelen kuş gözlemleri (Anonim, 2014; 2017), farklı amaçlarla arazi- de karaçam ormanlarında metin yazarlarının yaptığı kuş gözlemleri bu çalış- manın verilerini oluşturmaktadır.

Bunun dışında Türkiyede karaçam ağaç türünün yayılışı ile eBird haritala- rından bu ormanlar içine denk gelen gözlemler (gözlem koordinatları kontrol edilerek) ayrıntılı olarak incelenmiş ve denetlenmiştir.

Statü kısmı o kuş türünün ülkemizde hangi amaçla bulunduğunu göster- mektedir. Bazı kuş türlerinin birkaç statüsü bulunabilir. Bir türün bireyleri aynı anda yerli kuş, göçmen ve geçit kuşu olabilmektedir.

* Yerli Kuş (YK): Bütün yıl boyunca görülebilen ve üreyen kuş türüdür.

* Kış Göçmeni (KG): Kışı geçirmek için gelen kuş türüdür.

* Yaz Göçmeni (YG): Üremek ve yazı geçirmek için gelen kuş türüdür.

* Geçit Kuşu (GK): Göç yaparken görülen kuş türüdür.

Listedeki kuşların küresel ölçekte International Union for Conservation of Nature (IUCN) - Uluslararası Doğa Koruma Birliğine göre kırmızı listedeki durumları verilmiştir.

Karaçam ormanlarında gözlemlenen kuş türlerinin sistematik sıralaması oluşturulurken International Community of Ornithologists (IOC) – Ulusla- rarası Ornitologlar Birliğinin hazırladığı dünya kuş listesinden (Gill ve ark., 2020) yararlanılmıştır.

3. Bulgular

Farklı çalışmalarda gerçekleştirdiğimiz karaçam ormanlarındaki kuş gözlemleri ve dikkatli şekilde süzgeçten geçirilmiş eBirds kayıtlarından oluşturduğumuz inceleme sonrasında Karaçam ormanlarında toplam 9 takım ve 24 aileye ait 66 kuş türü tespit edilmiştir (Çizelge 1). Tespit edi- len türlerden Kara akbaba (*Aegypius monachus*) türü NT (Tehdide yakın), Üveyik (*Streptopelia turtur*) ve Şah kartal (*Aquila heliaca*) VU (Hassas) statüde olup, diğer tüm kuş türleri LC (=Düşük Risk) statüsündedir. Kuşla- rın ülkemizde bulunuş durumlarına göre 22 kuş türü yerli kuş statüsünde, 12 kuş türü yerli kuş, geçit kuşu, kış göçmeni statüsünde, 12 kuş türü yaz göçmeni, geçit kuşu statüsünde, 8 kuş türü yerli kuş, yaz göçmeni, geçit kuşu, kış göçmeni statüsünde, 6 kuş türü yerli kuş, geçit kuşu statüsünde, 2 kuş türü yaz göçmeni, geçit kuşu, kış göçmeni statüsünde, 2 kuş türü yerli kuş, kış göçmeni statüsünde, 1 kuş türü yerli kuş, yaz göçmeni, geçit kuşu statüsünde ve 1 kuş türü geçit kuşu statüsündedir.

Çizelge 1. Karaçam ormanlarında yaşayan kuş türleri, ülkemizdeki statüleri ve koruma durumları.

	Türkçe İsmi	Bilimsel İsmi	Statüsü	IUCN
	ÇOBANALDATANLAR	CAPRIMULGIFORMES		
	Çobanaldatanlar	Caprimulgidae		
1	Çobanaldatan	<i>Caprimulgus europaeus</i> Linnaeus, 1758	YG, GK	LC
	GUGUKKUŞLARI	CUCULIFORMES		
	Gugukkuşları	Cuculidae		
2	Guguk	<i>Cuculus canorus</i> Linnaeus, 1758	YG, GK	LC
	GÜVERCİNLER	COLUMBIFORMES		
	Güvercinler	Columbidae		
3	Tahtalı	<i>Columba palumbus</i> Linnaeus, 1758	YK, GK, KG	LC
4	Üveyik	<i>Streptopelia turtur</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK	VU
	GÜNDÜZ YIRTICILARI	ACCIPITRIFORMES		
	Atmacalar	Accipitridae		
5	Arı şahini	<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK	LC
6	Kara akbaba	<i>Aegypius monachus</i> (Linnaeus, 1766)	YK	NT
7	Şah kartal	<i>Aquila heliaca</i> Savigny, 1809	YK, GK, KG	VU
8	Yaz atmacası	<i>Accipiter brevipes</i> (Severtsov, 1850)	YG, GK	LC
9	Atmaca	<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	YK, YG, GK, KG	LC
10	Çakırkuşu	<i>Accipiter gentilis</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC
11	Şahin	<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)	YK, YG, GK, KG	LC
	BAYKUŞLAR	STRIGIFORMES		
	Baykuşlar	Strigidae		
12	Puhu	<i>Bubo bubo</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
13	Alaca baykuş	<i>Strix aluco</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
14	Kulaklı orman baykuşu	<i>Asio otus</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
	BOYNUZGAGALAR	BUCEROTIFORMES		
	İbibikler	Upupidae		
15	İbibik	<i>Upupa epops</i> Linnaeus, 1758	YK, GK	LC
	AĞAÇKAKANLAR	PICIFORMES		
	Ağaçkakanlar	Picidae		
16	Boyunçeviren	<i>Jynx torquilla</i> Linnaeus, 1758	YK, GK	LC
17	Ortanca ağaçkakan	<i>Dendrocoptes medius</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC

Çizelge 1'in devamı

	Türkçe İsmi	Bilimsel İsmi	Statüsü	IUCN
18	Küçük ağaçkakan	<i>Dryobates minor</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
19	Alaca ağaçkakan	<i>Dendrocopos syriacus</i> (Hemprich & Ehrenberg, 1833)	YK	LC
20	Orman alaca ağaçkakanı	<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
21	Yeşil ağaçkakan	<i>Picus viridis</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
	DOĞANLAR	FALCONIFORMES		
	Doğanlar	Falconidae		
22	Delice doğan	<i>Falco subbuteo</i> Linnaeus, 1758	YG, GK	LC
	ÖTÜCÜ KUŞLAR	PASSERIFORMES		
	Örümcekkuşları	Laniidae		
23	Kızıl sırtlı örümcekkuşu	<i>Lanius collurio</i> Linnaeus, 1758	YK, GK	LC
24	Maskeli örümcekkuşu	<i>Lanius nubicus</i> Lichtenstein, MHK, 1823	YG, GK	LC
	Kargalar	Corvidae		
25	Alakarga	<i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
26	Saksağan	<i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
27	Leş kargası	<i>Corvus cornix</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
28	Kuzgun	<i>Corvus corax</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
	Baştankaralar	Paridae		
29	Çam baştankarası	<i>Periparus ater</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
30	Ak yanaklı baştankara	<i>Poecile lugubris</i> (Temminck, 1820)	YK	LC
31	Mavi baştankara	<i>Cyanistes caeruleus</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC
32	Büyük baştankara	<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
	Toygarlar	Alaudidae		
33	Orman toygarı	<i>Lullula arborea</i> (Linnaeus, 1758)	YK, YG, GK	LC
	Uzunkuyruklu baştankaralar	Aegithalidae		
34	Uzun kuyruklu baştankara	<i>Aegithalos caudatus</i> (Linnaeus, 1758)	YK	LC
	Çıvgınlar	Phylloscopidae		
35	Orman çıvgını	<i>Phylloscopus sibilatrix</i> (Bechstein, 1793)	YG, GK	LC
36	Boz çıvgın	<i>Phylloscopus orientalis</i> (Brehm, CL, 1855)	YG, GK	LC
37	Söğütbülbulü	<i>Phylloscopus trochilus</i> (Linnaeus, 1758)	GK	LC
38	Çıvgın	<i>Phylloscopus collybita</i> (Vieillot, 1817)	YK, YG, GK, KG	LC

Çizelge 1'in devamı

	Türkçe İsmi	Bilimsel İsmi	Statüsü	IUCN
39	Yeşil çıvgın	<i>Phylloscopus nitidus</i> Blyth, 1843	YG, GK	LC
	Sazkamışçınları	Acrocephalidae		
40	Ak mukallit	<i>Iduna pallida</i> (Hemprich & Ehrenberg, 1833)	YG, GK	LC
	Ötleğenler	Sylviidae		
41	Kara başlı ötleğen	<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus, 1758)	YG, GK, KG	LC
42	Boz ötleğen	<i>Sylvia borin</i> (Boddaert, 1783)	YG, GK	LC
43	Küçük ak gerdanlı ötleğen	<i>Currucua curruca</i> (Linnaeus, 1758)	YG, GK, KG	LC
	Çalıkuşları	Regulidae		
44	Sürmeli çalıkuşu	<i>Regulus ignicapilla</i> (Temminck, 1820)	YK, GK, KG	LC
45	Çalıkuşu	<i>Regulus regulus</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC
	Çitkuşları	Troglodytidae		
46	Çitkuşu	<i>Troglodytes troglodytes</i> (Linnaeus, 1758)	YK, KG	LC
	Sıvacılar	Sittidae		
47	Anadolu sıvacısı	<i>Sitta krueperi</i> Pelzeln, 1863	YK	LC
48	Sıvacı	<i>Sitta europaea</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
	Tırnaşıkkuşları	Certhiidae		
49	Orman tırnaşıkkuşu	<i>Certhia familiaris</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
50	Bahçe tırnaşıkkuşu	<i>Certhia brachydactyla</i> Brehm, CL, 1820	YK	LC
	Ardıçlar	Turdidae		
51	Karatavuk	<i>Turdus merula</i> Linnaeus, 1758	YK, YG, GK, KG	LC
52	Öter ardıç	<i>Turdus philomelos</i> Brehm, CL, 1831	YK, YG, GK, KG	LC
53	Ökse ardıcı	<i>Turdus viscivorus</i> Linnaeus, 1758	YK, YG, GK, KG	LC
	Sinekkapanlar	Muscicapidae		
54	Benekli sinekkapan	<i>Muscicapa striata</i> (Pallas, 1764)	YG, GK	LC
55	Kızılgerdan	<i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)	YK, YG, GK, KG	LC
56	Küçük sinekkapan	<i>Ficedula parva</i> (Bechstein, 1792)	YG, GK	LC
57	Kızılkuşruk	<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK	LC
	İncirkuşları ve Kuyruksallayanlar	Motacillidae		
58	Ağaç incirkuşu	<i>Anthus trivialis</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC

Çizelge 1'in devamı

	Türkçe İsmi	Bilimsel İsmi	Statüsü	IUCN
	İspinozlar	Fringillidae		
59	İspinoz	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus, 1758	YK, GK, KG	LC
60	Kocabaş	<i>Coccothraustes coccothraustes</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC
61	Şakrak	<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	YK, KG	LC
62	Florya	<i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC
63	Çaprazgaga	<i>Loxia curvirostra</i> Linnaeus, 1758	YK	LC
64	Saka	<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC
65	Küçük iskete	<i>Serinus serinus</i> (Linnaeus, 1766)	YK, YG, GK, KG	LC
66	Kara başlı iskete	<i>Spinus spinus</i> (Linnaeus, 1758)	YK, GK, KG	LC

4. Tartışma ve Sonuç

Geçmişte gerçekleştirilen araziler ve yapılan derleme sonucunda karaçam (*Pinus nigra*) ormanlarında yaşayan veya yıllık döngüsünün bir dönemini bu alanda geçiren 9 takım ve 24 aileye ait 66 kuş türü tespit edilmiştir. Türkiye'de şu ana kadar 480'den fazla kuş türü kayıt altına alınmıştır (Bacak ve ark., 2019). Türkiye'deki kuş türlerinin yaklaşık %14'ü karaçam ormanlarını kullanmaktadır. Bu türlerin büyük bir kısmının yerli kuş statüsünde olduğu dikkat çekmiştir. Söğüt-bülbülü (*Phylloscopus trochilus*) gibi bazı kuş türlerinin ise karaçam ormanlarını yalnızca göç ederken kullandığı gözlenmiştir. Tespit edilen 66 kuş türünden 63'ünün IUCN Kırmızı Listesindeki statüsü LC (Least Concern – Düşük Risk), iki türün (Üveyik- *Streptopelia turtur* ve Şah kartal- *Aquila heliaca*) VU (Vulnerable – Hassas) ve yalnızca 1 kuş türünün (Kara akbaba-*Aegypius monachus*) NT (Near Threatened – Tehdide Yakın) olduğu tespit edilmiştir.

Akdeniz ormanları için yapılan bir araştırmada, ağaç türlerinin çeşitliliği arttıkça kuş türü zenginliğinin arttığı, iğne yapraklı ormanlarda kapalılık ve ağaç yoğunluğunun tür zenginliğini az da olsa negatif etkilediği saptanmıştır (Gil-Tena ve ark., 2007). İspanya'da yapılan bir araştırmada ise karmaşık vejetasyon yapısı ile bitkisel çeşitlilik birlikte niş çeşitliliğini artırmakta olup, aynı zamanda bu yapılar kuş çeşitliliğini de artırmaktadır. Araştırmada çam-meşe karışık ormanlarındaki kuş türü çeşitliliği belirgin olarak saf karaçam ormanlarından fazla olduğu ortaya çıkmıştır (Diaz, 2006). Birçok çalışmada yapraklı orman, iğne yapraklı orman ve karışık ormanlardaki kuş türü çeşitliliği ve popülasyon yoğunlukları ele alınmıştır. Tüm bu bilgiler bize ormanları yönetirken daha dikkatli olmamız gerektiğini bildirmektedir. İğne yapraklı orman

işletmeciliğinde yaban hayatı da dikkate alınarak ormanların yönetilmesi bir anlamda biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlayacaktır.

Karaçam Türkiye'deki en yaygın ağaç türlerinden birisidir. Türkiye'de 2.527.685 hektar saf karaçam ormanı bulunmaktadır (Anonim, 2015). Karaçam Türkiye'de doğal yayılışı içerisinde olmayan alanlarda da görülmektedir. Bu alanlarda ticari üretim veya ağaçlandırma amacıyla kullanılmaktadır. Bu karaçam meşcereleri bölgesel olarak tür sayısını arttırabilmektedir. Karaçamın doğal yayılış alanı olmamakla birlikte İstanbul'un birçok noktasında karaçam meşcerelerine rastlanmaktadır. Bu meşcerelerde Çam baştankarası (*Periparus ater*) veya Çaprazgaga (*Loxia curvirostra*) gibi iğne yapraklı alanlarda yaşayan türler gözlenmiştir. Bu durum bölgesel olarak tür sayısını arttırabilse de yerel olarak doğal vejetasyondan uzaklaşılmasının biyolojik çeşitliliği azalttığı düşünülmektedir.

Türkiye'de ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan ağaç türlerinin başında karaçam gelmektedir. Türkiye'de bugüne kadar yaklaşık 550 bin hektar alan karaçam bireyleriyle ağaçlandırılmıştır (Güner ve ark., 2011). Karaçam ağaçlandırma alanlarının yaygınlığı ve büyüklüğü bakımından bu alanlardaki biyolojik çeşitlilik ölçülerek değerlendirilmeye alınmalıdır. Yurtdışında yapılan bir araştırmada meşe ağaçlandırmalarındaki bitki çeşitliliğinin çam ağaçlandırma sahalarındakinden neredeyse iki kat fazla olduğu ancak kuş sayısı bakımından çam ağaçlandırma sahalarında gözlemlenen türlerin az bir farkla önde olduğu saptanmıştır (Proença ve ark., 2010). Farklı bir çalışmada ise aynı türdeki doğal ormanlarda kuş sayısının ağaçlandırma alanlarındakilerine göre önemli bir ölçüde fazla olduğu görülmüştür (Luck ve Korodaj, 2008). Karaçam ağaçlandırmalarına olumsuz bakılmaması en azından ağaçlandırma sahalarında biyolojik çeşitlilik araştırmaları yapılarak bu konunun netlik kazanması için çaba gösterilmelidir.

Çam ormanları denildiğinde bazı kuş türleri ön plana çıkabilmektedir. Bu türlere örnek Anadolu sıvacısı, Çalikuşu ve Kara akbaba kuşları verilebilir. Anadolu sıvacısının (*Sitta krueperi*) yayıldığı alanların bir anlamda Türkiye'de çam ormanlarının kapladığı alanlarla örtüştüğü görülmektedir (Albayrak ve Erdoğan, 2018). Çalikuşu (*Regulus regulus*) da benzer şekilde iğne yapraklı ormanlarda veya diğer karışık ormanlık habitatlarda bulunabilen bir kuş türüdür (Cramp, 1992). Kuşlar besin bulabildiği tüm habitatlarda yaşamlarına devam edebilirler. Dolayısıyla karaçam ormanlarına özgü kuşlar denildiğinde aslında omurgasızlar gibi sadece karaçama bağlı bir canlı sınıftan bahsedilmemektedir. Buralarda yaşayan ve yaşayabilen kuşlar olarak düşünülmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Elbette bazı kuşlar için karaçam ağaçları daha önemli bir yere sahiptir. Bu türler içerisinde Kara akbaba (*Aegypius monachus*) gibi üremek için karaçama tercih eden türler bulunmaktadır. Karaçamın büyüdükçe tepe formu piramidalden şamdan şekline bürünür (Akkemik, 2018). Kara akbaba yuva yapmak için bu şekildeki karaçamları sıklıkla kullanmaktadır. Kara akbabanın üreme dağılışı karaçamın doğal dağılış alanıyla uyumludur (Boyla ve ark., 2019).

Avrupa Birliği natura 2000 habitatların yönetimi kapsamında aynı zamanda

Avrupa'nın en büyük yırtıcı kuşu olan Kara Akbaba'nın özellikle Türkiye'de büyük bir bölümünde yaşlı düz-tepeli karaçam ağaçlarında yuva yaptığı ve koruma değeri olan bu türün gereksinimlerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Raporla belirtilen kara akbabanın yaşadığı karaçam ormanlarının korunması öncelikli olduğunun altı çizilmiştir (Zaghi, 2008). Türkiye'deki Kara akbaba popülasyonları yaşlı karaçam ağaçlarına yuva yapmaktadır (Yamaç, 2004; Kirazlı ve Yamaç, 2013; Arslan, 2020). Ülkemizde Kara akbaba kuşu bir anlamda gösterge tür olarak yaşlı karaçam ormanlarında yuvalanması kabul edilebilir. Ayrıca Kara akbaba popülasyonunu bünyesinde barındıran ve zengin biyolojik çeşitliliğe sahip olan karaçam ormanlarının gelecek nesillere aktarılması için mutlaka orman amenajman planlarına ekolojik fonksiyon açısından ele alınması ve bu kapsamda değerlendirilmesi gerekmektedir. Sağlıklı, yaşlı ağaçlar (özellikle bozuk karaçam kuşığında) kesim planlarına dâhil edilmemeli ve alanda bırakılmalıdır.

Karaçam ağaç türünün geniş bir yayılışı olduğu görülmektedir. Orta Karadeniz'in iç kesimlerinden batıya doğru Marmara Bölgesi'ne uzanmakta, Trakya'da nispeten çok az bir yerde, Marmara Bölgesi'nin güneyinde önemli bir bölgeye yayıldığı, İç Anadolu'nun batısı karaçam ormanlarının geniş yayılış alanı olduğu alanlardır. Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde ve diğer bölgelerde de daha çok yer yer bulunmaktadır. Karaçam ormanlarının kuşları demek aslında Türkiye'nin neredeyse yarısı bölgesinde kuş gözlemleri yapmakla eş değerdir. Dolayısıyla böyle bir gözlem mümkün olamayacağından derleme, yazılı kaynaklara ve bu metnin yazarlarının gerçekleştirdiği düzensiz gözlemlerden elde edilen karaçam ormanında yaşayan kuş türü listesi aslında ekolojik anlamda eksik kalmış bir bilginin tamamlanması açısından bir başlangıcı oluşturmaktadır. Karaçam ağaç türünün dünya yayılış alanlarının önemli bir bölümü Türkiye sınırları içerisindedir. Karaçam ormanları kuşlara çok geniş ve önemli bir yaşam alanı sağladığından dolayı karaçam ormanlarında yaşayan kuşlar Türkiye'de ayrıntılı olarak araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- Anonim, 2013. *Orman Atlası*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, 108 sayfa, Ankara.
- Anonim, 2014. Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi, Düzce İli'nin Karasal Biyolojik Çeşitlilik ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme İş Sonuç Raporu (Kuş Uzmanı: Doç.Dr.Zeynel Arslangündoğdu). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Düzce Şube Müdürlüğü, Dokay Çed-Çevre Mühendisliği Ltd. Şti., 375 sayfa, Ankara.
- Anonim, 2015. *Türkiye Orman Varlığı 2015*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, orman Genel Müdürlüğü, 36 sayfa, Ankara.
- Anonim, 2017. Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi, İstanbul İli'nin Karasal ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzle-

me İşi Sonuç Raporu (Kuş Uzmanı: Öğr.Grv. Ergün Bacak). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, İstanbul Şube Müdürlüğü, Tetaş Bilişim Dan. Sis. Ltd. Şti., 704 sayfa, İstanbul.

Anonim, 2019. *Türkiye Ormancılığı: 2019*. Türkiye Ormancılar Derneği, ISBN: 978-975-93478-4-0, Ankara.

Akkemik, Ü., 2018. *Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıkları*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Albayrak, T., Erdoğan, A., 2018. Distribution, Density, and Important Hotspots of Krüper's Nuthatch *Sitta krueperi* in Turkey and Lesvos Island, Greece. *Turkish Journal of Zoology*, 42: 578-584.

Arslan, Ş., 2020. Köroğlu Dağları Ormanlarında Kara Akbaba Populasyonunun Tespiti ve İzlenmesi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Doç. Dr. Cihangir Kirazlı, 63 sayfa, Bolu.

Arslangündoğdu, Z., 2005. İstanbul-Belgrad Ormanı'nın Ornitofaunası Üzerinde Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Erdal Selmi, 234 sayfa, İstanbul.

Arslangundogdu, Z., 2010. Presence of Insectivorous Birds in the Forest Area of Istanbul University, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31: 197-206.

Arslangundogdu, Z., Yilmaz E., 2011. The Effects of Tree Stand Layers on Resident Bird Species in Belgrade Forest, Istanbul, Turkey. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 182: 25-29.

Bacak, E., Güngör, U., Arslangündoğdu, Z., 2019. *Gala Gölü Kuşları*. Tarım ve Orman Bakanlığı, I. Bölge Müdürlüğü, Edirne Şube Müdürlüğü, ISBN: 978-605-7599-27-8, Edirne.

Bacak, E., Özkoç, Ö. Ü., Bilgin, S., Beşkardeş, V., 2015. *İstanbul Kuşları*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, I. Bölge Müdürlüğü, ISBN: 978-605-4610-80-8, 302 sayfa, İstanbul.

Bergner, A., Avci, M. Eryigit, H., Jansson, N., Niklasson, M., Westerberg, L., Milberg, P., 2015. Influences of Forest Type and Habitat Structure on Bird Assemblages of Oak (*Quercus* spp.) and Pine (*Pinus* spp.) Stands in Southwestern Turkey. *Forest Ecology and Management*, 336: 137-147.

Boyla, K. A., Sinav, L., Dizdaroğlu, D. E., 2019. *Türkiye Üreyen Kuş Atlası*. WWF- Türkiye, Doğa Hayatı Koruma Vakfı, İstanbul.

Cramp, S., 1992. *The Birds of the Western Palaearctic. Vol VI*. Oxford University Press, Oxford.

Diaz, L., 2006. Influences of Forest Type and Forest Structure on Bird Communities in Oak and Pine Woodlands in Spain. *Forest Ecology and Management*, 223: 54-65.

Dreyer, E., Dreyer, W., 1999. *Der Kosmos-Waldführer (Ökologie, Gefährdung, Schutz)*. Frankh-Kosmos Verlag, Stuttgart.

Ertan, A., Arslangündoğdu, Z., 2013. Belgrad Ormanı'nın Kuşları. Editör: Al-

- per Çolak, *Belgrad Ormanı (Bir Doğa ve Kültür Mirası)*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, I. Bölge Müdürlüğü-İstanbul, sayfa: 696-775, İstanbul.
- Gill, F., Donsker, D., Rasmussen, P., 2020. *IOC World Bird List (v10.2)*. doi: 10.14344/IOC.ML.10.2.
- Gil-Tena, A., Saura, S., Brotons, L., 2007. Effects of Forest Composition and Structure on Bird Species Richness in a Mediterranean Context: Implications for Forest Ecosystem Management. *Forest Ecology and Management*, 242: 470-476.
- Güner, D., Özkan, K., 2019. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırma Alanlarında Besin Stoklarının Belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6: 192-207.
- Güner, Ş. T., Özkan, K., Çömez, A., Çelik, N., 2011. İç Anadolu Bölgesi'nde Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Verimli Olabileceği Potansiyel Alanların Odunsu Gösterge Türleri. *Ekoloji*, 20: 51-58.
- Hall, L. S., Morrison, M. L., Block, W. M., 1997. *Songbird Status and Roles*. Pages, 69-88, In: Block, William M.; Finch, Deborah M. (Tech. eds.), *Songbird ecology in southwestern ponderosa pine forests: a literature review.* USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station,
- Jansson, G., Andrén, H., 2003. Habitat Composition and Bird Diversity in Managed Boreal Forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18: 225-236.
- Kirazlı, C., Yamaç, E., 2013. Population Size and Breeding Success of the Cinereous Vulture, *Aegypius monachus*, in a Newly Found Breeding Area in western Anatolia (Aves: Falconiformes). *Zoology in the Middle East*, 59(4): 289-296.
- Luck, G., Korodaj, T., 2008. Stand and Landscape-Level Factors Related to Bird Assemblages in Exotic Pine Plantations: Implications for Forest Management. *Forest Ecology and Management*, 255 (7): 2688-2697.
- Proença, V. M., Pereira H. M., Guilherme, J., Vicente, L., 2010. Plant and Bird Diversity in Natural Forests and in Native and Exotic Plantations in NW Portugal. *Acta Oecologica*, 36: 219-226.
- Saatçioğlu, F., 1969. *Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 1429/138, 323 sayfa, İstanbul.
- Xirouchakis, S., 2005. The Avifauna of the Western Rodopi Forests (N. Greece). *Belg. J. Zool.*, 135 (2): 261-269.
- Yamaç, E., 2004. Türkmenbaba Dağındaki Kara Akbaba *Aegypius monachus* L.'un Popülasyon Biyolojisi Üzerinde Araştırmalar. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışmanları; Yavuz Kılıç ve Can Bilgin, 107 sayfa, Eskişehir.
- Zaghi, D., 2008. *Management of Natura 2000 Habitats. *9530 ((Sub)-Mediterranean pine forests with endemic black pines)*. European Commission Technical Report, ISBN 978-92-79-08333-4.



Kartal Gölü, 2010
Orhan SEVGİ

29

Funda OSKAY¹
Coşkun KÖSE²
Asko LEHTIJÄRVİ³
H. Tuğba DOĞMUŞ-LEHTIJÄRVİ⁴

KARAÇAMIN ÖNEMLİ HASTALIKLARI VE ODUNUNDA GÖRÜLEN FUNGUSLAR

1. Giriş

Pinus nigra Arnold, Avrupa'nın belirli bölgeleri ve Anadolu'da, özellikle dağlık alanlarda geniş ancak parçalı bir doğal yayılış alanına sahip, Avrupa ve Kuzey Amerika dâhil olmak üzere dünyanın birçok bölgesinde ağaçlandırmalarda yaygın olarak kullanılan bir türdür. Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* J. F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] türün kabul edilen beş alt türü arasında en geniş yayılış alanına sahip olanıdır ve asıl yayılışını ülkemizde yapmaktadır. Alt türün Türkiye'deki doğal yayılış alanı 4.354.821 ha olup, kızılçamdan sonra en geniş yayılış alanına sahip iğne yapraklı orman ağacı türüdür (OGM, 2019). Ağaçlandırma çalışmalarında da en çok kullanılan orman ağacı türünden biri olması yönü ile de ülke ormancılığında önemli bir yere sahiptir. Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 2019 kayıtlarına göre karaçam, ülkemiz endüstriyel odun üretiminde 4.829.249 m³ ile önemli bir yere sahiptir. Kapladığı geniş yayılış alanı ve endüstriyel odun üretimimizin yaklaşık %22'sini oluşturması karaçam ormanlarında görülen hastalık ve odun tahripçisi etmenlerin dikkate alınmasını zorunlu hale getirmektedir.

Dünya çapında çam türlerini etkileyen çok sayıda hastalık etmeni bulunmakla birlikte, bunlar arasında en yaygın ve şiddetli zarara sebep olanlar arasında; Çam çıralı kanser hastalığı (ÇÇK), *Dothistroma* ibre yanıklığı (DİY), kahverengi leke ibre yanıklığı ya da *Lecanosticta* ibre yanıklığı, *Lophodermium* ibre dökümü (LİD), *Diplodia* sürgün yanıklığı (DSY), pas hastalıkları, *Heterobasidion* ve *Armillaria* kök çürüklükleri ve kırmızı öz çürüklüğü hastalıklarına neden olan funguslar (mantarlar) sayılabilir (Gonthier ve Nicolotti, 2013; Drenkhan ve ark., 2016; 2020). Kabuk böcekleri ile taşınan ve odunda mavi renklenmenin de ötesinde, ağaçlarda ölüme yol açabilen *Ophiostomatoid* fun-

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı, Çankırı, Elmek: fundaoskay@karatekin.edu.tr

² Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Elmek: ckose@istanbul.edu.tr

³ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksek Okulu, Isparta, Elmek: askohtijarvi@isparta.edu.tr

⁴ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, Isparta, Elmek: tugbadogmus@isparta.edu.tr

guslar ile Phytophthora türlerinin sebep olduğu hastalıkların çamlar üzerindeki yaygınlığının ve zararlarının giderek artmakta olduğu da bilinmektedir (Hansen, 2015). Çam hastalıkları arasında, fungus ya da fungus benzeri organizmaların sebep olduğu bu hastalıklara ek olarak, nematodların ve fitoplazmalar gibi bazı bakteriyel patojenlerin sebep olduğu hastalıklar da sayılabilir (Mota ve Vieira, 2008). Diğer taraftan ökseotlarının da çamlarda ciddi artım kayıpları ve kuraklığın tetikleyici etkisi ile birlikte toplu ağaç ölümlerine sebep olabildikleri bilinmektedir (Bilgili ve ark., 2018; Mutlu ve ark., 2016a; b). Bahsi geçen bu hastalıkların zararları, örneğin mavi renklenme ya da kök ve gövde çürüklükleri, nihai ürün olan odunda da ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Diğer taraftan, sağlıklı ağaçların kesim sonrasında odunlarına arız olabildiği çok sayıda çürüklük ve renklenme etmeninden de bahsetmek mümkündür.

Bu derleme kapsamında, bir yandan geçmişten günümüze ülkemizde karaçamalarda tespit edilen ve ormanlarda zarara sebep olan hastalık etmenleri ile odun çürüklükleri ve renklenmeler, bir yandan da küresel ölçekte karaçamları tehdit eden hastalıklar ele alınmıştır.

2. İbre Hastalıkları

Dothistroma ve Lecanosticta İbre Yanıklığı

Fungal bir hastalık olan, *Dothistroma* ibre yanıklığına (DİY), iki farklı tür; *Dothistroma septosporum* (Dorog.) Morelet ve *Dothistroma pini* Hulbary sebep olmaktadır. Bunlar arasında, *D. septosporum* dünya çapında geniş bir yayılışa sahipken, *D. pini*'nin yayılışı daha sınırlıdır. Birbirine morfolojik olarak çok benzerlik gösterdiği bilinen bu iki türün, son 15 yıl içerisinde geliştirilen moleküler belirteçler sayesinde, teşhisleri güvenilir ve hızlı olarak gerçekleştirilmekte, bu sayede yayılış alanları daha doğru bir şekilde tespit edilebilmektedir (Ioos ve ark., 2010). Çamların önemli ibre hastalıklarından biri olan DİY'nin yaygınlık ve zarar şiddetinin son yıllarda giderek artış gösterdiği bilinmektedir (Drenkhan ve ark., 2016). DİY, 76 ülkede ve 95'i çam türleri olmak üzere 106 kozalaklı bitkide tespit edilmiş olup, günümüzde dünya çapında en geniş yayılışa sahip orman ağacı hastalığıdır (Drenkhan ve ark., 2016). *D. septosporum* kısa mesafede sporları yardımıyla yayılışını gerçekleştirirken, hastalıkla bulaşık fidanların ülke içinde ve ülkeler arasında taşınması, hastalığın uzun mesafelerde yayılışında ana yoldur (Drenkhan ve ark., 2016). Hastalığın son 20-30 yıldır yayılışının ve zarar şiddetinin artışında iklim değişikliği ve bitki materyali hareketliliğindeki (ya da ticareti) artışlar etkilidir (Drenkhan ve ark., 2016). Yakın geçmişte, Avrupa Birliği ülkelerinde karantinaya tabi yabancı istilacı bir tür olarak (EPPO A2 listesinde yer alan karantina organizması) değerlendirilen *D. septosporum*, 2019 yılında yapılan değişiklikler sonrasında karantina organizmaları listesinden çıkarılmış, ancak düzenlenmeye tabi organizmalar arasındaki yerini korumuştur. Nitekim son dönemlerde yapılan çalışmalar fungusun Avrupa için yerli bir tür olduğuna işaret ederken (Adamson ve ark., 2018), 44 farklı ülkeyi temsil eden *D. septosporum*

rum popülasyon analizleri, fungusun Eski Dünya, büyük olasılıkla Doğu Avrupa ve Batı Asya kökenli olduğunu ortaya koymaktadır (Mullett ve ark., 2021).

DİY Dünya'da en dikkat çekici zararını *Radiata* çamı ağaçlandırmalarında oluştursa da, Avrupa geneline bakıldığında, hastalıktan en fazla etkilenen çam türü karaçamdır (Drenkhan ve ark., 2016). Hastalığın, Ukrayna ve Rusya'daki Anadolu karaçamı ağaçlandırmalarında çok büyük zararlara sebep olması, Anadolu karaçamının hastalığa karşı özellikle duyarlı olabileceğini düşündürmektedir (Drenkhan ve ark., 2016).

Türkiye'de yapılan araştırmalar, DİY'nin özellikle güney batı kızılçam ormanlarında yaygın olduğunu ve zaman zaman zarar şiddetini arttırabileceğini göstermektedir (Tunalı ve ark., 2018; Oskay ve ark., 2020a). Oskay ve ark., (2020a) tarafından yapılan araştırmalarda, kızılçam ormanlarında DİY'na sebep olan etmen, *D. septosporum* olarak teşhis edilmiş olup, fungus popülasyonlarının coğrafik mesafeye göre kümelendiği ve genetik çeşitliliğinin yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Avrupada fungusun varlığına dair kayıtlar 100 yıl kadar geriye gitmekle birlikte (Mullett ve ark., 2021), DİY hastalığının Türkiye'deki varlığı ilk olarak 2000'li yılların başında rapor edilmiştir (Soylu ve ark., 2001). Bununla birlikte, Oskay ve ark., (2020a), *D. septosporum*'un güney batı kızılçam ormanlarında çok uzun yıllardan bu yana bulunmakta olduğuna dair ipuçları sunarken, Mullett ve ark. (2021), Türkiye popülasyonlarının evrimsel geçmişini 400-1000 jenerasyon (>500 yıl) geriye tarihlendirmişlerdir. Aynı çalışmada, fungusun, Kuzey Amerika'ya 500 yıldan daha kısa bir zaman (yaklaşık 300 jenerasyon) önce Avrasyadan taşındığına dair bulgular elde edilmiştir.

Dothistroma septosporum'un tespit edildiği kızılçam ormanlarında hastalık şiddetinin %80'e ulaşabildiği ve ciddi durumlarda genç ağaçların ölümleri ile sonuçlandığı görülmektedir (Oskay ve ark., 2020a). Türkiye'de kızılçam ormanlarında fungusun yaygın olduğu bilinse de karaçam ormanlarındaki varlığı ya da zararına dair bilinen bir rapor hali hazırda yoktur. Bununla birlikte, Marmara Bölgesi Fidanlıklarında yapılan bir survey çalışmasında, Demirköy Orman Fidanlığında, karaçam fidanlarında *D. septosporum* tespit edilmiştir (Aday Kaya ve ark., 2019a).

DİY dan sonra, özellikle son yıllarda Avrupada hızlı yayılışı ile dikkat çeken diğer bir hastalık, *Lecanosticta acicola* (Thümen) H. Sydow. tarafından oluşturulan kahverengi leke ibre yanıklığı hastalığıdır. Hastalık, *Lecanosticta* ibre yanıklığı olarak da adlandırılmaktadır. *L. acicola* yabancı istilacı bir tür olup, Avrupa Birliğinde ve ülkemizde karantinaya tabi zararlı bir organizmadır. Türkiye'de orman alanlarında görüldüğüne dair bir rapor bulunmamakla birlikte, Atatürk Arboretumu'ndaki karaçamlarda (*Pinus nigra* subsp. *nigra*, subsp. *lario* Palib. ex Maire, subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, subsp. *pallasiana* var. *fastigiata* Businsky ve subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe forma *şeneriana* (Saatçioğlu) Kandemir & Mataracı), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Toros sedirinde (*Cedrus libani* A. Rich) tespit edilmiştir (Oskay ve ark., 2020b). Atatürk Arboretumu'ndaki gözlemlerimiz, Karaçamların, özellikle Anadolu karaçamının ve bu alttürün varyete ve formlarının hastalığa karşı duyarlı olduğu ve patojen enfeksiyonlarının Ehrami ve Ebe karaçamı gibi endemik kara-

çamlarda ölümle sonuçlanabileceği yönündedir (Oskay ve ark., 2020b).

Ülkemizde karaçamlarda yaygın olarak tespit edilen bir başka ibre fungusu da *Lophodermium pinastri*'dir. Öymen (1975), çamlarda ibre dökülme hastalığı etmeni olarak bilinen *Lophodermium pinastri* üzerinde araştırmalar yapmış, ülkemiz koşullarında fungusun en fazla *Pinus sylvestris* ve *P. nigra* üzerinde zarar yaptığını bildirmiştir. Çam türlerinde görülen bu fungusun ülkemizde Dursunbey (Balıkesir), Eskişehir, Samsun, Ankara, Zonguldak, Kastamonu, Trakya ve Ayancık (Sinop) mıntıklarında fidanlık ve ağaçlandırma sahalarında yaygın olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte *Lophodermium* cinsine dahil türler arasında patojenik olduğu bilinen *L. seditiosum*'ün ülkemizdeki kayıtları sınırlı sayıdadır (Tunalı ve ark., 2018).

3. Sürgün Hastalıkları

Diplodia Sürgün Yanıklığı

Diplodia sapinea (Fr.) Fuckel (syn: *Diplodia pinea* (Desm.) J. Kickx f., *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton), dünya çapında çam türlerinin en yaygın ve önemli hastalıklarından biridir (CABI Invasive Species Compendium: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/19160>). Fungusun 50'ye yakın çam türünde ve *Pseudotsuga* spp., *Abies* spp., *Picea* spp., *Larix* spp., *Cedrus* spp. gibi diğer iğne yapraklı türlerde zarara sebep olduğu bilinmektedir (Zlatkovic ve ark., 2017). Patojen, sürgün yanıklığı başta olmak üzere, tohum çürüklüğü, çökerten, kök boğazı çürüklüğü, gövde ve dal kanseri ve odunda mavi renklenmelere sebep olmaktadır (Capretti ve ark., 2013). Avrupada 19. yüzyılın başlarında çürükçül bir fungus olarak tanımlanan fungusun zararı ve yaygınlığı 1980'li yıllardan bu yana hızla artmaktadır (Adamson ve ark., 2015; Brodde ve ark., 2018). Uzun yıllar süren enfeksiyonlarda ağaçlar zayıf düşmekte ve herhangi bir stres faktörüne maruz kalan bu ağaçlar tek bir vejetasyon döneminde ani olarak ölebilmektedir (Capretti ve ark., 2013).

Patojen Türkiyede tüm doğal çam türleri (*Pinus halepensis* Mill, *Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arnold, *Pinus sylvestris* L., *Pinus pinea* L.) ile bazı yabancı çam türlerinde (*Pinus radiata* D. Don, *Pinus brutia* var. *elderica* (Medw.), *Pinus pinaster* Aiton) (Ünligil ve Ertaş 1993; Soylu ve ark., 2001; Doğmuş- Lehtijärvi ve ark., 2007a, 2014; Özkazanç ve Maden, 2013; Yeltekin, 2015) ve Douglas Gökarnarı [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] (Aday-Kaya ve ark., 2014) ile Toros Sediri'nde (*Cedrus libani* A. Rich) rapor edilmiştir (Oskay ve ark., 2018a). Patojen, dünyanın bir çok ülkesinde olduğu gibi Türkiyede de kentsel alanlarda, park ve bahçelerde de ciddi kurumalara sebep olabilmektedir (Ünligil ve Ertaş 1993; Oskay ve ark., 2018a;b;c; Ünal ve ark., 2018). Patojenin Türkiyede zararının raporlanandan çok daha fazla olduğu ve kuraklık ve diğer stres faktörlerinin etkisi ile yakın gelecekte zararını ve yayılışını daha da artacağı tahmin edilmektedir (Oskay ve ark., 2018c).

Aday-Kaya ve ark. (2019b) tarafından yapılan bir çalışmada, patojenin kara-

çam ağaçlandırmalarındaki zararının diğer türlerden çok daha fazla olduğu ortaya konulmuştur. Atatürk Arboretum'unda yapılan çalışmalarda, arboretumda bulunan birçok çam taksonunda bu patojenin varlığı tespit edilmiştir (Oskay ve ark., 2018b; 2020b). Bununla birlikte karaçamların, özellikle de Anadolu karaçamı ile Ehrami ve Ebe Karaçamı gibi endemik taksonların, bu patojene karşı duyarlı olduğu ve *L. acicola* ile birlikte Ebe ve Ehrami karaçamında ölüme yol açabildiği gözlemlenmiştir (Oskay ve ark., 2020b). Doğmuş-Lehtijärvi ve ark., (2009) tarafından fidanlar üzerinde gerçekleştirilen patojenisite denemeleri de karaçamın fungusu karşı kızılçam ve sarıçamdan daha duyarlı olduğunu göstermektedir.

4. Pas Hastalıkları

Pas fungusları, konukçularının canlı hücrelerine bağımlı olarak yaşayan parazit funguslar olup, konukçularında kanser, cadısüpürgesi ya da erken yaprak dökümü gibi farklı tipte belirtilere neden olurlar (Hamelin, 2013). Orman ağaçlarında zarar yapan çok sayıda pas fungusu bulunmakla birlikte, çamlarda zarara sebep olan pas fungusları *Cronartium*, *Melampsora* ve *Coleosporium* cinsleridir (Hamelin, 2013). *Cronartium ribicola* J. C. Fisch., *Cronartium quercuum* (Berk.) Miyabe ex Shirai ve *Cronartium pini* (Willd.) Jørst., [sin., *C. flaccidum* (Alb. & Schwein.)] çamlarda görülen önemli pas funguslarıdır (Hamelin, 2013). *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst (sin., *Melampsora pinitorqua* Rostr.)'nın sebep olduğu çam sürgün bükücü pası, ülkemiz de dahil olmak üzere, çamların yaygın pas hastalıkları arasında yer alır (Çanakçıoğlu ve Eliçin, 1998). *Coleosporium* cinsine dahil pas fungusları da çamlarda ibre pasına sebep olan çok sayıda pas fungusu türünü içerir (Hamelin, 2013).

Türkiye'de orman ağaçlarında görülen pas funguslarının ve bunların zararlarının araştırıldığı çalışmaların 1960'ların sonlarında başladığı, 1980'lerin sonuna kadar çeşitli projeler kapsamında yoğun olarak devam ettiği görülmektedir. Bu süreçte, çamlarda tespit edilen pas fungusları; *Melampsora populnea*, *Cronartium pini*, *Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Lév. ve çeşitli *Cloesporium* türlerinden oluşmaktadır (Vural ve Tunçtaner, 1971; Gümüşdere ve Karal, 1984; Vural ve ark., 1985a; b; 1986; Çanakçıoğlu ve Eliçin, 1998). Günümüzden yaklaşık 50-55 yıl önce yapılan yukarıda adı geçen çalışmalarda, çam türleri ile tesis edilen ağaçlandırma sahalarında bu pas funguslarının ciddi zararlara sebep olduğu belirtilmektedir. Örneğin Vural ve ark. (1985a), Balıkesir civarındaki karaçam ağaçlandırma sahalarında ağaçlarda dejenerasyon ve kurumlara neden olarak sahanın elden çıkmasına büyük çapta neden olan etmenin *Cronartium flaccidum* olduğunu tespit etmişlerdir. Bu dönemden sonra, pas funguslarının ülkemizin birçok bölgesinde, özellikle ağaçlandırma sahalarında ve gençliklerde önemli sorunlara yol açtığı gözlemlense de bilimsel araştırmalar yapılmamıştır. Dolayısıyla bu pas hastalıklarının günümüzdeki yaygınlık durumları ve zarar şiddetleri bilinmemektedir. Bunun bir istisnası Özkazanç

(2007) tarafından 1995-2005 yılları arasında çam sürgün bükücü pasının şiddetli zararının görüldüğü genç bir sarıçam ağaçlandırma sahasında yürütülen çalışmalardır.

5. Odun Çürüklüğü Fungusları

5.1. Dikili ağaçlarda görülen odun çürüklükleri

Dikili ağaçlarda kök, alt gövde ve gövdede çürüklüğe neden olan funguslar, orman alanlarında, parklarda ve rekreasyon alanlarında ciddi sorunlara yol açmaktadır. Orman alanlarında ekonomik kayıplar çoğunlukla gövdenin çürümesi, artım kaybı ve ağaçların rüzgâr ya da kar devriğine karşı duyarlılığı arttırması nedeniyle ortaya çıkarken, park ve bahçe gibi alanlarda bu fungusların etkisiyle devrilen ağaçların, can ve mal güvenliğini tehlikeye soktuğu bilinmektedir (Schwarze ve ark., 2000). Canlı ağaçlarda kök ya da gövdede çürüklüğe neden olan funguslar, rüzgar veya kar nedeniyle kırılan dallar veya insanlar tarafından oluşturulan mekanik yaralar aracılığıyla ağaca girmekte ve hastalığa yol açmaktadır (Schwarze ve ark., 2000). Diğer taraftan *Heterobasidion* ve *Armillaria* cinslerine dahil patojenler, canlı ağaçları kök kaynaşması yolu ile de enfekte edebilirler.

Heterobasidion annosum s.l., Kuzey Yarım Küre'de iğne yapraklı ormanlarının ekonomik yönden en önemli ve tahripkâr fungal etmenlerinden biri olarak bilinmektedir ve işletme ormanlarında gerçekleştirilen kesimler sonucu alanda kalan taze kütükler ve kesilen ağacın ormandan çıkarılması sırasında alanda kalan ağaçlarda oluşan yaralar fungus için en uygun giriş kapılarıdır (Woodward, 1998). *Armillaria* türleri de, özellikle *Armillaria ostoyae*, *Heterobasidion annosum* s.l. gibi çamlar ve diğer ibreli türlerde kök ve alt gövdede hastalık oluşturan önemli fungal etmenler arasında yer almaktadır (Lehtijärvi ve ark., 2014a). Çamlarda gövdede çürüklüğüne neden olan funguslardan *Porodaedalea* (*Phellinus*) türleri, ağaçlarda öz çürüklüğüne neden olmaktadır. *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill [Sin., *Fomes pini* (Thore) P. Karst., *Phellinus pini* (Brot.) Pilát, *Trametes pini* (Thore) Britzelm.] 'nin ağaç içinde yayıldığına dair ilk işaret, enfeksiyonu takiben 10–20 yıl içinde ve gövde üzerinde 12-20m yükseklikte görülen üreme organlarıdır (Abatay, 1986; Doğmuş-Lehtijärvi ve Lehtijärvi 2007). Çürüklük, ağacın öz odununu merkez alarak, gövde ve dalların mekanik gücünde zamanla azalmalara yol açmaktadır ve etkilenen kısımlar şiddetli bir rüzgar veya kar etkisiyle kolaylıkla kırılabilmektedir (Abatay, 1986; Doğmuş-Lehtijärvi ve Lehtijärvi, 2007). *P. pini*'den farklı olarak tek yıllık üreme organlarına sahip olan *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. tarafından oluşturulan çürüklük, çam türlerinde gövdenin toprağa yakın kısmında, genellikle 1–2m'yi geçmese de enfeksiyon çoğunlukla ağacın ölümüyle sonuçlanmaktadır (Butin, 1995; Bozkurt ve ark., 1995). Bu fungusun üreme organlarına çürüyen kökler üzerinde ve kök boğazına yakın kısımda rastlanılır. Dikili ağaçların öz odununda gelişen bu

funguslardan, *P. pini* beyaz, *P. schweinitzii* esmer çürüklük oluşturmaktadır (Butin, 1995; Bozkurt ve ark., 1995).

Ülkemizde canlı ağaçlarda tespit edilen çürüklük fungusları Lehtijärvi ve ark., (2014b) tarafından listelenmiştir. Söz konusu türler arasında çamlarda zarar yapan patojenlerden en önemlileri *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink, *Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl) Pat, *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill ve *Phaeolus schweinitzii* (Fr.: Fr.) Pat. olarak sıralanabilir (Doğmuş-Lehtijärvi ve Lehtijärvi, 2007; Lehtijärvi ve ark., 2012; 2014a; b; 2017). Türkiye’de yapılan bir çok mikolojik araştırmada bu fungusların varlığı bildirilmektedir (Lehtijärvi ve ark., 2014a; b). Bununla birlikte orman patolojisi alanında, karaçamalarda ya da genel olarak dikili ağaçlarda çürüklüğe sebep olan fungusların araştırılmasına yönelik çalışmalar nispeten sınırlı sayıdadır. Abatay, (1986) tarafından, Doğu Karadeniz bölgesinde *Porodaedalea pini*’nin karaçam ve sarıçamlar dahil olmak üzere çeşitli ibrelili türlerdeki yaygınlığı ve zararı araştırılmış, fungusun bölgede özellikle karaçamalarda ve sarıçamalarda yaygın olup önemli zararlara neden olduğu ortaya konulmuştur. Doğmuş-Lehtijärvi ve Lehtijärvi, (2007) tarafından da bu çürüklük fungusunun kızılçam ve karaçamlardaki yaygınlığı araştırılmış ve patojenin yaşlı karaçamalarda kızılçamlara oranla 5 kat daha yaygın olduğu tespit edilmiştir. *Heterobasidion* çürüklüğü etmenleri (*H. annosum* s.l.) bugüne kadar Türkiye’de *Abies cilicica* (Ant.& Kotschy) Carr., *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen, *Abies nordmanniana* (Steven) Spach, *Picea orientalis* (L.) Peterm., *P. brutia*, *P. sylvestris*, *P. nigra* türleri üzerinde tespit edilmiştir (Beram, 2019). Hastalığın Türkiye’deki en yaygın konukçusu göknarlardır. Göknarlarda görülen *Heterobasidion* çürüklüğüne, *H. abietinum* türü sebep olmaktadır (Doğmuş-Lehtijärvi ve ark., 2006; 2007b). Diğer taraftan bu hastalığın çamlardaki zararı ve yaygınlığı henüz tam olarak bilinmemektedir. Türkiye’de bu hastalığın çam ormanlarında bilinen şiddetli zararı, Burdur, Gölhisar’da genç kızılçam meşcerelerinden rapor edilmiş ve araştırılmıştır (Beram, 2019). Bu sahalarda, patojenin genç kızılçam bireylerinde ölümle sonuçlanan enfeksiyonlara yol açabildiği belirlenmiştir. Diğer taraftan Doğmuş Lehtijärvi ve ark. (2016), fidanlar üzerinde gerçekleştirilen patojenisite denemelerinde, çamlardan elde edilen *H. annosum* s.s izolatlarının hastalık yapma yeteneğinin kızılçam ve karaçamalarda, sarıçam ve radiata çamlarına oranla daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Türkiye’de mikolojik araştırmalarda yaygın olarak tespit edilen diğer bir çürüklük etmeni de *Armillaria ostoyae*’dır (Lehtijärvi ve ark., 2014a; b). Bununla birlikte bu fungusun da ülke ormanlarındaki yaygınlığı ve zarar şiddeti bilinmemektedir. Patojenin ülke çam ormanlarından bilinen en şiddetli zararı Sinop, Boyabat’da 60 yaşlı bir sarıçam meşceresinden rapor edilmiştir (Lehtijärvi ve ark., 2012). Bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda *Heterobasidion* ve *Armillaria* kök çürüklüğü hastalıklarının Türkiye’de çam ormanlarında ağaç ölümlerine sebep olabilen önemli patojenler oldukları ancak, karaçamalarda bu fungusların ne kadar yaygın olduğunun henüz bilinmediği söylenebilir.

5.2. Depolarda görülen odun çürüklükleri

Bir ağacın kesilmesi ya da devrilmesi sonrasında canlı hücrelerin bir süre sonra ölmesi ağacın aktif savunma sisteminin işlev yapamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Kesim öncesi gövdeye arız olmuş bazı funguslar kesimden sonra faaliyetlerine çürükçül olarak da devam edebilmektedir. Kesim sonrası gövde kısımlarında açığa çıkan odun dokusu hızlı bir şekilde rutubet kaybetmekte ve mikroorganizmalar için yeni ekolojik koşullar oluşmaktadır. Enerji açısından zengin olan bu odun dokusu hızlı kolonizasyon için funguslara yeni bir substrat sağlamaktadır. Bazı durumlarda kabuk da koruyucu özelliğini kaybetmekte ve kesimden hemen sonra funguslara karşı hassas hale gelmektedir. Sıcak iklimlerde, ılıman ve tropik kuşaklarda tüm ağaç türleri gibi çamlardan elde edilen uzun gövde odunları da birkaç gün ile birkaç hafta içerisinde renk değişikliği yapan fungusların, birkaç ay içerisinde ise esmer ve beyaz çürüklük funguslarının hedefi haline gelmektedir (Rayner ve Boddy, 1988; Zabel ve Morrell, 1992; Kantay ve Köse, 2009).

Kesim sonrası uygun olmayan depolama sürecinde iğne yapraklı ağaç odunlarında tahribata neden olan başlıca etmenler arasında *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P.Karst., *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murrill, *Tapinella panuoides* (Batsch) E.-J. Gilbert, *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich, *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schwein.) Fr., *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden fungusları olduğu belirtilmektedir (Schmidt, 2006). Ülkemizde yapılan çalışmalarda kesilmiş ya da devrilmiş sarıçam odunlarında *Antrodia crassa* (P. Karst.) Ryvarden, *Fomes pinicola*, *Gloeophyllum trabeum*, *Pluteus cervinus* (Schäffer: Fr) P. Kumm., *Neolentinus lepideus* (Fr.) Redhead & Ginns, *Trichaptum fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden (Yalçın ve ark., 2019), *Coniophora puteana* (Shum.: Fr.) P.Karst, *Trametes versicolor* (L.) Lloyd (Yalçın ve ark., 2019), *Schizophyllum commune* Fries, *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd (Sümer 1982a; Yalçın ve ark., 2019), *Byssomerulius corium* (Pers.) Parmasto, *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar (Sümer, 1982a) *Gymnopilus penetrans* (Fr.) Murrill (Sin., *Flammula penetrans* (Fr.) Quél.) (Sümer, 1982b) türleri tespit edilmiştir. Karaçam odunlarında tespit edilen funguslar ise *Antrodia serialis* (Fr.) Donk, *Trichaptum abietinum*, *Neolentinus lepideus* ve *Schizophyllum commune* olarak belirtilmiştir (Sümer, 1982b).

5.3. Depolarda görülen odun renk değişiklikleri

Odunun hücre çeperini oluşturan ana bileşenlerden selüloz, hemiselüloz ve ligninin funguslar tarafından tahrip edilmesi ile meydana gelen çürüklükler ahşabın mekanik özelliklerini olumsuz etkilemekte ve ahşabı neredeyse kullanılmaz hale getirmektedir. Paranzim hücrelerinde bulunan şeker, nişasta, protein ve yağ içeren depo maddeleri ile beslenen ancak hücre çeperi bileşenlerini tahrip etme yeteneği olmayan (çürüklük yapmayan) renk değişikliğine neden olan funguslar da odun kalitesini etkileyen, depolama kayıplarına neden olan önemli biyolojik etkenlerdir (Selik, 1988; Zabel ve Morrell, 1992; Eaton ve Hale, 1993; Bozkurt ve ark., 1995).

Çamlarda görülen kırmızı şeritlilik Avrupada uzun gövde odunlarında çok

yaygın bir renklenme problemi olarak kabul edilmektedir (Butin, 1995). Sarıdan kırmızımsı kahverengine kadar renk değişikliğini içeren şerit şeklindeki bu renklenme sıcak mevsimde yarı rutubetli tomrukların boyuna yüzlerinden ve enine kesitlerinden girerek oluşmaktadır. Kabuğu soyulmamış gövdelerde daha geniş şeritler görülürken, kabuğu soyulmuş gövdelerde daha dar bir renklenme görülmektedir. Fungusların besin maddesi olarak kullandığı depo maddelerinin bulunduğu paranzim hücrelerinde miselyum yoğun olarak bulunmaktadır. Renklenme, kabuktan başlayarak çok hızlı boyuna ve radyal yönde gelişmektedir. Renklenmenin esas olarak oksidatif olarak gerçekleştiği ifade edilmektedir (Butin, 1995; Bozkurt ve ark., 1995). Renklenmenin fungus tarafından pigment salgılanması ile oluştuğu da belirtilmektedir (Schmidt, 2006). Çamlarda kırmızı şeritlilik oluşumuna esas olarak *Trichaptum abietinum* (Pers. ex J.F. Gmel.) Ryvarden ve *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schwein.) Fr. fungusları neden olmaktadır (Selik, 1988; Butin, 1995; Schmidt, 2006).

Mavi renklenme ılıman iklim kuşağının hakim olduğu bölgelerde mavi renk fungusları tarafından oluşturulan, yaygın olarak diri odun kısmında görülen, biyolojik kökenli renk değişikliğidir. Çamlarda özellikle öz ışınlarında ve kısmen traheidlerde gelişen fungusların koyu renkli hifleri bu renk değişikliğine neden olmaktadır. Mavimsi gri veya siyah renk oluşumu, ışığın kırınımına bağlı optik etkiden dolayı koyu kahverenkli kalın fungus hiflerinden kaynaklanmaktadır (Bozkurt ve ark., 1995). Mavi renk fungusu hiflerinin hücre çeperlerinde bulunan koyu rengi veren melanin polimeri, renk pigmentlerinin hiflerin dışına doğru difüzyonunu engellemektedir. Mavi renklenmeye neden olan *Ceratomyces*, *Ophiostoma*, *Grosmannia*, *Leptographium* ve *Diplodia* (*Sphaeropsis*) cinsi fungusların sporları genellikle ıslak ve yapışkan yapıda olduklarından böceklerle kolaylıkla taşınabilmektedir. Kabuk böcekleri mavi renk funguslarının bulaşmasını sağlayan en etkili canlılardır (Zabel ve Morrell, 1992; Eaton ve Hale, 1993; Köse ve Erdin, 2004). Böcekler tarafından yeni ortamlara taşınan mavi renk funguslarına ait sporlar uygun sıcaklık ve rutubette (Türkiye’de nisan-kasım ayları arasında en uygun koşullar sağlanmaktadır) diğer organizmalara göre daha az rekabetle koloni oluşturan öncü organizmalardır (Berkel, 1954; Eaton ve Hale, 1993; Uzunovic ve Webber, 1998; Schmidt, 2006; Uzunovic ve ark., 2008). Sağlıklı dikili haldeki ağaçlar ve kabuklu yuvarlak odunlar, mavi renk funguslarına karşı koyabilirken, kabukları zarar görmüş yuvarlak odunlara mavi renk fungusları arız olmaktadır. Bununla birlikte, *Endoconidiophora polonica* (Siemaszko) Z.W. de Beer, T. A. Duong & M. J. Wingf. (sin., *Ophiostoma polonicum* Siemaszko) gibi bazı mavi renklenme funguslarının ağaç ölümlerine (özellikle Avrupa ladininde) yol açabildiği de bilinmektedir (Kirisits ve Offenthaler, 2002).

6. Ökseotları

Viscum album L., Avrupa ve Türkiye’de çamlar, göknarlar ve bazı geniş yapraklı türlerde önemli zarara sebep olabilen yarı parazitik bir bitkidir. Bu tü-

rün 4 alt türü bilinmekte olup, bunlar arasından çamlarda görülen alt tür *V. album* subsp. *austriacum* ve kızılçamda tanımlanan alt türü *V. album* subsp. *creticum*'dur (Szmidla ve ark., 2019).

Çam ökseotunun çamlarda, tepe yapısının bozulması, boy ve çap gelişiminin azalması gibi etkilerinin yanı sıra ağaçların su ve mineral besin maddelerini kullanarak, ağaçların normal gelişimlerini engellemekte ve bitkiyi zayıflatarak ikincil faktörlerin de etkisiyle (kuraklık, böcek, fungus vb.) kurumalara da neden olabilmektedir (Dobbertin ve Rigling, 2006). Ökseotlarının transpirasyon oranı, konukçusunun transpirasyon oranından daha yüksektir (Ullman ve ark., 1985). Bu sebeple özellikle kurak dönemlerde, alınabilir suyun azalmasına ve oksidatif stresin artmasına yol açarak kuraklık koşullarında ağaçların ölümüne yol açarlar.

Ülkemizde, bu parazitik bitkinin karaçam ve sarıçamlardaki yaygınlık ve zararına ilişkin çok sayıda araştırma bulunmakta ve bu çalışmaların bir kısmı ökseotunun sarıçamlarda %53'e, karaçamlarda ise %60'a varan oranlarda artım kayıplarına yol açabileceğini ortaya koymaktadır (Yüksel ve ark., 2005; Çatal ve Carus, 2011; Kanat ve ark., 2010; Bilgili ve ark., 2020). Türkiye'de ökseotlarının, özellikle sarıçam ve karaçamlarda ciddi artım kayıplarına ek olarak, kuraklığın tetikleyici etkisi ile toplu ağaç ölümleri ile ilişkili oldukları da bilinmektedir (Çatal ve Carus, 2011; Mutlu ve ark., 2016a; b). Çam Ökseotunun, Ehrami karaçamın Dünya üzerindeki tek doğal yayılış alanı olan Vakıf Çamlığı Tabiatı Koruma Alanı'nda da yoğun zararının tespit edildiği bilinmektedir (Ünaldı, 2004).

7. Yabancı İstilacı Orman Patojenleri ve Karaçam için Risk Teşkil Eden Orman Patojenleri

Yabancı istilacı orman patojenlerin (YİOP) orman ekosistemleri üzerindeki tahripkâr etkileri 100 yılı aşkın bir süreden beri bilinmektedir. Günümüzde, YİOP'lerin sayıları ve sebep oldukları zararlar her geçen gün artmaktadır. Bu patojenlerin taşınmasında önemli yollar; odun ve odun ürünleri ile fidan, tohum çelik gibi canlı bitki materyallerinin ticaretidir (Santini ve ark., 2013). Avrupa ormancılığında son yıllarda hızlı yayılışları nedeniyle dikkat çeken yabancı istilacı patojenler arasında sayılan *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell (Sin., *Gibberella circinata* Nirenberg & O'Donnell), *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (Sin., *Hymenoscyphus pseudoalbidus* Queloz, Grünig, Berndt, T. Kowalski, T.N. Sieber & Holden) *Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk, *Phytophthora pinifolia* Alv. Durán, Gryzenh. & M.J. Wingf. ve *Phytophthora ramorum* Werres De Cock & Man in't Veld henüz Türkiye'de tespit edilmemiş, orman ekosistemleri üzerinde yıkıcı etkilere sahip yabancı istilacı orman patojenleridir (Oskay ve ark., 2014). Bunlar arasında, çam çirali kanser hastalığı etmeni *F. circinatum* ülkemiz çam ormanlarının geleceği için tehdit teşkil eden en önemli patojendir (Oskay ve ark., 2014; Beram ve ark., 2017).

Çam Çıralı Kanser Hastalığı

Fusarium circinatum'un sebep olduğu çam çıralı kanser hastalığı, uluslararası karantina listelerinde yer alan, dünyanın bir çok bölgesinde çamların en tahripkar hastalığıdır (Drenkhan ve ark., 2020). Hastalık, görüldüğü ülkelerde doğal ve plantasyon çam ormanlarında ve fidanlıklarda yüksek derecede verim kayıplarına ve ağaç/fidan ölümlerine sebep olarak önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Elliden fazla çam türü ve bunlara ek olarak *Pseudotsuga menziesii*'nin hastalığa karşı duyarlı olduğu bilinmektedir (Drenkhan ve ark., 2020). Hastalık etmeni Amerika orijinli olup, Avrupa'da ilk olarak 21. yüzyılın başlarında İspanya'da *P. radiata* ağaçlandırmalarında görülmüş ve ardından Fransa, İtalya ve Portekiz'de tespit edilmiştir (Drenkhan ve ark., 2020). Hızlı yayılma potansiyeline sahip olan bu hastalığın Avrupa'daki varlığı, bu kıtanın diğer ülkelerini de tehdit etmektedir. Bu sebeple hastalığın yayılışının sınırlandırılması için büyük çabalar harcanmaktadır. Patojeninin tohumla da taşınması, tohumların ithalat ve ihracatında belirli bazı türler dışında çok az bitki sağlığı kontrolü bulunması sebebi ile bu tehdidin boyutlarını daha da arttırmaktadır.

Fusarium circinatum, Türkiye'de henüz tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, Watt ve ark., (2011), tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de, özellikle de Marmara Bölgesi'nin bu hastalık etmeninin yerleşme ve yayılması için uygun iklim koşullarına sahip olduğu görülmektedir. Marmara Bölgesi, ülkemizde *Pinus pinaster* ya da *Pinus radiata* gibi birçok yabancı çam türünün ağaçlandırma sahalarının yaygın olduğu bir bölgedir (Ercan, 2002). Bu bölgede genç ve 40 yaş üstü *P. radiata*, *P. teadea* ve *P. pinaster* gibi *F. circinatum*'un en hassas konukçularına ait ağaçlandırma sahalarının bulunması, hastalığın bu bölgede çok hızlı bir şekilde yapılarak yerli çam türlerimize ve doğal ormanlara doğru yayılmasına sebep olabilir. Ülkemizde yabancı çam türlerine ait ağaçlandırmaların ilk yıllarından bu yana böcek salgınları ve Diplodia çam sürgün uç yanıklığı hastalığı da dahil olmak üzere (Doğmuş-Lehtijarvi ve ark., 2014; Aday-Kaya ve ark., 2019b) çeşitli problemlere konu oldukları bilinmektedir. *F. circinatum*'un yayılışında rol oynayan vektör böcek türlerinden bazıları ülkemizde özellikle çam ağaçlandırmalarında oldukça yaygındır (Fernández-Fernández ve ark., 2019). Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, hastalık etmeninin Türkiye'ye giriş yapması durumunda çam ormanlarında kolaylıkla yerleşip yayılabilme potansiyelinin çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, Marmara Bölgesi gibi hassas alanlarda, doğal ve yabancı çam türlerine ait tohum bahçeleri ve tohum meşcereleri de yer almaktadır. Bu durum, dış karantina önlemleri ile birlikte özellikle de ülke içinde tohum dağıtımının sıkı iç karantina önlemleri ile yapılması gerekliliğini de gündeme getirmektedir.

Ülkemizde, bu hastalığın girişi ve yayılışının engellenmesi adına ciddi adımlar atılmıştır. Bu amaçla, Avrupa Birliğinin, 8/6/2007 tarihli ve 2007/433/EC sayılı Komisyon Kararına paralel olarak hazırlanan ve hastalığa ilişkin arazi ve tespit çalışmaları, yayılmasının engellenmesi ve mücade-

lesinin yapılmasına yönelik alınacak tedbirlere ilişkin hususları kapsayan bir yönetmelik (Ani Meşe Ölümü ve Çam Çıralı Kanser Hastalığı İle Turunçgil Uzun Antenli Böceği ve Kestane Gal Arısı Mücadelesi Hakkında Yönetmelik) yayınlanmıştır.

8. Sonuç

Bu derlemede, Dünya çapında çam türlerinin en fazla etkilendiği hastalık etmeni funguslara yer verilmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra, karaçamlarda odun ve depo çürüklüğüne ve renk değişikliğine neden olan funguslardan da söz edilmiştir. Bu fungal türlerin çoğu, sadece karaçamları değil, diğer çam türleri ve iğne yapraklı ağaç türlerini de etkilemektedir. Bunlar arasında, *Dothistroma* ibre yanıklığı, kahverengi leke ibre yanıklığı ya da *Lecanosticta* ibre yanıklığı, *Lophodermium* ibre dökümü, *Diplodia* sürgün yanıklığı ve pas hastalıklarına neden olan fungusları karaçam, daha geniş anlamda çam türlerinin yeşil aksamalarında, *Heterobasidion* ve *Armillaria* kök çürüklükleri ve kırmızı öz çürüklüğü hastalıklarına neden olan fungusları da ağaçların kök ve alt gövde kısımlarında görmemiz mümkündür. Bu patojenlerin, gerek iklim değişikliğinin, gerekse küreselleşmeyle birlikte artan ticaret ve insan hareketliliğinin etkisiyle yayılış alanı ve zararı giderek artmaktadır.

Diplodia sapinea'nın sebep olduğu "Diplodia sürgün yanıklığı" dünya çapında çamların yaygın ve önemli hastalıkları arasında ilk sırada yer alırken, ülkemizde yapılan ve devam eden araştırmalar, *D. sapinea*'nın, karaçamda tohum kayıpları ve ağaç ölümleri ile sonuçlanan şiddetli zararlara neden olabileceğini ortaya koymaktadır. Kocaeli civarındaki yabancı çam türleri ve Douglas göknarı ile karaçam ve sarıçam ağaçlandırma sahalarında yapılan araştırmalarda, fungusun bölgede oldukça yaygın olduğu ve karaçamlarda daha şiddetli zarara sebep olduğu belirlenmiş (Aday-Kaya ve ark., 2019b), İstanbul'da, Atatürk Arboretumu'nda yapılan ve devam etmekte olan araştırmalar, fungusun diğer patojenler ile birlikte karaçamlarda, özellikle Ebe karaçamı ve Ehrami karaçamda, ölüme yol açabileceğini göstermiştir (Oskay ve ark., 2020b). Ünlügil ve Ertaş (1993), tarafından da bu fungusun İstanbul'da ağaç kurumaları ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizin çeşitli yörelerinde kuruma belirtileri gösteren karaçamlarda da bu fungusla sıklıkla rastlanılmaktadır. Fungusun kurak geçen dönemlerden sonra, optimum yayılış alanının dışındaki ağaçlandırma sahalarındaki zararının giderek arttığı da gözlemlenmektedir. Bu bulgular ve devam eden araştırmalar, *D. sapinea*'nın ülkemizde raporlanandan daha yaygın olduğu tahminini ve fungusun değişen iklim ve artan bitkisel materyal hareketliliği ile yayılışının ve zarar şiddetinin giderek artmakta olduğu görüşünü (Oskay ve ark., 2018c) desteklemektedir.

Türkiye'de, Isparta-Burdur ve Antalya yöresinde kızılçam ormanlarında ciddi zararlara sebep olduğu belirlenen *Dothistroma* ibre yanıklığı (DİY) etmeni *Dothistroma septosporum*'un (Oskay ve ark., 2020a), Avrupa'da yaygın ve şiddetli epidemilerinin, *P. nigra* (ve alt türleri) plantasyonlarında görüldüğünü ve

hastalığa karşı türün oldukça duyarlı olduğunu ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte, bu hastalığın Türkiye’de Karaçam ormanlarımızdaki yaygınlığı henüz araştırılmamıştır. *D. spetosporum* Demirköy orman fidanlığında bazı karaçam fidanlarında tespit edilmiş (Aday-Kaya ve ark., 2019a), ancak bu fidanlık ve bölgede detaylı araştırmalar henüz yapılmamıştır. Avrupa’da yaygınlığı hızla artan bir başka ibre hastalığı da “kahverengi ibre yanıklığı”dır. Bu hastalığa sebep olan fungusun (*Lecanosticta acicola*), ülkemizde yakın zamanda Atatürk Arboretumu’ndaki karaçamlarda şiddetli zarara sebep olduğu ve özellikle Ebe karaçamı ve Ehrami karaçam gibi endemik ve nesli tehlike altında olan türlerde, *Diplodia sapinea* ile birlikte ağaçların ölümüne sebep olabilecek derecede ciddi zarara neden olduğu belirlenmiştir (Oskay ve ark., 2020b).

Ülkemiz karaçam ormanlarında sıkça rastlanılan ve araştırmalara konu olan bir diğer hastalık grubu da *Melampsora*, *Coleosporium*, *Cronartium* gibi pas funguslarının sebep olduğu pas hastalıklarıdır. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 50-55 yıl kadar önce yürütülen projeler kapsamında, *Melampsora populnea* ve *Cronartium pini*’nin karaçamlarda ciddi zararlara neden olabilecekleri ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte, günümüzde bu hastalıkların mevcut durumu (yaygınlığı ve zarar şiddeti) bilinmemektedir.

Heterobasidion ve *Armillaria* kök çürüklüğü hastalıklarının Türkiye’de çam ormanlarında ağaç ölümlerine sebep olabilen önemli patojenlerdir. Ancak, ülkemizde yapılan çalışmalara dayanarak, karaçamlarda bu fungusların ne kadar yaygın olduğunun henüz bilinmediği, bunların aksine, *Porodaedalea pini*’nin Türkiye’de karaçamlarda *H. annosum* s.l ve *A. ostoyae*’ya kıyasla daha yaygın olduğu söylenebilir. Hastalık etmeni bazı funguslar ağaçlar hala canlı iken odunda çürüklüğe sebep olarak odun hammaddesinde de ciddi kayıplara sebep olmakta, bazı funguslar ise sağlıklı ağaçların kesimi sonrasında odunlarına arız olabilmekte, depolarda çürüklük ve renklenmelere neden olarak depolama kayıpları oluşturmaktadır. Ülkemizde, karaçam odunlarında (depo ve kullanımında olan odun) zarar yapan çürüklük fungusları ile mavi renklenme fungusları üzerinde, özellikle ormancılık açısından bunların ekonomik zararları konusunda araştırmalar yaygın değildir.

Dünya geneline bakıldığında kuraklığın tetiklediği ağaç ya da orman ölümlerinin iklim değişikliği etkisi ile giderek artmakta olduğu dikkati çekmektedir (IPCC, 2014; Allen, 2010). İklim değişikliğinin, birçok ağaç türünün potansiyel coğrafik yayılış alanının azalmasına yol açacağı tahmin edilmekte, bu azalmalarda patojen ve zararlıların da anahtar rol üstlenebileceği öne sürülmektedir (Sturrock ve ark., 2011). İklim değişikliğinin genelde patojen- konukçu etkileşimlerini nasıl ve ne yönde etkileyeceği tahmin edilemese de, tipik olarak su stresine maruz kalan bitkileri etkileyen patojenlerin iklim değişikliğinin de etkisiyle yayılış ve zararlarının artması beklenmektedir. Ülkemizde de kuraklık sebebi ile gerek doğal gerekse ağaçlandırma alanlarında karaçam ve sarıaçamlarda ağaç ölümlerinin giderek yaygınlaştığına tanık olunmaktadır. Bu tür sahalarda, *Diplodia sapinea* ve ökseotları ağaç ölümlerine katkıda bulunan biyotik faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağaçlar, uygun olmayan ya da fakir yetiştirme

ortamlarında ya da optimum yetiştirme ortamı dışında tesis edilen ağaçlandırma alanlarında zararlı ve patojenlerin zararlı etkilerine daha sık ve şiddetli biçimde maruz kalmaya meyillidir. Bununla birlikte özellikle fakir yetiştirme ortamlarında zamanında yapılmayan silvikültürel uygulamaların da hastalık etmenlerinin yayılış ve zarar şiddetlerinin artmasında etkili olduğu bilinmektedir. Gürlevik ve ark., (2009), *D. sapinea*'nın tespit edildiği kızılçam meşcerelerinin toprak ve ibre analizlerinin fakir yetiştirme ortamı koşullarına ve azot eksikliğine işaret ettiğini ve yetiştirme mevsimindeki yetersiz yağışlar ile yüksek sıcaklıkların ağaçların bu patojene karşı daha duyarlı hale gelmesinde etkili olabileceğini vurgulamıştır. Bunlara ek olarak, hastalığın görüldüğü alanlarda meşcere bakım çalışmalarının zamanında yapılmamasına bağlı olarak hektardaki ağaç sayısının olması gerekenden fazla olduğu, bunun da yine ağaçların bu patojene karşı zayıf düşmesinde etkili bir faktör olabileceğini belirtmiştir.

Günümüzde, iklim değişikliğinin etkisiyle mevcut hastalıkların yaygınlık ve zarar şiddetleri giderek artarken, küreselleşme ile birlikte ticaretin (özellikle canlı bitki ticareti) artışına paralel olarak yabancı istilacı orman patojenlerinin (YİOP) sayıları artmaya devam etmekte, orman ve kentsel alanlardaki tahripkâr ve geri dönüşü olmayan etkileri de yaygınlaşmaktadır. Değişen dünyada, iklim değişikliğinin ve YİOPlarının Türkiye ormanlarını da etkilemesi kaçınılmazdır. Nitekim son on yılda, Türkiye'de de birçok yabancı istilacı orman zararlısı tespit edilmiştir. Çam kozalak emici böceği [*Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae)], kestane gal arısı [*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)] son 10 yıl içinde Türkiye'ye giriş yapmış ve ormanlarımızda ciddi zararlara neden olan ve olmaya devam eden istilacı yabancı orman zararlılarına örnek olarak gösterilebilir (İpekdal ve ark., 2014; 2019). Diğer taraftan Şimşir yanıklığına neden olan *Calonectria pseudonaviculata* (Crous, J. Z. Groenew. & C. F. Hill) L. Lombard, M. J. Wingf. & Crous, 2012 yılında Türkiye'deki varlığı rapor edilen (Akıllı ve ark., 2012) ve kısa bir süre içerisinde doğal şimşir popülasyonlarının önemli bir kısmının neredeyse tümüyle yok olmasından sorumlu yabancı istilacı orman patojenlerine çarpıcı bir örnektir. İstanbul'da birçok çınar ağacının ölümüne neden olmuş ve olmaya devam eden çınar kanseri etmeni *Ceratocystis platani* (J. M. Walter) Engelbr. & T. C. Harr. De de Türkiye'de yakın geçmişte tespit edilmiş önemli ve tahripkâr bir YİOP'dir (Lehtijärvi ve ark., 2018). Fungus İstanbul'da, Osmanlı'nın son dönemlerinde dikimi yapılmış olan tarihi değere sahip, İstanbul şehrinin önemli kültürel varlıkları olan çınar ağaçlarının toplu ölümlerine sebep olmaya devam etmektedir (Lehtijärvi ve ark., 2018). Yakın geçmişte Atatürk Arboretum'unda, bir başka YİOP; *Lecanosticta acicola* tespit edilmiştir (Oskay ve ark., 2020b). Bu çam hastalığının yayılıp yayılmadığı henüz araştırılmamıştır, ancak arboretumda yapılan çalışmalar, Anadolu karaçamı ve bu alttürün nadir ve endemik formlarının bu patojene karşı son derece hassas olduğunu göstermektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'ye henüz giriş yapmamış olan (ya da henüz varlığı tespit edilmemiş) YİOPlarının sayılarının ve zararlarının giderek artmakta olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, gerek yeni YİOP girişlerinin, gerekse yukarıda bahsi geçen ve hali hazır-

da karaçam ormanlarımızda zarara sebep olan bazı hastalıkların da etkilerinin ve yayılış alanlarının genişlemesi de kaçınılmaz olacaktır.

Ülkemizde karaçamlarda hastalığa sebep olan funguslara ilişkin araştırmalar ve gözlemler değerlendirildiğinde, gerek karaçamlar gerekse diğer çam türlerinde en dikkat çeken hastalık etmeninin *D. sapinea* olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte *D. sapinea* da dahil olmak üzere, lokal olarak ya da belirli bölgelerde sarıçam ya da kızılçamlarda tespit edilen *D. septosporum*, *L. acicola*, *H. annosum* ve *A. ostoyae* gibi bir çok önemli hastalık etmeninin ülke genelindeki yaygınlığı ve zarar durumunun bilinmediği anlaşılmaktadır. İklim değişikliğinin etkisi altında bu patojenlerin yayılış ve zarar şiddetlerinin artacağı düşünüldüğünde, ülke ormanları genelinde bu hastalık etmenlerinin en azından yaygınlıklarının araştırılması, hastalıkların görülebileceği riskli alanların belirlenmesi, gelecekte daha önemli problemlerin yaşanmaması açısından oldukça önemlidir. Ülke ormanlarının yönetiminde iklim değişikliğinin ağaçlar ile hastalık / zararlı popülasyonları ve bunlar arasındaki etkileşimler üzerinde meydana getirebileceği değişiklikleri göz önünde bulunduran stratejilerin geliştirilmesi, özellikle amenajman ve silvikültürel yaklaşımların iklim değişikliğine adapte edilmesi gerekmektedir. Bunların yanı sıra, ülke ormanlarını tehdit eden YİOP'lerinin ülkeye girişinin engellenmesi, erken tespiti ve yok edilmesi ya da yayılışının engellenmesi için ormancılık alanında çalışanların ve halkın bilinçlendirilmesi de dahil olmak üzere ormancılık politikalarından, uygulamalarına çok yönlü stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir (Eriksson ve ark., 2019). Bu kapsamda gerek ülke içi gerekse uluslararası orman bitkisi ticaretinde ciddi önlemlerin alınması ve etkili bir şekilde uygulanması önem arz etmektedir. Nitekim ormancılığımızda yakın zamanda orman bitkisi ve bitkisel ürünlerine arız olan zararlı organizmalar ile orman bitkisi tohumlukları için iki yeni yasal düzenleme yürürlüğe girmiştir. Bu düzenlemeler, ülkemizde bulunan ya da bulunmayan zararlı organizmaların ülke içinde ya da uluslararası taşınımının ve yayılımının engellenmesi amaçlarını da taşımaktadır. Ayrıca, ülkemiz ormanlarını tehdit eden iki önemli hastalık; ani meşe ölümü ve çam çıralı kanser hastalığı için, bu hastalıklara ilişkin arazi ve tespit çalışmaları, yayılmasının engellenmesi ve mücadelesinin yapılmasına yönelik alınacak tedbirlere ilişkin hususları kapsayan ayrı bir yönetmelik de bulunmaktadır. Bunların yanı sıra ülkemiz ormanlarında düzenli olarak zararlı taramaları da yapılmaktadır. Ancak gerek yasal düzenlemelerin gerekse zararlı taramalarının etkili bir şekilde yapılabilmesi, orman zararlısı böceklerin yanı sıra orman hastalıkları konusunda da orman mühendislerinin ve özellikle orman ya da özel fidanlıklarda ve belediye park ve bahçelerinde çalışanların bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi ile mümkündür.

Kaynaklar

Abatay, M., 1986. Doğu Karadeniz Bölgesinde *Trametes (Fomes) pini* (Thore ex.fr.) Fr.'nin Yayılışı Konukçuları Ve Zararı Üzerine Araştırmalar. İstanbul

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Muzaffer Selik, 174 sayfa, İstanbul.
- Adamson, K., Klavina, D., Drenkhan, R., Gaitnieks, T., Hanso, M., 2015. *Diplodia sapinea* is Colonizing the Native Scots Pine (*Pinus sylvestris*) in the Northern Baltics. *European Journal of Plant Pathology* 143: 343-350.
- Adamson, K., Mullett, M. S., Solheim, H., Barnes, I., Müller, M. M., Hantula, J., Drenkhan, R., 2018. Looking for Relationships between the Populations of *Dothistroma septosporum* in Northern Europe and Asia. *Fungal Genetics And Biology*, 110: 15-25.
- Aday-Kaya, A. G., Gültekin, H. C., Karakaya, A., 2019a. Marmara Bölgesi'ndeki Orman Fidanlıklarında Yetiştirilen Odunsu Bitkilerdeki Fungus ve Su Küflerinin Tespiti. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(4): 324-332.
- Aday-Kaya, A. G., Lehtijärvi, A., Kaya, Ö., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., 2014. First Report of *Diplodia pinea* on *Pseudotsuga menziesii* in Turkey. *Plant disease*, 98(5): 689-689.
- Aday-Kaya, A. G., Yeltekin, Ş. Doğmuş-Lehtijarvi, H. T., Lehtijarvi A., Woodward, S., 2019b. Severity of *Diplodia* Shoot Blight (Caused by *Diplodia sapinea*) was Greatest on *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* in a Plantation Containing Five Pine Species. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(2): 249-259.
- Akilli, S., Katircioglu, Y. Z., Zor, K., Maden, S., 2012. First Report of Box Blight Caused by *Cylindrocladium pseudonaviculatum* in the Eastern Black Sea Region of Turkey. *New Disease Reports*, 25(1): 23-23.
- Beram, R. C., 2019. Gölhisar-İbecik Yöresi Kızılçam Gençleştirme Alanında *Heterobasidion annosum*'un Populasyon Yapısı. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hatice Tuğba Doğmuş Lehtijarvi, 155 sayfa, Isparta.
- Beram, R. C., Oskay, F., Aday Kaya, A. G., Lehtijärvi, A., Doğmuş Lehtijarvi, H. T., 2017. Dünya Çam Ormanlarını Tehdit Eden Yabancı İstilacı Tür; *Fusarium circinatum*. *Bilge Uluslararası Fen ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 1(1): 39-45.
- Berkel, A., 1954. Çam Gövdelerini ve Kerestesini, Mavi Renk Husule Getiren Mantarlara Karşı Nasıl Korunmalıyız. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4B(2): 1-11.
- Bilgili, E., Coskuner, K. A., Baysal, I., Ozturk, M., Usta, Y., Eroglu, M., Norton, D., 2020. The Distribution of Pine Mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Scots Pine (*Pinus sylvestris*) Forests: from Stand to Tree Level. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35(1-2): 20-28.
- Bilgili, E., Ozturk, M., Coskuner, K., Baysal, I., Serdar, B., Yavuz, H., Usta, Y., 2018. Quantifying the Effect of Pine Mistletoe on the Growth of Scots Pine. *Forest Pathology*, 48(4): 12435.
- Bozkurt, A. Y., Erdin, N., Ünligil, H., 1995. *Odun Patolojisi Ders Kitabı*. İstanbul Üniversite Orman Fakültesi Yayın Nu: 3878/432, 398 sayfa, İstanbul.
- Brodde, L., Adamson, K., Julio Camarero, J., Castano, C., Drenkhan, R., Lehti-

- jarvi, A., Luchi, N., Migliorini, D., Sanchez-Miranda, A., Stenlid, J., Ozdag, S., Oliva, J., 2018. Diplodia Tip Blight on its Way to the North: Drivers of Disease Emergence in Northern Europe. *Frontiers Plant Science*, 9: 1818.
- Butin, H., 1995. *Tree Diseases and Disorders. Causes, Biology and Control in Forest and Amenity Trees*. Oxford University Press, Oxford, 252 pages, UK.
- Capretti, P., Santini, A., H. Solheim, H., 2013. Branch and Tip Blights. Pages: 420–435, In: Gonthier, P. and Nicolotti, G. (Ed.) *Infectious Forest Diseases*, CABI Publishing.
- Çanakçıoğlu H., Eličin, G., 1998. *Fitopatoloji (Özel Bölüm)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları: 4156/456, 330 sayfa, İstanbul
- Çatal, Y., Carus, S., 2011. Effect of Pine Mistletoe on Radial Growth of Crimean Pine (*Pinus nigra*) in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 32(3): 263.
- Dobbertin, M., Rigling, A., 2006. Pine Mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) Contributes to Scots Pine (*Pinus sylvestris*) Mortality in the Rhone Valley of Switzerland. *Forest Pathology*, 36(5): 309-322.
- Doğmuş -Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2006. *Heterobasidion abietinum* on *Abies* Species in Western Turkey. *Forest Pathology*, 36: 280-286.
- Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., 2007. Occurrence of *Porodaedalea pini* (Brot. Fr.) Murr. in Pine Forests of the Lake District in South-Western Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*, 46(3): 316-319.
- Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Karaca G., Aday-Kaya, A. G., 2007a. *Sphaeropsis sapinea* Dyko & Sutton Associated with Shoot Blight on *Pinus brutia* Ten. in Southwestern Turkey. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, Special Edition: 95-99.
- Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2007b. *Heterobasidion* on *Abies nordmanniana* in Northeastern Turkey. *Forest Pathology*, 37: 387-390.
- Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Karaca, G., Aday-Kaya, A. G., Oskay, F., 2009. Susceptibility of Different Coniferous Seedlings Inoculated with *Diplodia pinea*. *SDU Faculty of Forestry Journal*, Special Issue: 48-56
- Doğmuş-Lehtijärvi, H., Kaya, G. A., Lehtijärvi, A., Oskay, F., Kaya, Ö. D., 2014. Occurrence and Genetic Similarity of *Diplodia pinea* on Shoots and Cones in Seed Orchards of *Pinus* spp. in North-Western Turkey. *Plant Protection Science*, 50(4): 217-220.
- Doğmuş Lehtijärvi, H. T., Erdoğan, R. C., Lehtijärvi, A., Woodward, S., Aday Kaya, A. G., 2016. Pathogenicity of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Sensu Stricto on Coniferous Tree Species in Turkey. *Forest Pathology*, 46(1): 22-28.
- Drenkhan, R., Tomešová-Haataja, V., Fraser, S., Bradshaw, R.E., Vahalík, P., Mullett, M.S., Martín-García, J., Bulman, L.S., Wingfield, M.J., Kirisits, T., Cech, T.L., Schmitz, S., Baden, R., Tubby, K., Brown, A., Georgieva, M., Woods, A., Ahumada, R., Jankovský, L., Thomsen, I.M., Adamson, K., Marçais, B., Vuorinen, M., Tsopelas, P., Koltay, A., Halasz, A., La Porta, N., Anselmi, N., Kiesner, R., Markovskaja,

- S., Kačergius, A., Papazova-Anakieva, I., Risteski, M., Sotirovski, K., Lazarević, J., Solheim, H., Boroń, P., Bragança, H., Chira, D., Musolin, D.L., Selikhovkin, A.V., Bulgakov, T.S., Keča, N., Karadžić, D., Galovic, V., Pap, P., Markovic, M., Poljakovic Pajnik, L., Vasic, V., Ondrušková, E., Piškur, B., Sadiković, D., Diez, J.J., Solla, A., Millberg, H., Stenlid, J., Angst, A., Queloz, V., Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi, H.T., Oskay, F., Davydenko, K., Meshkova, V., Craig, D., Woodward, S., Barnes, I., 2016. Global Geographic Distribution and Host Range of *Dothistroma* Species: a Comprehensive Review. *Forest Pathology*, 46(5): 408-442.
- Drenkhan, R., Ganley, B., Martín-García, J., Vahalík, P., Adamson, K., Adamčíková, K., Ahumada, R., Blank, L., Bragança, H., Capretti, P., Cleary, M., Cornejo, C., Davydenko, K., Diez, J. J., Lehtijärvi, H. T. D., Dvořák, M., Enderle, R., Fourie, G., Georgieva, M., Ghelardini, L., Hantula, J., Iosos, R., Iturrutxa, E., Kanetis, L., Karpun, N. N., Koltay, A., Landeras, E., Markovskaja, S., Mesanza, N., Milenković, I., Musolin, D. L., Nikolaou, K., Nowakowska, J. A., Ogris, N., Oskay, F., Osako, T., Papazova-Anakieva, I., Paraschiv, M., Pasquali, M., Pecori, F., Rafoss, T., Raitelaitytė, K., Raposo, R., Robin, C., Rodas, C. A., Santini, A., Sanz-Ros, A. V., Selikhovkin, A. V., Solla, A., Soukainen, M., Soulioti, N., Steenkamp, E. T., Tsopelas, P., Vemić, A., Vettraino, A. M., Wingfield, M. J., Woodward, S., Zamora-Ballesteros, C., Mullett, M. S., 2020. Global Geographic Distribution and Host Range of *Fusarium circinatum*, the Causal Agent of Pine Pitch Canker. *Forests*, 11(7): 724.
- Eaton, R.A., Hale, M. D. C., 1993. *Wood: Decay, Pests and Protection*. Chapman and Hall, 546 pages, London.
- Ercan, M., 2002. *Kerpe Araştırma Ormanı*. Çevre ve Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi Nu: 15, ISSN 1300-3933, 114 sayfa, Ankara.
- Eriksson, L., Boberg, J., Cech, T. L., Corcobado, T., Desprez-Loustau, M. L., Hietala, A. M., Jung, M. H., Jung, T., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Oskay, F., Slavov, S., Solheim, H., Stenlid, J., Oliva, J., 2019. Invasive Forest Pathogens in Europe: Cross-country Variation in Public Awareness but Consistency in Policy Acceptability. *Ambio*, 48: 1-12.
- Fernández-Fernández, M., Naves, P., Witzell, J., Musolin, D.L., Selikhovkin, A. V., Paraschiv, M., Chira, D., Martínez-Álvarez, P., Martín-García, J., Muñoz-Adalia, E. J., Altunisik, A., Cocuzza, G. E. M., Silvestro, S. D., Zamora, C., Diez, J. J., 2019. Pine Pitch Canker and Insects: Relationships and Implications for Disease Spread in Europe. *Forests*, 10(8): 627.
- Gonthier, P., Nicolotti, G., 2013. *Infectious Forest Diseases*. CABI, UK, 641 p.
- Gümüşdere, İ., Karal, M., 1984. Yurdumuz Orman Fidanlık ve Ağaçlandırmalarında Mevcut Muhtelif Orijinli Hızlı Gelişen Ekzotik İğne Yapraklı Orman Ağaçlarına Arız Olan Mantarların Tesbiti Üzerine Araştırmalar. Teknik Bülten Nu: 20-10.
- Gürlevik, N., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Aday-Kaya, A. G., 2009.

- Site and Stand Characteristics of a *Pinus brutia* Stand Infected with *Diplodia pinea* in Turkey. *SDU Faculty of Forestry Journal*, Special Issue: 57-64
- Hamelin, R., 2013. Tree Rusts. Pages; 547–566, In Gonthier, P. and Nicolotti, G. (Ed.), *Infectious Forest Diseases*, CABI Publishing.
- Hansen, E. M., 2015. Phytophthora Species Emerging as Pathogens of Forest Trees. *Current Forestry Reports*, 1(1): 16-24.
- Ioos, R., Fabre, B., Saurat, C., Fourrier, C., Frey, P., Marcais, B., 2010. Development, Comparison, and Validation of Real-Time and Conventional PCR Tools for the Detection of the Fungal Pathogens Causing Brown Spot and Red Band Needle Blights of Pine. *Phytopathology*, 100(1): 105-114.
- İpekdağ, K., Coşkun, K. S., Aytar, F., Doğanlar, M., 2014. Kestane Gal Arısı *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): Geçmişten Günümüze Dünyada ve Türkiye'deki Son Durumu ve Mücadelesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(4): 241-257.
- İpekdağ, K., Oğuzoğlu, Ş., Oskay, F., Aksu, Y., Doğmuş Lehtijärvi, H.T., Lehtijärvi, A., Aday-Kaya, A. G., Can, T., Özçankaya, M., Avcı, M., 2019. Çam Kozalak Emici Böceği *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (1910) (Hemiptera: Coreidae): Türkiye ve Dünyadaki Son Durum. Orman Genel Müdürlüğü Matbaası, 81 sayfa, Ankara.
- Kanat, M., Alma, M. H., Sivrikaya, F., 2010. The Effect of *Viscum album* L. on Annual Diameter Increment of *Pinus nigra* Arn. *African Journal of Agricultural Research*, 5(2): 166-171.
- Kantay, R., Köse, C., 2009. Orman İşletme Depoları ve Depolama Teknikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59B (1): 75-92.
- Kirisits, T., Offenthaler, I., 2002. Xylem Sap Flow of Norway Spruce After Inoculation with the Blue-Stain Fungus *Ceratocystis polonica*. *Plant Pathology*, 51: 359-364.
- Köse, C., Erdin, N., 2004. Küf Mantarlarının Boyanmış Ahşap Yüzeyle Etkileleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 54B (2): 43-60.
- Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi H. T., Aday, A. G., 2012. *Armillaria ostoyae* Associated with Dying 60-year's Old Scots Pines in Northern Turkey. *Forest Pathology*, 42(3): 267-269.
- Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Aday Kaya A. G., Oskay F., 2014a. Türkiye Ormanlarında Tespit Edilen Patojenik *Armillaria* Türleri. Sayfa: 101-114, II. *Türkiye Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu*, 7-9 Nisan 2014, Bildiriler Kitabı, Antalya.
- Lehtijärvi, A., Aday Kaya, A. G., Tunali, Z., Yeltekin, Ş., Doğmuş- Lehtijärvi, H. T., Oskay F., 2014b. Türkiye Ormanlarında Kök ve Odun Çürüklüğü Fungusları; Dikili Ağaçlarda Çürüklük Funguslarının Tespitinde Modern Tekniklerin Kullanım Olanakları. Sayfa: 85-96, II. *Türkiye Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu*, 7-9 Nisan 2014, Bildiriler Kitabı, Antalya.
- Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Aday Kaya A. G., Ünal, S., Woodward

- S., 2017. *Armillaria ostoyae* in Managed Coniferous Forests in Kastamonu in Turkey. *Forest Pathology*, 47(6): e12364.
- Lehtijärvi, A., Oskay, F., Doğmuş Lehtijärvi, H. T., Aday Kaya, A. G., Pecori, F., Santini, A., Woodward, S., 2018. *Ceratocystis platani* is Killing Plane Trees in Istanbul (Turkey). *Forest Pathology*, 48(1): e12375.
- Mota, M. M., Vieira, P., 2008. *Pine wilt Disease: A Worldwide Threat to Forest Ecosystems*. Springer, 405 pages.
- Mullett, M. S., Drenkhan, R., Adamson, K., Boroń, P., Lenart-Boroń, A., Barnes, I., Tomšovský, M., Jánošíková, Z., Adamčíková, K., Ondrušková, E., Queloz, V., Piškur, B., Musolin, D. L., Davydenko, K., Georgieva, M., Schmitz, S., Kačergius, A., Ghelardini, L., Kranjec Orlović, J., Müller, M., Oskay, F., Hauptman, T., Halász, Á., Markovskaja, S., Solheim, H., Vuorinen, M., Heinzelmann, R., Hamelin, R. C., Konečný, A., 2021. Worldwide Genetic Structure Elucidates the Eurasian Origin and Invasion Pathways of *Dothistroma septosporum*, Causal Agent of Dothistroma Needle Blight. *Journal of Fungi*, 7: 111.
- Mutlu, S., Ilhan, V., Turkoglu, H. I., 2016a. Mistletoe (*Viscum album*) Infestation in the Scots Pine Stimulates Drought-Dependent Oxidative Damage in Summer. *Tree physiology*, 36(4): 479-489.
- Mutlu, S., Osma, E., Ilhan, V., Turkoglu, H. I., Atici, O., 2016b. Mistletoe (*Viscum album*) Reduces the Growth of the Scots Pine by Accumulating Essential Nutrient Elements in its Structure as a Trap. *Trees*, 30(3): 815-824.
- OGM, 2019. Ormançılık İstatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx?> (Erişim tarihi:18/10/ 2020)
- Oskay, F., Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Aday Kaya, A. G., 2014. Değişen Dünyada Orman Patojenleri; Yabancı İstilacı Türler ve Ülkemiz Ormançılığı Üzerindeki Tehditler. Sayfa; 475-486, *Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu*. 7-9 Nisan 2014, Bildiriler kitabı, Antalya.
- Oskay, F., Lehtijärvi, A., Dogmuş-Lehtijärvi H. T., Woodward S., 2018a. First Report of *Diplodia sapinea* on *Cedrus libani* in Turkey. *New Disease Reports*, 38: 13-13.
- Oskay, F., Lehtijärvi, A., Dogmuş-Lehtijärvi H. T., Woodward S., Cleary, M., 2018b. *Diplodia* Shoot Blight in Sentinel Plantings in Sweden and Turkey. *Sentinel plantings for detecting alien, potentially damaging tree pests State of the art 2018 COST Conference*, 9–12 October 2018, Abstract book Paper ID: 133 page 45, Campus Sursee, Switzerland.
- Oskay, F., Lehtijärvi, A., Dogmuş-Lehtijärvi H. T., Woodward S., 2018c. Ülkemiz Çam Ormanlarının En Yaygın ve Tehlikeli Hastalığı; *Diplodia* Sürgün Yanıklığı. III. *Türkiye Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu*, 10-12 Mayıs 2018, Artvin.
- Oskay, F., Tunalı, Z., Lehtijärvi, A., Dogmuş-Lehtijärvi H. T., Woodward, S., Mullett, M., 2020a. Dothistroma Needle Blight in *Pinus brutia* Forests of South-Western Turkey: Disease Distribution and Genetic Diversity. *Plant*

Pathology, 69(8): 1551-1564.

- Oskay, F., Laas, M., Mullett, M., Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Woodward, S., Drenkhan R., 2020b. First Report of *Lecanosticta acicola* on Pine and Non-Pine Hosts in Turkey. *Forest Pathology*, 50, E12654. doi.org/10.1111/efp.12654
- Öymen, T., 1975. *Lophodermium pinastri*'nin Biyolojisi, Yayılışı ve Mücadelesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Serisi Nu: 72, 20 sayfa.
- Özkazanç, N. K., 2007. Karabük-Dikmen Ağaçlandırmasında *Melampsora pinitorqua* Rostr.(Çam Sürgün Bükücü Pası) Enfeksiyonunun Sebepleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12): 63-70.
- Özkazanç, N. K., Maden, S., 2013. Some Important Shoot and Stem Fungi in Pine (*Pinus* spp.) and Firs (*Abies* sp.) in Western Blacksea Region, Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1): 32-38.
- Rayner A. D. M., Boddy, L., 1988. *Fungal Decomposition of Wood. Its Biology and Ecology*. Wiley, Chichester.
- Rigling, A., Eilmann, B., Koechli, R., Dobbertin, M., 2010. Mistletoe-Induced Crown Degradation in Scots Pine in a Xeric Environment. *Tree physiology*, 30(7): 845-852.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M.L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabo, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A.M., Webber, J., Woodward, S., Stenlid, J., 2013. Biogeographical Patterns and Determinants of Invasion by Forest Pathogens in Europe. *New Phytologist*, 197: 238-250.
- Schmidt, O., 2006. *Wood and Tree Fungi Biology, Damage, Protection, and Use*. Springer.
- Schwarze, F. W. M. R., Engels, J., Mattheck, C., 2000. *Fungal Strategies of Wood Decay in Trees*. Springer-Verlag. 185 pages, Berlin.
- Selik, M., 1988. *Odun Patolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın Nu: 3511/392, İstanbul.
- Soylu, S., Kurt, Ş., Soylu, E., 2001. Determination of Important Fungal Disease Agents on Pine Trees in the Kahramanmaraş Regional Forests. *Journal of Turkish Phytopathology*, 30: 79.
- Stanosz, G., Blodgett, J., Smith, D., Kruger, E., 2001. Water Stress and *Sphaeropsis sapinea* as a Latent Pathogen of Red Pine Seedlings. *New Phytologist*, 149(3): 531-538.
- Sturrock, R. N., Frankel, S. J., Brown, A. V., Hennon, P. E., Kliejunas, J. T., Lewis, K. J., Woods, A. J., 2011. Climate Change and Forest Diseases. *Plant pathology*, 60(1): 133-149.
- Sümer, S., 1982a. *Batı Karadeniz Bölgesi, Özellikle Bolu Çevresinde Bulunan Odun Tahripçisi Mantarlar*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın

Nu: 2907/312, 194 sayfa, İstanbul.

- Sümer, S., 1982b. Çam, Gürgen, Kavak, Kayın, Kestane, Kızılağaç Ve Meşe Tomruklarında Depo Şartlarında Ortaya Çıkan Değişmeler Ve Gelen Mantarlar Üzerinde Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2912/317, İstanbul.
- Szmidla, H., Tkaczyk, M., Plewa, R., Tarwacki, G., Sierota, Z., 2019. Impact of Common Mistletoe (*Viscum album* L.) on Scots Pine Forests. A Call for Action. *Forests*, 10(10): 847.
- Tunalı, Z., Oskay, F., Doğmuş-Lehtijarvi, H. T., 2018. Burdur İli Kızılağaç (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında İbre Yanıklığı ve Dökümüne Neden Olan Fungal Etmenlerin Moleküler Yöntemlerle Tespiti. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2): 628-636.
- Ullmann, I., Lange, O. L., Ziegler, H., Ehleringer, J., Schulze, E. D., Cowan, I. R., 1985. Diurnal Courses of Leaf Conductance and Transpiration of Mistletoes and Their Hosts in Central Australia. *Oecologia*, 67: 577-587.
- Ünal, F., Koca, E., Aşkin, A., Kurbetli, İ., Sarpkaya, K., 2018. Identification and Virules of Sphaeropsis Tip Blight (*Sphaeropsis sapinea*) on *Pinus* spp. in Istanbul and Bursa Parks. *Acta Biologica Turcica*, 31(1): 18-21.
- Ünaldı, Ü. E., 2004. Nesli Tehlikedeki Ağaç: Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1): 67-80.
- Ünlügil, H., Ertaş, A., 1993. İstanbul Yakınlarındaki Çam Ağaçlarında *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dylco & Sutton Mantar Hastalığı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 43(1): 131-138.
- Uzunovic, A., Webber, J. F., 1998. Comparison of Bluestain Fungi Grown in Vitro and in Freshly Cut Pine Billets. *European Journal of Plant Pathology*, 28(5): 323-334.
- Uzunovic, A., Byrne, T., Gignac, M., Yang, D. Q., 2008. *Wood Discolourations & Their Prevention With an Emphasis on Bluestain*. FP Innovations, 48 pages, Canada.
- Vural, M., Gümüşdere, İ., Karal, M., 1985a. Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Mıntıkasında Madra Serisi Karaçam Plantasyonlarında Zararı Tespit Edilen Bir Pas Mantarı Üzerinde Çalışmalar. Kayak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni, Nu: 21
- Vural, M., Gümüşdere, İ., Karal, M., 1985b. Marmara Bölgesi Işıktepe ve Çenedağ Ağaçlandırma Sahalarında Tasallutu Tespit Edilen bir Pas Mantarı Üzerine Araştırmalar. Kayak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni, Nu: 22.
- Vural, M., Gümüşdere, İ., Karal, M., 1986. Marmara Bölgesi Işıktepe ve Çenedağ Ağaçlandırma Sahalarında Tasallutu Tespit Edilen Bir Pas Mantarı Üzerine Çalışmalar. Kayak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni, 22-2.
- Vural, M., Tunçtaner, K., 1971. *Pinus maritima* Mill. ile Tesis Edilmiş Genç

- Plantasyonlarda Tasallutu Tespit Edilen *Melampsora pinitorqua* Rost.'ya Karşı Kimyasal Mücadele Çalışmaları. *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni*, (5-6): 39-54.
- Watt, M. S., Ganley, R. J., Kriticos, D. J., Manning, L. K., 2011. *Dothistroma* Needle Blight and Pitch Canker: the Current and Future Potential Distribution of Two Important Diseases of *Pinus* Species. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(2): 412-424.
- Woodward, S., 1998. *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact, and Control*. CABI.
- Yeltekin, Ş., 2015. Kerpe Araştırma Ormanı Konifer Türlerinde *Diplodia* spp'den Kaynaklanan Kozalak ve Sürgün Enfeksiyonlarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hatice Tuğba Doğmuş Lehtijarvi, 75 sayfa, Isparta,
- Yalçın, M., Doğan H. H., Akçay, Ç., 2019. Identification of Wood-Decay Fungi and Assessment of Damage in Log Depots of Western Black Sea Region (Turkey). *Forest Pathology*, 49: e12499.
- Yüksel, B., Akbulut, S., Keten, A., 2005. Çam Ökseotu (*Viscum album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman)'nun Zararı, Biyolojisi ve Mücadelesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 6(2): 111-124.
- Zabel, R. A., Morrell, J. J., 1992. *Wood Microbiology Decay and Its Prevention*. Elsevier.
- Zlatkovic, M., Keca, N., Wingfield, M. J., Jami F., Slippers, B., 2017. New and Unexpected Host Associations for *Diplodia sapinea* in the Western Balkans. *Forest Pathology*, 47(3): e12328.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

30

KARAÇAM ORMANLARININ BÖCEKLERİ

1. Giriş

Böcekler yaşam döngülerinin bir kısmında ya da tamamında suda, karada veya toprak içinde bulunabilirler. Tek başlarına, sürüler halinde, yarı sosyal veya sosyal halde yaşamlarını sürdürürler. Böcekler belki de tüm hayvanların en başarılı grubudur. Bu başarılarındaki önemli etkenlerden bazıları; uzun mesafelere gitmelerini sağlayan uçuş yetenekleri, hızlı çoğalabilmeleri, zor ortam koşullarını değişik yaşam döngüleri ile atlatabilmeleridir. Ayrıca çok değişik besin grupları ile beslenebilmektedirler (Gullan ve Cranston, 2012). Böceklerin dünyadaki tür sayısı konusunda tam bir fikir birliği bulunmamaktadır. Sayının 1,5–5,5 milyon arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte 1 milyon civarında tanımlanmış tür bulunmaktadır (Nigel, 2018).

İnsanoğlu böceklerle olan ilişkisini yararlı ve zararlı olarak sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırma tamamen böceklerin insanların menfaatine yarar sağlayıp sağlamadıklarına dayanır. Doğada ise böceklerin düzen içindeki yerleri oldukça karışıktır ve anlaşılması zordur. Bal arısı (*Apis mellifera* Linnaeus) insanlara bal üretmekle doğrudan fayda sağlarken bitkiler arasında tozlaşmaya yardımcı olarak dolaylı katkılarda bulunur. İpek böceği (*Bombyx mori* (Linnaeus)) insanlar tarafından yüzyıllar öncesi evcilleştirilmiş ve ürettiği ipekten çok değerli giysiler yapılmıştır (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998). İnsan besini olarak kullanılan buğday ve arpa gibi hububatlarla zarar yapan *Sitophilus granarius* (Linnaeus) (Buğday biti), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Pirinç biti) ve *Tribolium castaneum* (Herbst) (Un biti) ise önemli türlerdendir (Bağcı ve ark., 2014). Bazı böcek türleri ise insanlar için çok tehlikeli olan virüsleri taşımaktadır. *Aedes aegypti* (Linnaeus) ve *Aedes albopictus* (Skuse), Zika virüsün taşıyıcılarıdır (Musso ve Gubler, 2016).

Son yıllarda gelişen uluslararası ticaret ile ülkeler kendi doğal türleri dışında yeni biyolojik zararlılar ile mücadele etmek zorunda kalmaktadır. Bunlar içinde böcekler önemli yer tutmaktadır. Türkiye’de doğal olarak bulunan iki şimşir (*Buxus*) türü *B. sempervirens* L. (Adi şimşir) ve *B. balearica* Lam.

¹ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı, İstanbul, E-mail: hizal@iuc.edu.tr

(Uzun yapraklı şimşir) doğal yayılış alanı Asya'nın doğusu olan *Cydalima perspectalis* (Walker) tarafından tahrip edilmiş ve çoğu yerde bu türlerin varlıkları tehlike altına girmiştir (Hızal ve ark., 2012; Öztürk ve ark., 2016; Kaygın ve Taşdeler, 2019).

Pinus nigra Arnold. subsp *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Türkiye'nin en yaygın ve ekonomik açıdan önemli yerli kozalaklı ağaçlarından biridir. Türkiye'de karaçamın çeşitli varyetelerinin bulunduğu bilinmektedir. Yayılış alanı Karadeniz, Marmara, Ege ve İç Anadolu Bölgeleri ile Toros Dağları'dır. 400-2100 metre arasındaki yükseklikleri tercih eder (Akkemik, 2018). Ülkemizde Yaklaşık 4,7 milyon hektarlık bir alana sahiptir (OGM, 2014).

Bu çalışmada Türkiye'nin önemli orman ağaçlarından olan Anadolu Karaçamı'nda beslenmek suretiyle zarar yapan ülkemizde doğal olarak bulunan bunlarla birlikte son yıllarda ithalatın artmasıyla dışarıdan gelen böcek türleri incelenmiştir. Çalışmada mevcut yazılı kaynaklar incelenerek bir değerlendirme yapılmıştır. Karaçam türüne arız olan böcekler üzerine yapılan çalışmaların bulguları bir araya getirilmiş ve değerlendirilmiştir.

Karaçamlarda zarar yapan türleri kabuk-kambiyumunda, kozalak ve tohumlarında, köklerinde, odununda, tomurcuk ile sürgünlerinde ve yapraklarında zarar yapanlar şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

2. Karaçam Kabuk ve Kambiyumuna Zarar Yapan Böcekler

Kabuk ve kambiyumda zarar yapan türlerin büyük kısmını coleoptera takımının Scolytinae alt familyasına ait türler oluşturmaktadır (Çizelge 1). Bu türler genel olarak ikinci (sekonder) zararlıdır. Ancak yetiştirme ortamı isteklerine uygun olmayan alanlardaki karaçamlarda birinci (primer) duruma geçerek ölümlere neden olabilmektedir.

3. Karaçam Kozalak ve Tohumlarında Zarar Yapan Böcekler

Kozalak ve tohumlarda zarar yapan türler Hemiptera takımının Coreidae familyasına ve Lepidoptera takımının Pyralidae ve Tortricidae familyalarına aittir (Çizelge 2). Bu türlerden *Dioryctria mendacella* ve *Cydia conicolana*'nın larvaları kozalak yüzeyine yakın yerlerde zarar yapmaktadır.

Çizelge 1. Kabuk-kambiyumda zarar yapanlar.

Takım	Familiya	Tür	Kaynak
Coleoptera	Buprestidae	<i>Phaenops cyanea</i> (Fabricius)	Tozlu ve Ozbek, 2000; Akkuzu, 2004; Yardibi ve Tozlu, 2013
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Carphoborus pini</i> (Eichhoff)	Selmi, 1998
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Crypturgus cinereus</i> (Herbst)	Selmi, 1998; Cebeci, 2003;
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Crypturgus pusillus</i> (Gyllenhal)	Selmi, 1998; Sarıkaya, 2008; Sarıkaya ve Kavaklı, 2018
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Hylastes angustatus</i> (Herbst)	Selmi, 1998; Sarıkaya, 2008; Sarıkaya ve Avcı, 2011
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Hylastes ater</i> (Paykull)	Selmi, 1998
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Hylurgops palliatus</i> (Gyllenhal)	Beşçeli, 1969a; Selmi, 1998
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Hylurgus ligniperda</i> (Fabricius)	Selmi, 1998; Sarıkaya ve Yıldırım, 2011; Sarıkaya ve Avcı, 2011
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Ips acuminatus</i> (Gyllenhal)	Selmi, 1998
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Ips mansfeldi</i> (Wachtl)	Selmi, 1998; Sarıkaya ve Yıldırım, 2011;
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Ips sexdentatus</i> (Boerner)	Defne, 1954; Sarıkaya ve Yıldırım, 2011; Akkuzu ve Güzel, 2015; OGM, 2016; Şimşek ve ark., 2017a
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Orthotomicus erosus</i> (Wollaston)	Selmi, 1998; OGM, 2016; Meteris ve Yıldız, 2019
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Orthotomicus laricis</i> (Fabricius)	Selmi, 1998
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Orthotomicus longicollis</i> (Gyllenhal)	Selmi, 1998; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Sarıkaya ve Yıldırım, 2011
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Orthotomicus pinivora</i> Schedl	Selmi, 1998
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Orthotomicus proximus</i> (Eichhoff)	Selmi, 1998; Cebeci, 2003
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Pityogenes bidentatus</i> (Herbst)	Selmi, 1998;
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Pityogenes bistridentatus</i> (Eichhoff)	Selmi, 1998;
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Pityogenes quadridens</i> (Hartig)	Selmi, 1998
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Tomicus minor</i> (Hartig)	Selmi, 1998; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; OGM, 2016
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familiya-Scolytinae)	<i>Tomicus piniperda</i> (Linnaeus)	Selmi, 1998; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; OGM, 2016

Çizelge 2. Kozalak ve tohumlarda zarar yapanlar.

Takım	Familya	Tür	Kaynak
Hemiptera	Coreidae	<i>Leptoglossus occidentalis</i> (Heidemann)	Arslangünoğdu ve Hızal, 2010; Hızal, 2011;2012, Hızal ve İnan 2012; OGM, 2016; Oğuzoğlu ve Avcı, 2018; 2020; Özgen ve ark., 2017; İpekdal ve ark., 2019
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Dioryctria mendacella</i> (Staudinger)	Can ve Özçankaya, 2006; Özçankaya ve Balay, 2011; OGM, 2016; Özek ve Avcı, 2017
Lepidoptera	Tortricidae	<i>Cydia conicolana</i> (Heylaerts)	Cebeci, 2003

4. Karaçam Köklerine Zarar Yapan Böcekler

Köklerde zarar yapan türler Coleoptera takımının Scarabaeidae familyasına ait türlerdir (Çizelge 3). Bu türlerin larvaları karaçamların fide ve gençliklerin köklerini yiyerek önemli zararlara neden olmaktadır. Erginler ise iğne yaprakları yemek suretiyle zarara yol açarlar.

Çizelge 3. Köklerde zarar yapanlar.

Takım	Familya	Tür	Kaynak
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Anoxia orientalis</i> (Krynicky)	Çanakçıoğlu ve Mol, 2000
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Melolontha melolontha</i> (Linnaeus)	Çanakçıoğlu ve Mol, 2000; OGM, 2016
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Polyphylla fullo</i> (Linnaeus)	Çanakçıoğlu ve Mol, 2000; OGM, 2016

5. Karaçam Odununa Zarar Yapan Böcekler

Odunda zarar yapan türler Coleoptera takımının Cerambycidae ile Curculionidae familyasının alt familyası olan Scolytinae ile Hymenoptera takımının Siricidae familyasına ait türlerdir (Çizelge 4). Bu türler canlı, ölmekte veya ölmüş karaçamlarda zarar yapmaktadır.

6. Karaçam Tomurcuk ve Sürgünlerinde Zarar Yapan Türler

Tomurcuk ve sürgünlerde zarar yapan türler Lepidoptera takımının Tortricidae familyasına aittir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Odununda zarar yapanlar.

Takım	Familiya	Tür	Kaynak
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Acanthocinus aedilis</i> (Linnaeus)	Çanakçıoğlu ve Mol, 1998
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Arhopalus rusticus</i> (Linnaeus)	Dayı ve Akbulut, 2018;
Coleoptera	Curculionidae (Alt Familya- Scolytinae)	<i>Xyleborus eurygraphus</i> (Ratzeburg)	Selmi, 1998
		<i>Xyloterus lineatus</i> (Olivier) (Odun)	Selmi, 1998
Hymenoptera	Siricidae	<i>Sirex noctilio</i> (Fabricius)	Özkazanç, 1986; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998
Hymenoptera	Siricidae	<i>Urocerus gigas</i> (Linnaeus)	Özkazanç, 1986; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998
Hymenoptera	Siricidae	<i>Xeris spectrum</i> (Linnaeus)	Özkazanç, 1986; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998

Çizelge 5. Tomurcuk ve Sürgünlerde zarar yapanlar.

Takım	Familiya	Tür	Kaynak
Lepidoptera	Tortricidae	<i>Rhyacionia buoliana</i> (Denis & Schiffermüller)	Çanakçıoğlu ve Mol, 2000; Arslantaş, 2007; OGM, 2016

7. Karaçam İbrelere Zarar Yapan Böcekler

Karaçam yapraklarında zarar yapan türler Hemiptera takımının Diaspididae, Hymenoptera takımının Diprionidae, Lepidoptera takımının Notodontidae familyalarına aittir (Çizelge 6). *Leucaspis pusilla* dışındaki türler karaçamların iğne yapraklarını yemek suretiyle gelişimlerini yavaşlatırlar. Üst üste yapılan zararlar sonucu ağaçlar zayıf düşerek diğer zararlılara açık hale gelirler. *Leucaspis pusilla* ise iğne yaprakların üzerine yerleşerek beslenir ve ibrenin dökülmesine sebep olur.

Çizelge 6. Yapraklarında zarar yapanlar.

Takım	Familiya	Tür	Kaynak
Hemiptera	Diaspididae	<i>Leucaspis pusilla</i> Löw	Selmi, 1979; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; 2000; Ülgentürk ve ark., 2008; 2012; Yaşar ve Küçükçakal, 2013; Kaymak ve Yaşar, 2017; Yaşar, 2017
Hymenoptera	Diprionidae	<i>Diprion pini</i> (Linnaeus)	OGM, 2016; Şimşek ve Kondur, 2016; Yıldırım ve Yıldız, 2019;
Hymenoptera	Diprionidae	<i>Neodiprion sertifer</i> (Geoffroy)	Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Oğurlu ve Avcı, 1998; Akıncı ve Avcı, 2016; OGM, 2016
Lepidoptera	Notodontidae	<i>Thaumetopoea wilkonsoni</i> Tams	Altunışık ve Avcı, 2016; Yüksel ve ark., 2019
Lepidoptera	Notodontidae	<i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Denis & Schiffermüller)	Beşçeli, 1969b; Can ve Özçankaya, 2003; Sarıkaya, 2004; OGM, 2016; Şimşek ve ark., 2017b; Yüksel ve ark., 2019

8. Tartışma ve Sonuç

Çizelgeler incelendiğinde Anadolu Karaçamı üzerinde zarar yapan türlerin Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera takımlarına ait olduğu görülmektedir. Bunlar içinde Coleoptera takımının türleri önemli bir yer tutmaktadır. Böceklerin Karaçam'ndaki zarar yerleri kabuk-kambiyumunda, kozalak ve tohumlarında, köklerinde, odununda, tomurcuk ile sürgünlerinde ve yapraklarında olmak üzere değişmektedir.

Kabuk ve kambiyumda zarar yapan türler içinde *Hylastes ater* (Paykull), *Ips sexdentatus* (Boerner), *Orthotomicus erosus* (Wollaston), *Tomicus minor* (Hartig), *Tomicus piniperda* (Linnaeus) önemli bir yer tutmaktadır. *H. ater* genel olarak yılda bir döl vermekle birlikte sıcak bölgelerde bu sayı iki döl çıkabilmektedir. Uçma zamanı Nisan-Mayıs ayları içerisindeydir. Bu nedenle erken uçan kabuk böceklerinden kabul edilmektedir. Genç kültürlerde önemli zararlar meydana getirir ve ölümlere neden olurlar (Selmi, 1998). *Ips sexdentatus* Türkiye'deki en büyük *Ips* cinsinin türüdür. Yılda iki (bazen 3) döl veren bu türün birinci uçma zamanı Nisan-Mayıs ikincisi ise Haziran-Temmuz aylarına rastlar. Kalın kabuklu ağaçları tercih etmesine rağmen zaman zaman ince kabuklularıda tercih eder. Üremek için değişik nedenlerle zayıf düşmüş ağaçları tercih etmekle birlikte kısa zamanda kitle üremesi yaparak sağlıklı ağaçlara arız olabilmektedir (Defne, 1954; Sarıkaya ve Yıldırım, 2011; Akkuzu ve Güzel, 2015; OGM, 2016; Şimşek ve ark., 2017b). *Orthotomicus erosus* (Wollaston) yıllık döl sayısı üç olmakla beraber bu sayının beşe kadar çıktığı olur. Yılda üç döl verdiğinde birinci uçma zamanı Nisan, ikincisi Haziran ve üçüncüsü sonbahara denk gelmektedir. Bu tür zayıf düşmüş ağaçların tüm yaş sınıflarında zarar yapabilmektedir. Anadolu karaçamı dışında ülkemizde bulunan diğer çam türlerinde de özellikle kızılçamda önemli zararlara neden olmaktadır (Selmi, 1998; OGM, 2016). *Tomicus minor* ve *Tomicus piniperda* Anadolu karaçamı dışında Türkiye'deki tüm çam türlerinde de görülürler yılda bir döl verirler. Bu türlerde olgunluk ve regenerasyon yiyimleri görülür. Zayıf düşmüş ağaçları tercih ederler. *Tomicus minor*'ün çok uzun olan ana yolları ve bu yolların diri oduna fazlaca girmiş olması iletim demetlerini kesmekte ağacın kısa zamanda ölmesine neden olmaktadır (OGM, 2016). Kabuk ve kambiyumda zarar yapan türler incelendiğinde değişik sebepler nedeniyle zayıf düşmüş (fırtına, kar zararı görmüş ya da yetiştirme isteklerine uygun olmayan yerlerde bulunan) ağaçları tercih eden türler ön plana çıkmaktadır.

Kozalak ve tohumlarda zarar yapan türler içinde en önemli tür *Leptoglossus occidentalis*'tir. Türkiye'de ilk defa 2009 yılında kayıt altına alınan bu tür Kuzey Amerika kökenlidir. Avrupa'da 1999 yılında görülmüş buradan tüm Avrupa'ya oradan da Türkiye'ye sıçramıştır (Arslangündoğdu ve Hızal, 2010). Türkiye'de hemen hemen tüm çam sahalarında görülmektedir. *Leptoglossus occidentalis* özellikle çam türlerinin tohumlarını tercih eden bir zararlıdır. Nimf ve ergin dönemlerinde kozalağın içindeki tohumların yağ ve proteinlerini emerek tüketir. Tohum gelişimini tamamlasa bile içi ya boş kalmakta ya da çimlenme için gerekli besinleri içermemektedir. Karaçamın tohum veriminin azalmasına

sebeplere sebebiyle en önemli zararlılardan biridir (Hızal, 2011; 2012, Hızal ve İnan 2012; OGM, 2016; Oğuzoğlu ve Avcı, 2018; 2020; Özgen ve ark., 2017; İpekdağ ve ark., 2019).

Köklerde zarar türler Coleoptera takımının Scarabaeidae familyasına ait türlerdir. *Melolontha melolontha* fidanlık ve kültürler için önemli bir sorundur. Gelişimini üç yılda tamamlayan bu türün larvaları bitkinin kökleri beslenmektedir. Ergin hale geldiğinde yapraklara gider ve burada beslenmeye devam eder (OGM, 2016).

Odun zarar yapan türlerin zararı genellikle odun kalitesinin düşmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu türlerin kabuk ve kambiyumda zarar yapan türler kadar epidemiyi yapmamaktadırlar. Bu nedenle Anadolu karaçamı için büyük öneme sahip değildirler (Özkazanç, 1986; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998).

Rhyacionia buoliana yaptığı zarar ile karaçam gençliklerinde Postacı Boynuzu adı verilen şekil bozukluğuna sebep olarak düzgün gövdelerin oluşumunu engeller. Tomurcuk ve sürgünlerde zarar yapan en önemli zararlı olarak kabul edilir (OGM, 2016).

Yapraklarında zarar yapan türler içinde *Thaumetopoea pityocampa* ve *Thaumetopoea wilkinsoni* (Çamkese böcekleri) en bilinen türlerdir. Oluşturdukları keseler ile kolayca fark edilirler. Ayrıca üzerlerindeki kıllar şiddetli alerjiye (kaşınmaya) sebep olmaktadır. Bundan dolayı insanlarda dahil olmak üzere pek çok canlının uzak durduğu bir zararlıdır. Larvaları iğne yaprakları yiyerek zarar verir. Üst üste yapılan zarar sonucu ağaç zayıf düşer sekonder zararlı türlere açık hale gelir (Can ve Özçankaya, 2003; Sarıkaya, 2004; OGM, 2016; Şimşek ve ark., 2017b; Yüksel ve ark., 2019).

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da zarar yapan türler bitkinin değişik kısımları ile beslenmektedir. Yetiştirme ortamı isteklerine uygun olmayan yerlerde bulunan veya başka sebeplerden dolayı zayıf düşmüş bireyler özellikle sekonder karakterli zararlı böcekler (*Ips sexdentatus*, *Orthotomicus erosus* gibi) için uygun yaşam ortamı oluşturmakta kısa zamanda primer zararlı duruma geçmelerini neden olmaktadır. Bu nedenle bu türün yeni dikim alanlarında yaşam isteklerinin karşılanıp karşılanmadığı iyice araştırılmalıdır.

İstilacı bir tür olan *Leptoglossus occidentalis*'in karaçam için gelecek yıllarda önemli bir sorun olacağı düşünülmelidir. Bu nedenle başta tohum bahçeleri olmak üzere yayılış gösterdiği alanlarda bu zararlı tür izlenmelidir.

Anadolu karaçamının varlığını tehdit eden zararlı böcek türlerin sürekli olarak izlenmesi ve bunlarla mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi, uygulanması bu türün gelecek yıllarda da ekonomik değerini korunması açısından önemlidir.

Kaynaklar

- Akıncı, Z. E., Avcı, M., 2016. *Neodiprion sertifer*'in Göller Bölgesi Ormanlarında Biyolojisi ve Doğal Düşmanları. *Turkish Journal of Forestry*, 17 (1): 30-36.
- Akkemik, Ü. (Ed.), 2018. *Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalılırları I*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 684 sayfa, Ankara.

- Akkuzu, E., Güzel, H., 2015. Edge Effects of *Pinus nigra* Forests on Abundance and Body Length of *Ips sexdentatus*. *Izvorni znanstveni članci*, 9–10: 447-453.
- Akkuzu, E., 2004. Hendek Orman İşletme Müdürlüğü Ormanlarında Entomolojik Problemler. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Torul Mol, 220 sayfa, İstanbul.
- Altunışık, A., Avcı, M., 2016. Isparta Çam Ormanlarında Çam Kese Böceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams, 1926) (Lep.: Notodontidae) Zararının Artım Üzerine Etkisi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 6 (3): 231-244.
- Arslangündoğdu, Z., Hızal, E., 2010. The Western Conifer Seed Bug, *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910), Recorded in Turkey (Heteroptera: Coreidae). *Zoology in the Middle East*, 50 (1): 138–139.
- Arslantaş, S., 2007. Kayseri (Yahyalı)'da Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'larda zararlı olan Çam Sürgün Bükücüsü, (*Rhyacionia buoliana* (Den.&Schiff): Lepidoptera-Tortricidae)'nın Biyolojisi ve Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ziya Şimşek, 53 sayfa, Ankara.
- Bağcı, F., Yılmaz, A., Ertürk., S., 2014. Ankara ili Hububat Depolarında Bulunan Zararlı Böcek Türleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 54 (1): 69-78.
- Beşçeli, Ö., 1969a. Büyükdüz Araştırma Ormanının Zararlı Böceklerin Biyolojisi Koruyucu Tedbirler Ve Mücadelesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi Nu: 33, Ankara.
- Beşçeli, Ö., 1969b. Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.)'nin Biyolojisi ve Mücadelesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi Nu: 35, Ankara.
- Can, P., Özçankaya, İ. M., 2003. Ege Bölgesi Ağaçlandırma Alanlarında Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff) Yumurta Parazitoidlerinin Belirlenmesi. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 152, Müdürlük Yayın Nu:031, Ankara.
- Can, P., Özçankaya, İ. M., 2006. Ege Bölgesi Tohum Bahçelerinde Kozalak Zararlılarının ve Mücadele Yöntemlerinin Belirlenmesi. Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 25.
- Cebeci, H. H., 2003. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü İstanbul İli Ağaçlandırma Alanlarındaki Entomolojik Sorunlar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Tamer Öymen, 205 sayfa, İstanbul.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 1998. *Orman Entomolojisi Zararlı ve Yararlı Böcekler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 4063/451, 541 sayfa, İstanbul.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 2000. *Tohum ve kültür zararlıları*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları Nu: 4210/7, 334 sayfa, İstanbul.
- Dayı, M., Akbulut, S., 2018. Survey for the Detection of *Bursaphelenchus* Insect-Vector Species in the Western Part of Turkey. *Kastamonu University, Journal of Forestry Faculty*, 18 (2): 215-224.
- Defne, M., 1954. *Ips sexdentatus* Boerner Kabuk Böceğinin Çoruh Ormanlarındaki Durumu ve Tevhit Ettiği Zararlar. *İstanbul Üniversitesi*

- Orman Fakültesi Dergisi*, 4 (2): 80–91.
- Gullan, P. J., Cranston, P. S., 2012. *The Insects: an Outline of Entomology*. Çeviri Editörü: Ali Gök, Nobel Akademik Yayıncılık, 564 sayfa.
- Hızal E., 2011. Türkiye’de İğne Yapraklı Ağaçlarda Yeni Bir Tohum Zararlısı *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910). Sayfa: 198–201, Türkiye I. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, 23-25 Kasım 2011, Antalya.
- Hızal E., 2012. Two Invasive Alien Insect Species, *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) and *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae), and Their Distribution and Host Plants in Istanbul. *Florida Entomologist*, 95 (2): 344–349.
- Hızal E., İnan M., 2012. *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910) is an Invasive Insect Species. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 14: 56–61.
- Hızal, E., Köse, M., Yeşil, C., Kaynar, D., 2012. The New Pest *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11 (3): 400-403.
- İpekdal K., Oğuzoğlu Ş., Oskay F., Aksu Y., Doğmuş Lehtijärvi H. T., Lehtijärvi A. T., Can T., Aday Kaya A. G., Özçankaya M., Avcı, M., 2019. *Western Conifer Seed Bug Leptoglossus occidentalis* Heidemann (1910) (Hemiptera: Coreidae) Current Situation in the World and Turkey. Turkish General Directorate of Forestry, Ankara.
- Kaygın, A. T., Taşdeler, C., 2019. *Cydalima perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae, Spilomelinae)’in Türkiye’de Coğrafi Yayılışı, Yaşam Döngüsü ve Zararı. *Batın Orman Fakültesi Dergisi*, 21 (3): 833-847.
- Kaymak, A., Yaşar, B., 2017. Manisa İli Park ve Süs Bitkilerinde Bulunan Diaspididae (Hemiptera:Coccomorpha) Türlerinin Saptanması. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 7 (1): 41-53.
- Meteris, K., Yıldız, Y., 2019. Mersin Orman İşletme Müdürlüğünde Akdeniz Çam Kabuk Böceği *Orthotomicus erosus* (Wollaston, 1857)’ün Popülasyon Yoğunluğunun Feromon Tuzakları ile Belirlenmesi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 2 (2): 178-194.
- Musso, D., Gubler, D. J., 2016. Zika Virus. *Clinical Microbiology Reviews*, 29: 487–524.
- Nigel, E. S., 2018. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth?. *Annual Review of Entomology*, 63 (1): 31–45.
- OGM, 2014. *Türkiye Orman Varlığı*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayın Nu: 115, 28 sayfa, Ankara.
- OGM, 2016. *Orman Bitkisi ve Bitkisel Ürünlerine Arız Olan Zararlı Organizmalar ile Mücadele Yöntemleri*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Zararlılarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı, 296 sayfa, Ankara.
- Oğurlu, İ., Avcı, M., 1998. Isparta Ormanlarında Zararlı Böcekler ve Mücadele Çalışmaları. Sayfa: 253-259, *Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta’nın Dünü, Bu Günü ve Yarını Sempozyumu II*, 16-17 Mayıs, Isparta.
- Oğuzoğlu Ş., Avcı M., 2018. Isparta ve Burdur İllerinde *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Hemiptera: Coreidae)’e Ait Gözlemler Ve Türkiye’deki

- Durumu. Sayfa: 13-14, III. *Türkiye Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu* 10-12 Mayıs, Bildiri Özetleri Kitabı, Artvin.
- Oğuzoğlu Ş., Avcı, M., 2020. Türkiye'de *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Hemiptera:Coreidae) Üzerine Biyolojik Gözlemler, Parazitoitleri ve Yayılışına Katkıları. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 7 (1): 9-21.
- Özçankaya, İ. M., Balay, N. S., 2011. Ege Bölgesi'nde Çam Türlerinin Kozalaklarında Zarar Yapan *Dioryctria* (Lep., Pyralidae) Türleri ve Doğal Düşmanları. Sayfa: 138-143, *Türkiye I. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 23-25 Kasım, Antalya.
- Özek, T., Avcı, M., 2017. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Göknar, Çam ve Sedir Ormanlarında Tespit Edilen Kozalak Zararlıları. *Turkish Journal of Forestry*, 18(3): 178-186.
- Özgen İ., Dioli P., Çelik V., 2017. New and Interesting Record of Western Conifer Seed Bug: *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910) (Heteroptera: Coreidae) in Eastern Turkey. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (5): 830-833.
- Özkazanç, O., 1986. *Türkiye'de İğne Yapraklı Ağaçlarda Zarar Yapan Siricidae (Hymenoptera) Türleri Üzerine Araştırmalar*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi Nu: 174.
- Öztürk, N., Akbulut, S., Yüksel, B., 2016. Düzce İçin Yeni Bir Zararlı *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae). *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 12 (1): 112-121.
- Sarıkaya, O., 2004. Isparta Yöresinde *Thaumetopoea pityocampa* (Den.&Schiff.) (Lep.:Thaumetopoeidae)'nın Yumurta Koçmaları Üzerine Araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 1-11.
- Sarıkaya, O., 2008. Batı Akdeniz Bölgesi İğne Yapraklı Ormanlarının Scolytidae (Coleoptera) Faunası. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Mustafa Avcı, 240 sayfa, Isparta.
- Sarıkaya, O., Avcı, M., 2011. Bark Beetle Fauna (Coleoptera:Scolytinae) of the Coniferous Forests in The Mediterranean Region of Western Turkey, with a New Record for Turkish Fauna. *Turkish Journal of Zoology*, 35(1): 33-47.
- Sarıkaya, O., Kavaklı, S. A., 2018. Faunistic Observations on Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in Afyonkarahisar Region of Turkey. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 7(6): 277-282.
- Sarıkaya, O., Yıldırım, S., 2011. Isparta-Aksu Yöresi İğne Yapraklı Ormanlarının Scolytinae (Coleoptera:Curculionidae) Türleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (20): 38-50.
- Selmi, E., 1979. Marmara Bölgesinde İğne Yapraklı Ağaçlarda Zarar Yapan Coccoidea (Homoptera) Türleri Üzerinde Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 29A (1): 92-127.
- Selmi, E., 1998. *Türkiye Kabuk Böcekleri ve Savaşı*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları Nu: 4042/10, ISBN: 975-404-466-X, İstanbul.
- Şimşek, Z., Kondur, Y., 2016. Çankırı *Pinus* spp. Orman Alanında *Diprion pini* L. (Hymenoptera:Diprionidae)'nin Biyolojisi ve Zarar Durumu. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 2 (1-2): 4-12.

- Şimşek, Z., Kondur, Y., Kurt, E., 2017a. Çankırı (Eldivan) Karaçam Ormanlarında Bulunan Çam Keseböceği [*Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)]'nin Yumurta Parazitoitlerinin Tespiti ile Etkinliği Üzerinde Araştırmalar. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3 (2): 2010-2018.
- Şimşek, Z., Öner, N., Kondur, Y., Çalışgan, M., Buçan, M., 2017b. Çankırı (İlgaz-Hızardere) Karaçam ve Sarıçam Ormanlarında Oniki Dişli Çam Kabukböceği [*Ips sexdentatus* (Börner) (Coleoptera: Curculionidae)] Salgınına İklim ve Toprak Yapısının Etkileri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3 (1): 79-92.
- Tozlu, G., Özbek, H., 2000. Erzurum, Erzincan, Artvin ve Kars İlleri Buprestidae (Coleoptera) Familyası Türleri Üzerinde Faunistik Ve Taksonomik Çalışmalar I. Acmaeoderinae, Polycestinae ve Buprestinae. *Turkish Journal of Zoology*, 24 (Ek sayı): 51-78.
- Ülgentürk, S., Evren, N., Ayhan, B., Dostbil, Ö., Dursun, O., Civelek, H. S., 2012. Scale Insect (Hemiptera:Coccoidea) Species on Pine Trees of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 36 (5): 623-636.
- Ülgentürk, S., Şahin, Ö., Kaydan M. B., 2008. İstanbul İli Yeşil Alan Bitkilerinde Bulunan Coccoidea (Hemiptera) Türleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 48 (1): 1-18.
- Yardibi, M., Tozlu, G., 2013. Karabük İli Buprestidae, Cerambycidae ve Curculionidae (Coleoptera) Türleri Üzerinde Faunistik Çalışmalar. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 136-161.
- Yaşar, B., 2017. *Türkiye'deki Sertkabuklu Bitlerin Konukçu Bitkileri (Hemiptera: Cocomorpha: Diaspididae)*. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, e book ISBN: 978-605-83004-0-8, Isparta.
- Yaşar, B., Küçükçakal, Ü., 2013. Isparta İli Park ve Süs Bitkilerinde Zararlı (Hemiptera: Coccoidea) Türleri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3 (3): 161-168.
- Yıldırım, D., Yıldız, Y., 2019. Bala ve Alemdağ Yöresi Karaçam (*Pinus nigra*) Ormanlarında Zarar Yapan *Diprion pini* (L.) Üzerine Araştırmalar. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 2 (2): 239-250.
- Yüksel, H., İpekdal, K., Kaygın, A. T., 2019. Comparison between Egg Batch and Egg Characteristics of the Two Pine Processionary Moth Species, *Thaumetopoea wilkinsoni* and *T. pityocampa* in Turkey. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 21 (2): 534-542.



**KARAÇAM
ORMANLARINDAN
FAYDALANMA**



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

31

KARAÇAM (*Pinus nigra* Arn.) ODUNUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

1. Giriş

İğne yapraklı ağaç türleri, ülkemiz toplam orman alanlarının yaklaşık %66'sını oluşturmaktadır. Karaçam ormanları yaklaşık 4,7 milyon hektar ile kızılçamdan sonra en yaygın olan çam türümüz olup iğne yapraklı ağaç ormanlarının %33'ünü, toplam orman alanlarımızın ise %22'sini kaplamaktadır. Çoğunluğu doğal ormanlar olmakla birlikte az miktarda (yaklaşık 600 bin hektar) dikimle yetiştirilmiş olan karaçam ağaçlandırmaları da bulunmaktadır (OGM, 2019a).

Karaçam diğer çam türleri içinde kalkerli topraklarda ve hatta kalker kayaları üzerinde yetişebildiği gibi anataşı Porfir, Granit, Gnays, Kuvarsit ve Amfibolit olan sahalarda yetişebilmesi (Sevgi ve ark., 2010), stepe en fazla sokulan ağaç türü olması ve fakir yetiştirme muhitlerinde dahi hayatını devam ettirebilmesi dolayısıyla en geniş yayılışa sahiptir. Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde görülür. Coğrafi olarak geniş yayılışa sahip çam türü olan karaçam ülkemizde 400-2100 m yükseltilerde yer alır (Kalıpsız, 1963). Ülkemiz endüstriyel odun hammaddesinin ve yakacak odun ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan karaçam, aynı zamanda zengin reçine içeriği ile odun dışı orman ürünleri bakımından da ekonomik değeri çok yüksek olan bir ağaç türüdür.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından 2019 yılında üretilen toplam endüstriyel tomruk miktarı yaklaşık 8,5 milyon metreküp olup karaçam 1,75 milyon metreküp ile kızılçamın ardından en çok tomruk üretimi yapılan ikinci ağaç türüdür. Buna göre karaçamın bütün ağaç türlerimizden yapılan toplam tomruk üretimi içerisindeki payı yaklaşık %21'dir. 2019 yılı içerisinde en çok karaçam tomruk üretimi yapılan Orman Bölge Müdürlükleri (OBM), toplam üretimin %13'ü ile Balıkesir OBM, %10,5 ile Kastamonu OBM, %9 ile Denizli OBM ve %7 ile Bursa OBM olmuştur (OGM, 2019b).

Yuvarlak tomruk üretiminin yanı sıra 2019 yılı içerisinde karaçamdan 28.500 metreküp tel direği, 290.000 metreküp maden direği, 60.000 metreküp sanayi odunu, 870.000 metreküp kâğıtlık odun ve 1,8 milyon metreküp lif-yonga odunu üretimi yapılmıştır. Böylece 2019 yılı içerisinde karaçamdan üretilen

¹ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Elmek: dundar@iuc.edu.tr

toplam endüstriyel odun hammaddesi miktarı 4,8 milyon metreküp olarak gerçekleşmiş olup aynı yıl gerçekleştirilen toplam endüstriyel odun hammaddesi üretiminin %22'sini oluşturmaktadır. Aynı yıl karaçam yakacak odun üretim miktarı da 813.000 metreküp olup bu değer toplam yakacak odun üretiminin yaklaşık %15'ine tekabül etmektedir (OGM, 2019b).

Yukarıda özetlenen veriler karaçam ağacının, bütün diğer işlevleri bir yana, bir endüstriyel odun hammaddesi ve enerji kaynağı olarak ekonomik bakımdan önemini tartışmasız bir şekilde ortaya koymaktadır. Karaçam odunu yuvarlak halde tel direği, maden direği ve diğer yapısal maksatlı elemanlar olarak kullanım alanı bulmaktadır. Biçilmiş halde yine başta yapısal maksatlar olmak üzere her türlü kullanım amacı için kereste üretimi (doğrama, mobilya vb.), lamine edilmiş yapısal ürünler (lamine kiriş, dikme, panel vb.), taban döşemesi, duvar ve tavan kaplamaları, palet ve ambalaj malzemeleri üretimi için yaygın olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında kâğıtlık ve lif-yonga odunu olarak ta oldukça fazla miktarda değerlendirilmektedir.

Dünyada masif ya da masif türevi lamine ahşap malzemelerin en yüksek katma değerle ve en fazla miktarda kullanıldığı alan şüphesiz yapısal maksatlı kullanımlardır. Günümüzde küresel iklim değişikliği ile mücadele sürecinde, sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde yenilenebilir doğal kaynaklardan elde edilen ve karbon yutağı olarak önemli bir araç olan ahşap, stratejik bir mühendislik malzemesi haline gelmiş olup yapısal maksatlarla kullanımı bütün dünyada büyük bir ivme ile artmaktadır. Ülkemiz geçmişten gelen zengin ahşap kültürüne rağmen son yüzyılda ahşabı bir yapı malzemesi olarak büyük oranda unutmuş olmakla birlikte, son yıllardaki güçlü küresel eğilimlere paralel olarak yeniden hatırlamak zorunda olduğu aşikârdır.

Bir mühendislik malzemesi olarak ahşabın sahip olduğu fiziksel ve mekanik özellikler onun kullanım yeri performansını belirleyen en önemli faktörlerdir. Bu çalışmanın amacı ülkemiz için son derece önemli bir orman ağacı ve endüstriyel odun hammaddesi kaynağı olan karaçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili olarak ülkemizde bugüne kadar yapılmış olan bilimsel araştırma sonuçlarının değerlendirilmesidir. Böylece ülkemizde yetişen karaçam odununu bir mühendislik malzemesi olarak kullanacak insanlara başvurabilecekleri bir kaynak sunulacaktır.

2. Karaçam Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Yapılmış Olan Temel Araştırmalar

Ülkemizde yetişen karaçam odunlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan ilk kapsamlı araştırma Yener Göker ta-

rafından 1969 yılında tamamlanan doktora tezi olan “Dursunbey ve Elekdağ Karaçamlarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar” isimli çalışmadır. Çalışmanın amacı karaçam odununun teknolojik özelliklerinin tespit edilerek kullanım yerlerinin tetkik edilmesi ve ayrıca yetiştirme ortamı faktörlerinin karaçam odunlarının teknolojik özellikleri üzerine etkisinin bulunup bulunmadığının tespit edilmesi olarak açıklanmıştır (Göker, 1969). Karaçam odunu örnekleri Balıkesir Dursunbey’in güneyinde yer alan Alaçam ormanları ve Sinop Boyabat ile Kastamonu Taşkoprü arasında kalan Elekdağ ormanları olmak üzere iki farklı yetiştirme muhitinden alınan 30 adet ağaçtan temin edilmiştir (Göker, 1969).

Karaçam odununun teknolojik özellikleri üzerine yapılmış diğer lisansüstü tez çalışmaları için Ulusal Tez Merkezinde Karaçam anahtar kelimesi ile arama yapıldığında ilk tez kaydının 1984 yılında başladığı ve 186 adet yüksek lisans ya da doktora tez kaydı bulunduğu görülmektedir. Tezlerin çoğunluğu karaçamın, botanik özellikleri, yetiştirilmesi, ekolojisi, gençleştirilmesi, yetiştirme ortamı özellikleri hasılat ilişkileri, orman zararlıları ve koruma vb. alanlarda yoğunlaşırken, odununun teknolojik özellikleri üzerine yapılan biri doktora tezi olmak üzere 12 adet tez çalışması tespit edilmiştir. Bu çalışmalar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1’de verilen tez çalışmaları incelendiğinde, Göker (1969) tarafından Dursunbey ve Elekdağ yörelerinde yetişen karaçamalarda yapılan doktora tezinden sonra, Gündüz (1999) tarafından bir başka yetiştirme bölgesi olarak Karabük Yenice Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Bakraz bölgesinden elde edilen Camiyanı karaçamlarının teknolojik özellikleri üzerine bir doktora tezi hazırlandığı görülmektedir. Daha sonra 2006 yılında Döğdü ve 2014 yılında Şahin yine Yenice yöresinde yetişen Camiyanı karaçamı odununun teknolojik özellikleri üzerine yüksek lisans tezi hazırlamışlardır. Söz konusu bu alanlar (Dursunbey - Alaçam Dağları ve Karabük - Camiyanı karaçam ormanları) karaçamın en iyi gelişme yaptıkları verimli ormanlardır (Kalıpsız, 1963). Bu tezlerin dışında Steel (1994) hazırladığı yüksek lisans tezinde Ankara bölgesindeki fidanlıklarda yetiştirilen çok genç yaştaki karaçam fidanlarında odun özgül ağırlığının genetik çeşitliliğini araştırmıştır. Özer (2002), yüksek lisans tezinde İstanbul Şile bölgesinden temin ettiği karaçam örneklerinde donmuş ve donmamış odunların teknolojik özellikleri üzerine çalışmıştır. Aşağıdaki çizelgede verilen diğer tez çalışmalarında ise piyasadan temin edilmiş karaçam ke-resteleri üzerinde dinamik yöntemlerle mekanik özellikler tespit edilmiş, emprenye ve ısıl işlemin teknolojik özellikler üzerine etkileri araştırılmış ya da tarihi ahşap yapılardan elde edilen karaçam yapı elemanlarının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Çizelge 1. Ulusal Tez Merkezi kayıtlarına göre karaçam odununun teknolojik özellikleri üzerine hazırlanan lisansüstü tez çalışmaları.

Tez Adı	Yazarı	Tez Türü	Yılı
Genetic variation wood specific gravity of three-year old <i>Pinus nigra</i> seedling Üç yaşındaki karaçam (<i>Pinus nigra</i>) meşcerelerinde odun özgül ağırlığının genetik çeşitliliği	Feride Steel (Ülkü)	Y.Lisans	1994
Camıyanı karaçamının (<i>Pinus nigra</i> Arn.subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) bazı anatomik, teknolojik ve kimyasal özellikleri Anatomic, technological and chemical properties of Camıyanı blackpine (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>)	Gökhan Gündüz	Doktora	1999
Donmuş kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) ve karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arn.) gençlik ve olgun odununda bazı mekanik özelliklerin değişimi Some mechanical properties of frozen juvenile and mature wood of <i>Pinus nigra</i> var. <i>pallasiana</i> Arn. and <i>Pinus brutia</i> Ten.	İpek Özer	Y.Lisans	2002
Emprenye edilmiş karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) odununun bazı teknolojik özelliklerinin araştırılması Researching some of the technological properties of impregnated crimean pine (<i>Pinus nigra</i> Arnold) wood	Önder Akyürekli	Y.Lisans	2003
Camıyanı karaçamının (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) bazı teknolojik özellikleri ve kurutma cetvellerinin oluşturulması Some technological properties of (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) and determining the kiln drying schedules	Yasin Cihan Döğdü	Y.Lisans	2006
Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.), karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) reaksiyon odununun anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi üzerine araştırmalar Investigations on anatomical and chemical properties of reaction wood of <i>Pinus sylvestris</i> (L.), <i>Pinus nigra</i> (Arnold) and <i>Pinus brutia</i> (Ten.)	Süheyla Esin Sarıusta	Y.Lisans	2007
Karaçam (<i>Pinus nigra</i> A.) kerestesinde eğilme özelliklerinin stres dalga yöntemi ile belirlenmesi Prediction of the bending properties of black pine using stress wave method	Zübeyde Bülbül	Y.Lisans	2012
Camıyanı karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) odunu, ibresi ve kozalağının anatomik, fiziksel ve fitokimyasal özellikleri Anatomical, chemical and phyto-chemical properties of camıyanı crimean pine (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) wood, needle and cone	Emrah Şahin	Y.Lisans	2014
Mudurnu yöresindeki tarihi ahşap evlerde kullanılan göknar ve karaçam ağaç türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi Determination of physical and mechanical properties of fir and black pine used in historical wooden houses in Mudurnu region	Cengiz Yaman	Y.Lisans	2015

Çizelge 1'in devamı

Karaçam (<i>Pinus nigra</i> A.) odununda ortotropik mekanik davranış özelliklerinin belirlenmesi Determination of orthotropic mechanical properties of black pine (<i>Pinus nigra</i> A.) wood	Seda Demiralı	Y.Lisans	2017
Boraks ve borik asit ile empenye edilmiş ve ısı işlem görmüş karaçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri The same physical and mechanical properties of impregnated with borax and boric acid and heat-treated black pine wood	Bilal Doğan	Y.Lisans	2018
Isıl işlem uygulanmış ebe karaçamının bazı mekaniksel özellikleri ve yetiştirme muhiti için toprak özelliklerinin incelenmesi A mechanische properties of heat treated anatolian black pine and investigation of soil properties in growing area	Murat Akman	Y.Lisans	2018

Karaçam üzerine yapılan ulusal araştırma projeleri incelendiğinde TÜBİTAK veri tabanında karaçam anahtar kelimesi ile 20 adet projeye ulaşılmakta olup OGM Ormancılık Araştırma Enstitüleri veri tabanında yapılan taramada ise karaçam ile ilgili 26 adet tamamlanmış proje olduğu görülmektedir. Bu projelerin çoğunluğu ormancılık uygulamaları ile ilgili projelerdir. Tamamlanan 3 projede ise karaçam odununun teknolojik özellikleri ele alınmıştır. Çizelge 2, TÜBİTAK ve OGM Ormancılık Araştırma Enstitüleri veri tabanlarında karaçam odunu özellikleri ile ilişkili tamamlanmış projeleri göstermektedir.

Çizelge 2. Karaçam odunu özellikleri ile ilgili ulusal destekli tamamlanmış projeler.

Proje Adı	Destekleyen Kuruluş	Yürütücü	Bitiş Yılı
Fıstık Çamı (<i>Pinus pinea</i>), Camiyanı Karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve Çınar Yapraklı Akçağaç (<i>Acer platanoides</i>) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi.	OGM, İç Anadolu Orm. Araş. Ens.	Pamir Erten, M. Rasih Sözen	1994
Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri	TÜBİTAK	Orhan Sevgi	2010
Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Saf Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) Meşcereli İçin Topraküstü Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi. Uyumlu Hacim ve Biyokütle Denklemelerinin Geliştirilmesi ve Hacim Yoğunluğu Değeri-Biyokütle İlişkilerinin Araştırılması	TÜBİTAK	O. Emre Sakıcı	2016

Çizelge 2'de görüldüğü üzere, Erten ve Sözen (1994) tarafından yapılan OGM destekli projede Zonguldak Yenice yöresinde yetişen karaçam odunlarının teknolojik özellikleri belirlenmiştir. Sevgi ve ark. (2010), tarafından TÜBİTAK desteği ile yapılan "Alaçam Dağları'ndaki karaçam ormanlarının yükseltiye göre beslenme-büyüme modelleri ve odununun teknolojik özellikleri" isimli projede Balıkesir-Kütahya arasında yer alan Alaçam Dağları dağ

kütlesinde 143.714 ha yayılışa sahip karaçam ormanlarında yükseltiye bağlı olarak büyüme-beslenme ilişkileri ve odununun teknolojik özellikleri incelenmiştir. Sakıcı (2016) tarafından yapılan yine TÜBİTAK destekli projede Kastamonu OBM sınırları içerisinde yer alan Kastamonu ve Sinop illerinde yayılış gösteren saf karaçam meşçerelerinden alınan örnek ağaç odunlarının hacim yoğunluk değerleri tespit edilmiştir.

Karaçam odunu teknolojik özellikleri üzerine gerek lisansüstü tez çalışması olarak gerekse ulusal destekli proje olarak yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde; ülkemizde oldukça geniş bir yayılışa sahip olan karaçamın genel olarak Balıkesir-Kütahya, Sinop-Kastamonu arasında yayılış gösteren ormanlarında ve Karabük Yenice yöresinde yetişen karaçam odunlarının teknolojik özellikleri üzerine çalışmalar yapıldığı tespit edilmiştir.

3. Karaçam Odununun Fiziksel Özellikleri

Ülkemizde yetişen karaçam odununun fiziksel özellikleri üzerine yapılan 13 çalışma tespit edilmiş olup bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'te görüldüğü gibi, ülkemizde değişik yetiştirme ortamlarından temin edilen karaçam odunlarının tam kuru yoğunluk değerleri genç bireylerde $0,431 \text{ g/cm}^3$ değerine kadar düşmekle birlikte, daha yaşlı ağaçlarda ise $0,515 \text{ g/cm}^3$ ile $0,543 \text{ g/cm}^3$ arasında bulunmaktadır. Hava kurusu yoğunluk değerinin ise yine genç bireylerde $0,464 \text{ g/cm}^3$ 'e kadar düşmekle birlikte yetişkin bireylerde $0,494 \text{ g/cm}^3$ ile $0,599 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiği görülmektedir. Hacim daralma değerleri Camıyanı karaçamında %10'a kadar düşmekte ve diğer yetiştirme bölgelerinde %14'e kadar çıkmaktadır. Benzer şekilde hacim genişleme oranı %10 ile %15 arasında değişmektedir. Camıyanı yöresinde yetişen karaçam odunlarının hacimsel daralma değerlerinin nispeten daha düşük bulunuşu kullanım yerinde avantaj sağlamaktadır.

4. Karaçam Odununun Mekanik Özellikleri

Ülkemizde yetişen karaçam odununun mekanik özellikleri üzerine yapılan 12 çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Karaçam odununun fiziksel özellikleri.

Özellik	Değer	Yetiştirme Bölgesi	Kaynak
Tam Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	0,520	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	0,517	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	0,515	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	0,540	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	0,543	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	0,431	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
	0,523	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
	0,540	Yenice-Karabük	Şahin, 2014
Hava Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	0,560	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	0,556	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	0,599	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	0,586	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	0,464	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
	0,555	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
	0,532	Gerede, Bolu (Piyasadan)	Doruk ve ark., 2010
	0,520	Isparta (Piyasadan)	Bülbül, 2012
	0,570	Yenice-Karabük	Şahin, 2014
	0,477	Andırın-KMaraş (Genç odun)	Bal, 2014
	0,494	Andırın-KMaraş (Ergin odun)	Bal, 2014
	0,520	Sütçüler- Isparta	Demiratlı, 2017
	0,597	Simav-Kütahya (Piyasadan)	Doğan, 2018
0,508	Kahramanmaraş (Piyasadan)	Bal ve Ayata, 2020	
Hacim Ağırlık Değeri (g/cm ³)	0,464	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	0,453	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	0,470	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	0,478	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	0,506	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	0,383	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
Lif Doygunluğu Noktası (%)	22,2	Yenice-Karabük	Gündüz,1999
	20,1	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
Radyal Daralma (%)	5,6	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	5,0	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	3,9	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	3,6	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	3,2	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	4,0	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
	4,7	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
Teğet Daralma (%)	8,2	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	7,2	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	6,7	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	7,1	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	6,3	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	6,2	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
	8,3	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010

Çizelge 3'ün devamı

Özellik	Değer	Yetiştirme Bölgesi	Kaynak
Boyuna Daralma (%)	0,2	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	0,3	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	0,3	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	0,4	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
Hacim Daralma (%)	13,9	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	12,5	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	10,4	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	10,6	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	9,9	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	10,2	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
Radyal Genişleme (%)	4,1	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	3,7	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	3,3	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	3,7	Belgrad O-İstanbul (Reaksiyon O.)	Dündar ve ark., 2012
	4,5	Belgrad O-İstanbul (Karşı O.)	Dündar ve ark., 2012
Teğet Genişleme (%)	7,2	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	7,6	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	6,8	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	4,9	Belgrad O-İstanbul (Reaksiyon O.)	Dündar ve ark., 2012
	8,1	Belgrad O-İstanbul (Karşı O.)	Dündar ve ark., 2012
Boyuna Genişleme (%)	0,3	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	0,3	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	1,8	Belgrad O-İstanbul (Reaksiyon O.)	Dündar ve ark., 2012
	1,2	Belgrad O-İstanbul (Karşı O.)	Dündar ve ark., 2012
Hacim Genişleme (%)	11,6	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	11,3	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	10,4	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	10,4	Belgrad O-İstanbul (Reaksiyon O.)	Dündar ve ark., 2012
	13,9	Belgrad O-İstanbul (Karşı O.)	Dündar ve ark., 2012
	15,4	Simav-Kütahya (Piyasadan)	Doğan, 2018

Çizelge 4'te görüldüğü gibi muhtelif yetiştirme bölgelerinden alınan karaçam odunları üzerinde yapılan araştırmalarda eğilme direnci genç odun ve reaksiyon odununda 60 N/mm^2 lerden, normal odunda 130 N/mm^2 lere kadar çıkmaktadır. Eğilmede elastikiyet modülü değerinin ise reaksiyon odunu ve genç odunda 5.500 N/mm^2 lerden normal odunda 11.000 N/mm^2 ye yükseldiği görülmektedir. Liflere paralel basın direncinin 37 N/mm^2 ile 57 N/mm^2 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

5. Yurtdışında Karaçam Odununun Teknolojik Özellikleri Üzerine Yapılan Araştırmalar

Yurtdışında karaçamın yayılış gösterdiği ülkelerde de karaçam odununun

teknolojik özellikleri üzerine yapılmış çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4. Karaçam odununun mekanik özellikleri.

Özellik	Değer	Yetiştirme Bölgesi	Kaynak
Eğilme Direnci (N/mm ²)	109,6	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	94,7	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	63,1	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	119,9	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	71,5	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	79,1	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
	94,3	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
	68,1	Gerede, Bolu (Piyasadan)	Doruk ve ark., 2010
	61,4	Belgrad O-İstanbul (Reaksiyon O.)	Dündar ve ark., 2012
	59,1	Belgrad O-İstanbul (Karşı O.)	Dündar ve ark., 2012
	82,0	Isparta (Piyasadan)	Bülbül, 2012
	63,3	Andırın-KMaraş (Genç odun)	Bal, 2014
	75,6	Andırın-KMaraş (Ergin odun)	Bal, 2014
	72,4	Simav-Kütahya (Piyasadan)	Doğan, 2018
	129,8	Domanıç-Kütahya	Akman, 2018
118,7	Kahramanmaraş (Piyasadan)	Bal ve Ayata, 2020	
Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	8.429,6	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	7.061,7	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	10.959,1	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
	5.607,0	Belgrad O-İstanbul (Reaksiyon O.)	Dündar ve ark., 2012
	5.466,0	Belgrad O-İstanbul (Karşı O.)	Dündar ve ark., 2012
	6.915,0	Isparta (Piyasadan)	Bülbül, 2012
	5.450,0	Andırın-KMaraş (Genç odun)	Bal, 2014
	6.800,0	Andırın-KMaraş (Ergin odun)	Bal, 2014
8.616,0	Simav-Kütahya (Piyasadan)	Doğan, 2018	
9.789,0	Kahramanmaraş (Piyasadan)	Bal ve Ayata, 2020	
Basınç Direnci (N/mm ²)	47,9	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	44,6	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	47,4	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	56,9	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	47,6	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
	42,4	Düzce (Plantasyon-Genç odun)	Güler ve ark., 2007
	45,4	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
	44,0	Isparta (Piyasadan)	Bülbül, 2012
	37,0	Sütçüler-Isparta	Demirathı, 2017
	44,8	Simav-Kütahya (Piyasadan)	Doğan, 2018
	53,9	Domanıç-Kütahya	Akman, 2018
57,0	Kahramanmaraş (Piyasadan)	Bal ve Ayata, 2020	
Basınçta Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	9.599,0	Isparta (Piyasadan)	Bülbül, 2012
	8.534,0	Sütçüler-Isparta	Demirathı, 2017

Çizelge 4'ün devamı

Dinamik Eğilme Direnci (J/cm ²)	5,6	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	4,2	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	4,5	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
	3,9	Belgrad O-İstanbul (Reaksiyon O.)	Dündar ve ark., 2012
	3,1	Belgrad O-İstanbul (Karşı O.)	Dündar ve ark., 2012
	3,3	Andırın-KMaraş (Genç odun)	Bal, 2014
Liflere Paralel Çekme Direnci (N/mm ²)	4,7	Andırın-KMaraş (Ergin odun)	Bal, 2014
	4,2	Kahramanmaraş (Piyasadan)	Bal ve Ayata, 2020
Liflere Dik Çekme Direnci (N/mm ²)	113,3	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	96,6	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	69,1	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	117,0	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
Yarılma Direnci (N/mm ²)	2,34	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	2,14	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
Liflere Paralel Brinell Sertlik Değeri (N/mm ²)	0,87	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	0,57	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
Liflere Dik Brinell Sertlik Değeri (Kg/mm ²)	42,9	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	42,1	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	41,9	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	41,2	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
Liflere Paralel Janka Sertlik Değeri (kN)	20,2	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	19,8	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	23,9	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999
	17,4	Yenice-Karabük	Döğdü, 2006
Liflere Dik Janka Sertlik Değeri (kN)	3,83	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	3,78	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	4,07	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	3,50	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
Makaslama Direnci (N/mm ²)	3,28	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	3,20	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	2,90	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	2,66	Alaçam-Balıkesir, Kütahya	Sevgi ve ark., 2010
Makaslama Direnci (N/mm ²)	6,5	Dursunbey-Balıkesir	Göker, 1969
	6,2	Elekdağ-Kastamonu, Sinop	Göker, 1969
	6,9	Yenice-Karabük	Erten ve Sözen, 1994
	6,3	Yenice-Karabük	Gündüz, 1999

Çizelge 5'te görüldüğü gibi karaçamın yayılış gösterdiği diğer ülkelerde odunun teknolojik özellikleri üzerine yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar yerli karaçam odunu özellikleri ile karşılaştırıldığında benzer değerlerin söz konusu olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Avrupa orijinli karaçamlarda yoğunluk değerlerinin yerli karaçam odunundan görece daha yüksek olduğu görülmektedir. Eğilmede elastikiyet modülü değerinin de yerli karaçam odununa göre görece daha yüksek olduğu söylenebilir.

6. Sonuç

Karaçam odununun teknolojik özellikleri üzerine ülkemizde yapılan araştırmalar ile ilgili dikkat çeken hususları şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Karaçam odununun teknolojik özellikleri üzerine yapılan araştırmaların sayısı ve kapsamı son derece yetersizdir.

Geniş yayılış alanlarına, üretim miktarının çokluğuna ve yüksek ekonomik değerine rağmen karaçam odununun teknolojik özellikleri üzerine yapılan görece kapsamlı araştırma sayıları (Lisansüstü tez, ulusal destekli araştırma projeleri vb.) son derece azdır. Araştırmalar Balıkesir-Kütahya (Alaçam Dağları), Kastamonu-Sinop (Elekdag) ve Zonguldak (Yenice, Camiyanı) bölgelerine yoğunlaşmıştır. Kastamonu, Balıkesir ve Kütahya bölgeleri, 2019 yılında dikili kabuklu gövde hacmi bakımından her birinde 700 bin metreküpün üzerinde üretimin yapıldığı bölgeler olup üç bölgenin toplam yıllık üretimi yaklaşık 2.250 bin metreküptür. Zonguldak bölgesinde de yıllık üretim 400 bin metreküpe yakındır. Bu üretim miktarları göz önüne alındığında az sayıdaki araştırmaların bu bölgelere yoğunlaşması doğaldır. Ancak bu bölgeler için bile odun özellikleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı bir elin parmaklarını geçmemektedir. Araştırmaların sayısının ve kapsamının artırılması gerekmektedir. Yukarıda zikredilen bölgelere ilave olarak karaçam odununun teknolojik özellikleri üzerine Kahramanmaraş, Isparta, Düzce ve İstanbul bölgelerinde de son derece dar kapsamlı münferit araştırmaların yapıldığı görülmektedir. Bununla birlikte yine yıllık odun üretiminin oldukça fazla miktarlarda olduğu Denizli, Bolu, Bursa, Eskişehir, Ankara, Çanakkale, Muğla, Adana, Amasya bölgelerinde yetişen karaçam ağaçlarının odun özelliklerinin de araştırılması büyük önem arz etmektedir.

- Yapılan çalışmaların temsil ettiği bölgelerin yetersizliği yanında, bu bölgelerde örneklenen alan sayıları, örnek ağaç sayıları ve araştırılan özellikler bakımından da mevcut araştırmaların oldukça yetersiz oldukları görülmektedir.

Yapılan görece geniş kapsamlı çalışmalar (Göker, 1969; Erten ve Sözen, 1994; Gündüz, 1999; Sevgi ve ark., 2010) karaçamın en yoğun yayılış gösterdiği ve en çok üretim yapılan Kastamonu, Balıkesir, Kütahya, ve Zonguldak gibi bölgelere

yoğunlaşmakla birlikte, bu bölgelerde örneklenen alan sayıları ve büyüklüğü, ayrıca alınan örnek ağaç sayıları da oldukça yetersiz miktardadır.

Çizelge 5. Yurtdışında karaçam odununun teknolojik özellikleri üzerine yapılan araştırma sonuçları.

Özellik	Değer	Ülke	Kaynak
Tam Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	0,566	Cuenca-İspanya	Oliva ve ark., 2006
	0,570	Segura-İspanya	Oliva ve ark., 2006
Hava Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	0,701	Poznan-Polonya (Genç O.)	Pazdrowski, 2004
	0,771	Poznan-Polonya (Ergin O.)	Pazdrowski, 2004
	0,596	Cuenca-İspanya	Oliva ve ark., 2006
	0,598	Segura-İspanya	Oliva ve ark., 2006
	0,530	Pindos-Yunanistan	Mantanis ve ark., 2010
	0,517	Viterbo-İtalya	Romagnoli ve ark., 2015
	0,662	Yunanistan	Kamperidou ve Barboutis, 2017
0,588	Kuzey ve Merkez Portekiz	Dias ve ark., 2018	
Radyal Daralma (%)	4,0	Viterbo-İtalya	Romagnoli ve ark., 2015
Teğet Daralma (%)	7,5	Viterbo-İtalya	Romagnoli ve ark., 2015
Eğilme Direnci (N/mm ²)	78,8	Poznan-Polonya (Genç O.)	Pazdrowski, 2004
	109,8	Poznan-Polonya (Ergin O.)	Pazdrowski, 2004
	86,6	Pindos-Yunanistan	Mantanis ve ark., 2010
	82,4	Viterbo-İtalya	Romagnoli ve ark., 2015
	131,7	Yunanistan	Kamperidou ve Barboutis, 2017
Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	7566	Poznan-Polonya (Genç O.)	Pazdrowski, 2004
	11498	Poznan-Polonya (Ergin O.)	Pazdrowski, 2004
	10500	Pindos-Yunanistan	Mantanis ve ark., 2010
	7723,3	Viterbo-İtalya	Romagnoli ve ark., 2015
	15276	Yunanistan	Kamperidou ve Barboutis, 2017
Liflere Paralel Basınç Direnci (N/mm ²)	44,9	Poznan-Polonya (Genç O.)	Pazdrowski, 2004
	59,7	Poznan-Polonya (Ergin O.)	Pazdrowski, 2004
	45,0	Viterbo-İtalya	Romagnoli ve ark., 2015
	62,3	Yunanistan	Kamperidou ve Barboutis, 2017
Dinamik Eğilme Direnci (J/cm ²)	4,6	Yunanistan	Kamperidou ve Barboutis, 2017
Liflere Dik Janka Sertlik (kN)	3,78	Yunanistan	Kamperidou ve Barboutis, 2017
Liflere Dik Brinell Sertlik (kg/mm ²)	24,9	Viterbo-İtalya	Romagnoli ve ark., 2015

- Yapılan çalışmalarda ortaya konan mekanik özellikler arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir.

Ülkemizde yapılan araştırmalarda normal karaçam odununda eğilme direncinin 63 N/mm² ile 130 N/mm² arasında değiştiği görülmektedir. Bu değer

Avrupa karaçamlarında yapılan araştırmalarda 79 N/mm² ile 131 N/mm² arasında değişmektedir. Yerli karaçam odununda eğilme direnci varyasyon genişliği nispeten daha fazla olup alt sınır değeri de Avrupa karaçamından görece daha düşüktür. Bu fark özellikle eğilmede elastikiyet modülü değerinde daha fazladır. Yerli karaçamda eğilmede E-Modülü değeri 6.800 N/mm² ile 11.000 N/mm² arasında değişirken, bu değer Avrupa karaçamlarında 7.500 N/mm² ile 15.300 N/mm² arasında bulunmuştur. Yine yerli karaçam odununda varyasyon genişliği görece fazla iken aynı zamanda tespit edilen ortalama değerlerin de nispeten düşük olduğu görülmektedir. Yerli karaçamlarımızda liflere paralel basınç direnci değerinin 37 N/mm² ile 57 N/mm² arasında değiştiği, Avrupa karaçamlarında ise 45 N/mm² ile 62 N/mm² arasında olduğu bulunmuştur. Yine Avrupa karaçamlarının basınç direnci değerlerinin yerli karaçamlardan hafifçe daha yüksek olduğu söylenebilir.

Avrupa karaçamlarında mukavemet değerlerinin görece yüksek bulunması bu karaçam odunlarının yerli karaçam odunundan daha yoğun olması nedeniyledir. Hava kurusu yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında yerli karaçamlarımızda normal odunda 0,494 g/cm³ ile 0,599 g/cm³ arasında değiştiği, Avrupa karaçamlarında ise 0,517 g/cm³ ile 0,771 g/cm³ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi Avrupa karaçamları yerli karaçamlarımızdan daha ağır bir oduna sahiptir.

Kaynaklar

- Akman, M., 2018. Isıl İşlem Uygulanmış Ebe Karaçamının Bazı Mekaniksel Özellikleri Ve Yetiştirme Muhitinin Toprak Özelliklerinin İncelenmesi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Özalp, 48 sayfa, Kütahya.
- Akyürekli, Ö., 2003. Emprenye Edilmiş Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Odununun Bazı Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Samim Yaşar, 38 sayfa, Isparta.
- Bal, B. C., 2014. Some Physical and Mechanical Properties of Thermally Modified Juvenile and Mature Black Pine wood. *Eur. J. Wood Prod.* 72: 61–66.
- Bal, B. C., Ayata, Ü., 2020. Karaçam ve Karakavak Odunlarının Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21 (4): 461-467.
- Bülbül, Z., 2012. Karaçam (*Pinus nigra* A.) Kerestesinde Eğilme Özelliklerinin Stres Dalga Yöntemi İle Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ergün Güntekin, 59 sayfa, Isparta.
- Demiratlı, S., 2017. Karaçam (*Pinus nigra* A.) Odununda Ortotropik Mekanik Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Birol Üner, 81 sayfa, Isparta.

- Dias, A., Gaspar, M. J., Carvalho, A., Pires, J., Lima-Brito, J., Silva, M. E., Louzada, J. L., 2018. Physical Chemical and Mechanical Wood Properties of *Pinus nigra* Growing in Portugal. *Annals of Forest Science*, 75: 58.
- Doğan, B., 2018. Boraks ve Borik Asit ile Emprenye Edilmiş ve Isıl İşlem Görmüş Karaçam Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Osman Perçin, 86 sayfa, Kütahya.
- Doruk, Ş., Altınok, M., Perçin, O., 2010. Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14 (3): 262-270.
- Doğdu, Y. C., 2006. Camiyanı Karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kurutma Cetvellerinin Oluşturulması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Alper Aytekin, 95 sayfa, Zonguldak.
- Dündar, T., Bütüksarı, Ü., Avcı, E., Akkılıç, H., 2012. Effect of Heat Treatment on The Physical and Mechanical Properties of Compression and Opposite Wood of Black Pine. *Bioresources*, 7 (4): 5009-5018.
- Erten, P., Sözen, M. R., 1994. Fıstık Çamı (*Pinus pinea*), Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold) ve Çınar Yapraklı Akçaağaç (*Acer platanoides*) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü. Teknik Bülten Serisi Nu:266.
- Göker, Y., 1969. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamları (*Pinus nigra* var. *pallasiana*)'nın Fiziksel Mekanik Özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 91-135.
- Güler, C., Çöpür, Y., Akgül, M., Büyüksarı, Ü., 2007. Some Chemical, Physical and Mechanical Properties of Juvenile Wood from Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantations. *Journal of Applied Sciences*, 7 (5): 755-758.
- Gündüz, G., 1999. Camiyanı Karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Bazı Anatomik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hasan Vurdu, 148 sayfa, Zonguldak.
- Kamperidou, V., Barboutis, I., 2017. Mechanical Performance of Thermally Modified Black Pine (*Pinus nigra* L.) Wood. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 20(1).
- Kalıpsız, A., 1963. *Türkiye'de Karaçam (Pinus nigra Arnold) Mesçerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar*. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Sıra Nu: 349, Seri Nu: 8, İstanbul.
- Mantanis, G., Karastergiou, S., Barboutis, I., 2010. Finger Jointing of Green Black Pine Wood (*Pinus nigra* L.). *European Journal of Wood and Wood Products*, 69 (1): 155-157.
- OGM, 2019a. Ormancılık istatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>
- OGM, 2019b. Ormancılık istatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/UretimSatisveStokFaaliyetleri/>

- Oliva, A. G., Merino, V. B., Seco, J. I. F. G., Garcia, M. C., Prieto, E. H., 2006. Effect of Growth Conditions on Wood Density of Spanish *Pinus nigra*. *Wood Science and Technology*, 40: 190-204.
- Özer, İ., 2002. Donmuş Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arn.) Gençlik ve Olgun Odununda Bazı Mekanik Özelliklerin Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nusret As, 75 sayfa, İstanbul.
- Pazdrowski, W., 2004. The Proportion And Some Selected Physical and Mechanical Properties of Juvenile Maturing and Adult Wood of Black Pine and Scots Pine. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry Series*, 7 (1).
- Romagnoli, M., Cavalli, D., Pernarella, R., Zanuttini, R., Togni, M., 2015. Physical and Mechanical Characteristics of Poor-Quality Wood after Heat Treatment. *iForest*, 8: 884-891.
- Sakıcı, O. E., Akyıldız, M. H., 2016. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Saf Karaçam (*Pinus nigra* J. F. Arnold) Meşcereleri İçin Topraküstü Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, Uyumlu Hacim ve Biyokütle Denklemlerinin Geliştirilmesi ve Hacim Yoğunluk Değeri-Biyokütle İlişkilerinin Araştırılması. TÜBİTAK Proje Raporu, Proje Nu: 214O217.
- Sarıusta, E. S., 2007. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Reaksiyon Odununun Anatomik Yapısı ve Kimyasal Bileşimi Üzerine Araştırmalar. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Harzemşah Hafizoğlu, 141 sayfa, Zonguldak.
- Sevgi, O., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Dündar, T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje Nu: 104O551.
- Steel, Ü. F., 1994. Üç yaşındaki Karaçam (*Pinus nigra*) Meşcerelerinde Odun Özgül Ağırlığının Genetik Çeşitliliği. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hasan Vurdu, 47 sayfa, Ankara.
- Şahin, E., 2014. Camıyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Odunu, İbresi ve Kozalağının Anatomik, Fiziksel ve Fitokimyasal Özellikleri. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İbrahim Tümen, 121 sayfa, Bartın.
- Yaman, C., 2015. Mudurnu Yöresindeki Tarihi Ahşap Evlerde Kullanılan Gökarnar ve Karaçam Ağaç Türlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nurgül Tankut, 136 sayfa, Bartın.



Kalkım, 2016
Taner OKAN

32

KARAÇAM (*Pinus nigra* Arnold) İBRE, ODUN, KOZALAK VE KABUĞUNUN KİMYASAL BİLEŞİMİ

1. Giriş

Karaçam güney-güney doğu Avrupa ile Asya'nın batı bölgelerinde Submediterranean Akdeniz kuşağında geniş yayılış gösteren bir türdür (Anşin ve Özkan, 1993). Avrupa Karaçamı olan *Pinus nigra* Arnold Akdeniz çamları içerisinde tersiyer dönemden kalma bir türdür. Karaçam alt türleri ise *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Anadolu Karaçamı), *Pinus nigra* subsp. *caramanica* (Kırım karaçamı), *Pinus nigra* subsp. *laricio* (Korsika Karaçamı), *Pinus nigra* subsp. *nigra* (Avusturya Karaçamı), *Pinus nigra* subsp. *salzmania* (Salzman Karaçamı) olarak bilinmektedir.

Sarıçam türünden daha hızlı büyüyen ve geniş yıllık halka oluşturan karaçam türünde daha az öz odunu oluşumu görülür. Odunu sarıçamla aynı amaçla kullanılsa da daha kısıtlı bir kullanıma sahiptir (Anşin ve Özkan, 1993).

Karaçam türünün odun, ibre, kozalak ve kabuk örneklerinin kimyasal açıdan incelendiği birçok yayın mevcuttur. Odunu ile ilgili çalışmalarda bu türün hem temel odun bileşenleri hem de içerdiği ekstraktif maddeler ele alınmıştır (Uçar ve Balaban, 2001; Hafizoğlu ve Usta, 2005; Pekgözlü ve ark., 2017). Karaçam ibreleri ile ilgili çalışmalarda ise ibre eterik yağ analizleri üzerine yoğunlaşmış olup bu konuda ülkemizde ve yayılış gösterdiği diğer Avrupa ülkelerinde yapılan araştırmalar da incelenmiştir (Sezik ve ark., 2010; Saraç ve ark., 2013; Rezzi ve ark., 2001). Bu türün kozalakları ise genellikle içerdiği ekstraktif maddeler ve kullanım açısından ele alınmıştır (Uçar ve Uçar, 2008; Tümen ve ark., 2010). Karaçam kabuğu ile ilgili yapılmış çalışma sayısı sınırlı olup özellikle kabuğun fenolik ekstraktif içeriği ve temel bileşenlerinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (Hafizoğlu ve Usta, 2005; Yeşil-Çeliktaş ve ark., 2009; Özdemir, 2010).

¹ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Elmek:mbalaban@istanbul.edu.tr

² Doç. Dr., Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, Elmek:oktay.gonultas@btu.edu.tr

2. Karaçam İbelerinin Kimyasal Analizi

2.1. Türkiye’de yetişen karaçam ibelerinin eterik yağ bileşimi

Eterik yağlar bitkilerde bulunan uçucu bileşiklerdir. Bunlar lipofilik, uçucu ve hoş kokulu bileşikler olup, kokusu içerdiği bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Eterik yağlar kimyasal yapı bakımından monoterpenler, seskiterpenler, alkoller, fenoller, ketonlar vb bileşiklerden oluşur. Eterik yağlar hoş kokuları nedeniyle çok eski zamanlardan beri parfüm, kozmetik, koruyucular ve değişik amaçlar için kullanılmıştır (Tümen ve ark., 2010; Sezik ve ark., 2010).

Ülkemizde yetişen *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* ibelerinin içerdiği uçucu bileşikler eterik yağ analizi ile belirlenmiştir. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* ülkemizde yalnızca Kütahya Tavşanlı’da doğal olarak yetiştiği için Vakıf Ormanı’ndan her iki varyeteye ait ibre örnekleri alınmıştır (Uçar ve Balaban, 2004). Taze haldeki ibreler hidro destilasyon işlemine tabi tutularak eterik yağ elde edilmiş ve bu yağ GC-MS cihazında analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Kütahya Tavşanlı’dan alınan karaçam ibelerinin eterik yağ analiz sonuçları (Uçar ve Balaban, 2004).

Bileşikler	<i>P. nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i> eterik yağ %	<i>P. nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pyramidata</i> eterik yağ %
Monoterpenler		
α-Pinen	29,0	28,3
β-Pinen	9,34	5,61
Limonen	1,69	1,47
α-Terpineol	2,17	1,71
Seskiterpenler		
β-Karyofilen	12,9	12,9
α-Humulen	2,13	2,09
Germakren- D	14,9	17,3

Çizelge 1’de verilen sonuçlar incelendiğinde monoterpen ve seskiterpen bileşiklerinin bulunuş oranlarında bazı farklar olsa da iki varyete arasında önemli bir farklılık görülmemektedir. Ülkemizde yetişen karaçam ibre eterik yağlarında en fazla bulunan bileşikler sırasıyla:

α-pinen, germakren D, β-karyofilen ve β-pinen şeklindedir.

Türkiye’de değişik şehirlerde yetişen Karaçam ibelerinin eterik yağ analizi Sezik ve arkadaşları tarafından 2010 yılında yayınlanmıştır. Bu çalışmada Bursa, Kütahya, Denizli, Antalya, İçel, Sinop, Kastamonu ve Samsun yörelerinden değişik zamanlarda Karaçamlardan alınan taze genç sürgünlerin eterik yağ bileşimi GC-MS analizi ile incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Söz konusu çalışmada Karaçamlarda varyete ayrımı yapılmamıştır.

Çizelge 2. Türkiye'nin değişik şehirlerinden *Pinus nigra* ibre analiz değerleri (Sezik ve ark., 2010).

<i>Pinus nigra</i> Örnek Bölgeleri	α -Pinen	β -Pinen	Germakren-D	β -Karyofilen
Antalya	24,40-44,16	14,05-21,89	7,97-18,03	6,40-8,42
Denizli	4,51-49,63	1,42-13,07	11,23-18,43	5,87-21,48
Kastamonu	21,31-35,53	6,45-18,17	10,62-18,29	6,73-7,65
İçel	22,20-43,05	22,40-34,1	6,45-14,91	5,65-9,21
Samsun	24,49-33,74	1,15-14,49	9,22-13,37	6,29-13,31
Bursa	35,94-40,87	3,11-19,52	13,07-21,38	6,34-8,76
Kütahya	24,69-45,09	10,22-17,63	11,27-15,43	5,26-10,19
Sinop	24,15-43,01	11,02-20,19	1,81-10, 89	4,33-8,27

Bu çalışmaya göre Türkiye'de yetişen Karaçam ibrelerinde en fazla bulunan bileşikler: sırasıyla α -pinen, β -pinen, germakren- D ve β -karyofilen (alındığı bölgeye bağlı olarak sıralama değişmektedir) şeklindedir.

Toplam α -pinen ve β -pinen miktarı Antalya, İçel %52- 67 (güney bölgede), Bursa, Denizli %45-57 (batı bölgesinde), Sinop, Kastamonu, Samsun %30-43 arasındadır. Bu sonuçlara göre ülkemizin kuzey kesiminde yer alan karaçam ibrelerinde söz konusu bileşikler daha az oranda bulunurken, güney bölgelerde sıcaklığın fazla olması nedeniyle daha yüksek oranda yer almaktadır.

2.2. Avrupa'da yetişen karaçam ibrelerinin eterik yağ bileşimi

Rafii ve arkadaşlarının (1996) yaptıkları çalışmada, Avrupa'da Fransa, İspanya, Korsika, İtalya (üç farklı bölgeden), Avusturya, İtalya ve Slovakya Alpleri ile Yunanistan'dan iki farklı bölge olmak üzere toplanan 9 farklı bölgeden 410 karaçam ağacından toplanan ibrelerin eterik yağ bileşimini inceleyerek kemo taksonomik analiz yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre α -pinen baskın monoterpene iken germakren-D baskın seskiterpen olarak belirlenmiştir. İstatistik analizler sonucu Avrupa karaçamlarını üç gruba ayırmıştır. Korsika adasında yetişen karaçamlar diğer örneklerle kıyasla daha fazla linalil asetat (%10) içermektedir. Korsika adasındaki karaçamın tersiyer dönemden kaldığını, günümüz karaçamlarının atası olup günümüzdeki *Pinus nigra* subsp. *laricio* olduğu öne sürülmektedir. Benzer şekilde Sicilya adasındaki karaçamların da Avrupa kıtasındakilere göre farklı olduğunu tespit etmiştir. Avrupa kıtasındakilerin çevre etkisiyle hibritlendiği belirtilmektedir.

Bojovic ve arkadaşları (2005), Fransa, İspanya ve Sicilya adasından aldıkları karaçam ibrelerinin uçucu bileşiklerini incelemişler ve çalışmaya göre α -pinen, germakren-D ve karyofilen baskın terpenler olarak öne çıkmıştır. Çalışma

sonucunda Fransa ve İtalya'ya bu türün Sicilya adasından geldiğini belirtmişlerdir.

Sicilya adasında yetişen karaçam ibrelerinde eterik yağ analizi Rezzi ve arkadaşları (2001) tarafından yapılmış, karaçam ibrelerinde bulunan α -pinen, mirisen, limonen, karyofilen, germakren, terpinen-4-ol ve linalil asetat bileşikleri değişik oranlarda bulunmuştur. Ayrıca manoil oksit ve epimer bileşiği bazı yağların $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturduğu belirlemişlerdir. İncelenen bu gruptan elde edilen sonuçların daha önce yayınlanan karaçam eterik yağlarıyla uyuşmadığı için bu grubun Sicilya adasındaki karaçamların atası olduğu sonucuna varmışlardır.

Sırbistan'da yetişen Karaçam ibrelerinin eterik yağlarının incelendiği bir diğer çalışmada (Saraç ve ark., 2013) karaçam varyeteleri, ibre eterik yağ bileşimine göre üç gruba ayrılmıştır. En fazla bulunan bileşikler α -pinen ve germakren- D olmuştur. Ülkenin güney kısmında yer alan popülasyonun *Pinus nigra ssp. pallasiana* olabileceğini belirtmişlerdir.

Ülkemizdeki karaçam ibrelerinin eterik yağ bileşiminde sırasıyla α -pinen, germakren- D, β -karyofilen ve β -pinen en fazla oranda bulunan bileşikler olurken Avrupa ülkelerindeki karaçam ibrelerinin eterik yağ analizinde ise α -pinen ve germakren D, Sicilya ve Korsika adalarında yetişen karaçam taksonlarına ait analiz sonuçlarında ise ana karaya göre farklı olarak düşük β -pinen içeriği ile alışılmadık derecede yüksek linalil asetat içeriğine sahip oldukları bildirilmektedir (Rafii ve ark., 1996; Rezzi ve ark., 2001).

3. Karaçam Odununun Kimyasal Analizi

3.1. Karaçam odun ekstraktlarının içeriği ve temel bileşenler

Ülkemizde Kütahya Tavşanlı bölgesinden alınan Karaçamın iki farklı varyetesine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* ve var. *pyramidata*) ait odunlarda temel bileşenlerin belirlenmesi yanı sıra sikloheksan ile organik çözücü analizi yapılmıştır (Uçar ve Fengel, 1995; Çizelge 3).

Türkiye'de yetişen karaçam varyete odunlarında yapılan sikloheksan ekstraksiyonu sonrası asidik ve nötral fraksiyonlara ayrılmış ve asidik fraksiyonda yer alan bileşiklerin bir kısmı Çizelge 4'te verilmiştir (Uçar ve Fengel, 1995). Buna göre odundan en fazla oranda yağ asitleri; oleik, linoleik ve linolenik asit bileşikleri bulunmakta, reçine asidi olarak başlıca palusturik asit en fazla oranda bulurken, onu pimarik ve abietik asitler takip etmiştir.

Çizelge 3. Türkiye’de yetişen karaçam varyete odunlarının kimyasal analizleri (Uçar ve Fengel, 1995).

Kimyasal Analizler	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i>		<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pyramidata</i>	
	Dondurularak kurutulmuş %	Açık havada Kurutulmuş %	Dondurularak kurutulmuş %	Açık havada Kurutulmuş %
Sikloheksan	3,97	-	4,23	4,28
Etil alkol (sikloheksandan sonra)	0,70	-	0,65	0,66
Petrol eteri	4,07	-	4,51	-
Aseton	4,42	-	4,73	-
Sikloheksan-Etanol (2:1)	4,55	-	4,58	-
Etil alkol (sikloheksandan sonra)	0,19	-	0,26	-
Lignin	-	24,67	-	23,08
Holoselüloz	-	85,09	-	84,66

Çizelge 4. Karaçam odununda asidik fraksiyonda bulunan bazı ekstraktif bileşikleri (Uçar ve Fengel, 1995).

Bileşik	<i>Pinus nigra</i> subsp. var. <i>pallasiana</i>	<i>Pinus nigra</i> subsp. var. <i>pyramidata</i>
	%	%
Linolenik asit	3,31	4,59
Linoleik asit	36,65	32,36
Oleik asit	41,51	34,51
Pimarik asit	0,89	1,74
İzopimarik asit	2,22	2,46
Levopimarik asit	1,34	2,26
Palusturik asit	4,31	7,38
Dehidroabietik	1,15	3,54
Abietik asit	1,80	2,82

Aynı çalışmada karaçam odunlarının sikloheksan ekstraktı nötral ve asidik olmak üzere iki fraksiyona ayrılarak incelenmiştir. Asidik fraksiyonda başlıca yağ asitleri yanında reçine asitleri de belirlenmiştir. Reçine asitleri en fazla *pyramidata* odununda bulunmuştur. Abietan iskeletine sahip palusturik asit başlıca reçine asidi olarak yer alırken, pimarane iskeletine sahip pimarik asit, izopimarik asit ve sandarakopimarik asit bileşikleri de belirlenmiştir.

Türkiye’de yetişen farklı iğne yapraklı odun ve kabuklarının incelendiği bir diğer araştırmada karaçam öz ve diri odun olarak ayrılmıştır (Hafizoğlu ve Usta, 2005). Son yıllarda karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ağacının gövde yüksekliğinin, lif morfolojisi ve kimyasal yapı üzerine etkisi Pekgözlü ve arkadaşları (2017) tarafından araştırılmıştır (Çizelge 5). Bolu Orman İşletme Müdürlüğü bölgesinden karaçam tomruklarının üç farklı kısmından (alt, orta ve üst) alınan odun örneklerinde holoselüloz, α -selüloz, klason lignini, sıcak

ve soğuk su çözünürlükleri ile alkol çözünürlük değerleri belirlenmiştir. Ayrıca lif uzunlukları, lif genişlikleri, lümen genişlikleri ve çeper kalınlıkları tespit edilmiş ve bu özellikler kullanılarak liflerin elastiklik, keçeleşme ve Runkel oranı değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada karaçam ağaç gövdesinin alt kısmından alınan örneklerin orta ve üst kısımdan alınan örneklerle göre daha esnek liflere sahip olduğu, daha yüksek oranda α -selüloz, daha düşük oranda lignin içerdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak karaçam ağaç gövdesinin alt kısmından alınan örnekler ile diğer kısımlara göre daha yüksek verimli kâğıt hamurları, daha sağlam kâğıtlar oluşturmak mümkün olduğu ortaya konulmuştur.

Çizelge 5. Karaçam odunu temel bileşenler sonuçları.

Bileşim	Ağacın alt kısmı (1)	Ağacın orta kısmı (1)	Ağacın üst kısmı (1)	Öz odun (2)	Diri odun (2)
Holoselüloz %	73,00	73,50	73,40	-	-
α -selüloz %	52,00	50,20	49,70	46,80	47,60
Lignin	24,70	25,40	25,70	27,90	28,20
Ekstraktif madde					
Alkol çözünürlüğü %	5,67	6,54	7,90	6,10	4,20
Sıcak su çözünürlüğü %	3,30	3,10	4,30	4,70	3,20
% 1 NaOH Çözünürlüğü	-	-	-	12,20	10,80

(1) Karaçam odununun farklı gövde yüksekliğinden alınan örneklerde kimyasal analizler (Pekgöz ve ark., 2017).

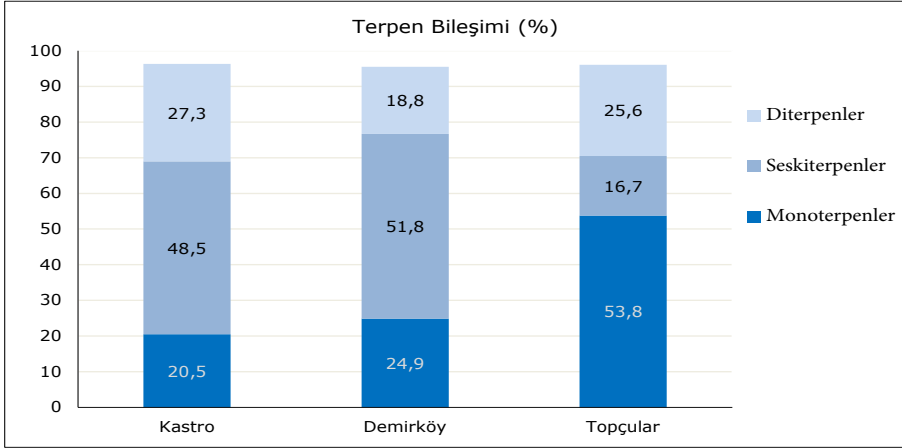
(2) Karaçam öz ve diri odununa ait kimyasal analiz değerleri (Hafızoğlu ve Usta, 2005).

Sonuç olarak karaçam odununun kimyasal analiz değerlerinin iğne yapraklı ağaç odununa benzer değerler verdiği anlaşılmaktadır. Yalnız diğer türlere kıyasla odunundaki lignin değerinin daha düşük olduğu söylenebilir.

3.2. Karaçam odunlarının eterik yağ bileşimi

Karaçam odunlarının eterik yağ analizi ülkemizde Trakya bölgesinden alınan odun örneklerine uygulanmıştır (Uçar ve Balaban, 2001). Karaçamın doğal yetişme bölgesi olan Kastro'dan (Tekirdağ) ve ağaçlandırma bölgeleri olan Topçular ve Demirköyden (Kırklareli) haziran ayında ağaçlar kesilerek örnek alınmıştır. İncelenen örneklerin eterik yağ bileşiminde en fazla bulunan bileşikler germakren D, α - pinen, γ -kadinen ve α -terpineol şeklindedir.

Doğal yetişme ortamı olan Kastro'dan alınan örneklerin analiz sonuçları ağaçlandırma bölgesi olan Demirköy ile benzer olduğu ortaya konulmuştur. Öte yandan diğer ağaçlandırma bölgesi olan Topçular sonuçları ise tamamen farklı olmuştur. Topçular karaçamının bir başka taksona ait olabileceği öne sürülmüştür (Uçar ve Balaban, 2001).



Şekil 1. Karaçam örneklerinde terpen bileşimi.

Son yıllarda Karaoğul ve Alma (2019), değişik çam odunlarındaki ekstraktif maddeleri mikrodalga ve hidrodestilasyon yöntemleri uygulayarak incelemiştir. Bu çalışmaya göre Kahramanmaraş bölgesinden karaçam odun talaşı örneklerinde her iki yöntemle göre en fazla bulunan bileşikler sırasıyla α -pinen, limonen, terpineol ve β -karyofilen şeklindedir.

Çizelge 6. Karaçam odununda mikrodalga ve hidrodestilasyon yöntemi ile belirlenen bileşikler (Karaoğul ve Alma, 2019).

Bileşikler	Mikrodalga ekstraksiyon (%)	Hidrodestilasyon (%)
α -Pinen	37,04	4,75
Limonen	28,10	79,20
Terpineol	4,28	1,62
Karyofilen	1,55	3,31
γ kadinen	3,57	0,23

Sonuç olarak karaçam odunu uçucu bileşikleri germakren D, α -pinen ve γ -kadinen şeklinde olup ibre ile benzerlik göstermektedir. Odundaki temel bileşenler ise α -selüloz %46,8-52,0 ve lignin %23,8-28,2 değerlerinde olup sonuçlar diğer iğne yapraklı türler ile uyumludur. Ekstraktif madde oranı ise sikloheksanda %3,97-4,23, asetonda ise %4,42-4,73 şeklindedir.

4. Karaçam Kozalaklarının Kimyasal Analizi

Karaçam kozalaklarında temel analizler iki farklı araştırma grubu tarafından yapılmış ve sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Karaçam kozalaklarının temel bileşenleri %35,7 selüloz ve %22,9 lignin olarak belirlenmiş ve kozalakların sikloheksan ekstraktı, nötraller ve

sabunlaşanlar olmak üzere iki kısma ayrılıp Uçar ve Uçar (2008), tarafından incelenmiştir. Bu çalışmaya göre nötral bileşenlerde daha önce eterik yağda bulunan bazı bileşikler sırasıyla dehidroabietal ve karyofilen oksit olarak bulunmuştur. Sabunlaşan ekstraktlarda ise reçine asitleri: sırasıyla pimarik asit, izopimarik asit ve dehidroabietik asit gibi bileşikler yanı sıra yağ asidi: Linoleik ve palmitik asitler belirlenmiştir. Bu sonuçlardan, kozalaklarda toplam reçine asit miktarının yağ asitlerine oranla oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 7. Karaçam kozalaklarında temel bileşenler ve ekstraktif maddeler.

Analiz	Kozalak % (1)	Kozalak % (2)
Kül		0,7
Alkol Çözünürlüğü	12,18	2,9
Sıcak Su çözünürlüğü	7,35	5,6
% 1 NaOH Çözünürlüğü	17,93	18,7
Holoselüloz	63,54	-
α -selüloz	27,99	-
Lignin	31,70	29,7
Lignin (%1 NaOH sonrası)	29,60	22,9
Şeker analiz değerleri		
Selüloz	-	35,7
Ksilan	-	4,9
Mannan	-	15,1
Galaktan	-	2,9
Arabinan	-	2,2

(1) Karaçam kozalak analiz değerleri (Dönmez ve ark., 2012), (2) Karaçam kozalak değerleri (Uçar ve Uçar, 2008).

Karaçam kozalakları eterik yağında bulunan bileşikler ise sırasıyla α -pinen, karyofilenoksit, β -karyofilen ve dehidroabietal şeklinde sıralanmaktadır. Bu sonuçlar kozalak eterik yağının ibre ve oduna benzer bir bileşim gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 8'de Tümen ve arkadaşları (2010) tarafından Bartın bölgesinden Eylül ayında toplanarak GC-MS analizi ile incelenen karaçam kozalaklarının uçucu bileşikleri yer almaktadır. Buna göre karaçam kozalaklarında en fazla α -pinen ve karyofilen türü bileşiklerin bulunduğu görülmektedir.

5. Karaçam Kabuğunun Kimyasal Analizi

Karaçam kabuğunda temel bileşenler ve ekstraktif madde sonuçları Çizelge 9'da verilmektedir. Kabuk örneğinde selüloz %31,4 - % 37,5 ve lignin % 31,5 - % 34,1 olarak belirlenmiştir. Ekstraktif madde oranının bir göstergesi olan sıcak su çözünürlüğü ise %14,32'dir.

Çizelge 8. Karaçam kozalaklarında ekstraktif madde bileşimleri.

Bileşik	Kozalak Uçucuları % (1)	Sikloheksan ekstraktı Nötraller % (2)	Sikloheksan ekstraktı Sabunlaşanlar % (2)
α -Pinen	45,36		
β -Pinen	1,50		
β -Karyofilen	6,73	0,68	
Karyofilen oksit	8,05	2,06	
Palustural	2,59		
Dehidro abietal	3,33	9,95	
Palmitik asit			2,25
Linoleik asit			6,77
Pimarik asit			9,0
Sandarakopimarik			3,03
Izopimarik +Palusturik			7,01
Dehidroabietik			7,83
Abietik asit			4,35
Neoabietik asit			4,49

(1) Karaçam kozalak eterik yağ bileşenleri (Tümen ve ark., 2010), (2) Karaçam kozalakları sikloheksan ekstraktifleri bileşimi (Uçar ve Uçar, 2008).

Çizelge 9. Karaçam kabuğunda temel bileşenler ve ekstraktif madde oranları.

Analiz	İç kabuk % (1)	Dış Kabuk % (1)	Kabuk %
Sıcak su çözünürlüğü	11,6	14,5	14,32
Alkol-benzen çözünürlüğü	15,2	18,3	12,77*
% I NaOH çözünürlüğü	39,2	-	43,26
Selüloz	37,5	31,4	34,42
Lignin	31,5	34,1	41,61
Kül	2,2	3,3	2,73

(1) Karaçam iç ve dış kabuğa ait kimyasal analiz değerleri (Hafizoğlu ve Usta, 2005), (*) Alkol-sikloheksan+alkol çözünürlüğü toplamı, (-) Analiz yapılmamıştır.

Çizelge 10'da karaçam kabuğunun sıcak su ekstraksiyonu ile elde edilen fenolik bileşik analiz değerleri verilmiş ve sonuçların yorumlanmasına yardımcı olması amacı ile fıstık çamı kabuk değerleri ile kıyaslanmıştır. Fenolik bileşik olan kateşin miktarı 1,817 mg/g, toplam fenol miktarı 38 mg/g ve kondanse tanen miktarını gösteren stiasny sayısı ise 9,28 olarak bulunmuştur. Tanen analizinde ilk aşama olan çözünürlük değerleri fıstık çamı kabuğunda oldukça yüksektir. Stiasny sayısı değerleri yine fıstık çamında, karaçama oranla yaklaşık 8 kat daha yüksek ve kateşin miktarı da benzer oranlardadır. Sonuç olarak karaçam kabuğunda fenolik bileşik olan tanen oranının çok düşük olduğu ve kabuğun tanen kaynağı olarak değerlendirilemeyeceği görülmektedir.

6. Sonuç

Karaçam ibre eterik yağında en fazla bulunan bileşiğin α -pinen, β -pinen, β -karyofilen ve germakren-D şeklinde olduğu farklı çalışmalar ile ortaya

konulmuştur. Ülkemizin kuzey kesimlerinde yetişen karaçam örneklerinde bu bileşikler, güney bölgede yetişenlerden daha düşük oranda bulunmaktadır. Yurt dışında özellikle Sicilya ve Korsika adalarında yetişen karaçam ibre eterik yağlarının, diğer bölgelerden farklı sonuçlar göstermesi bu adalardaki karaçamların Avrupa karaçamının atası olduğunu düşündürmektedir.

Çizelge 10. Karaçam ve fıstık çamı kabuklarının tanen ve çözünürlük değerleri.

Tanen analizleri	Kateşin mg/g (1)	Toplam Fenol mg/GAE (1)	Sıcak su çöz. %	Stiasny Sayısı
<i>Pinus nigra</i> Kabuk	1,817	38	14,32 ³	9,28 ³
<i>Pinus pinea</i> Kabuk	7,703	83	23,07 ²	80,5 ²

(1)Çam kabuklarının tanen ve antioksidan değerleri (Yeşil-Çeliktaş ve ark., 2009), (2)Fıstık çamı kabuğunun tanen bileşimi (Gönültaş ve Balaban-Ucar, 2012), (3) Karaçam kabuğu değerleri (Özdemir, 2010).

Odun temel bileşenleri ile ilgili çalışmalarda, diğer iğne yapraklı odunlarına benzer sonuçlar bulunmuş fakat lignin oranı biraz düşük belirlenmiştir. Bu değer Karaçam odununun kâğıt yapımına uygun olduğunu göstermekle birlikte lif özellikleri de dikkate alınmalıdır.

Karaçam varyeteleri odunlarının ekstraktif bileşiminde, en fazla yağ asitleri bulunurken, reçine asidi olarak; başlıca palustrik, pimarik ve abietik asitler bulunduğu görülmektedir. Karaçam odunun da yağ asitleri olarak oleik, linelik ve linolenik asit bileşikleri en fazla oranda bulunmaktadır. Karaçam odunu eterik yağı ise germakren D, α - pinen, γ -kadinen ve α -terpineol bileşiklerini baskın olarak içermekte ve aynı türün ibre uçucuları ile benzerlik göstermektedir.

Kozalak eterik yağında yapılan çalışmalar sonucunda, kozalakların da ibre ve oduna benzer bileşikleri içerdiği ve en fazla α -pinen ve karyofilen bulunduğu tespit edilmiştir. Kozalak temel bileşenlerine bakıldığında oduna kıyasla daha düşük oranda selüloz, yüksek oranda lignin içerdiği görülmektedir.

Karaçam ibre, odun ve kozalak eterik yağlarında bulunan ortak bileşiklerin α -pinen ve β -karyofilen olduğu görülmektedir.

Karaçam kabuğunun incelendiği çalışmalar sonucunda, özellikle fenolik ekstraktifler konusunda diğer çam türü kabuklarından daha düşük ekstrakt verim değerine sahip olduğu yine kabuktan elde edilen ekstraktın daha düşük fenolik bileşik içeriği ile tanen kaynağı olarak değerlendirilmesinin oldukça kısıtlı olduğu ortaya konulmuştur.

Kaynaklar

- Anşın, R., Özkan, Z. C., 1993. *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 512/19, 512 sayfa, Trabzon.
- Bojovic S., Jurc M., Drazic D., Pavlovic P., Mitrovic M., Djurdjevic L., Dodd R. S., Rafii Z. A., Barbero M., 2005. Origin Identification of *Pinus nigra* Populations in Southwestern Europe Using Terpene Composition

- Variations. *Trees*, 19: 531-538.
- Donmez, I. E., Hafizoglu, H., Kilic, A., Tumen, I., Sivrikaya, H., 2012. Chemical Composition of Fourteen Different Coniferous Species Cones Growing Naturally in Turkey. *Wood Research*, 57 (2): 339-344.
- Gönültaş, O., Balaban-Ucar, M., 2012. Fıstık Çamı (*Pinus pinea*) Kabuğunun Tanen Bileşimi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel sayı: 80-84.
- Hafizoglu, H., Usta, M., 2005. Chemical Composition of Coniferous Wood Species Occurring in Turkey. *Holz Als Roh-und Werkstoff*, 63: 83-85.
- Karaoğul, E., Alma, M. H., 2019. Solvent-free Microwave and Hydro-distillation Extraction of Essential Oils from the Sawdust of Pines: Correlation with Heat-map. *BioResources*, 14(4): 8229-8240.
- Özdemir, H., 2010. Endüstride Önemli İbrelili Ağaç Kabuklarından Tanen Üretimi ve Üretilen Tanenin Lif Levhada Tutkal Olarak Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Mualla Balaban Uçar, 173 sayfa, İstanbul.
- Pekgözlü, A. K., Gülsoy, S. K., Ayçiçek, Y., 2017. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Odununun Lif Morfolojisi ve Kimyasal Yapısı Üzerine Ağaç Gövde Yüksekliğinin Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 74-81.
- Raffi, Z. A., Dodd, R. S., Zavarin, E., 1996. Genetic Diversity in Foliar Terpenoids Among Natural Populations of European Black Pine. *Biochem Syst Ecol.*, 24 (4): 325-339.
- Rezzi, S., Bighelli, A., Mouillot, D., Casanova, J., 2001. Composition and Chemical Variability of the Needle Essential Oil of *Pinus nigra* subsp. *laricio* from Corsica. *Flavour Fragr. J.*, 16: 379-383.
- Sarac, Z., Bojovic, S., Nikolic, B., Tesevic, V., Dordevic, I., Marin, P. D., 2013. Chemotaxonomic Significance of the Terpene Composition in Natural Populations of *Pinus nigra* J. F. Arnold from Serbia. *Chemistry and Biodiversity*, 10: 1507-1520.
- Sezik, E., Üstün, O., Demirci, B., Başer, K. H. C., 2010. Composition of the Essential Oils of *Pinus nigra* Arnold from Turkey. *Turk J. Chem.*, 34: 313-325.
- Tumen, I., Hafizoglu, H., Kilic, A., Donmez, I. E., Sivrikaya, H., Markku, R., 2010. Yields and Constituents of Essential Oil from Cones of *Pinaceae* spp. Natively Grown in Turkey. *Molecules*, 15: 5797-5806.
- Ucar, G., Balaban, M., 2001. Volatile Wood Extractives of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Grown in Eastern Thrace. *Holz Als Roh-und Werkstoff*, 59: 301-305.
- Ucar, G., Balaban, M., 2004. Volatile Needle Extractives of Anatolian Black Pine Varieties: *P. nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* and var. *pyramidata*. *Biochemical systematics and Ecology*, 32(11): 983-992.
- Ucar, G., Fengel, D., 1995. Variation in Composition of Extractives from Wood of *Pinus nigra* Varieties. *Phytochemistry*, 38: 870-880.
- Uçar, M. B., Uçar, G., 2008. Lipophilic Extractives and Main Components of Black Pine Cones. *Chemistry of Natural Compounds*, 44 (3): 380-383.
- Yesil-Celiktas, O., Otto, F., Parlar, H., 2009. A Comparative Study of Flavonoid Contents and Antioxidant Activities of Supercritical CO₂ Extracted Pine Barks Grown in Different Regions of Turkey and Germany. *Eur. Food Res. Technol.*, 229: 671-677.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

33

KARAÇAMIN GELENEKSEL KULLANIMI

1. Giriş

Pinus nigra subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, (Karaçam) Pinaceae familyasının bir üyesi olup, kuzey batı Afrika, güney Avrupa ve Asya'da ağırlıklı olarak dağlık bölgelerde yayılış göstermektedir (Yaltırık, 1988). Türkiye'de Karadeniz, Marmara, Ege bölgeleri ile Toros Dağları ve İç Anadolu bölgelerinde doğal yayılış göstermekte ve toplam 4,7 milyon hektar alan kaplamaktadır (Akkemik ve ark., 2011; OGM, 2012). Ayrıca karaçam Türkiye'nin farklı bölgelerinde ağaçlandırma çalışmalarında da kullanılmaktadır (Güner ve Çömez, 2014). Türün en geniş yayılış Türkiye'dedir. Karaçam 400-1400 m yükselti arasında geniş alanlarda saf ormanlar kurmakta, 2100 m'ye kadar da bazen karışık bazen saf ormanlar kurmaktadır (Saatçioğlu, 1976). Türkiye'deki Karaçam türünün var. *pallasiana* (Anadolu karaçamı), var. *fastigiata* Businsky (Ehrami karaçamı), var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yaltırık (Ebe karaçamı), var. *columnaris-pendula* Boydak, var. *yaltirikiana* Alptekin (Büyük kozalaklı karaçam) olmak üzere 5 varyetesi olduğu belirlenmiştir (Akkemik ve ark., 2010; 2011; Akkemik, 2014).

Ülkemizde yüksek bölgelerin ağacı olan ve genellikle Karaçam olarak bilinen tür aynı zamanda halk arasında değişik isimler ile de adlandırılmaktadır. Farklı yörelerde Akçam, Akkabuk, Çam, Fesleğen çamı, Fesleğan çamı, Gara Şam, İşam, Katran çamı, Kozalak, Top çamı, Şam ve Toros çamı (Akan ve ark., 2013; Sargın ve ark., 2013; Arı ve ark., 2015; Bulut ve Tuzlacı, 2015; Bağcı ve ark., 2016; Bulut ve ark., 2017; Güneş ve ark., 2017; Yeşilyurt ve ark., 2017; Arı ve ark., 2018; Fidan ve Akan, 2019) olarak bilinir.

Türkiye zengin bir bitki çeşitliliğine sahiptir ve aynı zamanda bu bitkilerden yararlanma konusunda ülkemizde önemli bir bilgi birikimi bulunmaktadır. Deneme yanılma yoluyla edinilmiş bu geleneksel bitki kullanım bilgileri nesilden nesile aktarılarak uzun bir zaman süzgecinden geçerek günümüze kadar ulaşmıştır. Etnobotanik araştırmalar, bitkilerin geleneksel kullanımının bilimsel olarak değerlendirildiği çalışmalardır. Bitkilerin gıda, baharat, boya,

¹Dr. Öğr. Üyesi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Botanik Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: ckizilarсланhancer@bezmialem.edu.tr

²Doç. Dr., Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Botanik Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: esevgi@bezmialem.edu.tr

yakacak, eşya ve tedavi amaçlı kullanımlarını ortaya koymaktadır. Ayrıca hayvanlar için yem ve tedavi için kullanımlarını incelemektedir. Türkiye'nin bu değerli kültürel birikimini ortaya çıkaran birçok çalışma yapılmıştır (Kendir ve Güvenç, 2010). Bu çalışmalar 1990'lı yıllara kadar genellikle geniş alan taramaları ile gerçekleştirilmiş fakat 1990'ların ortalarından itibaren daha sistemli olarak yürütülmeye başlanmıştır (Ertuğ, 2014). Böylece halkın bitkilerden yararlanma bilgileri detaylı olarak kayda alınmıştır.

Türkiye'de yayınlanan etnobotanik çalışmalar genellikle bir bölge, il, ilçe veya köylerde gerçekleştirilmiş ve tüm kullanılan türlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmaları içeren familya, alt familya, cins veya türe dayalı meta analiz çalışmaları ise oldukça kısıtlıdır. Türkiye'deki Apiaceae, Asteraceae, Hyacinthaceae, Labiatae ve Pinaceae familyaları, Gymnospermler, Amygdaloideae (Rosaceae) alt familyası, *Euphorbia* L., *Pinus* L. ve *Ziziphora* L. cinsi ile ilgili çalışmalar bu meta analizlere örnek olarak verilebilir (Bulut ve Tuzlacı, 2010; Özbilgin ve Saltan Çitoğlu, 2012; Kızılarşlan ve Sevgi, 2013; Bulut ve ark., 2014; Doğan ve ark., 2014; Süntar, 2014; Altundağ-Çakır, 2017, Demirci Kayıran ve Eroğlu Özkan, 2017; Hürkul ve Köroğlu, 2019; Şenkardeş ve ark., 2019; Satıl ve Selvi, 2020). Oysa özellikle ülkede geniş yayılış gösteren türlerin kullanımı için meta analizlerin yapılması geleneksel bitki kullanım bilgisinin çeşitliliğini ve kültürel değerini ortaya çıkarmak için oldukça önemlidir.

Karaçamın doğal olarak yayılış gösterdiği bölgelerde yaşayan insanların farklı amaçlarla bu türden yararlandığı birçok çalışma ile ortaya konulmuştur. Türkiye'de karaçam ormanlarına yakın yerleşimlerin olması yöre insanı tarafından türün kullanımını oldukça yaygınlaştırmaktadır. Bazen ağacın belli kısımlarının (dal, yaprak, kozalak, reçine vb.) doğrudan kullanımı tercih edilmiş bazen de bazı işlemler yapıldıktan sonra elde edilen ürünler (terebentin, katran vb.) kullanılmıştır. Yakacak, çeşitli eşyaların ve dekoratif amaçlı süs eşyalarının yapımında odunu ve kozalaklarının kullanılması, reçinesinin sakız olarak çiğnenmesi, reçine, katran ve kozalaklarının tedavi amaçlı kullanımları kayıtlarda yer almaktadır (Kızılarşlan ve Sevgi, 2013).

Karaçam, odunu bakımından oldukça değerlidir (Akkemik, 2014). Karaçamın odunu dayanıklı ve reçine bakımından da zengindir. Aynı zamanda işlenmesi kolay olan bir türdür. Bu sebeple inşaat malzemesi ve mobilya olarak kullanımı yaygındır. Yayılış gösterdiği tüm Akdeniz havzasında bu kullanımların yanında yakacak odun olarak da kullanılır (Enescu ve ark., 2016). Bu kullanımlar ile ticari bir öneme de sahiptir.

Bu çalışmada, karaçam türünün ülkemizde halk arasındaki geleneksel kullanım bilgilerinin etnobotanik çalışmalara dayalı olarak ortaya konulması hedeflenmiştir. Ekolojik, floristik ve ekonomik açıdan değerli olan türün Türkiye'deki kültürel değerlerimiz arasındaki yeri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışmada, *P. nigra* türünün ülkemizde halk tarafından geleneksel olarak kullanımı, 1995-2020 yılları arasında yayınlanan etnobotanik ve geleneksel tedavi ile ilgili 44 adet yayın (Fujita ve ark., 1995; Yeşilada ve ark., 1995; Honda ve ark., 1996; Sadıkoğlu ve Alpınar, 2001; Sezik ve ark., 2001; Keskin ve Alpınar, 2002; Ertuğ ve ark., 2004; Ezer ve Avcı, 2004; Özçelik ve Balabanlı, 2005; Öztürk ve Dinç, 2005; Cansaran ve ark., 2007; Kargıoğlu ve ark., 2008; Uysal ve ark., 2008; Fakir ve ark., 2009; Koyuncu ve ark., 2009; Cansaran ve Kaya, 2010; Kargıoğlu ve ark., 2010; Polat ve Satıl, 2010; Sarı ve ark., 2010; Çakılcıoğlu ve ark., 2011; Akan ve ark., 2013; Sağıroğlu ve ark., 2013; Sargın ve ark., 2013; Akan ve Bakır Sade, 2015; Arı ve ark., 2015; Bulut ve Tuzlacı, 2015; Güzel ve ark., 2015; Han ve Bulut 2015; Karahan ve ark., 2015; Polat ve ark., 2015; Bağcı, 2016; Günbatan ve ark., 2016; Paksoy ve ark., 2016; Bulut ve ark., 2017; Güneş ve ark., 2017; Özen ve Doğan, 2017; Sinmez ve Aslım, 2017; Sinmez ve Yaşar, 2017; Yeşilyurt ve ark., 2017; Arı ve ark., 2018; Sinmez ve ark., 2018; Gürbüz ve ark., 2019; Fidan ve Akan, 2019; Aslan ve ark., 2020) incelenerek değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda tür ile ilgili bulunan tüm kullanımlar ile veri seti oluşturulmuştur. Bilgiler işlenirken her bir kullanım şekli, her değişen hazırlama yöntemi ve bitki kısmı ayrı birer “kayıt” olarak ele alınmıştır.

Çalışmada karaçamın kullanım alanları 4 başlıkta incelenmiştir;

1- Tıbbi kullanım

2- Veteriner hekimlikte kullanım

3- Gıda kullanımı

4- Diğer kullanım amaçları (yakacak, süs bitkisi, oyuncak ve müzik aleti -saz, davul ve ud- yapımı, kök boya eldesi, her türlü ağaç işçiliği -beşik, el arabası, mutfak tezgâhı, yayık, doğrama tahtası, fıçı-).

3. Bulgular

Taranan makaleler arasında 44 adet çalışmada *P. nigra* türüyle ilgili kullanım kaydına rastlanmıştır. İncelenen çalışmalardaki tür isimlendirmelerinin genellikle tür ve alt tür kademesinde bazen de varyete olarak verildiği görülmüştür. Türün bilimsel adlarının kullanımı yayın sayılarına göre aşağıda sunulmuştur.

P. nigra (13 yayın)

***P. nigra* subsp. *pallasiana* (15 yayın)**

P. nigra subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* (4 yayın)

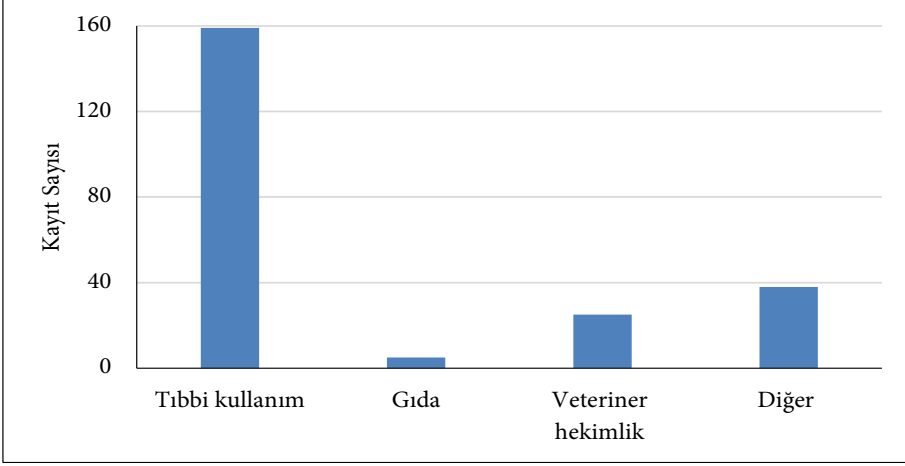
P. nigra subsp. *pallasiana* var. *caramanica* (2 yayın)

P. nigra subsp. *nigra* var. *caramanica* (9 yayın)

P. nigra subsp. *pallasiana* var. *şeneriana* (1 yayın) *endemik

Tıbbi kullanım, gıda kullanımı, veteriner hekimlikteki kullanım ve diğer kulla-

nım kayıtları olmak üzere toplamda 227 kullanım kaydı elde edilmiştir (Tıbbi kullanım kaydı 159, veteriner hekimlik 25, gıda 5, diğer kullanımlar 38 olmak üzere) (Şekil 1). Karaçamdan ülkemizde en fazla tıbbi amaçlı, diğer kullanım amaçlarında (yakacak, süs bitkisi, oyuncak ve müzik aleti -saz, davul ve ud- yapımı, kök boya eldesi, her türlü ağaç işçiliğinde -beşik, el arabası, mutfak tezgâhı, yayık, doğrama tahtası, fıçı-), veteriner hekimlikte ve gıda kullanımında faydalandığı bulunmuştur.



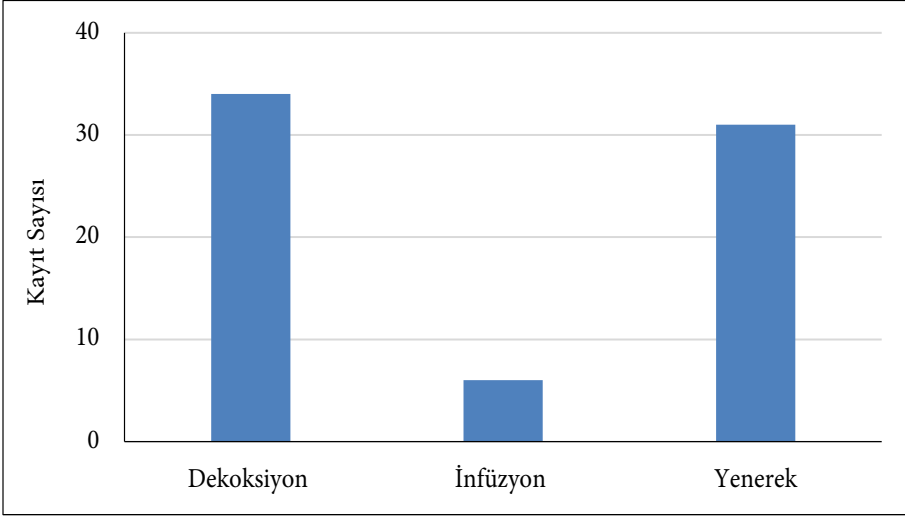
Şekil 1. *P. nigra* kullanım alanları.

3.1. Tıbbi kullanım

Karaçamın en çok dâhilen (86 kayıt) ve sonrasında haricen (59 kayıt) kullanıldığı bulunmuştur. İncelenen 14 kayıtta ise kullanım yöntemi belirtilmemiştir. Dâhilen kullanımında sıklıkla dekoksiyon (kaynatma) yöntemi (34 kayıt) tercih edilmiştir. Daha az olmakla birlikte infüzyon (demleme) yöntemi de kullanılmaktadır (6 kayıt). Ayrıca reçine, kozalak, floem gibi kısımlardan yenerek de faydalanılmaktadır (31 kayıt) (Şekil 2).

Bitkinin kullanılan kısımlarına bakıldığında; en çok reçine (64 kayıt), kozalak (31 kayıt), katran (25 kayıt), floem (çam soymuğu) (17 kayıt), dal (12 kayıt), yaprak (4 kayıt), kök (3 kayıt), çiçek tomurcukları (2 kayıt) ve kabuk (1 kayıt) kullanımını olduğu bulunmuştur (Şekil 3).

Bitkinin kök kullanımından sadece 2 kaynaktan yara iyileştirici, öksürük kesici ve bronşit tedavisinde kullanıldığından bahsedilmiştir (Fujita ve ark., 1995; Honda ve ark., 1996). Çiçek tomurcuklarının astım ve romatizma tedavisinde (Sarı ve ark., 2010), ağaç kabuklarının ishal tedavisinde kullanıldığı (Yeşilada ve ark., 1995) sadece birer çalışmada belirtilmiştir. Floemin yenerek her derde deva olarak, tüberküloz, zatürre, bronşit, kanser tedavisinde ve idrar söktürücü olarak kullanıldığı kayıtlıdır.



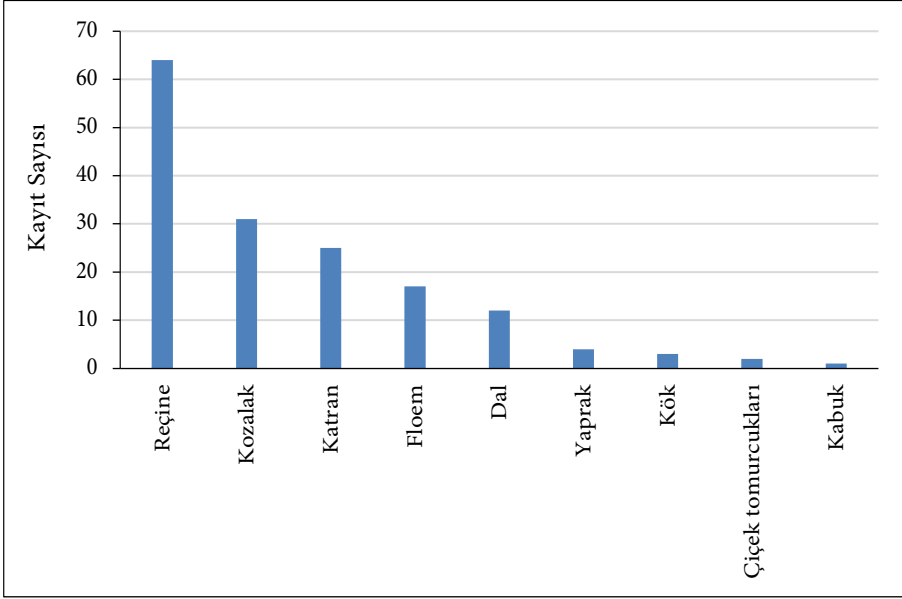
Şekil 2. *P. nigra* dahili kullanım şekilleri.

Tıbbi kullanımda en çok faydalanılan kısımlardan olan reçine için “çam sakızı, karaçam sakızı, çamakması” gibi özel yöresel adların verildiği görülmüştür (Honda ve ark., 1996). Ayrıca türün soymuk borusu (floem) için “çam yalamuğu, çam yalamığı ve çam soymuğu” isimlendirmelerinin yapıldığı saptanmıştır (Fujita ve ark., 1995). Yeşilada ve ark. (1995) çalışmalarında türün odunundan elde edilen katran için “bise, çam püsesi, çam pisesi, zift, katran zifti, çam zifti, çam katranı ve karahekim” isimlerinin kullanıldığını belirtmişlerdir.

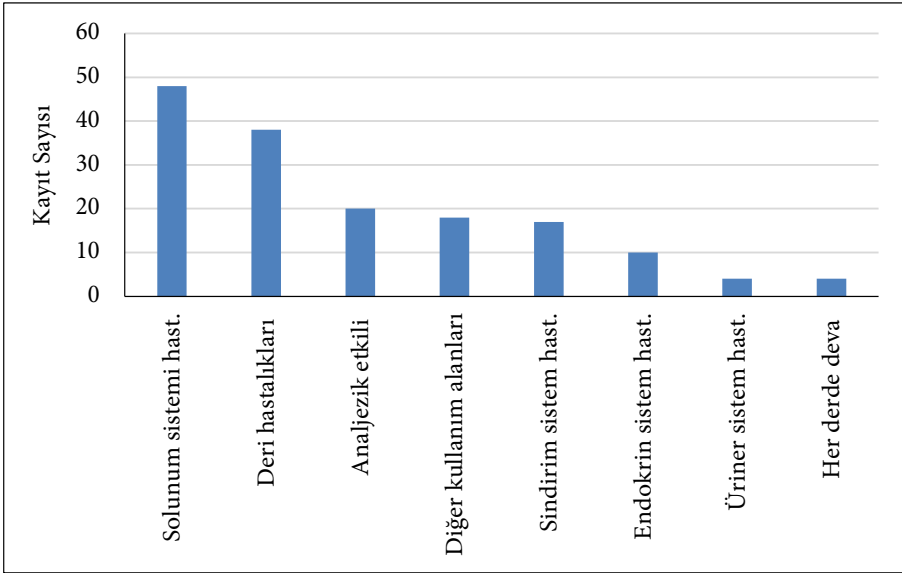
Karaçamın tıbbi kullanımları aşağıda verilen 8 başlıkta değerlendirilmiştir.

1. Deri hastalıkları: Siğil, çıban, nasır, yara, yanık, psoriasis, erysipelas, böcek ısırığı, kaşıntı, mantar enfeksiyonu,
2. Solunum sistemi hastalıkları: Astım, bronşit, grip, nezle, öksürük, zatürre, tüberküloz, nefes darlığı, balgam söktürücü,
3. Sindirim sistemi hastalıkları: Hemoroit, ülser, hazımsızlık, karaciğer hastalıkları, mide hastalıkları, ishal,
4. Üriner sistem hastalıkları: Üriner sistem, idrar yolu,
5. Analjezik: Romatizma, ağrı kesici, karın ağrısı, bağırsak ağrısı,
6. Endokrin sistem hastalıkları: Diyabet, şeker, kolesterol, guatr,
7. Her derde deva (Bazı kaynaklarda “panacea”),
8. Diğer kullanımlar: Antimikrobiyal, antiseptik, kanser, kırık, iç hastalıkları, hipertansiyon, antihelmintik, antienflamatuar, diş temizliğidir.

Karaçamın sıklıkla solunum sistemi hastalıklarında (48 kayıt), deri hastalıklarında (38 kayıt), analjezik etkili olarak (20 kayıt), diğer kullanım alanlarında (18 kayıt), sindirim sistem hastalıklarında (17 kayıt), endokrin sistem hastalıklarında (10 kayıt), üriner sistem hastalıklarında ve her derde deva olarak (4'er kayıt) kullanıldığı bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 3. *P. nigra* tıbbi etkili kullanılan kısımları.



Şekil 4. *P. nigra* tıbbi kullanım alanları.

Bitkinin en sık kullanıldığı solunum sistemi sorunlarından olan bronşit, astım, öksürük, nezle, grip ve nefes darlığı tedavisinde sıklıkla reçinesinin yenildiği, kozalaklarının dekoksasyon veya infüzyon şeklinde kullanıldığı görülmüştür. Cilt hastalıklarının tedavisinde ise sıklıkla reçinesi ve katranı haricen kullanılmaktadır.

3.2. Veteriner hekimlikte kullanım

Bitkinin veteriner hekimlikte kullanımıyla ilgili 25 kayıt bulunmuştur. Bunlardan sadece 1 tanesi dahili kullanım iken (Kargıoğlu ve ark., 2010), diğerleri harici kullanımlardır. Bitkinin sıklıkla katranı (15 kayıt) ve reçinesi (9 kayıt) kullanılır. Sadece 1 kayıta yapraklarının hayvanlardaki köpek veya kurt ısırığında kullanılabilceği belirtilmiştir (Günbatan ve ark., 2016).

Türkiye'nin diğer bölgelerinde yapılmış etnoveteriner çalışmalarda da *P. nigra* türünün veteriner hekimlikte en çok kullanılan bitki olduğu bulunmuştur (Sinmez ve ark., 2018). Bitkinin antimikrobiyal, antiparazitik ve yara iyi edici etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Süntar ve ark., 2011; Eryılmaz ve ark., 2015; Demirci ve ark., 2020). Bu sebeple veteriner hekimlikteki kullanım sıklığı beklenebilecek bir durumdur.

3.3. Gıda kullanımı

Bitkinin gıda olarak kullanımından sadece 3 yayında, 5 kayıt ile bahsedilmiştir. Gıda kullanımında bitkinin reçinesi sakız olarak çiğnenir (Cansaran ve ark., 2007; Cansaran ve Kaya, 2010), kozalak, yaprak ve dallarından çayı yapılır (Keskin ve Alpınar, 2002; Cansaran ve ark., 2007).

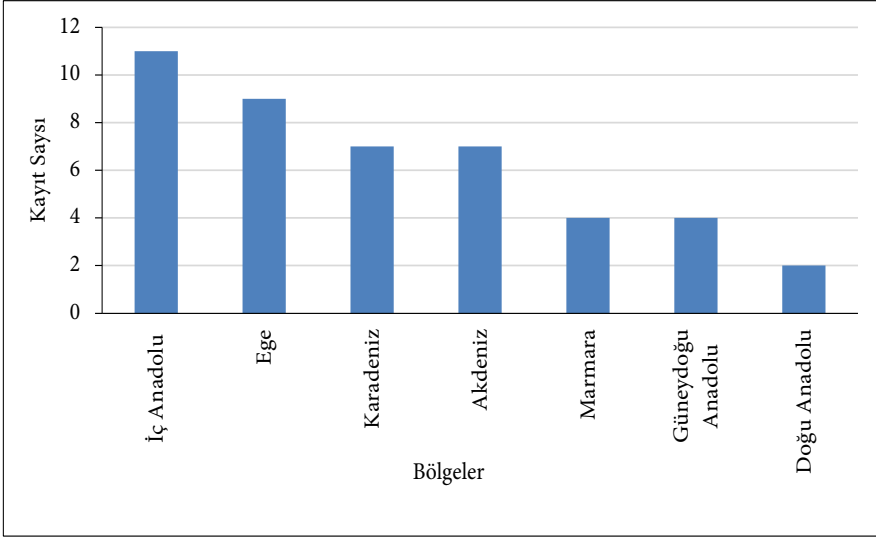
3.4. Diğer kullanım amaçları

Bitkinin diğer kullanım amaçlarında yakacak, süs bitkisi, oyuncak ve müzik aleti (saz, davul ve ud) yapımı, kök boya eldesi, her türlü ağaç işçiliğinde (beşik, el arabası, mutfak tezgâhı, yayık, doğrama tahtası, fıçı) kullanımı ele alınmıştır. Yakacak, çeşitli eşyaların ve dekoratif amaçlı süs eşyalarının yapımında bitkinin özellikle odunu ve kozalakları tercih edilmektedir. Ayrıca dalları, nar meyvelerinin uzun süre saklanmasında kullanılır (Keskin ve Alpınar, 2002), reçineli dalları kuru bürölce arasına kurtlanmayı önlemek üzere koyulur (Ertuğ ve ark., 2004).

Karaçamın özellikle yakacak veya kereste olarak kullanımında odunun yöreden mi yoksa dışarıdan mı geldiği incelenen çalışmalarda tam belirtilmemiştir. Bu durum etnobotanik çalışmaların sıkıntılı bir noktası olarak düşünülebilir. Bazen çalışmanın yapıldığı bölgede sadece kullanım bilgisi ve bitki yayılışı örtüşünce özellikle odunsu türler için "bitki /odunu/ kerestesi nereden temin ediliyor" sorusu sorulmayabildiğinden verilerde farklı yorumlamalara sebep olabilmektedir. Ama elde edilen kullanım kayıtları genel itibari ile karaçam bitkisinin halk arasındaki tercihini göstermektedir.

Türkiye'de etnobotanik çalışmalar yoğun olarak bütün bölgelerde uzun yıllardır yapılmaktadır. Fakat bu çalışmada kullanılan 44 adet yayının yapıldığı bölgelere bakıldığında zaman en çok çalışmanın İç Anadolu (11 çalışma) ve Ege

bölgelerinde (9 çalışma) yapılmış olduğu görülmüştür. Ayrıca 7 adet çalışma Karadeniz, Akdeniz, 4 çalışma Marmara, Güneydoğu Anadolu ve 2 çalışma da Doğu Anadolu bölgesinde yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. *P. nigra* bitkisinin bulunduğu çalışmaların bölgelere göre dağılımı.

4. Tartışma ve Sonuç

Yapmış olduğumuz çalışmanın sonucunda, ülkemizde *P. nigra* türünün halk tarafından geleneksel olarak kullanımı, 1995-2020 yılları arasında yayınlanan etnobotanik ve geleneksel tedavi ile ilgili 44 adet yayın incelenerek değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalarda ülkemizde geniş yayılış gösteren kullanımının yaygın olduğu görülmüştür.

Kızılarslan ve Sevgi (2013) çalışmalarında, 2011 yılına kadar yapılmış 54 çalışmada yer alan Türkiye'de doğal yayılış gösteren çam türlerinin etnobotanik kullanım çeşitliliklerini ortaya koymuşlardır. Shannon-Wiener indeks sistemi ile elde edilen indekslere göre etnobotanik kullanımda *P. nigra* türünün *P. brutia* türünden sonra ikinci sırada yer aldığı ve geleneksel tıbbi kullanımlarında ise karaçamın ilk sırada olduğu belirlenmiştir. Ankara/Çamlıdere'de yapılan bir başka çalışmada, halk hekimliğinde en çok tercih edilen bitki muhtemelen ilçedeki yaygın dağılımından dolayı *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* olarak bulunmuştur (Günbatan ve ark., 2016). Altundağ-Çakır (2017) ise Türkiye'de doğal olarak yayılış gösteren Gymnospermlerin halk tıbbındaki kullanımlarını derlediği çalışmasında 40 etnobotanik makaleyi incelemiş ve *P. nigra* türünün 24 farklı hastalık için kullanımı olduğunu belirtmiştir. Bu kullanım sayısı ile *P. nigra*, Türkiye'deki Gymnospermler arasında 4. sırada yer almaktadır. Bu tespit de halk arasında geleneksel tedavide karaçam kullanımının ülkemizdeki yaygınlığını desteklemektedir.

Yapmış olduğumuz derleme çalışmasında ekolojik, floristik ve ekonomik açıdan değerli olan karaçamın Türkiye'deki kültürel değerlerimiz arasındaki yeri belirlenerek önemi aktarılmaya çalışılmıştır. Yapılan etnobotanik çalışmalar sonucunda türün yaygın bir kullanıma sahip olduğunun belirlenmesi ülkemizde geniş yayılış göstermesi ile açıklanabilmektedir.

Kaynaklar

- Akan, H., Bakır Sade, Y., 2015. Kâhta (Adıyaman) Merkezi ve Narince Köyü'nün Etnobotanik Açısından Araştırılması. *Bitlis Eren University Journal of Science*, 4(2): 219-248.
- Akan, H., Balos, M. M., Aslan, M., 2013. An Ethnobotanical Research on Handmade Musical Instruments in Şanlıurfa, South East Anatolia, Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 6(1): 93-100.
- Akkemik, Ü., 2014. *Pinus* L. In: Akkemik, Ü. (Ed.), *Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları*, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Akkemik, Ü., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2010. Some Changes in Taxonomy of Pines (*Pinus* L.) Native to Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University*, 61 (1): 63-78.
- Akkemik, Ü., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2011. *Pinus*. In: Edited by Yaltırık, F., Akkemik, Ü. (Eds.), *Türkiye'nin Doğal Gymnospermleri (Açık Tohumlular)*, Turkish Ministry of Environment and Forestry Press, Ankara.
- Altundağ Çakır, E., 2017. A Comprehensive Review on Ethnomedicinal Utilization of Gymnospermae in Turkey. *Eurasian Journal of Forest Science*, 5(1): 35-47.
- Arı, S., Kargioğlu, M., Yıldırım, H.İ., Konuk, M., 2018. An Ethnobotanical Approach to Animal Diseases and Biological Control in Antalya: Southern Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 17(1): 59-70.
- Arı, S., Temel, M., Kargioğlu M., Konuk M., 2015. Ethnobotanical Survey of Plants Used in Afyonkarahisar-Turkey. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11 (84): 1-15.
- Aslan, S., Akan, H., Pekmez, H., 2020. The Ethnobotanical Investigation of Yashlıca Town and Arıkök Neighborhood (Şanlıurfa/Turkey). *Biodicon*, 13 (1): 44-61.
- Bağcı, Y., Erdoğan, R., Doğu, S., 2016. Sarıveliler (Karaman) ve Çevresinde Yetişen Bitkilerin Etnobotanik Özellikleri. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 42 (1): 84-107.
- Bulut, G., Haznedaroğlu, M. Z., Doğan, A., Koyu, H., Tuzlacı, E., 2017. An Ethnobotanical Study of Medicinal Plants in Acipayam (Denizli-Turkey). *Journal of Herbal Medicine*, 10: 64-81.
- Bulut, G., Tuzlacı, E., 2010. An Ethnopharmacological Review on the Turkish Labiatae Species. *11th Congress of the Society of Ethnopharmacology*. 20-25 September, Espana.

- Bulut, G., Tuzlacı, E., 2015. An Ethnobotanical Study of Medicinal Plants in Bayramiç (Çanakkale-Turkey). *Marmara Pharmaceutical Journal*, 19: 268-282.
- Bulut, G., Tuzlacı, E., Doğan, A., Şenkardeş, İ., 2014. An Ethnopharmacological Review on the Turkish Apiaceae Species. *Journal of Faculty of Pharmacy Istanbul University*, 44 (2): 163-179.
- Cansaran, A., Kaya, Ö. F., 2010. Contributions of the Ethnobotanical Investigation Carried out in Amasya District of Turkey (Amasya-Center, Bağlarüstü, Boğaköy and Vermiş Villages; Yassıçal and Ziyaret Towns). *Biological Diversity and Conservation*, 3 (2): 97-116.
- Cansaran, A., Kaya, Ö. F., Yıldırım, C., 2007. An Ethnobotanical Study (Amasya/Gümüşhacıköy) between the Vicinity of Ovabaşı, Akpınar, Güllüce ve Köselier Villages. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19 (3): 243-257.
- Çakılcıoğlu, U., Khatun, S., Türkoğlu, İ., Hayta, Ş., 2011. Ethnopharmacological Survey of Medicinal Plants in Maden (Elazığ-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 137: 469-486.
- Demirci, A. N., Çömlekçioğlu, N., Aygan, A., 2020. Determination of the Chemical Composition, Antimicrobial Activity and Flavonoid Content of the Essential Oils of *Cedrus libani* and *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(8): 1747-1754.
- Demirci Kayıran, S., Eroğlu Özkan, E., 2017. The Ethnobotanical Uses of Hyacinthaceae Species Growing in Turkey and A Review of Pharmacological Activities. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 16 (2): 243-250.
- Doğan, A., Bulut, G., Tuzlacı, E., Şenkardeş, İ., 2014. A Review of Edible Plants on the Turkish Apiaceae Species. *Journal of Faculty of Pharmacy Istanbul University*, 44 (2): 251-262.
- Enescu, C. M., de Rigo, D., Caudullo, G., Mauri, A., Houston Durrant, T., 2016. *Pinus nigra* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg.
- Ertuğ, F., 2014. Etnobotanik. Şu eserde: Güner, A. ve Ekim, T. (Eds.). Resimli Türkiye Florası, Cilt 1. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı, Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.
- Ertuğ, F., Tümen, G., Çelik, A., Dirmenci T., 2004. Buldan (Denizli) Etnobotanik Alan Araştırması 2003. *TÜBA Kültür Envanteri Dergisi*, 2: 187-218.
- Eryılmaz, M., Tosun, A., Tümen, İ., 2015. Antimicrobial Activity of Some Species from Pinaceae and Cupressaceae. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 12 (3): 77-83.
- Ezer, N., Avcı, K., 2004. Çerkeş (Çankırı) Yöresinde Kullanılan Halk İlaçları. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 24 (2): 67-80.
- Fakir, H., Korkmaz, M., Güller, B., 2009. Medicinal Plant Diversity of Western Mediterranean Region in Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*, 3 (2): 30-40.

- Fidan, E.Ş., Akan, H., 2019. Tek Tek Dağları Milli Parkı (Şanlıurfa-Türkiye) Eteklerindeki Bazı Köylerde Etnobotanik Bir Çalışma. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 6 (2): 64-94.
- Fujita, T., Sezik, E., Tabata, M., Yeşilada, E., Honda, G., Takeda, Y., Tanaka, T., Takaishi, Y., 1995. Traditional medicine in Turkey VII. Folk medicine in Middle and West Black Sea Regions. *Economic Botany*, 49 (4): 406-422.
- Günbatan, T., Gürbüz, İ., Gençler Özkan, A. M., 2016. The Current Status of Ethnopharmacobotanical Knowledge in Çamlıdere (Ankara, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 40: 241-249.
- Güner, Ş. T. ve Çömez, A., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü Araştırma Projesi (Proje No: ESK-10.(6303)/2011-2014), 51 sayfa, Eskişehir.
- Güneş, S., Savran, A., Paksoy, M. Y., Koşar, M., Çakılcıoğlu, U., 2017. Ethnopharmacological Survey of Medicinal Plants in Karaisalı and its Surrounding (Adana-Turkey). *Journal of Herbal Medicine*. 8: 68-75.
- Gürbüz, İ., Gençler Özkan, A. M., Akaydın, G., Salihoğlu, E., Günbatan, T., Demirci, F., Yeşilada, E., 2019. Folk Medicine in Düzce Province (Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 43: 769-784.
- Güzel, Y., Güzelşemme, M., Miski, M., 2015. Ethnobotany of Medicinal Plants Used in Antakya: A Multicultural District in Hatay Province of Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, 174: 118-152.
- Han, M.İ., Bulut, G., 2015. The Folk-Medicinal Plants of Kadışehri (Yozgat-Turkey). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 84 (2): 237-248.
- Honda, G., Yeşilada, E., Tabata, M., Sezik, E., Fujita, T., Takeda, Y., Takaishi, Y., Tanaka, T., 1996. Traditional Medicine in Turkey VI. Folk Medicine in West Anatolia: Afyon, Kütahya, Denizli, Muğla, Aydın Provinces. *Journal of Ethnopharmacology*, 53: 75-87.
- Hürkul, M.M., Köroğlu, A., 2019. Etnobotanik Bir Derleme: Amygdaloideae (Rosaceae) Alt Familyası. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, 44 (1): 35-46.
- Karahan, F., Altay, V., Keskin, M. 2015. An Ethnobotanical Study on Woody Plants Benefits from Handicrafts in Antakya District (Hatay-Turkey). *International Journal of Scientific and Technological Research*, 1 (1): 1-18.
- Kargoğlu, M., Cenkci, S., Serteser, A., Evliyaoğlu, N., Konuk, M., Kök, M.Ş., Bağcı, Y., 2008. An Ethnobotanical Survey of Inner-West Anatolia, Turkey. *Human Ecology*, 36: 763-777.
- Kargoğlu, M., Cenkci, S., Serteser, A., Konuk, M., Vural, G., 2010. Traditional Uses of Wild Plants in the Middle Aegean Region of Turkey. *Human Ecology*, 38: 429-450.
- Kendir, G., Güvenç, A., 2010. Etnobotanik ve Türkiye'de Yapılmış Etnobotanik Çalışmalara Genel Bir Bakış. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 30 (1): 49-80.

- Keskin, M., Alpınar, K., 2002. An Ethnobotanical Study on Kışlak (Yayladağı-Hatay). *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 9 (2): 91-100.
- Kızıllarslan, Ç., Sevgi, E., 2013. Ethnobotanical Uses of Genus *Pinus* L. (Pinaceae) in Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 12 (2): 209-220.
- Koyuncu, O., Yaylacı, Ö.K., Tokur, S., 2009. Geyve (Sakarya) ve Çevresinin Etnobotanik Açından İncelenmesi. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 16 (1): 123-142.
- OGM, 2012. *Ormancılık İstatistikleri*. Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Başkanlığı, 162 sayfa, Ankara.
- Özbilgin, S., Saltan Çitoğlu, G., 2012. Uses of Some *Euphorbia* Species in Traditional Medicine in Turkey and Their Biological Activities. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 9 (2): 241-256.
- Özçelik, H., Balabanlı, C., 2005. Burdur İlinin Tıbbi ve Aromatik Bitkileri. 1. *Burdur Sempozyumu*. 16-19 Kasım 2005, Burdur.
- Özen, R., Doğan, G., 2017. Herbal Medicine Raw Materials Used as Part of the Veterinary Medical Folklore in the Elazığ Province and its Vicinity. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 7 (3): 166-177.
- Öztürk, M., Dinç, M., 2005. Nizip (Aksaray) Bölgesinin Etnobotanik Özellikleri. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 12 (1): 93-102.
- Paksoy, M.Y., Selvi, S., Savran, A., 2016. Ethnopharmacological Survey of Medicinal Plants in Ulukışla (Niğde-Turkey). *Journal of Herbal Medicine*, 6 (1): 42-48.
- Polat, R., Satıl, F., 2010. Havran ve Burhaniye'de (Balıkesir) Etnobotanik Araştırmaları. *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, 8: 65-100.
- Polat, R., Cakilcioglu, U., Kaltalioglu, K., Ulsan, M. D., Türkmen, Z., 2015. An Ethnobotanical Study on Medicinal Plants in Espiye and its Surrounding (Giresun-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 163: 1-11.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu:2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Sadikoğlu, N., Alpınar, K., 2001. Etnobotanik Açısından Bartın. İçinde XIII. *Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı* (20-22 Eylül, 2000, İstanbul) Bildiri Kitabı, İstanbul Üniversitesi Basımevi, İstanbul.
- Sağiroğlu, M., Dalgıç, S., Toksoy, S., 2013. Medicinal Plants Used in Dalaman (Muğla), Turkey. *Journal of Medicinal Plant Research*, 7 (28): 2053-2066.
- Sargın, S.A., Akçiçek, E., Selvi, S., 2013. An Ethnobotanical Study of Medicinal Plants Used by the Local People of Alaşehir (Manisa) in Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, 150: 860-874.
- Sarı, A.O., Oğuz, B., Bilgiç, A., Tort, N., Güvensen, A., Şenol, S.G.; 2010. Ege ve Güney Marmara Bölgelerinde Halk İlacı Olarak Kullanılan Bitkiler. *Anadolu Journal of the Aegean Agricultural Research Institute*, 20 (2): 1-21.
- Satıl, F., Selvi, S., 2020. Ethnobotanical Features of *Ziziphora* L. (Lamiaceae) Taxa in Turkey. *International Journal of Nature and Life Sciences*. 4 (1): 56-65.

- Sezik, E., Yeşilada, E., Honda, G., Takaishi, Y., Takeda, Y., Tanaka, T., 2001. Traditional Medicine in Turkey. X. Folk medicine in Central Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*, 75: 95-115.
- Sinmez, Ç. Ç., Aslım, G., 2017. An Ethnoveterinary Remedies Used in the Treatment of Diseases of Aksaray Malaklısı Shepherd Dogs. *Journal of Faculty of Veterinary Medicine, Erciyes University*, 14 (3): 191-200.
- Sinmez, Ç. Ç., Aslım, G., Yaşar, A., 2018. An Ethnoveterinary Study on Plants Used in the Treatment of Dermatological Diseases in Central Anatolia, Turkey. *Journal of Complementary Medicine Research*, 8 (2): 71-84.
- Sinmez, Ç. Ç., Yaşar, A., 2017. The Use of Herbal Drugs in Organic Animal Production: The Case of Ethnoveterinary Medicine in Central Anatolia Region. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 5 (13): 1690-1695.
- Süntar, İ., Tümen, İ., Üstün, O., Keles, H., Küpeli Akkol, E., 2011. Appraisal on the Wound Healing and Anti-Inflammatory Activities of the Essential Oils Obtained from the Cones and Needles of *Pinus* Species by in Vivo and in Vitro Experimental Models. *Journal of Ethnopharmacology*, 139(2): 533-40.
- Süntar, İ., 2014. The Medicinal Value of Asteraceae Family Plants in Terms of Wound Healing Activity. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, 39: 21-31.
- Şenkardeş, İ., Bulut, G., Doğan, A., Tuzlacı, E., 2019. An Ethnobotanical Analysis on Wild Edible Plants of the Turkish Asteraceae Taxa. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 84: 17-28.
- Uysal, I., Avcıoğlu, N., Karabacak, E., 2008. Çan İlçesinin Köylerinde Kullanılan Tıbbi Bitkiler. In: Çan Değerleri Sempozyumu. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yayınları 83, Çanakkale.
- Yaltırık, F., 1988. *Dendroloji Ders Kitabı I. Gymnospermae*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını Nu: 3443/386, İstanbul.
- Yeşilada, E., Honda, G., Sezik, E., Tabata, M., Fujita, T., Tanaka, T., Takeda, Y., Takaishi, Y., 1995. Traditional Medicine in Turkey V. Folk medicine in the inner Taurus Mountains. *Journal of Ethnopharmacology*, 46: 133-152.
- Yeşilyurt, E.B., Şimşek, I., Akaydın, G., Yeşilada, E., 2017. An Ethnobotanical Survey in Selected Districts of the Black Sea Region (Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 41: 47-62.



TÜRKİYE’DE KARAÇAM ODUNUNUN ARZ-TALEP DURUMU

1. Giriş

Ormanlar, toplumun ihtiyaç duyduğu birçok mal ve hizmeti üreten ekosistemlerdir. Üretilen bu ürünlerin en başında odun hammaddesi gelmektedir. Odun hammaddesi, hem yakacak olarak kullanılmakta, hem de endüstriyel odun şeklinde orman ürünleri endüstrisinin ihtiyacına karşılık vermektedir. Orman ürünleri endüstrisinin ana hammaddesi olarak önem taşıyan odun, ekonomik hayatta hem nihai mal hem de ara mal olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de özellikle ahşap esaslı levha sektörü başta olmak üzere odun hammaddesi ihtiyacı artarak devam etmektedir (Görücü ve ark., 2020). Ahşap esaslı levha sektörünün hammadde ihtiyacının %30-35 oranında ithalata bağımlı olduğu bilinmektedir (İstek ve ark., 2017).

Odun hammaddesi arz kaynaklarından biri de karaçam ormanlarıdır. Ülkemizin doğal türlerinden Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Karadeniz Bölgesi, Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, Toros Dağları ve İç Anadolu’da yayılış göstermektedir (Yaltırık, 1993). Toprak istekleri bakımından kanaatkâr bir tür olan karaçam dona ve kuraklığa dayanıklı olduğundan (OGM, 2013), ağaçlandırma çalışmalarında en çok kullanılan türlerden biri olmuştur (Konukçu, 2001).

Karaçamın odunu sert, dayanıklı, reçineli ve kaliteli olduğundan çivi ve vida tutma direnci iyi ve işlenmesi kolaydır. Bu özellikleri sayesinde yapı malzemesi olarak tercih edilmektedir (OGM, 2013). Özellikle de inşaat kerestesi, doğrama, tel-travers, ambalaj sandığı, kağıt hamuru üretimi ve kontrplak üretiminde kullanılmaktadır (Pekgözlü ve ark., 2017). Yılmaz ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada Marmara Bölgesinde devlet orman işletmeleri açık artırmalı ihalelerine katılan endüstriyel alıcıların en çok tercih ettikleri ağaç türünün karaçam olduğu ifade edilmektedir.

Karaçam ormanları odun hammaddesi ihtiyacının karşılanması bakı-

¹⁾ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ormançılık Ekonomisi Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: tokan@iuc.edu.tr

²⁾ Dr. Öğretim Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Ormançılık Ekonomisi Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: denizt@iuc.edu.tr

mından önemli bir tür olarak karşımıza çıkmakla birlikte, odun hammadde-si dışında da önemli işlevleri yerine getirmektedir. Batı Anadolu Bölgesinde karaçamın odunundan katran (tar) elde edilerek halk tarafından geleneksel tıp amaçlı kullanıldığı (Arı ve ark., 2014) ve diğer geleneksel kullanımların da söz konusu olduğu belirtilmektedir (Kızılarıslan ve Sevgi, 2013). Karaçam anıt ağaçları sosyokültürel boyutuyla öne çıkararak kültür mirası niteliği taşımaktadır (Asan, 1999; Tatlı ve ark., 2000). Bununla birlikte, karaçam ormanları gen kaynakları açısından Anadolu'da ve Trakya'da zengin bir çeşitlilik sunmakta ve iklim değişikliği ile mücadele açısından değer taşımaktadır (Velioglu ve ark., 2005). Buna göre, karaçam ormanlarının kullanım (doğrudan ve dolaylı kullanım) ve kullanım dışı (varlık, gelecek, miras) değerlere sahip, toplam ekonomik değer açısından önem arz eden ekosistemler olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmada, karaçam ormanlarının doğrudan kullanım değerlerinden birisi olan odun hammadde-si üretimi ele alınmıştır. Bu kapsamda, Türkiye'nin orman varlığı içinde önemli bir paya sahip, asli ağaç türlerinden karaçamın, endüstriyel ve yakacak odun olarak üretimi, talep durumu, ülkemizin odun hammadde-si üretimindeki payı ve önemi güncel verilerle değerlendirilmiştir.

2. Türkiye'de Orman Varlığı ve Karaçam Ormanlarının Yeri

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 2019 verilerine göre; Türkiye'nin orman varlığı 22.740.297 hektardır. Normal kapalı orman alanı 13.083.510 hektar ile toplam ormanlık alanının % 58'ini, boşluklu kapalı orman alanı ise 9.656.787 hektar ile toplam ormanlık alanın % 42'sini oluşturmaktadır (Çizelge 1).

Orman varlığının ağaç türü itibariyle dağılımına bakıldığında; 10.729.195 hektarının ibrelili (%47), 7.364.851 hektarının yapraklı (%32) ve 4.646.251 hektarının ise yapraklı ve ibrelili karışık orman (%21) niteliğinde olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Ormanların % 95'i koru, % 5'i ise baltalık olarak işletilmektedir. 2019 yılında ormanlardaki toplam yıllık artım 47.200.000 m³e ulaşmıştır. Türkiye'de, ibrelili türlerin yapraklı türlerden kaplanan alan, ağaç serveti ve yıllık cari artım bakımından önde olduğu görülmektedir.

Çizelge 2'de orman alanlarının ağaç türleri itibariyle dağılımına bakıldığında ise kızılçam türü 5.736.371 hektar, meşe cinsleri 5.956.527 hektar, karaçam türü 4.354.821 hektar ile ilk üç sırayı oluşturmaktadır. Karaçam,

Türkiye’de kızılçamdan sonra en geniş yayılış alanına (4.354.521 ha) sahip türdür. Ancak servet ve artım bakımından karaçamın dikili serveti (296 milyon m³), kızılçamın dikili servetinden (270 milyon m³) daha fazladır. Karaçamın yıllık toplam artımı 8,3 milyon m³ iken kızılçamın yıllık toplam artımı 7,9 milyon m³’tür. Buna karşılık, eta düzeyleri karşılaştırıldığında kızılçamın 3,4 milyon m³/yıl, karaçamın ise 2,7 milyon m³/yıl etaya sahip olduğu ve dolayısıyla kızılçamdan daha az miktarda karaçam odununun piyasaya sürüldüğü anlaşılmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Karaçam ormanlarının kapladığı alan, ülkenin orman varlığı içinde %19,15, ibrelili orman varlığı içinde ise %40’lık bir paya sahiptir.

Çizelge 1. Türkiye’nin orman tipi, tür grupları itibariyle alan, servet ve cari artım durumu (OGM, 2019a).

Orman Tipi	Ağaç Türleri	Orman Durumu	Alan		Ağaç Serveti		Yıllık Cari Artımı	
			Ha.	%	m ³ /yıl	%	m ³ /yıl	%
Koru Ormanı	İbrelili Orman	Normal	6.825.672		1.095.229.994	65	30.402.836	64,5
		Boşluklu-Kapalı	3.903.523		42.912.341	2	1.989.923	2
		Toplam	10.729.195	47	1.138.142.335	67	31.385.762	66,5
	Geniş Yapraklı	Normal	3.810.220		514.611.866	31	14.807.241	31,5
		Boşluklu-Kapalı	3.554.631		26.602.009	2	1.006.997	2
		Toplam	7.364.851	32	541.213.875	33	15.814.238	33,5
	Karışık	Normal	2.365.256					
		Boşluklu-Kapalı	2.280.995					
		Toplam	4.646.251	21				
	Toplam	Normal	12.733.660	56	1.595.828.101	95	44.447.096	94,17
		Boşluklu-Kapalı	8.806.471	39	64.790.641	3,9	762.981	3,63
		Toplam	21.540.131	95	1.660.618.742	98,9	46.160.529	97,8
Baltalık Orman	Toplam	Normal	349.850	2	14.013.759	0,9	762.981	1,61
		Boşluklu-Kapalı	850.316	3	4723.709	0,2	276.490	0,59
		Toplam	1.200.166	5	18.737.468	1,1	1.039.471	2,2
Genel Toplam		Normal	13.083.510	58	1.609.841.860	95,9	45.210.077	95,78
		Boşluklu-Kapalı	9.656.787	42	69.514.350	4,1	1.989.923	4,22
		Toplam	22.740.297	100	1.679.356.210	100	47.200.000	100

Çizelge 2. Türkiyede orman alanlarının ağaç türlerine göre dağılımı (OGM, 2019a).

Ağaç türü grupları	Orman Formu (hektar)		Toplam
	Normal	Boşluklu Kapalı	
Kızılçam	3.577.425	2.158 946	5.736.371
Meşe (<i>Quercus</i> spp.)	2.435.265	3.521 262	5.956.527
Karaçam	2.837.424	1.517 397	4.354.821
Kayın	1.665.997	269.733	1.935.730
Sarıçam	901.606	636.698	1.538.304
Ardıç	223.097	740.120	963.217
Gök nar	391.842	201.359	593.201
Sedir	252.590	235.229	487.819
Ladin	234.224	93.666	327.890
Fıstıkçamı	131.548	33.250	164.798
Kızılağaç	115.646	33.569	149.215
Kestane	69.727	20.214	89.941
Gürgen	28.872	6.737	35.609
Kavak	6.587	9.843	16.430
Ihlamur	10.637	2.166	12.803
Dişbudak	6.854	505	7.359
Okaliptüs	1.383	51	1.434
Diğer türler	192.784	176.042	368.826
Toplam	13 083.510	9.656.787	22.740.297

3. Materyal ve Yöntem

Çalışmada, OGM'nin ormancılık istatistikleri ve bilanço verilerinden yararlanılmış ve 2017-2020 yılları arasındaki dört yıllık dönem kapsanmıştır. Öncelikle Türkiye'nin endüstriyel odun ve yakacak odun üretimi incelenmiştir. Ardından, karaçam odununun endüstriyel ve yakacak odun olarak üretimi analiz edilmiştir. Ayrıca, karaçama dayalı mevcut durum, endüstriyel odun üretim ve yakacak odun miktarlarına göre orman bölge müdürlükleri itibarıyla de ortaya konulmuştur. Son olarak endüstriyel odun ve yakacak odun üretiminde karaçamın yeri ve önemi üzerinde durulmuştur. Karaçamın odun hammaddesi üretimindeki yeri elde edilen bulgular ışığında dört yıllık veri karşılaştırılarak yorumlanmış ve sayısal olarak ortaya konulmuştur. Çalışmada Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 6'da yer alan veri setinden yararlanılarak Çizelge 8 ve Çizelge 9 oluşturulmuştur.

4. Bulgular

4.1. Türkiye'de yuvarlak odun üretimi

Orman amenajman planları çerçevesinde orman alanlarında gerçekleştirilen üretim faaliyetleri sonucu tomruk, tel direği, maden direği, sanayi odunu, kâğıtlık odun, lif-yonga odunu, sıruk, çubuk ve yakacak odun gibi orman ürünleri elde edilmekte ve bu ürünler; inşaat, mobilya, maden, lif ve yonga levha, kâğıt sektörleri ile ahşaba dayalı diğer sektörlerde kullanılmaktadır. Ülkemizde yıllık odun tüketimi yaklaşık 32 milyon m³tür. Bunun yaklaşık 26,3 milyon m³'ü OGM tarafından üretilmekte, geri kalan 5 milyon m³'ü özel sektör, 1,5-2 milyon m³'ü de ithalat yoluyla karşılanmaktadır (OGM, 2019b).

Türkiye'de 2017-2020 yılları arasında yuvarlak odun üretim miktarları ürün çeşitlerine göre Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre incelenen 4 yıllık dönemde gerek endüstriyel odun gerekse yakacak odun bakımından gittikçe artan bir üretim söz konusudur. Bu dönemde endüstriyel odun üretimi %59,5, yakacak odun üretimi ise %24 oranında artış göstermiştir. Ağaç türlerine göre endüstriyel odun üretim miktarlarına bakıldığında en fazla ibrelili ağaç türlerinden üretim yapıldığı görülmektedir. Yakacak odun üretiminde ise yapraklı yakacak odun üretim miktarının fazla olduğu anlaşılmaktadır (OGM, 2019c). 2017-2021 yılları arasındaki dört yıllık dönemde ibrelili endüstriyel odun üretiminin %57,5 oranında arttığı görülmektedir. Aynı dönem için yapraklı endüstriyel odun üretimi ise %65 oranında artış göstermiştir.

Ormanlarımızdan 2017 yılında toplam endüstriyel odun üretiminin %74'ü ibrelili türlerden, %26'sı ise yapraklı türlerden elde edilmiştir. 2018 yılında ise toplam endüstriyel odun üretiminin 72,95'i ibrelili, %27,05'i ise yapraklı türlerden üretilmiştir. 2019 yılında ibrelili endüstriyel odun üretimi %73,50 olurken yapraklı endüstriyel odun üretim oranı %26,5 olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılı için ise %73 oranında ibrelili endüstriyel odun üretimi, %27 oranında ise yapraklı endüstriyel odun üretimi gerçekleşmiştir. 2017-2020 yılları arasında yıllık ortalama 14.935.994 m³ ibrelili endüstriyel odun ve 5.430.525 m³ yapraklı endüstriyel odun üretilmiştir. Söz konusu dönemde toplam endüstriyel odun üretim miktarının yıllık ortalaması 20.366.519 m³tür (Çizelge 3).

Ormanlarımızdan 2017 yılında toplam yakacak odun üretiminin %44,19'u ibrelili türlerden, %55,81'i ise yapraklı türlerden elde edilmiştir. 2018 yılında ise toplam yakacak odun üretiminin 49,95'i ibrelili, %50,05'i ise yapraklı türlerden üretilmiştir. 2019 yılında ibrelili yakacak odun üretimi %49,83 olurken yapraklı yakacak odun üretim oranı %50,17 olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında ise toplam yakacak odununun %51'i ibrelili, %49'u ise yapraklı türlerden elde edilmiştir. 2017-2020 yılları arasında yıllık ortalama 2.477.810 ster ibrelili yakacak odun ve 2.581.327 ster yapraklı yakacak odun üretilmiştir. Söz konusu dönemde toplam yakacak odun üretim miktarının yıllık ortalaması 5.059.137 sterdir.

Ormanlarımızdan 2017 yılında ibrelendüstriyel odunun %63,90'ı ve yapraklı endüstriyel odunun % 41,61'i yapacak (tomruk, tel direği, maden direği, sanayi odunu, kâğıtlık) odundur. 2018 yılında ise ibrelendüstriyel odunun %58,10'u, yapraklı endüstriyel odunun İse %43,18'i; 2019 yılında ibrelendüstriyel odunun %68,45'i, yapraklı endüstriyel odunun ise %43,88'i yapacak odundur. 2020 yılında ibrelendüstriyel odunun %70'i yapraklı endüstriyel odunun ise %45'i yapacak odun olarak üretilmiştir.

Çizelge 3. Türkiyede endüstriyel odun ve yakacak odun üretimi (2017-2020).

	Ürün Çeşidi	2017	2018	2019	2020
İbrelendüstriyel Odun (m ³)	Tomruk	4.359.579	5.682.229	6.832.343	7.893.094
	Tel Direği	60.610	71.147	58.333	68.298
	Maden Direği	523.266	662.983	840.634	999.602
	Sanayi Odunu	498.823	545.704	668.440	676.540
	Kâğıtlık Odun	1.897.042	2.514.824	2.714.918	2.985.841
	Lif-Yonga	4.139.461	4.432.697	5.128.931	5.450.896
	Sırık	7.264	8.531	9.162	12.783
	İbrelendüstriyel Toplam	11.486.044	13.918.115	16.252.761	18.087.054
Yapraklı Endüstriyel Odun (m ³)	Tomruk	1.114.680	1.470.547	1.681.683	1.857.543
	Tel Direği	0	0	0	0
	Maden Direği	38.701	68.621	88.626	70.932
	Sanayi Odunu	253.430	329.699	340.512	416.258
	Kâğıtlık Odun	272.017	360.058	460.586	624.137
	Lif-Yonga	2.354.911	2.929.017	3.288.165	3.654.142
	Sırık	1.838	4.080	916	1.001
	Yapraklı Toplam	4.035.579	5.162.022	5.860.487	6.664.012
Genel Toplam (m³)		15.521.622	19.080.137	22.113.248	24.751.066
İbrelendüstriyel Yakacak Odun (Ster)	Baltalık Koruya Tahvil	10.963	29.084	20.728	147.759
	Koru (Etadan)	1.024.599	1.279.831	1.549.062	1.519.695
	Saha Temizliği	890.767	1.133.781	1.215.753	1.088.948
	İbrelendüstriyel Yakacak Toplam	1.926.629	2.442.696	2.785.513	2.756.402
Yapraklı Yakacak Odun (Ster)	Baltalık Koruya Tahvil	859.076	778.561	938.024	823.085
	Koru (Etadan)	972.122	1.074.608	1.274.549	1.420.765
	Saha Temizliği	601.819	594.590	591.682	396.428
	Yapraklı Yakacak Toplam	2.433.017	2.447.759	2.804.255	2.640.278
Yakacak Odun Genel Toplamı (Ster)		4.359.646	4.890.455	5.589.798	5.396.680

4.2. Türkiye’de karaçama dayalı yuvarlak odun üretimi

Karaçam odunu, endüstriyel odun olarak tomruk, tel direği, maden direği, sanayi odunu, kâğıtlık odun, lif-yonga odunu ve sııklık odun şeklinde kullanılmaktadır. 2017 - 2020 döneminde genel toplama bakıldığında karaçamda endüstriyel odun üretiminin arttığı görülmektedir. 2017 yılında 3.947.990 m³, 2018 yılında 4.369.057 m³, 2019 yılında ise 4.829.249 m³ ve 2020 yılında 5.407.335 m³ endüstriyel odun karaçam ormanlarından üretilmiştir (Çizelge 4). Karaçama dayalı üretilen endüstriyel odunun 2017 yılında %32,72’si, 2018 yılında 36,70’i, 2019 yılında %36,59’u ve 2020 yılında ise %38,06’sı tomruk olarak üretilmiştir. 2017 yılında karaçama dayalı endüstriyel odun üretiminin %39,91’i, 2018 yılında %37,73’ü ve 2019 yılında %37,52’si ve 2020 yılında %34,83’ü lif-yonga odunudur. Kâğıtlık odunun da büyük oranda lif-yonga odunu olarak değerlendirildiği düşünüldüğünde bu oran daha da artmaktadır. Dolayısıyla, karaçamın endüstriyel odun olarak kullanımlarında lif-yonga ürün çeşidi dikkati çekmektedir.

Çizelge 4. Türkiye’de karaçamdan endüstriyel odun üretim (m³) miktarları (2017-2020).

Ürün Çeşidi	2017	2018	2019	2020
Tomruk	1.291.905	1.603.637	1.766.844	2.058.334
Tel Direği	30.032	36.602	28.321	35.928
Maden Direği	205.055	245.975	289.648	360.456
Sanayi Odunu	81.175	56.901	60.282	76.676
Kâğıtlık Odun	760.267	773.279	869.137	985.881
Lif-Yonga	1.575.746	1.648.265	1.811.844	1.883.582
Sırık	3.811	4.398	3.173	6.478
Toplam	3.947.990	4.369.057	4.829.249	5.407.335

2017-2020 yılları arasında karaçam endüstriyel odun hammaddesi üretim miktarlarına bakıldığında ise Kastamonu, Balıkesir, Kütahya, Denizli, Bolu, Zonguldak, Bursa, Eskişehir, Muğla ve Çanakkale Orman Bölge Müdürlükleri (OBM) öne çıkmaktadır (Çizelge 5).

Kastamonu, Balıkesir ve Kütahya OBM 2017-2020 yılları arasında toplam karaçam endüstriyel odun üretiminin %35’ini gerçekleştirmiştir. Bu üç OBM’ye Denizli, Bolu ve Zonguldak OBM eklendiğinde ise 2017-2020 yılları arasında toplam karaçam endüstriyel odun üretiminin %53’ünün gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 5).

Karaçam odununun 2017-2020 yılları arasında yakacak odun üretimin-

de; baltalıkların koruya tahvili, korulardan (etadan) ve saha temizliği gibi ormancılık faaliyetleri öne çıkmaktadır. Yakacak odun miktarının 2017 yılında 608.513 ster, 2018 yılında 856.309 ster, 2019 yılında ise 812.728 ster ve 2020 yılında 749.209 ster olarak gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 6). 2018 yılında 2017'ye göre bir artış, 2019 ve 2020 yıllarında ise 2018'e göre bir azalış yaşanmıştır.

Çizelge 5. Orman bölge müdürlükleri itibariyle karaçam endüstriyel odun üretim miktarları (m³) (2017-2020).

Orman Bölge Müdürlükleri	2017	2018	2019	2020
Adana	151.741	122.964	187.075	255.977
Sakarya	42.632	45.734	67.466	62.823
Amasya	114.218	138.965	146.004	209.571
Ankara	124.778	188.486	225.672	241.471
Antalya	36.798	51.658	64.623	55.169
Balıkesir	398.317	511.964	570.482	522.363
Bolu	266.721	237.398	277.170	317.853
Bursa	198.974	231.026	279.848	326.062
Çanakkale	184.003	213.772	220.339	261.772
Denizli	284.028	279.258	330.038	339.148
Elazığ	0	486	2.154	662
Eskişehir	195.642	211.549	271.497	257.371
Isparta	110.088	151.271	140.705	131.042
İstanbul	136.604	67.230	75.718	104.849
İzmir	141.055	129.854	105.801	108.739
Kahramanmaraş	111.327	115.017	115.941	130.422
Kastamonu	497.327	585.212	610.037	789.340
Mersin	14.491	13.192	25.896	30.619
Muğla	183.914	229.254	241.878	240.900
Zonguldak	269.920	261.834	285.824	270.706
Kütahya	431.715	458.170	483.099	613.926
Konya	45.795	108.801	87.805	120.151
Kayseri	7.857	15.962	14.167	15.966
Şanlıurfa	43	0	10	433
Toplam	3.947.990	4.369.057	4.829.249	5.407.355

OBM'lerinin yakacak odun üretim miktarlarına bakıldığında en çok üretim yapan OBM'leri 2017, 2019 ve 2020 yıllarında Kütahya, 2018 yılında ise Kahramanmaraş olmuştur (Çizelge 7). 2017-2020 arası dönemde karaçamdan yakacak odun üretiminde bulunan OBM sayısının yirmi üç olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. Türkiye’de karaçama dayalı yakacak odun üretim miktarları (ster) (2017-2020).

Ürün çeşidi	2017	2018	2019	2020
Baltalık Koruya Tahvil	5.776	5.465	1.268	21.276
Koru (Etadan)	256.813	318.600	342.677	289.229
Saha Temizliği	345.924	532.244	468.783	438.704
Toplam	608.513	856.309	812.728	749.209

Çizelge 7. OBM itibariyle karaçam yakacak odun üretim (ster) miktarları (2017-2020).

Orman Bölge Müdürlükleri	2017	2018	2019	2020
Adana	47.878	32.484	52.553	52.606
Sakarya	588	148	1.810	1.940
Amasya	7.190	13.284	23.015	26.554
Ankara	32.446	42.051	46.555	50.191
Antalya	2.879	6.430	10.150	7.275
Balıkesir	73.134	101.625	92.652	76.913
Bolu	46.892	38.623	50.624	45.158
Bursa	20.151	53.080	44.308	15.126
Çanakkale	3.606	2.134	15.717	6.043
Denizli	44.504	37.618	52.014	46.741
Elazığ	-	-	-	8
Eskişehir	35.271	36.939	35.902	53.312
Isparta	24.992	31.700	21.037	19.951
İstanbul	0	12.436	257	198
İzmir	16.709	47.195	9.563	2.312
Kahramanmaraş	37.376	195.587	47.539	38.912
Kastamonu	70.489	2.651	119.754	119.935
Mersin	2.755	10.958	2.429	1.680
Muğla	1.053	12.436	24.901	7.105
Zonguldak	11.401	22.440	29.910	27.056
Kütahya	123.282	144.676	127.750	131.473
Konya	4.454	18.624	974	10.937
Kayseri	1.463	5.626	3.305	7.634
Şanlıurfa	0	0	9	149
Toplam	608.513	856.309	812.728	749.209

Türkiye’de karaçamın toplam endüstriyel odun üretim miktarı içindeki payı 2017 yılında %25,4, 2018 yılında %22,8, 2019 yılında %21,8 ve 2020 yılında %21,8 oranında gerçekleşmiştir. Karaçamın toplam yakacak odun üre-

tim miktarı içindeki payı ise 2017 yılında %14, 2018 yılında %17,5, 2019 yılında %14,5 ve 2020 yılında %14 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Türkiye endüstriyel odun ve yakacak odun üretiminde karaçamın payı.

Odun üretim cinsi	2017	2018	2019	2020
Endüstriyel Odun Üretimindeki Pay (%)	25,4	22,8	21,8	21,8
Yakacak Odun Üretimindeki Pay (%)	14	17,5	14,5	14

4.3. Karaçamın ürün çeşitleri itibariyle endüstriyel odun üretimindeki payı

Türkiye’de karaçamın toplam tomruk üretim miktarı içerisindeki payı 2017 yılında %24, 2018 yılında %22, 2019 yılında %21 ve 2020 yılında %21 olarak gerçekleşmiştir. Karaçamın ibrelili ağaç türlerinden üretilen toplam tomruk miktarı içerisindeki payının ise 2017 yılında %30, 2018 yılında %28, 2019 yılında %26 ve 2020 yılında %26 olduğu görülmektedir (Çizelge 9). 2017-2020 arası dönemde karaçamdan üretilen tomruk miktarının hem ibreliler hem de genel toplam içerisinde düşüş yaşadığı anlaşılmaktadır.

Diğer yandan, Türkiye’de 2017-2020 yılları arasında tel direk üretiminin ortalama %51’inin karaçamdan üretilildiği hesaplanmıştır. Aynı dönemde maden direk üretiminin ise ortalama %36’sının karaçamdan üretildiği belirlenmiştir.

Çizelge 9. Ürün çeşitleri itibariyle endüstriyel odun üretimi içerisinde karaçamın payı.

Karaçam Ürün Çeşidi	2017		2018		2019		2020	
	İbrelili %	Toplam %	İbrelili %	Toplam %	İbrelili %	Toplam %	İbrelili %	Toplam %
Tomruk	30	24	28	22	26	21	26	21
Tel Direği	50	50	51	51	49	49	52,6	52,6
Maden Direği	39	36	37	34	34	31	36	34
Sanayi Odunu	16	11	10	06	9	06	11,3	7
Kâğıtlık Odun	40	35	31	27	32	27	33	27,3
Lif-Yonga	38	24	37	22	35	22	35	21
Sırık	52	42	52	35	35	31	51	47

Bununla birlikte, 2017 yılında tüm boy ve kalite sınıflarında toplamda 937 bin m³ karaçam tomruğu satılmışken, bunun %0,7’si birinci sınıf, %7,1’i ikinci sınıf ve %92,2 gibi büyük bir oran ise üçüncü sınıftır. Kalite sınıflarına göre satış fiyatları değiştiğinden ekonomik anlamda kayıpların olduğu anlaşılmaktadır (TOÇ BİR-SEN, 2019).

5. Sonuç ve Öneriler

2017-2020 yılları arasındaki dört yıllık dönemde endüstriyel odun ve yakacak odun bakımından bir üretim artışı yaşanmıştır. Bu dönemde endüstriyel odun üretimi %59,5, yakacak odun üretimi ise %24 oranında artış göstermiştir. Ayrıca, ibreli endüstriyel odun üretimi %57,5, yapraklı endüstriyel odun üretimi ise %65 oranında artmıştır. Türkiye’de OGM tarafından gerçekleştirilen endüstriyel odun üretimi ibreli türler, yakacak odun üretimi ise yapraklı türler ağırlıklı olarak sürdürülmektedir.

Endüstriyel odun üretiminde karaçama dayalı odun hammadde önemli bir yere sahiptir. Her ne kadar son dört yıllık dönemde oransal azalış görülse de toplam endüstriyel odun üretiminin yaklaşık %22’sinin karaçam ormanlarından gerçekleştirildiği görülmektedir. Benzer şekilde, son dört yıllık dönemde oransal azalış görülmeyle birlikte toplam tomruk üretiminin %21’i de karaçam ormanlarından üretilmiştir.

Türkiye’de selüloz üretimi yapan tek bir tesis bulunmaktadır. Bu tesisin hammadde ihtiyacı 350.000 m³tür. Dolaşısıyla OGM’nin kâğıtlık odun üretimi büyük oranda lif yonga sektörüne tahsis edilmektedir. Bu noktada karaçam lif-yonga sektörünün üretimini karşılamada önemli bir tür olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye’de karaçam bağlamında ekonomik odaklı çalışmaların azlığı dikkatleri çekmektedir. Bu kapsamda;

- Karaçam odunu için arz-talep tahminlerinin yapılması,
 - Karaçama dayalı üretim bağlamında biyoekonominin gelişimine nasıl katkıda bulunabileceğinin analizi ve bu kapsamda geleneksel ve yenilikçi değer zincirlerinin ortaya konulması,
 - Doğal ve ağaçlandırma alanlarında yangınların etkisi ile oluşan ekonomik kayıpların hesaplanması,
 - Bakım, aralama vb. uygulamaların ekosistem hizmetlerinin ekonomik değeri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi,
 - Karaçam alanlarında tespit edilen ve çok boyutlu kayıplara neden olan hastalık ve zararlıların ekonomik etkisinin hesaplanması,
- konularına yönelik bilimsel çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

Arı, S., Kargıoğlu, M., Temel, M., Konuk, M., 2014. Traditional Tar Production from the Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*] and its Usages in Afyonkarahisar, Central Western Turkey. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10 (1): 29.

- Asan, Ü., 1999. Anıtsal Karaçamlar. Sayfa: 611-622, In: Tatlı A, Ölçer H, Bingöl N, Akan H (eds), *1st International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehrami Karaçam*, 23-25 September 1999, Kütahya.
- Görücü, Ö., Tolunay, A., Güneş, Y., Topçu, P., 2020. Endüstriyel Plantasyonlar ve Orman Ürünleri Endüstrisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (3): 939-952.
- İstek, A., Özsoylu, İ., Kızılkaya, A., 2017. Türkiye Ahşap Esaslı Levha Sektör Analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 132-138, DOI: 10.24011/barofd.297231.
- Kalkınma Bakanlığı, 2018. *11. Kalkınma Planı (2019-2023), Ormancılık ve Orman Ürünleri Çalışma Grubu Raporu*. Ankara.
- Kızıllarslan, Ç., Sevgi, E., 2013. Ethnobotanical Uses of Genus *Pinus* L. (Pinaceae) in Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 12 (2): 209-220.
- Konukçu, M., 2001. *Ormanlar ve Ormancılığımız*. Devlet Planlama Teşkilatı Yayın Nu: 2630, Ankara.
- OGM, 2013. Türkiye Orman Atlası, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Orman%20Atlasi.pdf>, Erişim Tarihi: 15.09.2020.
- OGM, 2019a. *Ormancılık İstatistikleri*. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx?>, Erişim Tarihi: 13.11.2020.
- OGM, 2019b. Orman Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu 2019. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/FaaliyetRaporu>, Ziyaret tarihi: 15.11.2020.
- OGM, 2019c. *Bilanço Sonuçlarına Göre Üretim*. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/UretimSatisveStokFaaliyetleri/Forms>, Erişim Tarihi: 13.11.2020.
- OGM, 2021. *2020 Yılı Bilanço Sonuçlarına Göre Üretim*. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/kitaplik/uretim-satis-ve-stok-faaliyetleri>, Erişim Tarihi: 13.11.2020.
- Pekgözlü, A. K., Gülsoy, S. K., Ayçiçek, Y., 2017. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Odununun Lif Morfolojisi ve Kimyasal Yapısı Üzerine Ağaç Gövde Yüksekliğinin Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 74-81.
- Tatlı, A., Küçükkaraca, B., Akan, H., Çelik, H., Coşgun, F., 2000. *Kütahya'nın Anıt Ağaçları*. Kütahya Valiliği Çevre Koruma Vakfı Yayını ISBN:975-97247-0-7, 231 sayfa.
- TOÇ BİR-SEN, 2019. *Ormancılık Sektör Raporu*. Ankara.
- Velioğlu, E., Çengel, B., Kandemir, G., İçgen, Y., Kaya, Z., 2005. Kasatura Körfezi Tabiatı Koruma Alanındaki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Populasyonunun Genetik Çeşitliliğinin Rapid Yöntemiyle Belirlenmesi. *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, 8-10 Eylül 2005, Isparta.
- Yaltırık, F., 1993. *Dendroloji Ders Kitabı I, Gymnospermae*. İstanbul Üniversitesi

Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3443, İkinci baskı, 403 sayfa, İstanbul.

Yılmaz, T., Köse, M., Arslan, M., Okan, T., Köse, C., 2020. Orman Bölge Müdürlükleri Açık Artırmalı Satışlarına Katılan Alıcıların Beklentileri: Marmara Bölgesi Örneği. *Eurasian Journal of Forest Science*, Ek Sayı 8 (4): 338-352.



Alaçam Dağları, 2006
Orhan SEVGİ

35

TÜRKİYE KARAÇAM KAYNAKÇASI

Giriş

Türkiye’de önemli yayılış yapan karaçam türü çok geniş alanlarda ormanlar kurmaktadır. Ülke ormancılığı açısından son derece önemli olan karaçam türü üzerine yapılan yayınlar günümüze kadar artarak gelmiştir. Karaçam üzerine oluşturulan bu birikimin kaynaklarını bir araya getirerek karaçam türüyle ilgili olarak hangi konuların öne çıktığının ve daha fazla çalışılması gereken konuların anlaşılmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Çalışmada zamansal sınırlamamız 1928 ile 2020 arasında tutulmuştur. Bir kaynağın karaçamla ilgili olmasına yönelik karar da öncelikle karaçam veya *Pinus nigra* isminin yayın başlığında bulunması esas alınmıştır. Ayrıca karaçamın geçtiği bazı genel yayınlara da kaynakçada verilmiştir. Fakat metnin içinde karaçamla ilgili yeni bir bilgi veya yorum içermeyen, sadece karaçamla ilgili daha önce yapılmış çalışmalara atıf yapıldığı ve karaçamın esas konu olarak işlenmediği kaynaklara yer verilmemiştir. Hazırlanan bu kaynakçanın eksiklerinin olduğunu şimdiden belirtmek gerekir. Örneğin çeşitli uzmanlar tarafından hazırlanmış ve kurumlara verilmiş raporların bazıları kaynakçada yer almamış olabilir. Ya da uzun süre önce yayınlanmış ama günümüzde yayınlanmaya devam etmeyen bazı süreli yayınlarda yer alan karaçam çalışmaları da gözden kaçmış olabilir. Bu eksiklikleri en aza indirmek için karaçam yayınlarının kaynaklar kısımlarına da ayrıntılı olarak bakılmıştır. Böylece en az eksikle karaçam kaynakçasının hazırlanması için çaba gösterilmiştir.

Karaçam kaynakları

Abbak, F. İ., 1991. Belgrad Ormanı’nda Saf Karaçam ve Saf Sarıçam Meşcereleri İle Meşe-Gürgen-Kayın Karışık Meşcerelerinde Aralama Uygulamaları. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 42 sayfa, İstanbul.

Acar, C. F., Altun, Z. G., Boza, A., 2011. Ege Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *nigra* var. *caramanica*) Orijin Denemesi: Onbeşinci Yıl Sonuçları, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Araştırma Teknik Bülteni Nu:50,

¹⁾ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Elmek: osevgi@iuc.edu.tr

46 sayfa, İzmir.

- Acar, İ., 1984. Kızılçam (*P. brutia*), Karaçam (*P. nigra*), Fıstık Çamı (*P. pinea*) Reçinelerinin Terebentin ve Kolofan Analizleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 34B (1): 198-205.
- Acatay, A., 1956. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra var. pyramidata*). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6A (2): 92-99.
- Acatay, G., Gülen, İ., 1971. Türkiye Ormanlarında Fırtına Zararları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21A (2): 1-11.
- Adıyaman, C. M., 1996. Çanakkale Yöresi Sıklık-Sırıklık Çağındaki Karaçam Meşcerelerinde Bakım Çalışmaları. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ferhat Bozkuş, 28 sayfa, İstanbul.
- Afacan, M. N., 1985. Acıpayam Orman İşletmesinde Karaçam Ormanlarında Uygulanmış Doğal Gençleştirme Yöntemlerinden Alınan Sonuçlar Üzerine İnceleme ve Önerileri. İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İbrahim Atay, 49 sayfa, İstanbul.
- Akan, İ., Tosun, S., 1984. Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam Kültürlerinin Tesisi İçin Uygulanacak Dikim Şekli ile Aralıkların Kimi Tesis Giderlerine Etkilerinin Saptanması. *Teknik Rapor*: 15 (30: 143-133).
- Akarsu, F., 2018. Gönen Baraj Havzasındaki Orman Ekosistemlerinin Üst Toprak Özelliklerinin İncelenmesi ve Haritalanması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, I. Danışman; Orhan Sevgi, II. Danışman; O. Yalçın Yılmaz, 114 sayfa, İstanbul.
- Akbaş, U., 2017. Sarıkaya Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] için Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Muammer Şenyurt, 47 sayfa, Çankırı.
- Akbin, N. A., 1994. İzmit Yöresindeki Bazı Karaçam Ormanlarında Toprakların Kimyasal Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ertan Eruz, 62 sayfa.
- Akbulut, İ., 2019. Göksun Orman Fidanlığında Karaçamda Ekim Sıklığının Fidanların Bazı Morfolojik Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zafer Ölmez, 47 sayfa, Artvin.
- Akbulut, S., Ketten, A., Baysal, İ., Yüksel, B., 2007. The Effect of Log Seasonality on the Reproductive Potential of *Monochamus galloprovincialis* Olivier (Coleoptera: Cerambycidae) Reared in Black Pine Logs under Laboratory Conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 413-422.
- Akçakaya, M., 2011. On Populasyonlu Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Ağaçlandırma Denemesinde Genetik Çeşitlilik (9 yıllık sonuçlar). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Süleyman Güçlü, 67 sayfa, Isparta.
- Akgöz, R., 2009. Madra Dağı ve Çevresindeki Orman Ağaç Türleri ve Sıklık Derecelerinin Coğrafi Dağılımının Uzaktan Algılama Teknikleriyle Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman Ali Özçağlar, 98 sayfa, Ankara.
- Akgül, E., 1985. Bazı Fidanlıklarda Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold.) Ekimi Sırasında

- Toprağa Verilen Azotlu ve Fosforlu Gübrelerin Fidan Gelişimine Olan Etkileri. Teknik Bülten: 136 (Or. Araş. Ens. Dergisi Ocak 1985, Cilt:31 Dergi Sayı:61), 28 Sayfa.
- Akgül, H., 2010. Bolu Orman Fidanlığında Yetiştirilen Bazı Önemli Türlerde Fidan Kalite Değerlendirmeleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hüseyin Dirik, 157 Sayfa, İstanbul.
- Akgül, E., Aksoy, C., 1985. Akdeniz Yöresinde Kızılçam ve Karaçam Kabuklarından Kompost Üretimi. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten: 148, 64 sayfa, Ankara.
- Akgül, M., Güler, C., Çöper, Y., 2010. Certain Physical and Mechanical Properties of Mediumdensity Fiberboards Manufactured from Blends of Corn (*Zea mays indurata* Sturt.) Stalks and Pine (*Pinus nigra*) Wood. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34: 197-206.
- Akıllı, S. 2004. Türkiye’de Ağaçlandırma Çalışmalarında kullanılan Bazı İğne Yapraklı Orman Ağaçları Tohumlarında Fungal Floranın Tespiti. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zekai Katırcıoğlu, 61 sayfa, Ankara.
- Akıllı, S., Katırcıoğlu, Y. Z., 2006. Türkiye’de Ağaçlandırma Çalışmalarında Kullanılan Bazı İğne Yapraklı Orman Ağaçları Tohumlarında Fungal Floranın Tespiti. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi-Kastamonu*, 6 (1): 63-73
- Akkaya, O., 2012. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe] Kayı Ağaçlandırma Denemesinde Genetik Çeşitlilik. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Süleyman Güçlü, 51 sayfa, Isparta.
- Akkemik, Ü., 1995. Kastamonu Yöresindeki Karaçam ve Uludağ Göknarı'nın Dendrokronoloji ve Dendroklimatolojisi. I. *Ulusal Karadeniz Ormançılık Kongresi Bildiriler* 3. Cilt.
- Akkemik, Ü., 1997. Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki *Pinus nigra* Arnold ve *Abies cilicica* Carr Taksonlarında Dendrokronolojik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman: Burhan Ayтуğ, 159 sayfa, İstanbul.
- Akkemik, Ü., 2000. Dendrochronological Investigations in Two Monumental *Pinus nigra* Arn. Stands Near Antalya (Turkey). Pp:179-187, International Scientific Conference-75 years University Forestry Education in Bulgaria, 1-04 Haziran 2000, Sofia.
- Akkemik, Ü., 2001. A Long Master Chronology of *Pinus nigra* Arnold and Its Contribution to Climatology and Pollen Analyses. *Eurodendro 2001*, Book of abstracts, p.3, Slovenia.
- Akkemik, Ü., Aras, A., 2005. Reconstruction (1689-1994 AD) of April - August Precipitation in the Southern part of Central Turkey. *International Journal of Climatology*, 25: 537-548.
- Akkemik, Ü., Köse, N., Aras, A., Dalfes, N., 2005. Anadolu'nun Son 350 Yılında Yaşanan Önemli Kurak ve Yağışlı Yıllar. Sayfa: 129-135, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu*, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.
- Akkemik, Ü., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2010. Some Changes in Taxonomy of Pines (*Pinus* L.) Native to Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University* 61 (1): 63-78.

- Akman, Y., 1974. Evolution Régressive de la Végétation À L'étage du *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Dans l'Anatolie Centrale Dans Un Climat Méditerranéen Très Froid. *Communications*, 18C: 1-5.
- Akman, M., 2018. Isıl İşlem Uygulanmış Ebe Karaçamının Bazı Mekaniksel Özellikleri ve Yetiştirme Muhitinin Toprak Özelliklerinin İncelenmesi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Özalp, 48 sayfa, Kütahya.
- Aksoy, H., 1978. *Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanı'ndaki Orman Toplulukları ve Bunların Silvikültürel Özellikleri Üzerine Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını Nu: 2332/237, 136 sayfa, İstanbul.
- Aktaş, M., 2006. Bolu-Aladağ Ormanlarında Sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) Mesçerelerinde Tepe Dejenerasyonlarının (Kırıklarının) Çap Artımına Etkileri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Korhan Tunçtaner, 111 sayfa, Bartın.
- Akyürek, Ş., 2019. Isıl İşlemin Karaçam (*Pinus nigra* J. F. var. *şeneriana*) Odunu Hücre Çeperi Bileşenleri ve çözünürlükleri Üzerine Etkisinin Araştırılması. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Özalp, 39 sayfa, Kütahya.
- Akyürekli, Ö., 2003. Emprenye Edilmiş Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Odununun Bazı Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Samim Yaşar, 38 sayfa, Isparta.
- Ali, H. A., 2017. Meşe, Sarıçam ve Karaçamın Karbon ve Azot Tutma Kapasiteleri Üzerinde Bakının Etkisi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 93 sayfa, Kastamonu.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Coğrafik Varyasyonları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Suad Ürgenç, 170 sayfa, İstanbul.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Coğrafik Varyasyonları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 36A (2): 132-155.
- Alptekin, Ü., 1987. *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *şeneriana* Saatçı'nın Yeni Bir Yayılış Alanı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37A (1): 100-106.
- Alptekin, Ü., 1993. Çameli ve Dirmil'de Korunması Gereken Bazı Gen Kaynakları Üzerine İncelemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43B (3-4): 105-110.
- Altınok, M., Döngel, N., 2002. Çam Türü Lamine Elemanlarda Mekanik Performans. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15 (1): 215-225.
- Altun, L., Yılmaz, E., Günlü, A., Ercanlı, İ., Usta, A., Yılmaz, M., Bakkaloğlu, M., 2007. Murat Dağı (Uşak) Yöresinde Yayılış Gösteren Ağaç Türlerinin (Kızılcım, Sarıçam ve Karaçam Verimliliğini Etkileyen Kimi Ekolojik Etmenlerin Araştırılması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7 (1): 1-22.
- Anonim, 1986. Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Silvikültür Dairesi

- Başkanlığı. Ana Ağaç Türlerimizde Özel Gençleştirme Sürelerinin Uzatılması ve Değer Artışına Gidilmesi. S1 TG:0/511. Tebliğ Nu: 177-A/Ek:7.
- Anonim, 1991. Anadolu Karaçamı'nın (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidan Üretim Tekniği. *Türkiye 1. Fidancılık Sempozyumu*, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 10 sayfa, Ankara.
- Anonim, 2000. Ehrami Karaçam Tohum Meşçeresi Raporu.
- Anonim, 2000. Piramidal Karaçam Gen Koruma Ormanı Tanıtım Formu ve Yönetim Planı. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Enstitüsü.
- Aral, D., 2009. Bolu (Yaylacık) Bölgesi Karaçam Ağaç Halkalarının Duraylı İzotop Oranlarının Değişimlerinin İncelenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Halim Mutlu, 104 sayfa, Eskişehir.
- Aras-Tayhan, A., 1999. Domaniçteki Anıt Karaçam Üzerinde Dendrokronolojik ve Dendroklimatolojik Araştırmalar. Sayfa: 259-268, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Argun, N., Ceylan, S., Velioğlu, E., Aydın, Ü., 2013. Karaçam [*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *nigra* var. *pallasiana* (Loudon) Rehder] Tohum Meşçere ve Bahçelerinde Üretilen Tohumlarda Bulunan Fungusların Tespiti ve Fidanlardaki Patojeniteleri. *Ormanlık Araştırma Bülteni*, Sayı 15, 2 sayfa.
- Argun, N., Ceylan, S., Velioğlu, E., Aydın, Ü., 2013. Karaçam [*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *nigra* var. *pallasiana* (Loudon) Rehder] Tohum Meşçere ve Bahçelerinde Üretilen Tohumlarda Bulunan Fungusların Tespiti ve Fidanlardaki Patojeniteleri. Orman Genel Müdürlüğü, Proje Numarası 23.4103; ANK-0351110/2010-2013, 30 sayfa.
- Argun, N., Ceylan, S., Velioğlu, E., Aydın, Ü., 2014. Karaçam [*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *nigra* var. *pallasiana* (Loudon) Rehder] Tohum Meşçere ve Bahçelerinde Üretilen Tohumlarda Bulunan Fungusların Tespiti Ve Fidanlardaki Patojeniteler. *Türkiye 1. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu*, 7-9 Nisan 2014, sayfa: 748-753, Antalya.
- Arı, S., Kargioğlu, M., Temel, M., Konuk, M., 2014. Traditional Tar Production from the Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*] and its Usages in Afyonkarahisar, Central Western Turkey. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10 (29):1-9.
- Ariöz, F. N., 2017. Karaçamda Yangın Sonrası Süksesyonun İncelenmesi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Küçük, 76 sayfa, Kastamonu.
- Arol, N., 1959. Bolu ve Civarında Bazı Gökna, Kayın, Çam Saf ve Karışık Meşçerelerinde Ölü Örtü Miktarı ve Besin Maddesi Muhtevası Üzerine Araştırmalar. Ziraat Vekaleti Orman Umum Müdürlüğü Yayını, Sıra Nu: 301, Seri Nu: 3, 43 sayfa, İstanbul.
- Arslantaş, M., 2019. Atatürk Orman Çiftliğinde Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*) Türleriyle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının 6 Yıllık Sonuçlarının İrdelenmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler

- Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Fatih Tonguç, 48 sayfa, Isparta.
- Arslantaş, S., 2007. Kayseri (Yahyalı)'da Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'larda Zararlı Olan Çam Sürgün Bükücüsü, (*Rhyacionia Buoliana* (Den.&Schiff): Lepidoptera-Tortricidae)'nün Biyolojisi ve Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ziya Şimşek, 53 sayfa, Ankara.
- Asan, Ü., 1993. Belgrad Ormanı'nda Kronik Orman Zararları Üzerine Bir İnceleme. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43A (1): 139-160.
- Asan, Ü., 1999. Anıtsal Karaçamlar. Sayfa: 611-622, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Aslan, S., 1983. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İyi Gelişim Gösteren Bazı İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Seçimi 1983 yılı sonuçları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten 125, 34 sayfa.
- Aslan, S., 1991. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İyi Gelişim Gösteren Bazı İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Seçimi (1988 yılı sonuçları). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten 216, 40 sayfa.
- Aslan, S., Kızmaz, M., 1994. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Fidanlarının Dikimden Önce Agricol ile İşlem Yapılmasının Tutma Başarısına Etkisi ve Ekonomisinin İrdelenmesi. *İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 78: 57-74.
- Aslandoğan, C., 2005. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Salih Aslan, 92 sayfa, Ankara.
- Ata, C., 1989. Silvicultural Characteristics of *Abies equi-trojani* Aschens-Sinten and Relationships between *Pinus nigra* Arnold var. *pall.* Endl. and *Abies equi-trojani* in Mixed Natural Forests of Turkey. *Forestry*, 62 (3): 798-803.
- Atahan, Y., 1986. *Karaçamın Biyolojisi ve Tabii Gençleştirilmesi*. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi Başkanlığı, sayfa: 563-566, Ankara.
- Atakan, A., 1991. *Orman Bölge Müdürlüklerinde 1. ve 2. Derecede Zararlı Böceklerin Biyolojik Devreleri*. Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Dairesi Başkanlığı Yayınları, Yayın Nu: 670, Seri Nu:31, 338 sayfa, Ankara.
- Atalay, F. A., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri için Gövde Profil Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, 55 sayfa, Çankırı.
- Atalay, F., 1998. Niksar Orman İşletmesindeki Karaçam, Kızılçam, Sarıçam Ağaçlandırmalarının Değerlendirilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Yahyaoglu, 150 sayfa, Trabzon.
- Atalay, İ., 1977. Türkiye'de Çam Türlerinde Tohum Transfer Rejyonlaması (*P.*

- silvestris* L., *P. nigra* var *caramanica*, *P. brutia* Ten.). Orman Bak. O.G.M. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Ens. Müd. Yayın: 1, 47 sayfa.
- Atalay, İ., Efe, R., 2010. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Yayın Nu: 424/37, 240 sayfa, Ankara.
- Atalay, İ., Efe, R., 2012. Ecological Attributes and Distribution of Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe] in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 33: 509-519.
- Atay, İ., 1954. Karaçam'ın (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Tohumu üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Atay, İ., 1959. Karaçamın Tohumu Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(9)1: 48-96.
- Atay, İ., 1968. Kırklareli Orman İşletmesinin Arapayla Serisi ile Kocabayır Serisi Ormanlarının Bazı Silvikültürel Problemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18 (2): 152-160.
- Atay, İ., 1976. Gençleştirme Metodu Olarak Traşlamanın Kullanılması Şartları ve Tekniği. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26B (2): 4-12.
- Atay, İ., 1978. Türkiyede Tabii Gençleştirmenin Önemi, Şartları ve Bazı Öneriler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 28B (1): 72-82.
- Atay, İ., 1981. Orman İşletmeciliğimizde Tabii Tensilin Yeri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 31B (1): 6-14.
- Atay, İ., 1987. *Doğal Gençleştirme Yöntemleri I - II*. İstanbul Üniversitesi Yayın Nu: 3461, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın Nu:1, 290 sayfa, İstanbul.
- Atay, İ., Odabaşı, T., Aksoy, H., Ata, C., 1989. Karışık Ormanlarda Doğal Gençleştirmenin Planlanması Esasları. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 35(69): 5-26.
- Atay, İ., Ürgenç, S., Odabaşı, T. 1984. Karaçam, Sarıçam ve Doğu Ladini Tohumlarının Sekiz Yıllık Saklama Sonuçları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20A (2): 65-72.
- Ateş, S., 2004. Kraft Yöntemi ile Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Yongalarının Pişirilmesinde Kullanılan Farklı Deneme Desenleri Yardımıyla Elde Edilen Regresyon Modellerinin Karşılaştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hüseyin Kırıcı, 156 sayfa, Trabzon.
- Atik, A., 2014. Effect of Different Concentrations of Vermicompost (Biohumus) on the Root Collar Diameter and Height Growth in the Seedlings of Anatolian Black Pine. *Journal of Forests*, 1 (2): 29-36.
- Atik, H. A., 2004. Bartın-Arit Yöresi Ağaçlandırma Alanlarında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Douglas (*Pseudotsuga* (Mirb.) Franco)'nın Adaptasyon Yeteneklerinin Karşılaştırılması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Korhan Tunçtaner, 133 sayfa, Bartın.
- Avanoğlu, B., 2003. Taşköprü Orman Fidanlığındaki Bazı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijinlerinin Fidan Morfolojileri. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, 76 sayfa, Ankara.

- Avanoğlu, B., Ayan, S., Demircioğlu, N., Sivacioğlu, A., 2005. Kastamonu-Taşköprü Orman Fidanlığında Üretilen 2+0 Yaşlı Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarının TSE Normlarına Göre Değerlendirilmesi. *YTU, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, SIGMA* 23 (2): 73-83.
- Avsar, M. D., 1999. Kahramanmaraş-Başkonuş Dağı Ormanlarında Başlıca Meşcere Kuruluşları ve Silvikültürel Öneriler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ali Demirci, 212 sayfa, Trabzon.
- Avşar, M. D., 1999. Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinin Bazı Ekolojik ve Silvikültürel Özellikleri. Sayfa: 430-436, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (Pinus nigra Arn. Ssp. Pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltirik)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Aydemir, H., 1970. Türkiye'de Yarı Kurak İklim ve Orman İlişkileri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 16 (2): 38-58.
- Aydemir, H., 1974. Ankara Çevresinde Yapılan Ağaçlandırmalarda Görülen Kurumaların Gerçek Sebebi. I. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20 (2): 35-40.
- Aydemir, Z., 1997. Kütahya-Dumlupınar-Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana*) Meşcerelerinin Orman Kuruluşları ve Silvikültürel İhtiyaçları. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ferhat Bozkuş, 40 sayfa, İstanbul.
- Aydınözü, D., 2006. Ebe Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*)'nın Yeni Bir Yayılış Alanı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47: 39-44.
- Aygün, S., 2018. Genetic Composition of Four Marginally Located Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Populations Determined by Ssr Markers. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 89 sayfa, Ankara.
- Ayıntaplı, P. 1995. Serinyol ve Tekir Fidanlıklarında Üretilen Kızılçam, Anadolu Karaçamı Ve Toros Sediri Fidanlarında Kalite Sınıflaması Araştırmaları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 115 sayfa, Trabzon.
- Aytekin, A., Gündüz, G., Kaygın, B., Korkut, S., Onat, S. M., 2009. Drying Schedules Calculation of Camiyani Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) by Computer Programming. *African Journal of Biotechnology*, 8 (8):1703-1712.
- Ayyıldız, V., Avşar, M. D., 2007. Kahramanmaraş-Yavşan Dağındaki Toros Sediri (*Cedrus Libani* A. Rich) Meşcerelerinde Türlerin Karışım Oranları ve Ağaç Tabakalarına Dağılımları Üzerine Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 23-31.
- Bakan, O., 2019. Clopyralid Herbisitinin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* J. F. Arnold), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Sahilçamı (*Pinus pinaster* Aiton) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Tohum Çimlenmesine Fitotoksik Etkisi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Derya Şen, 65 sayfa, Düzce.
- Bal, C., 2012. Karaçam için Gövde Çapı Ve Gövde Hacmi Denklemlerinin

- Geliştirilmesinde Tepe Tacı Değişkenlerinin Kullanılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ramazan Çelik, 68 sayfa, Isparta.
- Balaban, I. Y., 2011. Artvin Yöresinde Bazı Kurakçıl Karakterli Türlerle yapılan Ağaçlandırma Çalışmasında Tutma Başarısının Araştırılması. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zafer Ölmez, 68 sayfa, Artvin.
- Balaban, M., 2000. Türkiye’de Yaygın Olarak Bulunan Yapraklı ve İğne Yapraklı Ağaç Odunları Asil Bileşenlerinin Bilanço Analizi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50A (2): 157-165.
- Baltacı, B., 2011. Karaçam Odununun Laminasyon Özelliklerinin Belirlenmesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Özalp, 61 sayfa.
- Başaran, M., 2012. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]’nda Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Kütahya Orman Bölge Müdürlüğündeki Doğal Karışık Meşcerelerinde Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 44 sayfa, Isparta.
- Başaran, M., Özcan, A., Erpul, G., Çanga, M., 2005. Çankırı-İnadağı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Plantasyon Alanında Minreal Üst Toprağın Organik Madde Kapsamı ve Bazı Özelliklerinin Konumsal Değişimleri. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 5 (2): 128-141.
- Başçı, E., Karaağaçlı, Y., 2004. Fatty Acid and Tocochromanol Patterns of Turkish Pines. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 46: 95–100.
- Bayar, E., 2012. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* subsp. *nigra* Arnold var. *caramanica* (Loudon) Rehder] Doğal Karışık Meşcerelerinde Meşcere Kuruluş Özellikleri: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 133 Sayfa, Isparta.
- Bayar, E., 2018. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcerelerinde Sıklık Bakımının Ekofizyolojik Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ayşe Deligöz, 243 sayfa, Isparta.
- Bayar E., Deligöz A., 2017. Effect of Provenance on Morphological Properties of Anatolian Black Pine Seedlings. *ICAFOF International Conference on Agriculture, Forest, Food Science and Technologies*, 15-17 May 2017, Cappadocia/Turkey.
- Bayar, E., Deligöz, A., 2017. Variation of Total Soluble Sugar Content in Anatolian Black Pine Stands Applied Precommercial Thinning. *3rd International Conference on Science, Ecology and Technology*, 14-16 August 2017, Rome, Italy.
- Bayar, E., Deligöz, A., 2019. Burdur Yöresi Doğal Anadolu Karaçamı Meşceresinde Sıklık Bakımının Üç Yıllık Sonuçları. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 18-27.
- Bayar, E., Genç M., 2013. Stand Structure Characteristics of Natural Mixed Stands of Brutian Pine–Anatolian Black Pine and Regeneration Suggestions in Isparta, Turkey. *American International Journal of Contemporary Research*, 3 (11): 135-143.
- Baykal, N. U., 2019. Determining Potential Niche Competition Regions Between Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *Equi-Trojani*) & Anatolian Black

- Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) And Conservation Priority Areas Under Climate Change By Using Maxent Algorithm. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 99 sayfa, Ankara.
- Baynazoğlu, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, 55 sayfa, Çankırı.
- Baysal, İ., 2007. Karaçam Ölü Örtüsünde Yangın Büyüme ve Gelişimi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Süleyman Akbulut, 79 sayfa, Bolu.
- Berber, K. A. S., 2014. Karaçam ve Meşe Ormanında Yangın Sonrası Toprağın Bazı Özelliklerindeki Değişmeler. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ayten Namli, 125 sayfa, Ankara.
- Berkel, A., Huş, S., 1951. Türkiye Çam Türlerinden Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Gövde Odunu İçerisinde Ham Terebantın Miktarı ve Yayılış Hakkında Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1 (2): 3-18.
- Bilgili, E., Küçük, O., 2001. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Yanıcı Madde Tipleri. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 22: 189-196.
- Bilir, N., Çatal, Y., Tekocak, S., Çerçioğlu, M., 2015. Isparta Yöresi Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*) Popülasyonlarında Döllenme Varyasyon Katsayısının Tahmini. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 114 O 820, 31 sayfa.
- Bilir, N., Çatal Y., Tekocak, S., Çerçioğlu, M., 2017. Fertility Variation in Endemic Populations of Ehrami Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*). *Journal of Forestry Research*, 28: 683-686.
- Bilir, N., Kang, K. S., Öztürk, H., 2002. Fertility Variation and Gene Diversity in Clonal Seed Orchard of *Pinus brutia*, *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* in Turkey. *Silvae Genetica*, 51 (2-3): 112-115.
- Bolat, F. Bulut, S. Günlü, A. Ercanlı, İ., Şenyurt, M., 2020. Regression Kriging to Improve Basal Area and Growing Stock Volume Estimation Based On Remotely Sensed Data, Terrain Indices and forest inventory of black pine forests. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 50(4): 1-11.
- Boydak, M., 1977. Türkiye'de Sarıçam (*Pinus silvetris* L.) ile Karaçam (*Pinus nigra* Arn. var. *caramanica* Schn.) ve Karaçam ile Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Türleri Arasında Doğal ve Yapay Melezleme Olasılıkları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 27A (2): 340-357.
- Boydak, M., 1982. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold var. *caramanica* (Loud.) (Rehd.) Tohumlarının Olgunlaşma Zamanı ve Saklama Süreleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32A (2): 199-219.
- Boydak, M., 1984. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohumlarının Olgunlaşma Zamanı İle Saklama Süreleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 34A (2): 104-125.
- Boydak, M., 1989. Türkiye'de Anadolu Karaçamının Yeni Bir Varyetesi. *İstanbul*

- Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 39A (2): 119-129.
- Boydak, M., 2001. Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Anadolu'da Saptanan Yeni Bir Varyetesi. *The Karaca Arboretum Magazine*, 6(1): 15-23.
- Boydak, M., Çalışkan, A., Bozkuş, H. F., 2002. Dursunbey – Alaçam Yöresi Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Tohum Verimi ve Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52A (2): 1-27.
- Boydak, M., Çalışkan, A., Çalıköğlü, M., Çalışkan, S., 2009. Seed Crop Investigation of *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus brutia* in Turkey. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59A (2): 11-32.
- Boydak, M., Zoralioğlu, T., 1992. Eskişehir-Karasakal Yöresi Yarı Kurak Alanların Ağaçlandırmasında Makineli Arazi Hazırlığı Yöntemleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42A (2): 45-65.
- Bozkurt, Y., 1961. Belgrad Ormanında Önemli Bazı Ağaç Türlerinde Yıllık Halka Gelişimi Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11A: 29-56.
- Bozkurt, Y., 1972. Yakacak Odun Özellikleri ve Odunun Isı Değeri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22B (2): 58-70.
- Bozkurt, Y. A., 1971. Doğu Lâdini (*Picea orientalis* Link. Et Carr.) İle Toros Karaçamı (*Pinus nigra* var. *caramanica* [Loud.] Rehd.)'dan Birer Ağaçta Lif Morfolojisi Üzerine Denemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21A: 70-93.
- Bozkurt, Y. A., Erdin, N., 1995. *İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Odunlarında Tanım Özellikleri (Odun Anatomisi II)*. İstanbul Üniversitesi Yayın Nu: 3907, F.B.E. Yayın Nu: 6, 220 sayfa, İstanbul.
- Bozkuş, H. F., 1977. Hadim ve Taşkent Yöresinde Budanan ve Tepesi Kesilen Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*)'ların Yeniden Sürgün Vermeleri Üzerine Bir Gözlem. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 27A (2): 358-365.
- Bozkuş, H. F., 1988. Sedir (*Cedrus libani* A.Rich) ve Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Lamb.)'ın Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.) ile Karışık Meşcerelerinin Tabii Gençleştirme Sorunları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38A (2): 128-148.
- Bozkuş, H. F., 1989. Sedir ve Karaçamın Toros Göknarı ile Karışık Meşcerelerinin Tabii Gençleştirme Sorunları. *Doğu Akdeniz Ormancılığı Sempozyumu*, Orman Mühendisleri Odası Yayın Nu: 15, 22-23 Şubat 1989, Mersin.
- Bozkuş, H. F., 1997. Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.)'nın Saf Meşcereleri ile Sedir (*Cedrus libani* Link.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* Lamb.) Karışık Meşcerelerinde Hacim İlişkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 47A (2): 59-72.
- Buğday, E. S., 2008. Kastamonu-Günlüburun Karaçam Tohum Bahçesinde Klonal Farklılıklar, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ahmet Sivacıoğlu, 81 sayfa, Ankara.
- Buyrukcu, S., 2011. Hanönü-Günlüburun Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Tohum Bahçesinde Su Stresi Etkileri Yönünden Klonal Varyasyon. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ahmet Sivacıoğlu, 73 sayfa, Kastamonu.
- Bülbül, Z., 2012. Karaçam (*Pinus nigra* A.) Kerestesinde Eğilme Özelliklerinin Stres Dalga Yöntemiyle Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Ergün Güntekin, 49 sayfa, Isparta.

- Büyükduman, M., 1977. Ankara Eymir Gölü Havzasında Ağaçlandırma Alanlarında Kurulan Teraslarda, Fidanların Dikileceği En Uygun Yerlerin Seçimine Esas Olmak Üzere Nem Profillerinin Saptanması. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 90, 101 sayfa, Ankara.
- Büyükyıldırım, L., Cengiz, Y. 1984. Kumullarda Canlı Perde Ön Kuruluş Yolu İle İğne Yapraklı ve Yapraklıların Kumula Getirilmesi Olanakları Üzerine Araştırmalar. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 131.
- Cakir, M., Makineci, E., 2013. Humus Characteristics and Seasonal Changes of Soil Arthropod Communities in A Natural Sessile Oak (*Quercus petraea* L.) Stand and Adjacent Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 8943-8955.
- Cankara, F. G., 2017. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Doğal Karışık Meşceresinde Yaz Kuraklığının Ekofizyolojik Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşe Deligöz, 84 sayfa, Isparta.
- Cap, C. M., 2017. Farklı Doz ve Tarihlerde Uygulanan Glyphosate Herbisitinin Karaçam (*Pinus nigra* J. F. Arnold.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* Line.) ve Sahilçamı (*Pinus pinaster* Aiton.) fidanlarına etkisi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Derya Eşen, 55 sayfa, Düzce.
- Carus, S., 2005. A Diameter Increment Model for Crimean pine *Pinus nigra* Arnold and Calabrian Pine *Pinus brutia* Ten Stands in Isparta Region Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26 (3): 467-473.
- Carus, S., 2006. Isparta Yöresi Anadolu Karaçamı *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Süleyman Demirel Üniversitesi BAP Sonuç Raporu, 30 sayfa, Isparta.
- Carus, S., 2010. Effect Of Defoliation By The Pine Processionary Moth (PPM) on Radial, Height and Volume Growth of Crimean Pine (*Pinus nigra*) Trees in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31: 453-460.
- Carus, S., Çatal, Y., 2005. Yaprak Yüzeyinin Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarında Dip Çap ve Boy Artımı Üzerindeki Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 52-61.
- Carus, S., Çatal, Y., 2007. Isparta Yöresi Anadolu Karaçamı *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Meşcerelerinde Büyüme Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 2(1): 1-10.
- Carus, S., Çatal, Y., 2009. Genç Bir Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ağaçlandırmasında Tek Ağaçta Artım ve Büyüme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi I. Ulusal Batı Karadeniz Ormançılık Kongresi Bildiriler Kitabı Özel Sayı, Cilt I, Sayfa: 324-334.*
- Carus, S., Çatal, Y., 2011. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) da Yıllık Halka Kalınlığının Gövde İçerisindeki Düşey Değişimi. Sayfa: 589-596, *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş.*
- Carus, S., İdris, M., Kündü, K., Alem, Ö., 2016. Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı Karaçam *Pinus nigra* Arnold Ağaçlandırması için Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. *Türkiye Ormançılık Dergisi*, 17: 37-42.
- Catal, Y., Carus, S., 2011. Effect of Pine Mistletoe on Radial Growth of Crimean Pine (*Pinus nigra*) in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 32: 263-270.

- Ceylan, S., Velioğlu, E., Aydın, Ü., 2013: Karaçam [*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder] Tohum Meşçere ve Bahçelerinde Üretilen Tohumlarda Bulunan Fungusların Tespiti ve Fidanlardaki Patojeniteleri. Orman Genel Müdürlüğü İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu, 30 Sayfa.
- Coşgun, M., 2006. Toxic Metals In The Austrian Pine (*Pinus nigra*) Bark In The Thrace Region, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 121: 173–179.
- Coşgun, S., 2002. Batı Karadeniz Bölgesinde Bazı İbrelili ve Yapraklı Türlerin Çelikle Köklenmesi Üzerine Araştırmalar. Batı Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten 7, 57 sayfa, Bolu.
- Coşgun, S., Sabuncu R., Cengiz, Y., 2007. Akdeniz Bölgesinde Anadolu Karacanı *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe Orijin Denemelerinin 21. Yıl Sonuçları. *Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 8 (1): 1-26.
- Çakıl, E., 2008. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Birsen Durkaya, 184 sayfa, Bartın.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşçerelerinde Ölüörtü Ayrışması ile Mikroeklembacıklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK Proje Nu: 215O572, 139 sayfa.
- Çakır, M., 2016-2018. ÇNÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşçerelerinde Yıllık İbre Dökümü ile Ekosisteme Geri Dönen Karbon ve Azot'un Belirlenmesi (Destekleyen Kuruluş: ÇNÜ BAP) [Araştırma Projesi]
- Çalıköğlü, M., 1997. Türkiye Ormanlığında Ağaç Islahı Çalışmaları ve Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Melih Boydak, 138 sayfa, İstanbul.
- Çalıköğlü, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Melih Boydak, 98 sayfa, İstanbul.
- Çalıköğlü, M., Akkemik, Ü., Aksoy, N., 2001. Trakya Bölgesindeki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarında Orijin Problemleri, Çözüm Önerileri ve Bölgedeki Doğal Karaçam Ormanlarının Önemi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51B (1): 117-125.
- Çalışkan, A., 1992. Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)- Gökmar (*Abies bornmülleriana* Mattf.)-Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşçerelerinde Büyüme İlişkileri ve Gerekli Silvikültürel İşlemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42 (2): 184-209.
- Çalışkan, A., Goshu, T. B., 2004. İstanbul Fatih Ormanının Silvikültürel Değerlendirmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 54B (1): 69-82.
- Çalışkan, A., Güney, H. S., Çalışkan, S., 2014. Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Gençleştirilmesi Üzerine Etkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 64 (2): 56-68.
- Çalışkan, A., Özalp, G., Karadağ, M., 2004. Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanında Karaçam+Meşe+Gökmar+Kayın Meşçerelerinde Meşenin Gençleştirilmesi. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 219, BKOAE Yayın Nu: 15, 59 sayfa.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 2000. Tohum ve Kültür Zararlıları, İstanbul Üniversitesi

- Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 4210/7, 334 sayfa, İstanbul.
- Çatal, Y., 2002. Isparta Bölgesi Doğal Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)-Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. var. *pallasiana* (Lamb.) holmboe) Karışık Meşcerelerinde Artım ve Büyüme İlişkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Serdar Carus, 111 sayfa, Isparta.
- Çatal, Y., Güzel, B., Genç, M., 2017. Kızılçam-Anadolu Karaçamı Doğal Karışık Meşcereleri İçin Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Belirlenmesi *Turkish Journal of Forest Science* 1(2): 145-154.
- Çatalkaya, F., 2001. Çan Orman İşletmesi Karaçam Ormanlarında Önemli Meşcere Tipi Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Tolgay Odabaşı, 31 sayfa, İstanbul.
- Çatı, M. B., 1984. Atatürk Arboretumu ve Çevresindeki Yabancı ve Yerli Bazı Karaçam Alttürlerinin Mantıkada Yetiştirilme Özelliklerine ait Tespitler. İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Suad Ürgenç, 35 sayfa, İstanbul.
- Çavuşoğlu, K., Arıca, Ş. Ç., 2007. *Pinus nigra* (Arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder Türünün Yapraklarında Kurşun Birikiminin Araştırılması. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 11 (1): 42-46.
- Çavuşoğlu, K., Çakır, Ş., Kırındı, T., 2006. Kırıkkale İlinin Çeşitli Bölgelerinde Yol Kenarlarından Toplanan *Pinus nigra* (J. F. Arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder Türündeki Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı 11: 11-26.
- Çavuşoğlu, K., Kılıç, S., Kılıç, M., 2009. Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Çam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) ve Sedir (*Cedrus libani* A. Rich) Yapraklarının Anatomisi Üzerine Etkileri. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 2 (3): 92-98.
- Çeler, E., 2013. Çıplak köklü Sarıçam ve Karaçam Fidanı Morfolojik Kalite Özelliklerine Leonarditin Etkileri. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, 98 sayfa, Kastamonu.
- Çelik, O., Semerci, A., Şanlı, B., Belindir, B., Gedik, Ö., 2002. Ankara Çevresinde Anadolu Karaçamlarında (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Görülen Kurumaların Nedenleri. *Orman Müdürlüğü Dergisi*, 39 (5): 7-15.
- Çelik, O., Umut, B., Kaymakçı, E., Dündar, M., Ayhan, A. Ş., 2002. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Doğal Gençleştirilmesi Üzerine Araştırmalar. İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 280, 90 sayfa, Ankara.
- Çelik, U. T., 2008. Farklı Karaçam Meşcerelerinde Meşcere Özelliklerine Bağlı Olarak Yanıcı Madde Miktarının Belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bülent Sağlam, 69 sayfa, Artvin.
- Çelikbaş, A., 2019. Bazı Nano Partiküllerin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkisi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, Kastamonu.
- Çengel, B., 1998. Kazdağ'ından Örneklenen Karaçamı (*Pinus nigra* subspecies *pallasiana*) Populasyonlarında Genetik Çeşitliliğin Boyutu ve Yapılanması.

- Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 76 sayfa, Ankara.
- Çengel, B., Tayanç, Y., Kandemir, G., Velioglu, E., Alan, M., Kaya, Z., 2012. Magnitude and Efficiency of Genetic Diversity Captured from Seed Stands of *Pinus nigra* (Arnold) subsp. *pallasiana* in Established Seed Orchards and Plantations. *New Forests*, 43: 303–317.
- Çengel, B., Velioglu, E., Tosun, A. A., Kaya, Z., 2000. Pattern and Magnitude of Genetic Diversity in *Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana* Populations from Kazdağı: Implications for in Situ Conservation. *Silvae Genetica* 49, (6): 249 –256.
- Çepel, N., 1958. Kayın, Meşe, Karaçam ve Gökmar Ağaçlarının Asimilasyon Organlarında Bazı Önemli Besin Maddelerinin Mevsimlik Değişimi Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 92–137.
- Çepel, N., 1963. Kayın, Meşe, Karaçam ve Gökmar Ağaçlarının Asimilasyon Organlarında Bazı Önemli Besin Maddelerinin Mevsimlik Değişimi Üzerine Araştırmalar. Tarım Bakanlığı O.G.M. Sıra Nu:348, Seri Nu: 35, 84 sayfa, Ankara.
- Çepel, N., 1964. Orman Topraklarının Rutubet Ekonomisi Üzerine Araştırmalar ve Belgrad Ormanının Bazı Karaçam, Kayın, Meşe Meşcerelerinde İntersposiyon, Gövdeden Akış ve Toprak Rutubeti Miktarlarının Sistemik Ölçmelerle Tespiti. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınlarından Sıra Nu: 418, Seri Nu:4.
- Çepel, N., DüNDAR, M., 1979. Emet Yöresindeki Boraks Maden İşletmeciliğinin Çevresindeki Orman Vegetasyonu Üzerine Yaptığı Zararlı Etkiler. Sayfa: 43-53, TÜBİTAK Yay. Nu:423, TOAG-Seri Nu: 89.
- Çepel, N., Karaöz, Ö., 1989. Karaçamlarda Gözlenen Değişik Türde Orman Zararları Üzerine Ön Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39A (1): 63-79.
- Çerçioğlu, M., 2018. Burdur-Göhlhisar Yöresi Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Popülasyonlarında Üreme X Büyüme Özellikleri Etkileşimi ve Bazı Genetik Parametrelerin Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Nebi Bilir, 75 sayfa, Isparta.
- Çerçioğlu, M., Bilir, N., 2018. Altitudinal Fertility Variation in Natural Populations of Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]. *International Journal of Science and Research Methodology*, 8, 136-146.
- Çerçioğlu, M., Bilir, N., 2018. Burdur-Göhlhisar Yöresi Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Popülasyonlarında Üreme X Büyüme Özellikleri Etkileşimi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2): 98-108.
- Çetin, F., Gündüz, G., 2017. Türkiye'deki Bazı Ağaç Türü Odunlarının Mekanik Özellikleri Üzerine Yapılan Araştırmaların Değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 161-181.
- Çetin, N., Ayhan, A. Ş., Yıldız, T., Yenişan, Y., Eken, F., Yumurtacı, M., Çelik, A. M., Karan, A., 1993. OGM 18/08/1993 ve OİP.1.A-00/71 Sayılı Olurlarına İstinaden Hazırladıkları Rapor. 4 sayfa.
- Çetin, N. S., Özmen, N., Karademir, A., 2002. Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Odunlarına Anhidrit Modifikasyonları ile Boyutsal Sabitlik Kazandırılması. Sayfa:1008-1016, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 15-18 Mayıs 2002.

- Çetinkaya, D., 2011. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nda Yerinde Kök Kesimlerinin Fidan Morfolojisi Üzerindeki Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ayşe Deligöz, 80 sayfa, Isparta.
- Çetinkaya, D., Deligöz, A., 2012. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nda Yerinde Kök Kesimlerinin Fidan Morfolojisi Üzerindeki Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14 (Özel sayı): 49-58.
- Çevik, İ., 1983: Karaçam Yapay Meşcerelerinde İlk Aralamalar ve Meşcere Yapısına Olan Etkileri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 29 (1): 40-61.
- Çevik, İ., 1996. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Fidanlarının Soğuk Hava Depolarında Saklanmaları Üzerine Araştırmalar. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten, Nu:4, 28 sayfa, İzmir.
- Çevik, İ., Batur, M., 1999. Karaçam Ormanlarında Aynı Yaşlı ve Tek Tabakalı Kuruluş Oluşumu Üzerine Araştırmalar. Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Rapor 2, 30 sayfa.
- Çılğın, Ş., 2002. Hanönü-Günlüburun Karaçam Tohum Bahçesindeki Klonların Kozalak ve Tohum Özellikleri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sem'i İktüeren, 65 sayfa, Ankara.
- Çılğın, Ş., Ayan, S., Sıvacioğlu, A., İktüeren, Ş., 2007. Hanönü (Kastamonu)-Günlüburun Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Bahçesinde Bazı Klonların Kozalak ve Tohum Özellikleri. *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 7(2): 169- 179.
- Çınar, K., 2019. Karaçam (*Pinus nigra*) Türünün Verimlilik ve Dağılım Özellikleri Üzerine Ekolojik Değerlendirmeler: Isparta-Yenişarbademli Örneği. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Mehmet Güvenç Negiz, 73 sayfa, Isparta.
- Çınar, T., 2017. Demirci (Manisa) yöresinde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Verimlilik Çevre İlişkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Serkan Gülsoy, 102 sayfa, Isparta.
- Çınar, T., Gülsoy, S., 2019. Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Verimlilik İçin Gösterge Bitki Analizleri: Manisa-Demirci Yöresi Örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 91-99.
- Çiftçi, N. B., 2019. Gençlik Çağındaki Karaçam (*P. nigra*) Meşcerelerinde Toprak Üstü Karbon Miktarının Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Miraç Aydın, 50 sayfa, Kastamonu.
- Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Yılmaz, Y. O., Açıkgöz, B., 2011. Alaçam Dağları Karaçam Ormanlarının Epifitik Likenleri (Balıkesir-Kütahya). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (1): 31-37.
- Çolak, A. H., 1991. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Bazı Yetiştirme Tekniklerinin Fidan Kalitesi Sınıflamasına Temel Teşkil Eden Morfolojik Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 63 sayfa, İstanbul.
- Çolak, D., 2012. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros Sedirinde (*Cedrus libani* A. Rich) Don Stresi Üzerine Bir Araştırma. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Yahyaoglu, 41 sayfa, Trabzon.
- Çolak, D., Semerci, A., Semerci, H., 2014. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Anadolu

- Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros Sedirinde (*Cedrus libani* A. Rich) Dona Dayanıklılık. Sayfa: 693-698, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim 2014, Isparta.
- Çolakoğlu, G., 2001. İstanbul/Belgrad Ormanında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Meşe (*Quercus* spp.) Meşcerelerinin Topraklarındaki Mikrofungus Floraları ve Bunların Karşılaştırması Üzerine Bir Araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51A (1): 95-117.
- Çolakoğlu, G., 2002. Belgrad Ormanında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinin Topraklarındaki Mikrofungus Florası Üzerine Bir Araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52A (1): 115-125.
- Çoşgun, S., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Ekolojik Faktörlerin Bazı Asli Ağaç Türlerinin Konumsal Dağılımına Etkilerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hüseyin Oğuz Çoban, 81 sayfa, Isparta.
- Çömez, Ö., 2019. Farklı Seviyelerde Potasyum Uygulamalarının Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Fidanlarının Gelişimi ve Besin Elementi Alımına Etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sait Gezgin, 74 sayfa, Konya.
- Çömez, Ö., Gezgin, S., 2019. Potasyum Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Fidanlarının Gelişimine Etkisi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 6(1): 77-86.
- Çörtü, M. R., 2008. Büyükdüz Araştırma Ormanı'nda Meşe (*Q. petraea* ssp. *iberica* (Steven ex bieb.) Krassilin) ile Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) 'ın Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ferhat Bozkuş, 169 sayfa, İstanbul.
- Çörtü, M. R., 2014. Büyükdüz Araştırma Ormanında Çoruh Meşesi (*Q. petraea* ssp. *iberica* (Steven ex. Bieb) Krassilin), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *nigra* var. *caramanica* (Lamb.) Holmboe) ve Uludağ Göknarı (*Abies nordmanniana* ssp. *bornmülleriana*)'nın Büyüme İlişkileri. Orman Genel Müdürlüğü Batı Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten 21, 28 sayfa, Bolu.
- Dağcı, E. K., İzmirli, M., Dığrak, M., 2002. Kahramanmaraş İlinde Yetişen Bazı Ağaç Türlerinin Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1): 38-46.
- Dağdaş, S., 1996. Ankarada Yetiştirilen Dört Orman Ağaç Türüne Ait Ozmatik Basınç Verilerini Karşılaştırma. *İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 80: 55-73.
- Dağdaş, S., 1998. İç Anadolu Bölgesi'nde Kurulu Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lomb.) Holmboe) Orijin denemelerinin İlk Dokuz Yıllık Sonuçları. Sayfa: 180-192, *Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormanlığımız Sempozyumu*, 21-23 Ekim 1998, İstanbul.
- Dağdaş, S., 2016. Ehrami Karaçamın (Vakıf Karaçamı) (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata*) Yayılışı, Yetişme Muhiti İstekleri, Silvikültürü ve Karaçamlarda Toplu Kurumalar. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 53 (3-4-5): 23-33.
- Dağdaş, S., Aktaş, F. 2002. İç Anadolu ve İç Batı Anadolu'da Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.))'lara Neler Oluyor. *Orman ve Ekonomi Dergisi*, 1 (4): 19-28,

- Dağdeviren, N., 2002. Kazdağları'nda Doğal Yetişen Gymnosperm Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ünal Akkemik, 82 sayfa, İstanbul.
- Dal, İ., 2007. Çam Keseböceği'nin (*Thaumetopoea pityocampa* Den. ve Schiff.) Ulus Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme Üzerine Etkisi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ali Durkaya, 60 sayfa, Bartın.
- Deligöz, A., 2002. Alanya-Söğüt Geçici Orman Fidanlığında Fidan Üretimi ve Mevcut Sorunlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 119-133.
- Deligöz, A., 2007. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-Fizyolojik Özelliklerin Dikim Başarısına Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Musa Genç, 295 sayfa, Isparta.
- Deligöz, A., 2009. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarında Sulama Programının Hazırlanmasında Bitki Su Potansiyeli Değerlerinin Kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 51-65.
- Deligöz, A., 2009. The Effects of Exposure and Bale Storage on Water Potential and Field Performance in Anatolian Black pine. *Journal of Biological Sciences*, 9 (4): 367-371.
- Deligöz, A., 2012. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder) Fidanlarında Sonbahar Gübrelemesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, 8(1): 1-9.
- Deligöz, A., Bayar E., Cankara F. G., 2017. Impact of Dry Periods on Photosynthetic Pigment and Proline Content of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Trees in Mixed Afforestation Area. *ICAFOF International Conference on Agriculture, Forest, Food Science and Technologies*, 15-17 May 2017, Cappadocia/Turkey.
- Deligöz, A., Bayar, E., Gür, M., Genç, M., 2013. An Assessment of the Important Seedling Properties for Reforestation in *Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder from Three Provenances. *International Caucasian Forestry Symposium*, 24-26 October 2013. Artvin.
- Deligöz, A., Bayar, E., Karatepe, Y., Genç, M., Cankara, F. G., 2017. Changes in the Midday Water Potential in Anatolian Black Pine After The Late Precommercial Thinning. *3rd International Conference on Science, Ecology and Technology*, 14-16 August 2017, Rome.
- Deligöz, A., Carus, S., 2006. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Meşcerelerinin Bazı Tohum ve Kozalak Örneklerine Göre Ayrılmasının İstatistik Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 13-22.
- Deligöz, A., Genç, M., 2008. Göller Bölgesi Hidrolojik Ağaçlandırma Çalışmalarında Çıplak Köklü Anadolu Karaçamı Fidanı Kullanımı. Sayfa:182-195, *Baraj Havzalarında Ormanlık I. Ulusal Sempozyumu*, 29-30 Nisan 2008.
- Deligöz, A., Genç, M., Özçelik, H., 2009. Kalite Sınıflamasının Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Fidanlarının Arazi Performansına Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 37-50.
- Deligöz, A., Gezer, A., 2005. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Bazı Tohum Meşcereleri, Klonal Tohum Bahçeleri ve

- Plantasyonlarında Kozalak ve Tohum Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, A1: 1-16.
- Demir, C., 1996. Elmalı Baraj Havzasında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ormanlarının Toprak Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 62 sayfa, İstanbul.
- Demir, E., 2019. Bazı Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* J. F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Orijinlerinin Tohum Ve Fidan Aşamasında Kuraklığa Dayanıklılığı. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bora İmal, 96 sayfa, Çankırı.
- Demir, N., 2003. Fitohormonların 2+0 Yaşında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Fidanlarının Büyüme ve Gelişmeleri Üzerindeki Etkilerin Araştırılması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Surhay Allahverdiev, 58 sayfa, Bartın.
- Demiratlı, S., 2017. Karaçam (*Pinus nigra* A.) Odununda Ortotropik Mekanik Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Birol Üner, 81 sayfa, Isparta.
- Demirtaş, M., 2015. Jeotermal Akışkan ile Emprenyeli Ahşabın Açık Hava Ortamındaki Dayanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman, Ahmet Ali Var, 78 sayfa, Isparta.
- Deniz, M., 1993. Demirköy'de Sarıçam ve Karaçam Ağaçlandırma Alanlarının Toprak Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 110 sayfa, İstanbul.
- Dilik, T., 1997. Lamine Ağaç Malzemedden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ahmet Kurtoğlu, 204 sayfa, İstanbul.
- Dirik, H., 1994. Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Fidan Tazeliğinin Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 44A (1): 23-41.
- Dirik, H., 1994. Üç Yerli Çam Türünün (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb., *Pinus pinea* L.) Kurak Peryoddaki Transpirasyon Tutumlarının Ekofizyolojik Analizi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 44A (1): 111-113.
- Dirik, H., 1994. Üç Yerli Çam Türünün Kurak Peryottali Transpirasyon Tutumlarının Ekofizyolojik Analizi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 44A (1): 111-121.
- Dirik, H., 1999. Dikim Mevsiminde Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Fidanlarındaki Fizyolojik Değişimler ve Bunun Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 49A (2): 59-75.
- Doğan, B., 2018. Boraks ve Borik Asit İle Emprenye Edilmiş ve Isıl İşlem Görmüş Karaçam Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Osman Perçin, 86 sayfa, Kütahya.
- Doğan, B., Acar, F. C., 2004. Ege Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *nigra* var. *caramanica*) Orijin Denemesi: Beş Yıllık Sonuçlar. Orman Bakanlığı Ege

- Ormançılık Araştırma Müdürlüğü Nu: 33/257, 29 sayfa.
- Doğan, B., Özer, A. S., Gülbaba, A. G., Velioglu, E., Dorerksen, A. H., Adams, W. T., 1997. Kazdağları'ndan Örneklenen Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Populasyonlarında Kalıtım ve Allelerin Bağlılığı. *Ege Ormançılık Araştırma Enstitüsü Araştırma Dergisi*, 1: 40-59.
- Doğan, H. H., 2009. Two New Lignicolous Fungi Additions to Turkey Mycota. *Süleyman Demirel Üniversitesi Journal of Science (e-journal)* 4 (1): 35-39.
- Doğan, M., Köse, N., 2015. Sandıras Dağı'ndaki (Muğla) Yaşlı Karaçam Ormanlarından Dört Yeni Yıllık Halka Kronolojisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 65 (2): 1-16.
- Doğancı, Ö. E., 2001. Pinaceae Familyasına ait Bazı Türlerin Polenlerinin Morfometrik Analizler. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sevil Pehlivan, 40 sayfa, Ankara.
- Doğmuş, Y. Ç., 2019. Kütahya-Simav Yöresi Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana*) Doğal Gençliklerinde Büyüme ve Gelişmenin Honowski Işık Faktörü ile Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ercan Oktan, 78 sayfa, Trabzon.
- Doğu, D., Yılgör, N., 2001. Kütahya Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* L.) Varyetelerinde (*P. nigra* var. *pallasiana* - *P. nigra* var. *pyramidata*) Anatomik Yapıların Karşılaştırılmalı İncelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51A (2): 51-64.
- Döğdü, Y. C., 2006. Camıyanı Karaçamı'nın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kurutma Cetvellerinin Oluşturulması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Mühendislik Tezi, Danışman; Alper Aytekin, 78 sayfa, Bartın.
- Dönmez, İ. E., Dönmez, Ş., 2013. Ağaç Kabuğunun Yapısı ve Yararlanma İmkanları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 156-162.
- Dönmez, K., 2005. Gökmar (*Abies ssp.*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Karaçam (*Pinus nigra*) Keresteleri Kalite ve Verim İlişkileri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Mühendislik Tezi, Danışman; Hikmet Yazıcı, 146 sayfa, Bartın.
- Duran, C., Aytar, F., 2013. İklim Değişikliğinin Bitki Örtüsüne Yansımalarına Bir Örnek: Göksun-Afşin Arası (Kahramanmaraş) Sahadaki Karaçam Kurumaları. *International Journal of Human Sciences*, 10 (1): 1-23.
- Duran, C., Kantarcı, M. D., Polat, O., Topal, A., 2013. Mersin – Dümbelek düzü Kesitinde Yükselti / İklim Kuşakları İle Orman Yetiştirme Ortamı Yörelere Ormançılık Yönünden İncelenmesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğu Akdeniz Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten 44, 125 sayfa, Mersin.
- Durkaya, A., Durkaya B and Çakıl, E., 2010. Predicting the Above-Ground Biomass of Crimean Pine (*Pinus nigra*) stands in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 40 (31): 115-118.
- Durkaya, A., Durkaya, B., 2011. Zonguldak-Ulus Orman İşletme Müdürlüğü Gökmar, Kayın ve Karaçam Ağaç Türleri için Kütük Çapı ve Boyu ile Göğüs Çapı İlişkisi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (1): 9-17.
- Dündar, M., 1967. Ankara Civarında Çam Plantasyonlarında Gözlenen Kuruma Olayları ile Ağaçların Mineral Besin Maddesi Alımı Arasındaki İlişkiler. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 13: 9-18.

- Dünder, M., 1968. Değişik Yetiştirme Muhitinde Bazı Önemli Orman Ağaçlarının İbre ve Yapraklarındaki Besin Maddesi Konsantrasyonları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 14 (1): 24-48.
- Dünder, M., 1973. Ankara Civarındaki Bazı Karaçam ve Sarıçam Kültürlerinde Görülen Kurumalarla İğne Yapraklardaki Besin Maddeleri Konsantrasyon Seviyeleri Arasındaki İlişkiler. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten* 53, 101 sayfa, Ankara.
- Dünder, M., 1975. Ankara Çevresindeki Çam Ağaçlandırmalarında Görülen Kurumalar Konusunda Bazı Düşünceler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25A (2): 137-146.
- Efeoğlu, İ., 1973. Eskişehir, Konya-Ereğlisi Orman Fidanlıklarında Mevcut 1-0 Yaşlı Karaçam, Sarıçam, Sedir Fidanlarında ve Kavak Kültürlerinde Görülen Sararma ve Ölüm Sebeplerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Asaf İrmak, 313 sayfa, İstanbul.
- Eken, Ö., 2015. Çankırı (Kenbağ) ve Eldivan Orman Fidanlıklarında Yetiştirilen Anadolu Karaçamı İle Toros Sediri Türlerinde Fidan Kalite Değerlendirmeleri. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nuri Öner, 141 Sayfa, Çankırı.
- Eler, Ü., Genek, A., Yıldırım, K., 1989. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Gençliklerinde Erken Boşaltma ve Seyreltmenin Fidan Büyümesi Üzerine Etkileri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Raporlar Serisi* Nu: 42, sayfa: 28-45.
- Elmas, K., 2010. Adana İlinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ağaçlarında Zarar Yapan Böcek Türlerinin Tespiti. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Azize Toper Kaygın, 65 sayfa Bartın.
- Eraslan, İ. 1983. Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinin Önemi, Tanımı ve Türkiye'de Bu Türlerle Kurulacak Plantasyonların Potansiyel Üretim Kapasitesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 33B (2): 1-27.
- Eraslan, T., 2009. Tesadüfi Dal Örnekleme ve Önem Örnekleme Kullanarak Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ağaç Türü İçin Toprak Üstü Biyokütle Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ramazan Özçelik, 73 sayfa, Isparta.
- Erdoğan, H., 2003. Elazığ Orman Fidanlığında Ticari Gübrelerin Karaçam Fidanlarının (Tohum Yetiştirilen) Gelişmeleri Üzerine Olan Etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Aydın Türüdü, 68 sayfa, Trabzon.
- Eren, F., 2008. Devrez (İlgaz-Ankara) Orman İşletme Şefliği'ndeki Meşcere Kuruluşları Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nuri Öner, 78 sayfa, Ankara.
- Ergin, Ö. F., 2004. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*) Aşılı Fidan Üretim Tekniği. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, 39 sayfa, Ankara.
- Erkan, N., 1997. Elazığ ve Çevresindeki Karaçam (*P. nigra* Arnold) Ağaçlandırmaları için Hacim Tablosu. *Güneydoğu Anadolu Orm. Araş. Enst. Dergisi*, 1 (1): 61-72.
- Erkan, N., 1998. Elazığ Yöresindeki Sedir ve Karaçam Ağaçlandırmalarında Büyüme Analizleri. Güney Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Yayınları, 44 sayfa, Elazığ.
- Erkuloğlu, Ö., Sevimsoy, M., 1989. Karışık Ormanlarda Doğal Gençleştirme.

- Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 36: 5-27.
- Ertekin, M., 2006. Yenice-Bakraz Orijinli Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Bahçesinde Çiçeklenme, Kozalak Verimi ve Tohum Özellikleri Açısından Klonal Farklılıklar, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Korhan Tunçtaner, 191 sayfa, Bartın.
- Ertekin, M., 2010. Clone Fertility and Genetic Diversity in a Black Pine Seed Orchard. *Silvae Genetica*, 59 (4): 145-150.
- Ertekin, M., Demir, N., Kırdar, E., Özel, H. B., Ayan, S., 2010. Kurak Mıntıka Ağaçlandırmalarında Kullanılan Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold.) Büyümesine Fitohormonların Etkileri. Sayfa: 443-451, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu 17-18 Haziran 2010, Bildiri Kitabı, Çorum.*
- Ertekin, M., Özel, H. B., 2010. Anadolu Karaçamı'nın (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Polen Özelliklerinde Genetik Çeşitlilik. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (17): 37-46.
- Ertekin, M., Özel, H. B., 2010. Çorum Yöresi Erozyonla Mücadele Kapsamında Yapılan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Sedir (*Cedrus libani* A. Rich) Ağaçlandırmaları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (18): 77-85.
- Ertekin, M., Tunçtaner, K., 2009. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Tohum Bahçesinde Çiçek Üretimi Yönünden Klonal Farklılıklar. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (15): 25-34.
- Erten, A. P., İltar, E., 1995. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Odununun Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi. Ormançılık Araştırma Enst. Yayınları, *Teknik Bülten* 250, sayfa: 5-26, Ankara.
- Erten, P., Önal, S., 1985. Ağaç Türlerinin Odun ve Kabuklarının Kalori Değerlerinin Saptanmasına İlişkin Araştırmalar. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 62: 89-111.
- Erten, P., Sözen, R. M., 1997. Fıstık Çamı (*Pinus pinea*), Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold) ve Çınar Yapraklı Akçağaç (*Acer platanoides*) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi. İç Anadolu Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Nu: 266.
- Ertuğrul, G. S., Bilir, N., 2020. Kütahya-Simav Yöresi Anadolu Karaçamı Doğal Gençleştirme Sahasında Bazı Değerlendirmeler. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 75-81.
- Eruz, E., 1984. *Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 3244/368, 72 sayfa, İstanbul.
- Eruz, E., 1984. Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Meşcerelerinin Boy Artımı ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler. TÜBİTAK TBAG, 73 sayfa.
- Eruz, E., 1984. Ernahrungszustand von *Pinus nigra*-Beştamden im Westanatolischen Gebirge. *Forsrwissenschaftliches Centralblatt*, 6: 375-382.
- Eyüboğlu, İ., 2019. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri (Bursa-Kestel) İçin Çap-Boy İlişkilerinin Yapay Sınır Ağları ile Modellenmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, 54 sayfa, Çankırı.

- Fakir, H., 2006. Bozburun Dağı ve Çevresi (Antalya-Isparta-Burdur) Orman Vejetasyonunun Ana Meşcere Tiplerinin Floristik Kompozisyonu Üzerine Araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1): 90-98.
- Ferah, O., 1995. Bazı Önemli Ağaç Türlerimizin Vida ve Çivi Tutma Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları Teknik Bülten*: 250, 5-26 sayfa.
- Firat, F., Günel, A., 1973. Çeşitli Ağaç Türlerinde Boy Artımı Üzerine Araştırmalar. *IV. Bilim Kongresi* 5-8 Kasım 1973, Ankara.
- Genç, M., 1985. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Öncü Gençliklerinde Gelişme Özellikleri (Sütçüler Dev. Orm. İşl. Müd. Kocaoluk Mevkii). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Tolgay Odabaşı, 66 sayfa.
- Genç, M., 1994. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Öncü Gençliklerinde Gelişme Özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 18 (6): 487-493.
- Genç, M., Cengiz, N., Bilir, N., Gülcü, S., 1999. Isparta Gölcük Koşullarında Ehrami Karaçam Plantasyonlarının Dikim Başarısı: 8 Yıllık Sonuçlar. Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, sayfa: 60-64, Kütahya.
- Genç, M., Deligöz, A., Gültekin, H. C., 2005. Doğu Ladini, Toros Sediri, Anadolu Karaçamı, Boylu Ardiç, Kokulu Ardiç ve Diken Ardiç Fidanlarının Stres Etmenlerine Dayanma Yetenekleri. Sayfa: 474-482, *Ladin Sempozyumu*, 20-22 Ekim 2005, Trabzon, I. Cilt.
- Genç, M., Güner, Ş. T., 2003. Göller Bölgesi'nin Anıt Ağaçları. Isparta Valiliği İl Özel İdare Müdürlüğü, 322 sayfa, Ankara.
- Genç, M., Güner, Ş. T., Şaban, A., 1999. Eskişehir, Eğirdir ve Seydişehir Orman Fidanlıklarında 2+0 Karaçam Fidanlarında Morfolojik İncelemeler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (Ek sayı 2): 517-525.
- Genç, M., Özkan, K., Özçelik, R., Güner, T., Gülsoy S., Deligöz, A., 2012. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder] Meşcerelerinde Uygulanan İlk Aralamaların Ekofizyolojik Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13: 5-13.
- Genç, M., Yahyaoglu, Z., 1994. Eğirdir, Seydişehir ve Eskişehir Orman Fidanlıklarında 2+0 Yaşlı Anadolu Karaçamı Fidanlarında Morfolojik İncelemeler. *SDÜ, VIII. Mühendislik Haftası*, 28 sayfa, Isparta.
- Gezer, A., 1996. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'ın Biyolojisi ve Tabii Gençleştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans Ders Notları Yayınlanmamıştır.
- Giray, N., 1982. Ağaçlarda Kütük Çapı, Orta Çap, Göğüs Çapı İlişkileri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 56: 58-63.
- Giray, N., 1992. Kızılçam, Karaçam, Sarıçam ve Sedir Meşcerelerinde Olgunluk ve İdare Sürelerine İlişkin Bir İrdeleme. Sayfa:299-315, *Ormancılığımızda Orman Amenajmanın Dünü, Bugünü ve Geleceğe İlişkin Genel Görüşme*, 16-19 Kasım 1992, Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlam Dairesi Başkanlığı.

- Gonifeda, R. K., 2017. Güney Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 71 sayfa, Kastamonu.
- Gökçe, F., 1993. Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Embriyosundan Alınan Dokularla in Vitro Koşullarında Yeniden Üretilmesi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İngilizce, Danışman; Zeki Kaya, 58 sayfa, Ankara.
- Gökdemir, Ş., Tosun, S., Özpay Palazoğlu, Z., Arslan, M., Coşgun, S., Türker, H., Tokcan, M., 2012. Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijin Denemeleri Yirmibeşinci Yıl Ara Sonuçları. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten, 293, 40 sayfa.
- Göker, Y., 1969. Dursunbey ve Elekdağ karaçamları (*Pinus nigra* var. *pallasiana*)’ın Fiziksel, Mekaniksel Özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19: 91-135.
- Göker, Y., 1977. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamlarının (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar. Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayın Nu: 613/22.
- Göksel, E., Cengiz, M., Gürboy, B., 1993. Ülkemizde Yetişen Kızılçam, Karaçam, Gökmar ve Kavak Ağaçları Odunlarından Elde Edilen Selülozların Ekonomik Ağartma Yöntemlerinin Saptanması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43A (1): 77-92.
- Gölaş, M., 2016. Farklı Kapalılıktaki Kızılçam ve Karaçam Meşcerelerinde Hava Hallerine Bağlı Olarak Ölü Yanıcı Madde Neminin Tahmini. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ertuğrul Bilgili, 85 sayfa, Trabzon.
- Gözler, M., 2016. Yangın Görmüş Karaçam Meşcerelerinde ve Bitişigindeki Kontrol Alanlarında Toprak Özelliklerinin Değişiminin Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bülent Sağlam, 98 sayfa, Artvin.
- Guler, C., Copur, Y., Akgul, M., Buyuksari, U., 2007. Some Chemical, Physical and Mechanical Properties of Juvenile Wood Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantations, *Journal of Applied Sciences*, 7(5): 755-758.
- Gulsoy, S., Suel, H., Celik, H., Ozdemir, S., Ozkan, K., 2014b. Modelling Site Productivity of Anatolian Black Pine Stands in Response to Site Factors in Buldan District, Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 46(1): 213-220.
- Gül, A., Doğan, B., Özel, N., Akkaş, M. E., Acar, M. İ., 2006. Kazdağları’nda Gen Koruma ve Yönetim Alanlarının (Gekya) Belirlenmesi. *Ege Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1:48-77.
- Gül, A., U., Üçler, A. Ö., Gümüş, C., Yücesan, Z., 2017. Optimising Anatolian Black Pine (*Pinus nigra*) and Turkish Red Pine (*Pinus brutia*) Seedling Production in State Forest Nurseries of Turkey. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17 (2): 247-255.
- Gülbaba, A. G., 1998. Bolkar Dağları Doğal Karaçamlarında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Genetik Çeşitlilik ve Gen Koruma ve Yönetim Alanlarının Belirlenmesi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, *DOA Dergisi*, 4: 99-130.

- Gülcü, S., 1997. Burdur-Ağlasun Yöresi Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Karışık ve Saf Meşcerelerinde Tohum-Fidecik Morfo-Genetik Özelliklerinin Tespiti. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Abdullah Gezer, 51 sayfa, Isparta.
- Gülcü, S., 2002. Göller Yöresi Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Populasyonlar Arası ve Populasyon içi Genetik Çeşitlilik. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ali Ömer Üçler, 154 sayfa, Trabzon.
- Gülcü S., Akçakaya M., Bilir N., 2016. Genetic Variation in Anatolian Black Pine *Pinus nigra* Arn subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe Populations in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 37: 261-265.
- Gülcü, S., Akkaya, O., Bilir, N., 2014. Göller Yöresi Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold) Populasyonlarında Genetik Kazanç. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 93-100.
- Gülcü, S., Bilir, N., 2000. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten) Karışık ve Saf Meşcerelerinde Tohum ve Fidecik Morfogenetik Özellikler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Dergisi*, 1A (1): 65-74.
- Gülcü, S., Üçler, Ö., 2008. Genetic Variation of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) in the Lakes District of Turkey. *Silvae Genetica*, 57 (1): 1-5.
- Gülçür, F., 1966. Eskişehir (Çatacık) Ormanında Mikaşist Üzerinde Gelişen Bazı Toprak Profillerinde Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16A (2): 1-44.
- Gülen, İ., 1954. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Çap Artımı ile Hacim Artımı Arasındaki Münasebetler Üzerinde Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*P. nigra* Arnold) Gövde Hacim Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A (1): 97-113.
- Gülen, İ., 1965. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Çap Artımı ile Hacim Artımı Arasındaki Münasebetler Üzerinde Araştırmalar. Tarım Bak. O.G.M. Yay. Nu:419/9 Dizerkonca Matbaası, İstanbul.
- Gülsoy, A. D., 2009. The Phylogenetic Analysis of *Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana* Varieties with Respect to Noncoding *trn* Regions of Chloroplast Genome. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 72 sayfa, Ankara.
- Gülsoy, A. D., Gülsoy, A. M., Çengel, B., Kaya, 2014. The Evolutionary Divergence of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and its Varieties Based on Noncoding *trn* Regions of Chloroplast Genome. *Turkish Journal of Botany*, 38: 627-636.
- Gülsoy, S., 2006. Sütçüler (Isparta) Yöresinde Karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Boy Gelişimi İle Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Kürşad Özkan, 101 sayfa, Isparta.
- Gülsoy, S., Özkan, K., Mert, A., Eser, Y., 2008. Ardiç (*Juniperus excelsa*) Meyvesinden ve Yayla Kekliği (*Origanum minutiflorum*) Yapraklarından Elde Edilen Uçucu Yağların Kimyasal Bileşimleri ve Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*)

Tohumunun Çimlenmesi Üzerine Allelopatik Etkileri. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 1 (2):105-114.

- Gündüz, G., 1999. Camiyanı Karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Bazı Anatomik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hasan Vurdu, 148 sayfa, Bartın.
- Güner, D., 2017. Karaçam Ağaçlandırma Alanlarında Besin Stoklarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Kürşad Özkan, 97 sayfa, Isparta.
- Güner, D., Özkan, K., 2019. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırma Alanlarında Besin Stoklarının Belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6 (2):192-207.
- Güner, S., 2000. Artvin-Genya Dağı'nın Orman Toplulukları ve Silvikültürel Özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ali Demirci, 126 sayfa, Trabzon.
- Güner, Ş. T., 1999. Afyon Orman İşletme Müdürlüğündeki Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) Meşcerelerinde Gerçekleştirilen Doğal Gençleştirme Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 82 sayfa, Isparta.
- Güner, Ş. T., 2001. Afyon Orman İşletme Müdürlüğü Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lomb.) Holmboe) Meşcerelerindeki Doğal Gençleştirme Çalışmalarının Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 61-74.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu: ESK-10(6303), 46 sayfa, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki Karaçam Ağaçlandırmalarının Verimlilik Modellemesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66 (1): 159-172.
- Güner, Ş. T., Karataş, R., Genç, M., 2008. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Ulusal Islah Zonlamasının Orijin Performansı ve Yetiştirme Ortamı Özellikleri Bağlamında İrdelenmesi: Kütahya-Tavşanlı Göbel Ağaçlandırma Alanı Örneği. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi Nu:2, ISBN 978-605-393-022-8, 44 sayfa, Eskişehir.
- Güner, Ş., Çömez, A., Karataş, R., Genç, M., 2008. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) 'nda Yetiştirme Sıklığının Bazı Morfolojik Ve Fizyolojik Fidan Özellikleri ile Dikim Başarısına Etkisi. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Bakanlık Yayın Nu: 325, Müdürlük Yayın Nu:1, ISBN: 978-605-393-011-2, 55 sayfa, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., Özkan, K., 2011. Eskişehir ve Afyonkarahisar İllerindeki Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarının Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkileri. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten 1, Bakanlık

- Yayın Nu: 434, 83 sayfa, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., Özkan, K., Çömez, A., Çelik, N., 2011b. İç Anadolu Bölgesi'nde Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Verimli Olabileceği Potansiyel Alanların Odunsu Gösterge Türleri. *Ekoloji*, 20 (80): 51-58.
- Güney, H. S., 2014. Çerkeş-İsmetpaşa Orman İşletme Şefliği'ndeki Karaçam (*Pinus nigra*) Doğal Gençleştirme Çalışmaları Üzerine Bir Araştırma. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışmanlar; Adil Çalışkan ve Servet Çalışkan, 83 sayfa, İstanbul.
- Güngör, K., 2014. Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe] ve Karaçam Bileşenlerinde Bazı Organik Asitlerin HPLC/DAD İle Eşzamanlı Tayini. Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Orhan Hazer, 87 sayfa, Yozgat.
- Güngül, U. İ., 2011. Göldağ (Çameli - Denizli) Yöresi Karaçamlarının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Bazı Morfolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İsmail Dutkuner, 82 sayfa, Isparta.
- Günlü, A., Keleş, S., Ercanlı, İ., Şenyurt, M., Arslan, T., 2015. Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü-Yenice Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Saf Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Yersel Ölçümler ve Uzaktan Algılama Teknolojileri İle Yaprak Alan İndeksinin Tahmin Edilmesi. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 213 O 026, 57 sayfa.
- Günlü, T. D., 2014. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lam.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohum Özelliklerine Manyetik Alan Uygulamalarının Etkisi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, 72 sayfa, Kastamonu.
- Günsür, Ş., Karahan, O. 1970. Ankara Civarındaki Karaçamalarda (*Pinus nigra* Arnold) İbre Döken Hastalığı. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 16 (1): 42-54.
- Günsür, Ş., Özdemir, L., 1968. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Fidanlığında Karaçam Ekim Yastıklarında Gübreleme ve Mikorize Aşılama Denemesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Muhtelif Yayınlar Serisi Nu: 28, sayfa:70-76, Ankara
- Güntekin, E., Bülbül, Z., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* A.) Kerestesinde Eğilme Özelliklerinin Stres Dalga Yöntemiyle Belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 10(2): 11-17.
- Gürer, M., 2002. Ilgaz-Yenice Orman İşletmesinde Orman Toplumlarının Fungal Hastalıklarının ve Silvikültürel Özelliklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK TOVAG TARP-2550.
- Gürses, M. K., Gemici, Y., Özkurt, N., Gülbaba, A. G., Özkurt, A., Tüfekçi, S., 1996. Bolkar Dağları Karaçam (*Pinus nigra* Arn. var. *pallasiana* Schneid) Populasyonlarında Biyolojik Çeşitlilik Üzerine Araştırmalar. *DOA Dergisi*, 2: 49-69.
- Güvenç, S., Oran, S., Öztürk, S., 2009. The Epiphytic Lichens on Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnd. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) in Mt. Uludağ (Bursa-Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 3 (2): 143-147.
- Güzel, B., 2013. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]'nda Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Isparta Orman Bölge Müdürlüğündeki Doğal Karışık Meşcerelerinde Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek

Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 133 sayfa, Isparta.

- Güzel, H., 2013. *Ips sexdentatus* (Boern.)'un Yoğunluğu ve Morfolojisi Üzerine Karaçam Ve Sarıçam Meşcere Özelliklerinin Etkileri. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Erol Kuzu, 57 sayfa, Kastamonu.
- Hafızoğlu, H., 1983. Wood Extractives of *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arn. and *Pinus brutia* Ten with Special Reference to Nonpolar Components. *Holzforschung*, 37: 321-326.
- Hartmann, F., 1962. Ormanın Beslenme problemlerine Ait Esaslar (Çeviren: Necmettin Çepel), *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12B (1): 91-97.
- Irmak, A., 1958. Altı Muhtelif Cins İğne Yapraklı Orman Ağacı Fidanlarının Fidanlık Toprağından Aldığı Besin Maddeleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (2): 5-30.
- Irmak, A., Çepel, N., 1959. Karaçam, Sarıçam ve Gökmar İbrelilerindeki Besin Maddelerinin Yıllık Varyasyonları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 1-40.
- Irmak, A., Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanı'ndan Seçilen Birer Kayın, Meşe, Karaçam Meşceresinde Yıllık Yaprak Dökümünün Miktarı ve Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddelerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, 19A (1): 1-24.
- Irmak, A., Çepel, N., 1969. Artım ve Beslenme İle Yapraklardaki Besin Maddesi Muhtevası Arasındaki İlişkileri Tespit Gayesi ile Bazı Karaçam Meşcerelerinde Yapılan Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19A (1): 7-37.
- Irmak, A., Çepel, N., 1974. Bazı Karaçam, Kayın, ve Meşe Meşcerelerinde Ölü Örtünün Ayrışma ve Humuslaşma Hızı Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 1973/204, Taş Matbaası, İstanbul.
- Işık, K., 1989. Karaçamın, Ankara Çevresinde Mevsimlik Büyüme Seyri ve Büyüme-Yağış İlişkisi. *Doğa Türk Tarım ve Orman Dergisi*, 13(1): 49-67.
- Işık, K., 1990. Seasonal Course of Height and Needle Growth in *Pinus nigra* Grown in Summer-dry Central Anatolia. *Forest Ecology and Management*, 35: 261-270.
- İktüeren, Ş., 1976. Yerli Çam Türlerimizden Bazılarının Çelikle Üretimi. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 78, 20 sayfa.
- İlhan, R., 1973. Türkiye'nin Ekonomik Bakımından Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Emprenyesine Ait Araştırmalar. Ormançılık Araştırma Enstitüsü yayınları Teknik Bülten 56, 363 sayfa, Ankara.
- İlter, E., 1989. Tabii ve Sun'i Olarak Yetiştirilmiş ve Sıklık Çağındaki Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinde Yapılacak Sıklık Bakım İşlemlerine Ait İş-Zaman Analizleri. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten: 207, 64 sayfa.
- İlter, E., Öktem, E., Türegün, H., Yüksel, S., 1997. Orman Ağacı Tohum Tedarikinde Standart Zamanların Belirlenmesi. İç Anadolu Ormançılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten 267, 37 sayfa, Ankara.
- İmal, B., 2015. Bazı Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) Orijinlerinin Dona Ve Kuraklığa Karşı Dayanıklılıklarının Ekofizyolojik Olarak Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Cemal Ünal Alptekin, 164 sayfa, İstanbul.
- İstek, A., Gülsoy, S. K., Eroğlu, H., 2010. Karaçam Öz Odunu ve Diri Odunu

- Lifsel Özelliklerinin Karşılaştırılması. Sayfa: 1916-1924, *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi* 20-22 Mayıs 2010, Cilt: V.
- İşbilir, A., 2001. Anadolu Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)ın Bazı Tohum Meşcerelerinin, Klonal Tohum Bahçeleri ve Kültürel Plantasyonlarının Kozalak ve Tohum Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Abdullah Gezer, 74 sayfa, Isparta.
- Kahveci, G., 2017. Distribution of *Quercus* spp. and *Pinus nigra* Mixed Stands in Semiarid Northern Central Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41: 135-141.
- Kalıpsız, A., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana*) Hasılat Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9A: 110-140.
- Kalıpsız, A., 1963. Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Nu: 349/8, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- Kalkan, M., 2017. Eskişehir-Tandır Mevkiindeki Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Gençleştirme Çalışmalarının Tohum Ağacı Doğal Gençleştirme Yöntemi Bakımından Değerlendirilmesi. Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Mustafa Yılmaz, 96 sayfa, Bursa.
- Kanat, M., 1999. Kahramanmaraş Yöresinde Karaçamlarda (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana*) Zarar Yapan Böcek Türleri. Sayfa: 234-238, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra* Arn. Ssp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltrık), 23-25 September 1999, Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Kanat, M., 2002. Kahramanmaraş (Göksun) Yöresinde Karaçamlarda Zarar Yapan *Rhyacionia buoliana* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera, Tortricidae) Böcek Türünün Biyolojisi ve Mücadele Yöntemlerinin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sempozyumu*.
- Kantarıcı, M. D., 1973. Trakya’da Toros Karaçamı’nın (*Pinus nigra* var. *caramanica* Loud., Rehd.) Doğal Olarak Bulunduğu Yerlerin Orman Yetiştirme Muhiti Özellikleri Üzerinde Ön Araştırmalar. *IV. Bilim Kongresi* 5-8 Kasım 1973, 8 sayfa, Ankara.
- Kantarıcı, M. D., 1982. Akdeniz Bölgesinde Doğal Ağaç ve Çalı Türlerinin Yayılışı ile Bölgesel Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3054/330, 105 sayfa, İstanbul.
- Kantarıcı, M.D., 2007. İklim Değişikliği Sürecinde Çatalca ve Kocaeli Yarımadalarındaki Sıcaklık Artışının İzmit İşletmesi Ormanlarında Çam Kese Böceği Zararları İle İlişkisi Üzerine Araştırmalar. *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK* 2007, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul.
- Kantarıcı, M. D., Kaçar, B., Koyuncu, E., Dönmez, A., 2011. Basın Yaylası Rüzgar Erozyonunu Önlemek İçin Yapılan Karaçam ve Sedir Ağaçlandırmasının Durumu. Sayfa: 72-93, *Kurak ve Yarı Kurak Alan Yönetimi Çalıştayı*, 5-8 Aralık 2011, Sonuç Bildirgesi ve Bildiriler, Nevşehir.
- Kantarıcı, M. D., Kayaöz, B., 2001. Monthly Change in the Amount of Sulphur in Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold) Needles in the Forests on the North of İstanbul. *Proceedings of Second International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales*, 25-28 September 2001 ISBN:

975 561 193 2, pp.:92-99, İstanbul-Turkey.

- Kantarıcı, M. D., Kayaöz, B., Sevgi, O., Tecimen, B., Tokgöz, N., 2000. Çan Çevresindeki Dağlık Arazide Orman Ağaçlarına ve Topraklara Hava Kirliliği Etkisinin Mevsimlik Değişimi Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu Proje Nu: 1065/031297.
- Kantarıcı, M. D., Kurt, E., Koyuncu, E., 2010. İvriz Barajı Ağaçlandırmasında Karaçam ile Sedirin Büyüme İlişkileri. Sayfa: 341-347, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu 17-18 Haziran 2010*, Bildiri Kitabı, Çorum.
- Kantarıcı, M. D., Narlıoğlu, H., Kavlak, T., Metin, C., Koçak, T., Uzun, H. B., 2010. Konya, Karaman, Niğde ve Aksaray İllerinde Ağaçlandırma ve Toprak Koruma Çalışmaları. Sayfa: 121-129, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu 17-18 Haziran 2010*, Bildiri Kitabı, Çorum.
- Kantarıcı, M. D., Narlıoğlu, H., Özder, H., Çakıroğlu, İ. E., 2010. Ankara Ağaçlandırmaları. Sayfa: 110-120, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu 17-18 Haziran 2010*, Bildiri Kitabı, Çorum.
- Kantarıcı, M. D., Özel, H. B., Ertekin, M., Kırdar, K., 2011. Konya-Karapınar Kara Kumulu Ağaçlandırmalarında Kullanılan Altı Ağaç Türünün Bozkır Yetiştirme Ortamına Uyumu Konusunda Bir Değerlendirme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (19): 107-127.
- Kantarıcı, M. D., Sevgi, O., 1997. Biga Yarımadası'nda Yetiştirme Ortamı Bölgesel Özellikleri ile Ağaç ve Çalı Türlerinin Yayılışı Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu Proje Nu: 881/090896.
- Kantarıcı, M. D., Tuncer, E., Karakurt, C., 2010. Eskişehir Çengel Tepe ve Kızılcahamam Kargasekmez Ağaçlandırmalarında Karaçam Boy Gelişiminin Karşılaştırılması. Sayfa: 348-360, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu 17-18 Haziran 2010*, Bildiri Kitabı, Çorum.
- Kaptanoğlu, A. S., 2019. Orman Yangınının Ve Yangın Sonrası Boşaltma Kesimlerinin Toprak Özelliklerine Etkisi. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 6 (1): 29-46.
- Kara F., Topaçoğlu O., 2018. Onset of Canopy Closure For Black Pine, Turkish Red Pine and Scots Pine Forests. *J. For. Sci.*, 64: 224-229.
- Kara, Ö., 2002. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofunguslarının Mevsimsel Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarıcı, 140 sayfa, İstanbul.
- Kara, Ö., 2005. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofungusları. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (2):167-174.
- Kara, Ö., Asan, A., 2007. Microfungal Community Structure from Forest Soils in Northern Thrace Region, Turkey. *Annals of Microbiology*, 57 (2): 149-155.
- Kara, Ö., Bolat, İ., 2007. Karaçam Ağaçlandırma Alanında Yangının Toprakların Mikrobiyal Biyokütle İçeriğine Etkisi. Sayfa: 1021-1030, *Türkiye'de Ormançılık Yükseköğretiminin 150. Yılı 17-19 Ekim 2007*, İstanbul.
- Karabulut, S., 2001. Eskişehir Yöresi Makinalı Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Ağaçlandırmalarında Arazi Hazırlama

- Yöntemlerinin 15 Yıllık Gelişimi Üzerindeki Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hüseyin Dirik, 84 sayfa, İstanbul.
- Karabulut, S., 2004. Eskişehir Yöresi Makinalı Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Ağaçlandırmalarında Arazi Hazırlama Yöntemlerinin 15 Yıllık Gelişimi Üzerindeki Etkileri. Çevre ve Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi Nu:18, ISBN: 1300-3933, İzmit.
- Karadağ, M., 1993. Kastamonu Orman işletmesi Gölköy Şefliğindeki değişik Piramidal Karaçam Meşcereleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hüseyin Aksoy, 38 sayfa, İstanbul.
- Karadağ, M., 1999. Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam Doğal Gençleştirme Koşulları Üzerine Araştırmalar. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 4, 226 sayfa, Bolu.
- Karadağ, M., 1999. Ehrami Karaçamın Kastamonu-Oyak Mikro Havzasındaki Yayılışı. Sayfa: 1-13, Tatlı S., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Isparta.
- Karaer, K., 2015. Eğirdir Yöresi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ramazan Özçelik, 71 sayfa, Isparta.
- Karakurt, H., 2004. Ege Bölgesinde Açık Kömür İşletmesi ve Toprak Döküm Alanlarındaki Ekolojik Şartlar ile Bu Alanlara Uygun Ağaçlandırma ve Ağaç Türlerinin Belirlenmesi. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten : 23, İzmir.
- Karaman, İ., 2008. Prediction of Extractives and Lignin Contents of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. var *pallasiana*) and Turkish Pine (*Pinus brutia* Ten.) Trees Using Infrared Spectroscopy and Multivariate Calibration. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Durmuş Özdemir, 74 sayfa, İzmir.
- Karaoğlu, E., 2011. Normal Kapalı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Hava Hallerine Bağlı Olarak Ölü Örtü Nem İçeriğinin Belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Küçük, 91 sayfa, Kastamonu.
- Karaöz, Ö., 1988. Belgrad Ormanı'nda Bazı İğne Yapraklı ve Geniş Yapraklı Orman Ekosistemlerinin Önemli Edafik Özellikleri İle Bitkisel Kütle Karakteristikleri Bakımından Karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38A (1): 68-86.
- Karaöz, Ö., 1991. Atatürk Arboretumu'ndaki Bazı İğne Yapraklı Plantasyonlarda Ölü Örtünün Kimyasal Özellikleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 41A (2): 68-86.
- Karaöz, Ö., 1993. Bazı Yerli ve Yabancı İğne Yapraklı Ağaç Türlerine Ait Plantasyonlarda Ölü Örtü Miktarı İle Bunlardaki Besin Maddesi Rezervleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43A (1): 93-117.

- Karataş, S., 2013. Burdur-Çamoluk Yöresi Saf, Aynı Yaşlı ve Doğal Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Büyümenin Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Serdar Carus, 86 sayfa, Isparta.
- Karatepe, Y., 2004. Gölcük'te (Isparta) Karaçam Meşcerelerinin Topraklarındaki Toplam Azot ve Organik Karbon ile Ölü Örtülerindeki Toplam Azot ve Organik Madde Miktarlarının Karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 1-16.
- Karatepe, Y., 2005. Gölcük'te (Isparta) Dikimle Yetiştirilmiş Salkım Ağacı ve Karaçam Ormanlarının Topraklarındaki Organik Karbon ve Azot Birikimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 55A (1):209-219.
- Karatepe, Y., 2009. Eğirdir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Doğan Kantarcı, 293 sayfa, İstanbul.
- Kartal, N., Green III, F., 2002. Decay and Termite Resistance of Medium Density Fiberboard (MDF) Made from Different Wood Species. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 51: 29-35.
- Kavgacı, A., Sevgi, O., Tecimen, H.B., Yılmaz, Y. O., Carus, S., DüNDAR, T., 2013. Classification and Ordination of *Pinus nigra* Dominated Forests at Alacam Mountains (NW Anatolia - Turkey). *Eurasian Journal of Forest Science*, 1 (1): 38-50.
- Kaya, B., 2015. Devrek Yöresi Sarıçam ve Karaçam Karışık Meşcereleri İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacmi Denklemlerinin Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ramazan Özçelik, 67 sayfa; Isparta.
- Kaya, Z., 1993a. Magnitude and pattern of Genetic variation in European Black Pine (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Populations in Turkey. *Doğa* 17 (1): 268-279.
- Kaya, Z., 1993b. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Polymorphism in *Pinus nigra* var. *pallasiana* and *Pinus brutia*. *Doğa*, 17(1): 295-306.
- Kaya, Z., Ching, K. K., Stafford, S. G., 1985. A Statistical Analysis of Karyotypes of European Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) from Different Sources. *Silvae Genetica*, 34: 148-156.
- Kaya, Z., Çengel, B., Aygün, S., 2018. Marjinal Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Populasyonlarında Genetik Çeşitlilik ve Akrabalık Düzeyi: Bu Tür Populasyonlarla Yapılacak Ağaçlandırmaların Genetik Uyum Potansiyeli. TÜBİTAK Proje Nu: 116O719.
- Kaya, Z., Çengel, B., Velioglu, E., Alan, M., 2004. Sürdürülebilir Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Ormanlığı İçin Moleküler Belirteçler Yardımıyla Karaçam Tohum Meşcerelerinde Tohum Bahçelerinde ve Ağaçlandırmalarında Bulunan Genetik Çeşitliliğin Saptanması: Ağaç Islahı ve Gen Koruma Bakımından Önemi. TÜBİTAK Proje Nu: TOGTAG-2910, 34 sayfa.
- Kaya, Z., Steel, F., Temerit, A., Vurdu, H., 2003. Genetic Variation in Wood Specific Gravity of Half-sib Families of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Tested at the Juvenile Stage: Implications for Early Selection. *Silvae Genetica*, 52 (3-4): 153-158.
- Kaya, Z., Temerit, A., 1994. Genetics Structure of Marginally Located *Pinus nigra* var. *pallasiana* Populations in Central Turkey. *Silvae Genetica*, 43: 272-277.
- Kaya, Z., Temerit, A., 1997. İç Toroslar Bölgesinden Örneklenen Doğal Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Populasyonlarının Genetik Strüktürleri. Ormancılık

- Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 265, 31 sayfa, Ankara.
- Kayacık, H., 1988. Dursunbey Alaçam Ormanlarından İzlenimler. Orman Mühendisliği Dergisi, Haziran Sayısı, sayfa: 17-19.
- Kayaöz, B., 1999. Belgrad Ormanı ve İTÜ kampusündeki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Yapraklarında Kükürt Birikimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Doğan Kantarcı, İstanbul.
- Kaymakçı, E., Erkuloğlu, Ö. S., Eronat, A. F., 2000. Gördes İşletmesinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Gecikilmiş Sıklık Bakımı Üzerine Araştırmalar. Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu: 20/113, Teknik Bülten 15, 17 sayfa, İzmir.
- Kaymakçı, E., Erkuloğlu, Ö. S., Eronat, A. F., 2002. Ege Bölgesinde Çeşitli Nedenlerle Bozulmuş Yüksek Zon Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ormanlarının Gençleştirilmesi Üzerine Araştırmalar. Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu: 24/150, Teknik Bülten 18, 25 sayfa, İzmir.
- Keskin, H., ve Togay, A., 2004. Lamine Edilmiş Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Odununda Kesilış Yönünün Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastiklik Modülüne Etkileri. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Fakültesi Dergisi*, 14: 13-25.
- Kılıç, A., Sarıusta, S. E., Hafızoğlu, H., 2010. Sarıçam, Karaçam ve Kızılcım Basınç Odunun Kimyasal Yapısı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (18): 33-39.
- Kılıç, B., 2020. Prolin Ön Uygulamasının Kuraklık Stresi Koşullarındaki Karaçam Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Mehmet Demiralay, 72 sayfa, Artvin
- Kılıç, M., 2018. Yaşlı Karaçam Meşçerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Toprağın Mikrobiyal Biyokütlesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi: Osmancık Orman İşletme Şefliği Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bülent Sağlam, 70 Sayfa, Artvin.
- Kılıç, M., İlter, E., Aslan, S., 2013. Bazı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Odunlarının Yapışma Özelliklerinin Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Proje Numarası 23.7133, 30 Sayfa, Ankara.
- Kırdar, E., 1999. Batı Karadeniz Bölgesinde Yok Olma Tehlikesi İçindeki Bir Genetik Rezervimiz (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Karabük-Yenice Camıyanı Karaçamı)). Sayfa: 508-517, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ekrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Kırdar, E., Sivacıoğlu, A., Ertekin, M. 2000. Camıyanı Karaçamı'nda (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Ortet Yaşının Aşı Başarısı Üzerindeki Etkisi ve Aşı Tekniği Üzerine Araştırmalar. *Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Dergisi*, 3: 81-103.
- Kızılar, Ç., Sevgi, E., 2013. Ethnobotanical Uses of Genus *Pinus* L. (*Pinaceae*) in Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 12 (2): 209-220.
- Kızmaz, M., 1993. Karaçam Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten: 238, sayfa: 5-36.
- Kilis, Y., 2007. Tüplü Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Anadolu Karaçamı

- (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarıyla Kurulmuş Plantasyonlarda Kuraklığa Dayanıklılık Analizleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 43 sayfa, Isparta.
- Knaz, R. R. E., 2017. Aynı Yetiştirme Ortamı Altında, Farklı Ağaç Türlerinin Bazı Toprak Özellikleri İle Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 69 sayfa, Kastamonu.
- Kolsuz, R., 2011. Ölü Organik Materyal Miktarının Tahmin Edilmesinde Farklı Örneklem Yöntemlerinin ve Örnek Büyüklüklerinin Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İbrahim Özdemir, 62 sayfa, Isparta
- Koparan, İ., 2015. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Kabuklarının Malçlama Elemanı Olarak Kullanım Olanakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İsmail Dutkuner, 56 sayfa, Isparta.
- Koray, E. Ş., 2017. Türkmen Dağı Karaçam Meşcerelerinde İbre Dökümü İle Ekosisteme Giren Besin Maddesi Miktarları. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Doğanay Tolunay, 66 sayfa, İstanbul.
- Koray, E. Ş., Tolunay, D., 2017. Türkmen Dağı Karaçam Meşcerelerinde İbre Dökümü İle Ekosisteme Giren Besin Maddesi Miktarları. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(3): 201-214.
- Koray, Ş., Güner, Ş. T., Çömez, A., Çelik, N., Karataş, R., Gürpınar, A. D., Tuncer, E., Karakaş, A., 2012. Eskişehir, Sakarya, Bilecik ve Bolu Yörelerinde Hava Kirliliğinden (SO₂) Kaynaklanan Orman Zararlarının Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten 4, 65 sayfa.
- Köksal, S. E., Pekközlü, A. K., 2016. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Basınç Odununun Mikroskopik Yapısı. *Ormancılık Dergisi*, 12 (1): 72-82.
- Köse, N., 2007. Batı Anadolu'da İklim Değişikliği ve Yıllık Halka Gelişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ünal Akkemik, 180 sayfa, İstanbul.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., Özeren, M. S., 2011. Tree-Ring Reconstructions of May-June Precipitation of Western Anatolia. *Quaternary Research*, 75: 438-450.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., Özeren, M. S., Tolunay D., 2012. Tree-ring Growth of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* Under Different Climate Conditions Throughout Western Anatolia. *Dendrochronologia*, 30: 295-301.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Güner, H. T., Dalfes, H. N., Grissino-Mayer, H. D., Özeren, M. S., Kındap, T., 2013. An Improved Reconstruction of May-June Precipitation Using Tree-Ring Data from Western Turkey and its Links to Volcanic Eruptions. *International Journal of Biometeorology*, 57: 691-701.
- Köse, N., Güner, H. T., Harley, G. L., Guiot, J., 2017. Spring Temperature Variability over Turkey Since 1800CE Reconstructed from a Broad Network of Tree-Ring Data. *Climate of the Past*, 13: 1-15.

- Köseoğlu, E., 2020. Bazı Meşcere Özelliklerinin Karaçam Doğal Gençlikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ferhat Kara, 59 sayfa, Kastamonu.
- Kshkush, F. E. R., 2017. Boyabat Karaçam Klonal Tohum Bahçesinde Bazı Morfolojik Özelliklere Bağlı Klonal Varyasyon. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nurcan Yiğit, 61 sayfa, Kastamonu.
- Kucuk, O., Bilgili, E., 2010. Estimation of Carbon Emissions From Experimental Fires in Young Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Plantations. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19: 676-681.
- Kula, B., 2018. Karaçam meşcerelerindeki örtü ve tepe yangınlarının toprak özellikleri üzerine etkisi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Küçük, 70 sayfa, Kastamonu.
- Kurt, A. K., 2014. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı Ve Gövde Hacim Denklemlerinin Karışık Etkili Modelleme Yaklaşımı İle Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, Çankırı.
- Kurt, F., 2010. Kunduz (Veziroğlu-Samsun) Yöresi Karaçam Orman Ekosistemlerinin Verimliliğine Etki Eden Bazı Yetiştirme Ortamı Faktörlerinin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Lokman Altun, 71 sayfa, Trabzon.
- Kuzugüdenli, E., Kaya, C., 2012. Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold.) Çimlenmesi ve Gelişimi Üzerine Manyetik Alanın Etkisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (2): 31-34.
- Küçük, M., 2006. Genç Karaçam Meşcerelerinde Yangının Toprak Solunumu, Kök Kütlesi ve Toprağın Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Aydın Tüfekçioğlu, 61 sayfa, Artvin.
- Küçük, M., Altun, L., 1998. Örümcek Ormanlarında Bazı Ekolojik Tür Grupları Üzerine Araştırmalar. Sayfa: 134-142, XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi, 7-10 Eylül, Bildiri Kitabı, Samsun.
- Küçük, M., Ulu, F., 1999. Yenice (Karabük) – Çitdere Bölgesi Karışık Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Floristik ve Ekolojik Araştırmalar. Sayfa: 33-39, Tatlı, A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltirik)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Isparta.
- Küçük, Ö., 2000. Karaçamda Yanıcı Madde Miktarının Tespiti ve Yanıcı Madde Özelliklerine Bağlı Yanıcı Madde Modelleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ertuğrul Bilgili, 50 sayfa, Trabzon.
- Küçük, Ö., 2006. Yanıcı Madde Tipleri ve Yangın Davranışına Bağlı Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi ve Haritalanması. Karadeniz Teknik Üniversitesi,

- Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ertuğrul Bilgili, 125 sayfa, Trabzon.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., Baysal, İ., 2007. Fire Development from a Point Source in Surface Fuels of a Mature Anatolian Black Pine Stand. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 263-273.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., Sağlam, B., 2008. Estimating Crown Fuel Loading for Calabrian Pine and Anatolian Black Pine. *International Journal of Wildland Fire*, 17: 147-154.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., Sağlam, B., Başkaya, Ş., Durmaz, B. D., 2008. Some Parameters Affecting Fire Behavior in Anatolian Black Pine Slash. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 121-129.
- Küçükkaraca, B., 1999. *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.) Populasyonunun Floristik Yapısı. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Adem Tatlı, 92 sayfa, Kütahya.
- Küçükkaraca, B., Tatlı, A., 1999. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.) Populasyonunun Floristik Yapısı. Sayfa: 14-32, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Larsen, J. B., Suner, A., 1986. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Orijinleri Arasındaki Kuraklığa ve Dona Dayanma Farklılıkları. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Rapor: 32 (63): 93-110.
- Lelik, K. S., 2013. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]’nda Biyolojik Bağımsızlığa Ulaşma Yaşlarının Denizli Orman Bölge Müdürlüğündeki Doğal Karışık Meşcerelerde Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Musa Genç, 52 sayfa, Isparta.
- Maden, E., 2015. Göller Bölgesindeki Bazı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ağaçlandırmalarında Yetiştirme Ortamı Farklılığının Meşcere Gelişimine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Yasin Karatepe, 147 sayfa, Isparta.
- Mafrak, M., 2016. Saf Karaçam Ormanlarındaki Toprak Organik Karbon Miktarının Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Miraç Aydın, 54 sayfa, Kastamonu.
- Makineci, E. Çakır, M., 2009-2012. İstanbul-Belgrad Ormanı Meşe ve Karaçam Meşcerelerinde Ölü Örtü ve Toprak Eklem Bacaklılarının (*Arthropoda*) Mevsimsel Değişimi ve Ölü Örtü Ayrışmasına Etkileri. İstanbul Üniversitesi BAP Nu: 3122.
- Makineci, E., Kara, Ö., 2001. An Investigation on Sulfur Amounts of Forest Floor and Top Soil in Oak, Beech and Forests Around Demirköy. Pp: 100-104, Editors; S. Topcu, M. F. Yardım, S. İncecik, *Proceedings of the Second International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales*, September 25-28, 2001, Istanbul Technical University.
- Makineci, E., Sevgi, O., 2005. Seyitömer Termik Santralının Kuruma Alanlarındaki Karaçam Yıllık Halkalarına Etkisinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 11-22.

- Makineci, E., Sevgi, O., 2006. Investigation of Some Needle Characteristics Between Dead and Healthy Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold.) Trees in Forest Decline Sites Around the Air-Polluted Kütahya Province. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15 (6): 470-476.
- Masoud, M. A. M., 2017. Kuzey Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 69 sayfa, Kastamonu.
- Mayer, H., Aksoy, H., 1998. *Türkiye Ormanları*. Orman Bakanlığı Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Muhtelif Yayın Nu: 1 ISBN: 975-7829-56-0, Bolu.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hakkı Yavuz, 208 sayfa, Trabzon.
- Mutlu, H., Köse, N., Akkemik, Ü., 2010. Farklı Yükselti ve Enlemlerdeki Karaçam Ağaç Halkalarından Elde Edilen Karbon İzotop Oranlarının Son 200 Yıllık Dönemdeki Değişimlerinin İncelenmesi. TÜBİTAK ÇAYDAĞ Proje Nu: 107 Y 262, 79 sayfa.
- Negiz, M. G., Çınar, K., Aygül, E. Ö., 2019. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Türünün Verimlilik ve Dağılım Özellikleri Üzerine Ekolojik Değerlendirmeler: Isparta-Yenişarbademli Örneği. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3 (2): 189-200.
- Ocak, A., Kurt, L., Öz, M., Tuğ, G. N., 2007. Floristical and Ecological Studies on Burned Blackpine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Forest Area at Central Anatolia. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6 (6): 892-905.
- Odabaşı, T., Aksoy, H., Şad, H., Özkahraman, İ., Yılmaz, M., Seçkin, B., Atmaca, Y., Atahan, Y., Sun, O., Sevimsoy, M., Ceylan, B., Günay, T., Altınçekiç, P., Barın, T., 1986. 16-18 Haziran 1986 Tarihli Ekskürsiyon Gezisi Sırasında Dursunbey İşletmesi'ne Sunulan Rapor. 3 Sayfa.
- Odabaşı, T., Kantarcı, M. D., Mol, T., 1995. Kırklareli Karaçam Ağaçlandırma Alanları Hakkında Rapor. 11 sayfa.
- Oğurlu, İ., Avcı, M., 1999. Bir Don Çukuru Üzerine Araştırmalar. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (Ek Sayı 5): 1231-1235.
- Oğuzoğlu, Ş., 2015. Eskişehir Türkmen Dağında Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*)'nın Verimlilik Dağılım Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Kürşad Özkan, 96 sayfa, Isparta.
- Oral, D., 2019. Determining The Factors Affecting Reproduction of An Endemic Black Pine Variety [*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *Yaltrıkiyana*] In Turkey. *Applied Ecology And Environmental Research*, 17 (5): 11317-11326.
- Orhan, İ., 2013. Kızılçam, Karaçam ve Sarıçam'ın Ticari ve Ticari Olmayan Bileşenlerinin Biyokütle Miktarlarının Belirlenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nadim Saraçoğlu, 157 sayfa, Bartın.
- Oskay, F., 2007. Çankırı İli Eldivan İlçesi Karaçam Ormanı Topraklarındaki Fungal Floranın ve in-vitro'da Antagonistik Etkileşimlerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ziya

Şimşek, 100 sayfa, Ankara.

- Oskay, F., 2013. Dedegöl Dağı (Isparta) Karaçam Gençliklerinde Zarara Neden Olan Kar Funguslar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Hatice Tuğba Doğmuş Lehtijarvi, 201 sayfa, Isparta.
- Önal, S., 1995. Bazı Uyarıcı Maddelerle Kızılçam ve Karaçamlarda Reçine Üretimi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 249, 52 sayfa, Ankara.
- Öner, M. N., 2001. Ilgaz Dağı'nın Güney Aklanındaki Orman Toplulukları ve Silvikültürel Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Gülen Özalp, 148 sayfa, İstanbul.
- Öner, M., Çakır, M., 2006. Yaprak Alanının Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidanlarında Bitki Çap, Boy, Hacim ve Ağırlık Artımı Üzerine Etkileri. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (2):167-178.
- Öner, N., Eren, F., 2008. The Comparisons Between Root Collar Diameter and Height Growth of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seedlings in Bolu Forest Nursery. *Journal of Applied Biological Sciences*, 2 (1): 07-12.
- Öner, N., İmal, B., 2006. Bülbülpınarı (Eldivan-Çankırı) Yöresi Meşcere Kuruluşları Üzerine Araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 67-79.
- Öner, N., 2006. Ilgaz Dağı'nın Güney Aklanındaki Orman Toplulukları ve Silvikültürel Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 56 (1): 109-133.
- Öz, M., 2002. Eskişehir Kartal Yanmış Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) Orman Alanında (Mihalıççık) Floristik ve Ekolojik Çalışmalar. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Atilla Ocak, 66 sayfa, Eskişehir.
- Özalp Alagöz, G., Çalışkan, A., Karadağ, M., 2004. Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanında Karaçam+Meşe+Gökarn+Kayın Meşcerelerinde Meşenin Gençleştirilmesi. Sayfa: 1-10, Karadağ, M., Editör, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Basımevi, Bolu.
- Özalp, G., 1992. Çitdere (Yenice-Zonguldak) Bölgesindeki Orman Toplulukları ve Silvikültürel Değerlendirmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42 (2): 119-157.
- Özalp, M., 2003. Su İtici ve Koruyucu Emprenye Maddeleri ile Muamele Edilmiş Çam Örneklerinin Su Soğutma Kulelerinde Kullanımı ile Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Herzemşah Hafızoğlu, 183 sayfa, Bartın.
- Özalp, M., Altınok, M., Baltacı, B., Ulusoy, H., Peker, H., 2013. Karaçam Odununun Laminasyon Özelliklerinin Belirlenmesi. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15: 107-126.
- Özarıcı İ., 1989. Boyabat Yöresinde Karaçam (*Pinus nigra* Arn.) Meşcerelerinde Kuruluş Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 151 Sayfa, İstanbul.
- Özcan, E., Ünal, S., 2005. Taşköprü Fidanlığında (Kastamonu) Zarar Yapan Böceklerin Belirlenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 13 (1) 149-158.
- Özçelik R., Karatepe Y., Gürlevik, N., Canellas I., Crecente C. F., 2016. Development of

- Ecoregion Based Merchantable Volume Systems for *Pinus brutia* Ten and *Pinus nigra* Arnold in Southern Turkey. *Journal of Forestry Research*, 27: 101-117.
- Özçelik, R., 1997. Eğirdir Orman Fidanlığının Toprak Özellikleri ve Yetiştirilen Orman Fidanı Türlerine Uygunluk Durumu. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İbrahim Demiralay, 45 sayfa, Isparta.
- Özçelik, R., 2009. Batı Akdeniz Bölgesindeki Doğal Karışık Meşcereler Ve Kuruluşları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A1: 8-23.
- Özçelik, R., Karaer, K., 2016. Eğirdir Yöresi Doğal Kızılçam ve Karaçam Meşcereleri için Ticari Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66 (1): 59-74.
- Özçelik, R., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N., Kırış, R., 2012. Kızılçam, Karaçam ve Sedir ağaç Türleri İçin Yetiştirme Ortamı Bazlı Çap-Boy Modelleri ile Gövde Çapı ve Gövde Hacmi Denklemlerinin Geliştirilmesi. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 109O714, 416 sayfa.
- Özdam, T., 2014. Yozgat Orman İşletme Müdürlüğü Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İlker Ercanlı, 49 sayfa, Çankırı.
- Özdemir, İ., 1997. Isparta-Atabey Yöresinde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich) ile Yapılan Ağaçlandırmaların Biyolojik Başarısını Etkileyen Bazı Faktörlerin Tespiti Üzerine Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Abdullah Gezer, 42 sayfa, Isparta.
- Özdemir, M., 1994. Taşköprü İşletmesi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arn.) Ağaçlandırma Sahalarında Büyüme İlişkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ali Demirci, 79 sayfa, Trabzon.
- Özdemir, Ö. L., 1968. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Tohumunun Damping Off Mantarı Hastalıklarına Karşı İlaçlanması. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayınlar 28: 98-104.
- Özdemir, Ö. L., 1968. Sarıçam ve Karaçamın Tohum Yastıklarına Mikorize Aşılama Tekniği Üzerine Araştırmalar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten 27, 48 sayfa, Ankara.
- Özdemir, Ö.L., 1968. Toprak pH'sını Düşürmek için Kullanılan Kimyevi Maddelerden Kükürt, Demir Sülfat, Potasyum-Alüminyum Sülfat ve Sülfirik Asid'in Karaçam Tohum Yastığındaki Fidelerin Yaşama ve Gelişmeleri Üzerine Olan Tesirlerin Tetkiki. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayınlar, 28: 64-69.
- Özdemir, Ö. L., 1969. Standart Solvent ve Dowfume MC-2'nin Karaçam Tohum Yastıklarında Tatbiki. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15 (1): 38-47.
- Özdemir, Ö. L., 1971. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'ın Fidanlıklarda Yetiştirilme Tekniği Üzerine Bazı Denemeler. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten 49, 51 sayfa, Ankara.
- Özdemir, Ö. L., 1980. Türkiye'nin Önemli Kurak Mıntıklarında Karaçamla Ağaçlandırma Tekniği Üzerinde Bazı Denemeler. Ormanlık Araştırma

- Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 100, 133 sayfa, Ankara.
- Özel, N., 1999. Kaz Dağları Orman Vegetasyonu Üzerinde Fitososyolojik ve Fitoekolojik Araştırmalar. Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu: 15/77, Teknik Bülten 11, 71 sayfa, İzmir.
- Özel, H. B., Bilir, N., Yazıcı, N., Çakmaklı, U., 2018. Yamaç Durumunun Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Fidanlarının Adaptasyon Yeteneği Üzerindeki Etkisi. Sayfa: 436-440, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kasım 23-25.
- Özel, H. B., Ertekin, M., Tufanoğlu, G. Ç., 2010. Devrek-Akçasu Yöresindeki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaçlandırmalarında Boy Artımı İle Bazı İklim Faktörleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Ecological Life Sciences*, 5 (4): 376-389.
- Özer, İ., 2002. Donmuş Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Gençlik ve Olgun Odununda Bazı Mekanik Özelliklerin Değişimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nusret As, 75 sayfa, İstanbul.
- Özkan, K., 2003. Beyşehir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 188 sayfa, İstanbul.
- Özkan, K., 2004. Beyşehir Gölü Havzası'nda Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* Arnold.) Yayılışı İle Fizyografik Yetiştirme Ortamı Faktörleri Arasındaki İlişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 30-47.
- Özkan, K., Gülsoy, S., 2009. Effect of Environmental Factors on the Productivity of Crimean pine (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*) in Sutculer, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30 (6): 965-970.
- Özkan, K., Gülsoy, S., Mert, A., 2005. Relationships between the Height Growth and Some Site Characteristics of Crimian Pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) From Dedegül Mountain in Isparta-Turkey. *X. European Ecological Congress*, 76 p., Editors: Ü. Erdem and R.M. Mutlu, Organized by European Ecological Federation Turkish Ecological Society Ege University Center For Environmental Studies, Pine Bay Holiday Resort November 08-13, 2005 Kusadası, Turkey.
- Özkan, K., Gülsoy, S., Mert, A., 2008. Interrelations between Height Growth and Site Characteristics of *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. *J. The Malaysian Forester*, 71: 9-16.
- Özkan, K., Kantarcı, M.D., 2008. Beyşehir Gölü Havzası'nın Orman Yetiştirme Ortamı Alt Bölgeleri ve Yörelere Grupları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2A: 123-135.
- Özkazanç, N. K., Maden, S., 2013. Some Important Shoot and Stem Fungi in Pine (*Pinus* spp.) and Firs (*Abies* sp.) In Western Blacksea Region, Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 15 (1-2): 32-38.
- Özkurt, Z., Yıldırım, T., Önde, S., Kaya, Z., 2008. Induction of Embryogenic Tissue from Immature Zygotic Embryos in *Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Businsky. *Turkish Journal of Botany*, 32 (3): 179-183.
- Özpay, Z., Coşgun, S., Terzi, M., 1999. İki yaşlı (2+0) Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidan Eldesinde Farklı Tekniklerin Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri. Sayfa: 341-346, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st*

- International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Özsoy, K., 1971. Burdur Orman İşletmesi Tensil Çalışmalarına Bir Bakış. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 2: 26-31.
- Öztürk, H., Şengün, S., 1999. Türkiye’de Karaçam Ağaç Islahı ve Gen Koruma Çalışmaları. Sayfa: 771-783, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Öztürk, Ş., 2010. ODTÜ Atatürk Ormanındaki İğne Yapraklı Ağaçların Su Potansiyelleri. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hasan Vurdu, 48 sayfa, Kastamonu.
- Özyalçın, K., 2001. Tersiyer’den Günümüze Doğal Yaşamını Sürdüren, Çilingöz’un Karaçamları (*Pinus nigra* Arn.). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Asuman Efe, 56 sayfa, İstanbul.
- Pamay, B., 1953. Dursunbey Alaçam Orman Mıntıkasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna ait Denemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3A (1-2): 48-53.
- Pamay, B., 1953. Über Die Aufforstungsmöglichkeiten Der Brandflaechen im Waldgebiet Alaçam Bei Dursunbey in Westanatolien und Versuche Hiezu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3: 88-98.
- Pamay, B., 1959. Dursunbey-Alaçam Ormanları Yangın Sahalarındaki 10 Yıllık Ağaçlandırma Çalışmalarının Neticeleri Üzerine Silvikültürel Etütler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9B (2): 77-101.
- Pamay, B., 1960. *Dursunbey Alaçam Orman Mıntıkasındaki Yangın Sahalarının Ağaçlandırılması İmkanları ve Buna ait Denemeler*. Orman Umum. Müd. Neş. Sıra Nu: 321, Seri Nu: 29, 217 sayfa.
- Pamay, B., 1966. Repikajlı Sarıçam ve Karaçam Fidanlarının Plastik (Polietilen) Torbalarda Saklanması İmkanları Üzerine Denemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16A (1): 116-139.
- Pamay, B., 1996. Türkiye’de Çam (Kızılçam-Karaçam-Sarıçam) Kültürlerinde Dikim Aralıkları Problemi. Sayfa: 411-426, *Orman Mühendisleri I. Teknik Kongresi*, Cilt 2, Ankara.
- Parlak, S., Güner, D., 2017. Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarının Bazı Morfolojik Özelliklerine Etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 4 (2):100-106.
- Pekgözlü, A. K., Gülsoy, S. K., Ayçiçek, Y., 2017. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Odununun Lif Morfolojisi ve Kimyasal Yapısı Üzerine Ağaç Gövde Yüksekliğinin Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 74-81.
- Pirizoğlu, A., 2019. Sıklık Çağındaki Karaçam (*P. nigra*) Meşcerelerinde Toprak Üstü Karbon Miktarının Araştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Miraç Aydın, 51 sayfa, Kastamonu.
- Polat, S., 2012. Karstik Doğal ve Ağaçlandırma Sahalarında Sedir (*Cedrus libani* A. Rich)

- ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Topraklarının Fiziksel, Kimyasal, Mineralojik ve Mikromorfolojik Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Selim Kapur, 297 sayfa, Adana.
- Polat, S., Polat, O., Kantarcı, M.D., Tüfekçi, S., Aksay, Y., 2014. Mersin-Kadıncık Havzası'ndaki Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ağaçlandırmalarının Boy Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1 (1): 22-37.
- Polat, S., Polat, O., Kantarcı, M. D., Tüfekçi, S., Aksay, Y., 2013. Tarsus-Kadıncık Havzası'ndaki Toprak Koruma Amaçlı Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ağaçlandırmalarının Toprak Islahına Etkisi ve Yetiştirme Ortamı Özellikleri ile İlişkileri. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu, 71 sayfa.
- Saatçioğlu, F., 1955. Eine neue Varietat von *Pinus nigra* Arnold (*Pinus nigra* Arnold var. *şeneriana* Saatçioğlu, var nov.). *Zeitschrift für weltforst* 18(1).
- Saatçioğlu, F., 1955. *Pinus nigra* Arnold'un Yeni Bir Varyetesi. Çeviren; Muzaffer Selik, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 5A (2): 266-274.
- Saatçioğlu, F., 1971. *Orman Ağaçları Tohumları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu:1649/173, 242 sayfa, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., 1971. *Orman Bakımı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu:1636/160, 303 sayfa, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., 1976. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın Nu: 2187/222, 423 sayfa, İstanbul.
- Sağlam, B., Tüfekçioğlu, A., Tüfekçioğlu, M., Küçük, M., Ateş, M., 2017. Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Erozyon, Toprak Solunumu, Azot Mineralizasyonu ve Mikrobiyal Biyokütle ile Diğer Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Proje Nu: 213O193, 95 sayfa.
- Sağlam, F., 2016. Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) Meşcereleri İçin Topraküstü Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi Ve Uyumlu Biyokütle-Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Oytun Emre Sakıcı, 126 sayfa, Kastamonu.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., Kırkçesmeli, Ç., Sağlam, F., Akyıldız, M. H., 2016. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Saf Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcereli İçin Topraküstü Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi. Uyumlu Hacim ve Biyokütle Denklemlerinin Geliştirilmesi ve Hacim Yoğunluğu Değeri-Biyokütle İlişkilerinin Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 214 O 217, 180 sayfa.
- Saranay, S., 2017. Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki Genç Doğal Karaçam (*Pinus nigra*) Meşcerelerinde Bitkisel Kütle Miktarlarının Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışmanlar; Ahmet Yeşil ve Doğanay Tolunay, 68 sayfa, İstanbul.
- Sarıusta, S. E., 2007. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Reaksiyon Odununun Anatomik Yapısı ve Kimyasal Bileşimi Üzerine Araştırmalar. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Harzemşah Hafızoğlu, 141 sayfa, Bartın.

- Sayman, M. 1996. Farklı Yetiştirme Ortamlarının Karaçam ve Kızılçam Fidanlarının Gelişimi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Habil Çolakoğlu, 52 sayfa, İzmir.
- Seçilmiş, A., 2019. İç Anadolu Bölgesinde Farklı Yaşlardaki Karaçam Ağaçlandırma Sahalarında Toprak Ve Bitkideki Bazı Besin Elementleri Oranlarının Yıllara Göre Değişimi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Murat Sargıncı, 104 sayfa, Düzce.
- Seçkin, B., 1987. Tabakalı Karaçam Meşcerelerimizdeki Silvikültür Meselemiz. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 9: 17-19.
- Seki, M., 2015. Taşkoprü Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri için Dinamik Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Oytun Emre Sakıcı, 64 sayfa, Kastamonu.
- Selek, N., 1995. Hendek Fidanlığında Yetiştirilen Kayın, Karaçam, Sarıçam ve Gökmar Fidanlarında Temel Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ali Demirci, 68 sayfa, Trabzon.
- Selik, M., 1972. Türkiyede Yerli ve Yabancı Türlerle Yapılan Ağaçlandırmalarda Görülen Hastalıklar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23: 73-79.
- Semerci, A. 1997. Orman Ağacı Fidanlarında Kök Büyüme Potansiyelinin (KBP) Belirlenmesi. *İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 81: 15-40.
- Semerci, A., 2006. Fidanlarda Bitki Su Stresinin Basınç Odası Cihazı Kullanılarak Ölçülmesi ve Önemi. Sayfa: 229-239, *Türkiyede Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı*, 1. Cilt, 7-10 Kasım, Ürgüp.
- Semerci, A., Çelik O., Şanlı, B.N., Ezcacıbaşı, B., Argun, N. 2006. İç Anadolu Bölgesinde Son Beş Yılda İncelenen Bazı Ağaç Kurumalarının Nedenlerinin İrdelenmesi ve Çözüm Önerileri. Sayfa 42-53, *Türkiyede Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı*, 1. Cilt, 7-10 Kasım, Ürgüp.
- Semerci, H., 2005. Farklı Zonlarından Örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijinlerinin Soğuğa Dayanıklılıkları. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Erol Aksöz, 95 sayfa, Ankara.
- Semerci, H., Öztürk, H., Semerci, A., İzbirak, H., Ekmekçi, Y., 2008. Değişik İslah Zonlarından Örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder) Orijinlerinin Dona Ve Kuraklığa Dayanıklılıklarının Belirlenmesi. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülteni, 21 (340-33): 1-68.
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesinde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Yükseltiye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 221 sayfa. İstanbul.
- Sevgi, O., Akkemik, Ü., 2007. A Dendroecological Study on *Pinus nigra* Arn. at Different Altitudes of Northern Slopes of Kazdağları, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(1), 73-75.
- Sevgi, O., Çobanoğlu, G., Tecimen, H.B., Sevgi, E., Yılmaz, O.Y., 2009. Karaçam

- Ekosistemlerinde Kabuk Likenlerinin Ölü Örtü Miktarları ve Ormanların Azot Beslenmesine Yaptığı Katkıların Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi BAP Kesin Raporu, 113 sayfa, Ankara.
- Sevgi, O., Makineci, E., Karaöz, Ö., 2011. The Forest Floor and Mineral Soil Carbon Pools of Six Different Forest Tree Species. *Ekoloji* 20 (81): 8-14.
- Sevgi, O., Makineci, E., Tecimen, H. B., 2001. An Investigation of the Nutrient Amounts of Main Conifer Forests in Turkey. Pages: 175-184, *Proceedings of the Fifth International Conference on the Development of Wood Science Wood Technology and Forestry*, ICWSF 2001, Ljubljana.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2007. Kazdağları'nın Yüksek Dağlık Kesiminde (1400m-1750m) Bulunan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ormanlarının Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi BAP Proje Nu: 228/ 29042004, 160 sayfa, İstanbul.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2008. Changes in Austrian Pine Forest Floor Properties in Relation with Altitude in Mountainous Areas. *Journal of Forest Science*, 54 (7): 306–313.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., 2011. Karaçam Kabuklarında Ağaç Boyunca Azot Miktarının Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi BAP Proje Nu: 4438.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Carus, S., Akburak, S., Çakşır, E., 2016. Some Bark Characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Their Variation Throughout the Tree Height. *Journal of Environmental Biology*, 37 (6): 1347-1354.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Çobanoğlu, G., Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., 2011. Alaçam Dağları Karaçam Ormanlarının Liken Ölü Örtü pH'sının İrdelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (2): 45-52.
- Sevgi, O., Tecimen, H. B., Yılmaz, O. Y., Akburak, S., Carus, S., Kavgacı, A., 2017. Alaçam Dağları'nda Orman Topraklarının Bazı Özelliklerinin Yükseltiye Bağlı Değişimi. Sayfa:1141-1148, *1. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Sempozyumu*, Bildiri Kitabı, Antalya.
- Sevgi, O., Yılmaz, Y., Carus, S., DüNDAR, T., Kavgacı, A., Tecimen, H. B., 2010. Alaçam Dağları'nda Karaçam Ormanlarının Yükseltiye Göre Beslenme-Büyüme Modelleri ve Odununun Teknolojik Özellikleri. TÜBİTAK-TOVAG 104O551 Sayılı Projenin Kesin Raporu.
- Sevgi, E., Yılmaz, O. Y., Özyiğitoğlu, G. Ç., Tecimen, H. B., Sevgi, O., 2019. Factors Influencing Epiphytic Lichen Species Distribution in a Managed Mediterranean *Pinus nigra* Arnold Forest. *Diversity*, 11, 59; doi:10.3390/d11040059.
- Sevim, M., 1951. Alaçam (Dursunbey) Ormanında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A (2): 115–142.
- Sevim, M., 1954. *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar*. Orman Umum Müd. Yayınlarından Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.
- Sevim, M., 1954. Muhtelif Toprak Türlerinde Karaçam ve Sarıçam Fideciklerinin Pörsüme Noktaları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4A (1-2): 65-73.
- Sevim, M., 1956. Belgrad Ormanının Bazı Meşcerelerinde Üst Toprağın Fizik ve Şimik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6A (1): 114-129.
- Sevim, M., 1961. Bazı Orman Ağaçlarının Kök Sistemleri ve Yetiştirme Muhtedi Şartları

- ile Münasebetleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11B (1): 49-65.
- Sıvacioğlu, A., 1996. *Pinus silvestris* L. (Sarıçam) *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (Karaçam) *Abies bormüllerina* Mattf. (Uludağ Göknarı), *Fagus orientalis* lipsky (Doğu Kayını) ve Meşe Türlerinin Işık İhtiyacı. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Cemil Ata, 61 sayfa, Bartın.
- Sıvacioğlu, A., Ayan S., Ergin Ö.F., Ertekin M. 2004. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*) Aşılı Fidan Üretimi. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4 (2): 90-100.
- Sıvacioğlu, A., Ayan, S., 2008. *Pinus nigra* J. F. var. *şeneriana* (Saatçioğlu) Yalt. (Ebe Karaçamı)'nın Yeni Bir Yayılış Alanı. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(2): 97-102.
- Sıvacioğlu, A., Ayan, S., 2010. Variation in Cone and Seed Characteristics in a Clonal Seed Orchard of Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]. *Journal of Environmental Biology*, 31: 119-123.
- Sıvacioğlu, A., Özdemir, E., Ayan, S., 2008. Karadere (Kastamonu) Orman İşletme Müdürlüğü Doğal Gençleştirme Alanlarında "Sıfır Alan Yöntemi" İle Başarı Kontrolü. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (2): 157-164.
- Sıvacioğlu, B., Aydın, S., Demircioğlu, N., Sıvacioğlu, A., 2005. Kastamonu-Taşköprü Orman Fidanlığı'nda Üretilen 2+0 Yaşlı Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) Fidanlarının TSE Normlarına Göre Değerlendirilmesi. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (8): 73-83.
- Sofuoğlu, S. D., 2008. Bazı Yerli Ağaç Türü Oduklarının İşlenme Özelliklerinin Yüzey Kalitesi Üzerine Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ahmet Kurtoğlu, 243 sayfa, İstanbul.
- Soydınç, M., 1999. Türkiye'nin En Büyük Karaçamı. *Yeşil Ufuk Dergisi*, 4: 111-118.
- Sözen, M. E., 1994. Vize-Değirmendere Serisindeki Karaçam Meşcerelerinin Boylanması ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; M. Doğan Kantarcı, 99 sayfa, İstanbul.
- Steel, F. Ü., 1994. Genetic Variation in Specific Gravity Values of Three Year Old *Pinus nigra* Seedlings. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Hasan Vurdu, 47 sayfa, Ankara.
- Sun, O., 1974. Karaçam-Tek Ağaç Hacim Bağlantıları Üzerine Bir İnceleme. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20 (2): 80-90.
- Sun, O., 1986. OGM 25.7.1986 gün ve S.1.ART.E7718 sayılı Emirlerince Hazırlanan Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü Dursunbey/Alaçam Orman İşletmelerinde Mevcut Tabakalı Karaçam Meşcerelerinin Büyümeelerine Ait Rapor. 5 sayfa.
- Sun, O., Eren, E., Orpak, M., 1977. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odum Çeşidi Oranlarının Saptanması. TÜBİTAK, TOAG-288, Araştırma Projesi, 119 sayfa.
- Şahin, D., 2012. Karaçam Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı Ve Gövde Hacmi Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ramazan Çelik, 71 sayfa, Isparta.
- Şahin, E., 2014. Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Odunu, İbresi ve Kozalağının Anatomik, Fiziksel Ve Fitokimyasal

- Özellikleri. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İbrahim Tümen, 121 sayfa, Bartın.
- Şahin, Y., Üner, Y., 2011. Sarıçam, Karaçam Kozalaklarından Elde Edilen Toplam Fenolik, Proanthocyanidins, Flavonollerinin Karşılaştırılması ve Antioksidant Özellikleri. Sayfa: 91-95, *2nd International Non-Wood Products Symposium*, 8-10 September 2011, Isparta/Turkey,
- Şen, A. U., 2005. Karaçam (*Pinus nigra* L.) Ekstraktif Maddelerinin Çam Kese Böceği Üzerine Etkileri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Güneş Uçar, 97 sayfa, İstanbul.
- Şentürk, Ö., 2012. Sütçüler Yöresinde Asli Orman Ağacı Türlerinin Potansiyel Yayılış Alanlarının Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Kürşat Özkan, 180 sayfa, Isparta.
- Şentürk, Ö., Mert, A., Gülsoy, S., Özkan, K., Özdemir, İ., 2010. Sipahiler –Hacialiler Mevkisinde Karaçam ve Kızılçam Türlerinin Potansiyel Yayılışlarının Modellenmesi. Sayfa: 917-926, *Isparta İli Değerleri ve Değer Yaratma Potansiyeli Sempozyumları*, Bildiriler Kitabı, 26 Nisan - 3 Mayıs 2010.
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., 2019. A Comparison of Artificial Neural Network Models And Regression Models to Predict Tree Volumes For Crimean Black Pine Trees In Cankırı Forests. *Şumarski list*, 9–10, CXLIII: 413–423
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., Bolat, F., 2017. Taper Equations Based on Nonlinear Mixed Effect Modeling Approach for *Pinus nigra* in Çankırı Forests. *Bosque*, 38(3): 545-554.
- Şıklar, S., Öztürk, H., 2000. Türkiye Milli Ağaç Islahı ve Tohum Üretimi Programı (Özellikleri ve Gerçekleştirilen Çalışmalar). *Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 1: 1-38.
- Şimşek, Y. 1983. Türkiye Koşullarında İbrelî Türlerde Tohum Transferlerine Ait Bazı Görüşler. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 29 (1): 5-25.
- Şimşek, Y., Erkuloğlu, Ö. S., Tosun, S., 1995. Türkiye’de Karaçam (*P. nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijin Denemelerinin İlk Sonuçları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten* 247, 64 sayfa, Ankara.
- Şimşek, Z., 2000. Eldivan (Çankırı) Orman Alanında Bulunan Zararlı Lepidoptera Türlerinin Tespiti İle Ekolojisi ve Yayılışı. *Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 3: 38-65.
- Şimşek, Z., Kondur, Y., Yurt, E., 2017. Çankırı (Eldivan) Karaçam Orman Alanında Bulunan ÇamKeseböceği [*Thaumetopoea pityocampa* (Den.&Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)]’nin Yumurta Parazitoitlerinin Tespiti ile Etkinliği Üzerinde Araştırmalar. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3 (2): 210-216.
- Şüküroğlu, H. G., 2007. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)da Yüzey Pürüzlülüğünün Ahşap Koruma Amaçlı Kullanılan Wolmanit CB Alımına Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Erol Burdurlu, 82 sayfa, Ankara.
- Tacener, İ. A., Efeoğlu, İ. A., 1979. Türkiye’nin Bazı Orman Fidanlıklarında Üretilen İğne Yapraklı Fidanların Aldığı Besin Maddeleri ve Gübreleme Gereksinimi Üzerine Araştırmalar. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu 142 sayfa.
- Tacener, İ. A. 1987. Bazı Orman Fidanlıklarındaki 1-0 Yaşlı Sarıçam ve Karaçam Fidanlarında Görülen Fizyo-Morfolojik Bozukluklara İlişkin İncelemeler. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33 (2): 27-41.

- Tanrıverdi, H., 2004. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odunundaki Polisakkarit Karakterizasyonu ve Miktarı İle Lignin Miktarı Üzerine Kromatografik ve Spektrofotometrik Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Mustafa Cengiz, 37 sayfa, Isparta.
- Taşdemir, D., 2016. Farklı Kapalılıktaki Kızılçam ve Karaçam Meşcerelerinde Hava Hallerine Bağlı Olarak Ölü Yanıcı Madde Neminin Tahmini. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Bülent Sağlam, 70 sayfa, Artvin.
- Tatlı, A., Küçükkaraca, B., Akan, H., Çelik, H., Coşgun, F., 2000. *Kütahya'nın Anıt Ağaçları*. Kütahya Valiliği Çevre Koruma Vakfı Yayını ISBN:975-97247-0-7, 231 sayfa.
- Tatlı, A., Küçükkaraca, B., Tel, A. Z., 1999. *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık'ın Vejetasyon Yapısı. Sayfa: 163-176, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1.
- Tebeş, T. N., 2015. Çankırı ve Çerkeş Orman Fidanlıklarında Üretilen Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Fidanlarının Morfolojik Özellikleri ve Kalitesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nebi Bilir, 41 sayfa, Isparta.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., 2010. Kazdağları'nın Dağlık Kesiminde Karaçamın *Pinus nigra* (Arnold.) Bazı İbre Özellikleri ve Yükselti ile Arasındaki İlişkiler. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1 (10): 55-72.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Altundağ, E., 2012. Kaz Dağlarında Yükseltiye Bağlı Azot Mineralleşmesinin Değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 62 (1). 19-29.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Makineci, E., 2001. Investigations on Physicial and Chemical properties of Forest Floor in Turkey. Sayfa: 185-195, *Proceedings of the Fifty International Conference on the Development of Wood Science Wood Technology and Forestry*, ICWSF 2001, Ljubljana.
- Tecimen, H. B., Sevgi, O., Yılmaz, O. Y., Carus, S., Kavgacı, A., Akburak, S., 2019. Estimation of Forest Litter Fractions By Regression Analysis in Different Aged Stands of *Pinus nigra*. *Bosque*, 40 (1), 41-48.
- Tekin, B. A. 2008. Isparta Yöresi Saf, Aynı Yaşlı ve Doğal Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcerelerinde Artım ve Büyüme Yönünden Meşcere Yaşı-Sıklık ve Bonitetin Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisansüstü Tezi, Danışman; Serdar Carus, 96 sayfa, Isparta.
- Temel, F., Gülcü, S., Ölmez, Z., Göktürk, A., 2011. Germination of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Seeds from the Lakes Region of Turkey: Geographic Variation and Effect of Storage. *Not Bot Hort Agrobot Cluj*, 39 (1):267-274.
- Temerit, A., Kaya, Z., 1997. İç Toroslar Bölgesinden Örneklenen Doğal Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) Populasyonlarının Genetik Strüktürleri. Ormancılık

- Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 265, 31 Sayfa, Ankara.
- Tolun, A. A., 1998. Genetic Structure of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) subspecies *pallasiana*) Populations Sampled From The Bolkar Mountains. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 72 sayfa, Ankara.
- Tolun, A. A., 1999. Genetic Structure of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana*) Populations Sampled From The Bolkar Mountains. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Kaya, 85 sayfa, Ankara.
- Tolun, A. A., Velioğlu, E., Çengel, B., Kaya, Z., 2000. Genetic Structure of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana*) Populations Sampled from the Bolkar Mountains. *Silvae Genetica*, 49 (3): 113-119.
- Tonguç, F., 2003. Rize-İkizdere Vadisi Ormanlarının Yükselti Basamaklarına Göre Meşcere Kuruluşları ve Silvikültürel Değerlendirmeler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ali Ömer Üçler, 183s, Trabzon.
- Tonguç, F., Keleş, H., Taşdemir, C., 2013. Variation in Cone and Seed Characteristics in Three Populations of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) in Turkey. *Research Journal of Forestry*, 7(1): 34-40.
- Topacoglu, O., 2013. Genetic Diversity Among Populations in Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Seed Stands in Turkey. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 19: 1459-1464.
- Topacoglu, O., Sevik, H., Akkuzu, E., 2016. Effects of Water Stress On Germination of *Pinus nigra* Arnold. Seeds. *Pakistan Journal of Botany*, 48(2): 447.
- Topaçoğlu, O., Bozkuş, H. F., Güney, K., 2008. Ilgaz Dağı Kuzey Bakıda Subalpin ve Yüksek Montan Yükselti Basamağındaki Bazı Meşcere Kuruluşlarının Silvikültürel Özellikleri. *Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi*, 8(1): 1-13.
- Toplu, F., Bozkuş, S., 1988. Marmara ve Batı Karadeniz Bölgelerinde Hızlı Gelişen Türlerle Tesis Edilen Deneme ve Ağaçlandırmalarda Kar Zararları. *Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11 (1): 15-31.
- Toprak, B., 2016. Ekto- ve Arbusküler Mikoriza Aşılansız Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının İç Anadolu'nun Yarı Kurak Sahalarındaki Ağaçlandırma Başarısı. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Oktay Yıldız, 172 sayfa, Düzce.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş. T., 2016. Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyunun Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının Yarı-Kurak Sahalardaki Tutma Başarısına Etkisi. *Ormanlık Dergisi*, 12(1): 105-111.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş.T., Pekşen, A., Çakır, E. A., 2016. Mikoriza Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra*) Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Etkisi. *Ormanlık Dergisi*, 12 (2): 258-269.
- Tosun, İ., 1975. Akdeniz Bölgesi İğne Yapraklı Ormanlarda Zarar Yapan Böcekler ve Önemli Türlerin Parazit ve Yırtıcıları Üzerine Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Sıra nu:612, Seri Nu: 24, 200 sayfa.
- Tosun, S., 1984. Batı Karadeniz Bölgesinde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Kültürlerinin Tesisi İçin Uygulanacak Dikim Şekli ile Aralıklarının Tesisi ve

- Kültür Bakım Giderlerine Etkileri. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten, Nu:127, sayfa:115-126, Ankara.
- Tosun, S., 1992. Kuşların Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Doğal Gençleştirme Başarısı Üzerine Etkileri. Teknik Rapor 54, sayfa: 133-146.
- Tosun S., Karadağ M. 1991. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)'ın Yeni Bir yayılış Alanı. Araştırma Bülteni Sayı Nu:114.
- Tosun, S., Karadağ, M., Karatepe, H., 1997. Sarıçam ve Karaçam'ın Erken Toplanan Kozalaklarından Yararlanabilme Olanaklarının Araştırılması. Batı Karadeniz Ormançılık Araş. Müd. Tek. Bülten Serisi Nu:1, 36 sayfa, Bolu.
- Tosun, S., Palazoğlu, Z.Ö., Arslan, M., Duyar, A., Şenel, P., Tokcan, M., 2011. Batı Karadeniz ve Marmara Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp *pallasiana*) Orjin Denemelerin 21. Yıl Sonuçları. Batı Karadeniz Ormançılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın Nu:26/380, 34 sayfa, Bolu.
- Tufanoğlu, G. Ç., 2009. Devrek-Akçasu Yöresinde Yapılan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. ssp. *Hamata* (Steven) Fomin.) Ağaçlandırmalarının Büyüme Yönünden Değerlendirilmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Korhan Tunçtaner, 151 sayfa, Bartın.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Sağlam, B., Bilgili, E., Altun, L., 2010. Soil Properties and Root Biomass Responses to Prescribed Burning in Young Corsican Pine (*Pinus nigra* Arn.) Stands. *Journal of Environmental Biology*, 31: 369-373.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Sağlam, B., Bilgili, E., Altun, L., Kucuk, O., 2006. Influence of Fire On Belowground Root Biomass and Soil Respiration Dynamics in Young Corsican Pine (*Pinus nigra*) Stands. *Forest Ecology and Management*, 234:195.
- Tuğ, S. E., 2016. Karaçam Odunundan Elde Edilen Sulu Ekstrelerin Diyabet Oluşturulmuş Dişi Sıçanlarda Hypergliseminin Kontrolü ile Bazı Komplikasyonlar Üzerinde Etkisi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ökkeş Yılmaz, 79 sayfa, Elazığ.
- Tulukçu, M., Alan, M., Antola, J., 2001. Bir Karaçam (*Pinus nigra* Arn.) Tohum Bahçesinde Polen Tespitleri. *Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 2: 47-62.
- Tulukçu, M., Toplu, F., Tunçtaner, K., Akçidem, ve Durcan, E., 2002. Marmara Bölgesi'nde Korsika Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *loricia* Poiret Maire) Orijin Denemelerinin 11 Yıllık Sonuçları. *Kavakçılık Araştırma Dergisi*, 28: 3-26.
- Tunç, T., 2019. Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Gelişme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Meriç Çakır, 49 sayfa, Çankırı.
- Tunçtaner, K., Tulukçu, M., Toplu, F., 1996. Gemlik Yarımadasında Yerli ve Yabancı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Orjinlerinin Büyüme Yönünden Karşılaştırılmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, 1986/22, 1-18 sayfa.
- Tunçtaner, K., Özel, H. B., Ertekin, M., 2007. Bartın Yöresindeki Ağaçlandırma Alanlarında Kullanılan Yerli ve Yabancı Türlerin Adaptasyon Yetenekleri Üzerine Araştırmalar. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (11): 11-25.
- Tunçtaner, K., Tulukçu, M., 1996. İzmit Kerpe Pilot Plantasyon Alanında Bazı Hızlı

- Gelişen Türlerin Büyüme Performansları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Müd. Seri nu: 23, Sayfa: 119-124.
- Turna, İ., Bilgili, E., 2006. Effect of Heat on Seed Germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp *pallasiana*. *International Journal of Wildland Fire*, 15: 283-286.
- Turna, İ., Yahyaoğlu, Z., Yüksek, F., Ayaz, A. F., Güney, D., 2006. Morphometric and Electrophoretic Analysis of 13 Populations of Anatolian Black Pine in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 27 (3): 491-497.
- Tüfekçioğlu, A., Tüfekçioğlu, M., 2018. Kuraklık ve Orman Ekosistem Dinamikleri Etkileşimi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 19 (1): 103-108.
- Tüfekçioğlu, M., Sağlam, B., Tüfekçioğlu, A., 2017. Effects of Fire Intensity and Slope on Surface Soil Erosion Following a Prescribed Fire in Old *Pinus nigra* Stands. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (12): 7227-7234.
- Türkmen, H., 1971. Isparta Orman Başmüdürlüğü Tabii Tensil Çalışmaları ve Bazı Gözlem Sonuçları. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 10: 2-10.
- Türksoy, A. E., 2017. Emet-Simav Yöresindeki Bir Karaçam Ormanında Son 30 Yılda Meydana Gelen Yapısal Değişimlerin CBS Ve Hava Fotoğrafları Kullanılarak Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; İbrahim Özdemir, 68 sayfa, Isparta.
- Uçar, G., Balaban, M., 2001. Volatile Wood Extractives of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Grown in Eastern Thrace. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 59: 301-305.
- Uçar, G., Balaban, M., 2002. Cyclohexane Extracts of Black Pine Wood Naturally Grown in Eastern Thrace. *Holz-Als Roh-und Werkstoff*, 60 (1): 34-40.
- Uçar, G., Balaban, M., 2004. Volatile Needle Extractives of Anatolian Black Pine Varieties: *P. nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* and var. *pyramidata*, *Biochemical Systematics and Ecology*, 32: 983-992.
- Uçar, G., Fergel, D., 1995. Variation in Composition of Extractives from Wood of *Pinus nigra* Varieties. *Phytochemistry*, 38: 870-880.
- Uğurlu, S., 1997. Elazığ – Baskil – Kuşhan'da Denenen Karaçam Orjinlerine İlişkin İlk Sonuçlar. *Güneydoğu Anadolu Orm. Araş. Enst. Dergisi*, 1 (1): 35-44.
- Uluslan, D., 2003. Isparta Yöresi Doğal Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. var. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcerelerinde Tek Ağaçta Kabuk Kalınlığının Değişimi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ünal Eler, 45 sayfa, Isparta.
- Umut, B., 1987. Türkiye'deki Tabakalı Karaçam Ormanları. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33 (2, Dergi Sayı: 66): 51-62.
- Umut, B., DüNDAR, M., ÇELİK, O., 1996. İki Tabakalı Karaçam Meşcerelerinin Öncü Gençliklerden Yararlanma İmkanları Üzerine Araştırmalar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 259, 45 sayfa, Ankara.
- Umut, B., DüNDAR, M., ÇELİK, O., 1998. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Eğrelti Otuyla Mekanik Mücadele İmkanları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 276, 20 sayfa, Ankara.
- Usta, E., Fergel, D., 1995. Variation in Composition of Extractives from Wood of *Pinus nigra* varieties. *Phytochemistry*, 38 (4): 877-880.
- Usta, E., Vurdu, H., 1994. The Preliminary Studies on the Seasonal Variation in Ash Content of *Pinus nigra* needles, *Turkish Journal of Botany*, 18: 407-409.
- Usta, İ., Guray, A., 2000. Comparison of the Swelling and Shrinkage Characteristic of Corcisan Pine (*Pinus nigra* var. *mantima*). *Turkish Journal of Agriculture and*

- Forestry*, 24: 461–464.
- Usta, İ., Guray, A., 2001. The Effect of Wood Specimen Length on the Proportional Saturation of preservative Fluid in sitka Spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) and Corcisan Pine (*Pinus nigra* var. *mantima*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25: 1–4.
- Usta, T., 2007. Yüksek Sıcaklık Şoku Uygulamalarının Doğal Çam Türlerinin (*Pinus* sp.) Tohum Özelliklerine Etkisi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, 80 sayfa, Kastamonu.
- Uysal, S. Ç., 2015. Sütçüler-Tota Orjinli Gönen Karaçam Tohum Bahçesinde Kozalak ve Tohum Özellikleri Bakımından Klonal Varyasyon. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Süleyman Gülcü, 97 sayfa, Isparta.
- Üçler, A. Ö., 1988. Sarıçam, Karaçam ve Halepçami'nda Tohum Büyüklüğü ve Ağırlığının Çimlenme Yüzdesi, Fidan Boyu ve Fidan Kalitesine Etkisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Yahyaoglu, 67 sayfa, Trabzon.
- Üçler, A. Ö., 1991. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Halepçami (*Pinus halepensis* Mill)'nda Tohum Büyüklüğü ve Ağırlığının Çimlenme Yüzdesi, Fidan Boyu ve Fidan Kalitesine Etkisi. *Doğa – Türk Tarım ve Ormançılık Dergisi*, 15: 999–1010.
- Üçler, A. Ö., Gülcü, S., 1999. Isparta Göller Yöresi Dogal Anadolu Karaçami (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Alanlarından Örneklenen Bazı Populasyonlarda Kozalak ve Tohum Morfolojisi Varyasyonları. Sayfa: 332-340, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arnold. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. phramidata (Acat.) Yaltirik)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Isparta.
- Ünaldı, Ü. E., 2005. Endemik Bir Karaçam Türü Ebe Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*)'ın Domaniç (Kütahya) Civarındaki Yayılış Alanının Özellikleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15 (1): 33-42.
- Üner, B., Özdemir, D., Tanrıverdi, H., Karaman, İ., 2008. Yerli Ağaç Türlerimizizin (Kızılçam Ve Karaçam) Odunlarında Yakın İnfrared Spektroskopisi ile Lignin Analizi. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 105 O 524, 28 sayfa.
- Ünlügil, H., Ertaş, A., 1993. İstanbul Yakınlarındaki Çam Ağaçlarında *Sphaeropsis sapinea* (fr.) Dyko/Sutton Mantar Hastalığı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43A: 132-137.
- Ürgenç, S., 1959. Balıkesir çevresi ve Dursunbey Alaçam Ormanlarında Yapılan Ekskürsiyona ait Notlar. *Yeşil Ufuk*, 1: 6-7.
- Ürgenç, S., 1967. *Türkiye'de Çam Türlerinde Tohum Tedarikine Esas Teşkil Eden Problemlere Ait Araştırmalar*. Tarım Bakanlığı O.G.M. Yayınları, Sıra Nu: 468, Seri Nu: 44, 192 sayfa, İstanbul.
- Ürgenç, S., 1974. Türkiye Silvikültüründe Ağaç Islahı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24B (1): 70-83.
- Üzümcü, R., 2018. Müdahale Görmüş Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşçeresi Kesim Artıklarında Yangın Davranışı. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri

- Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Ömer Küçük, 54 sayfa, Kastamonu.
- Var, A. A., Akyürekli, Ö., Yaşar, S., 2005. Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Imersol Aqua Absorpsiyonunun Ağacın Yönlerine Göre Değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1A (1): 143-152.
- Varan, S., 2008. Artvin Orijinli Kestane (*Castanea sativa*), Meşe (*Quercus petraea*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türleri ile Ankara Orijinli Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türlerin Ölü Örtü Ayrışma Oranları Üzerinde Kimyasal Bileşenlerinin ve İklim Özelliklerinin Etkisi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Temel Sarıyıldız, 45 sayfa, Artvin.
- Varol, M., 1968. Acıpayam İşletmesi Değre Serisi Ağlı Mevkiinde Yaşlı Karaçam Meşcerelerinin Gençleştirilmesi İmkanları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayınlar Serisi, 28C: 52-63.
- Velioğlu, E., 2001. Bazı Orman Ağacı Tohumlarında Fungal Flora Tespiti. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 119, Ankara.
- Velioğlu, E., Çengel, B., İçgen, Y., Kandemir, G., Kaya, Z. 2004. Kırklareli Kasatura Körfezi Tabiatı Koruma Alanında Bulunan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Populasyonlarının Genetik Yapısının Moleküler Belirteçler Yardımıyla Belirlenmesi. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, Bakanlık Yayın No: 190, Müdürlük Yayın No: 27, Teknik Bülten 15, 48 sayfa, Ankara.
- Velioğlu, E., Çengel, B., İçgen, Y., Kandemir, G., Alan, M., Kaya, Z. 2003. Moleküler Belirteçler Yardımıyla Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Tohum Meşcerelerinde, Tohum Bahçelerinde ve Ağaçlandırmalarında Bulunan Genetik Çeşitliliğin Karşılaştırılması, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, Bakanlık Yayın Nu: 190, Müdürlük Yayın Nu: 23, Teknik Bülten 11, 40 sayfa, Ankara.
- Velioğlu, E., Çengel, B., Kaya, Z., 1999. Kaz Dağları'ndaki Doğal Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Populasyonlarında İzoenzim Çeşitliliğinin Yapılanması. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 075, Müdürlük Yayın Nu: 11, Teknik Bülten 1, 30 sayfa, Ankara.
- Velioğlu, E., Çengel, B., Kaya, Z., 1999. Kaz Dağları'ndaki Doğal Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Populasyonlarında Genetik Çeşitliliğinin Yapılanması. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 072, Müdürlük Yayın Nu: 8, Teknik Bülten 1.
- Velioğlu, E., Çengel, B., Tolun, A. A., Kaya, Z., 1999. Bolkar Dağları'ndaki Doğal Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Populasyonlarının İzoenzim Çeşitliliği. Orman Bakanlığı Yayın Nu: 073, Müdürlük Yayın Nu: 9, Teknik Bülten 2, 35 sayfa, Ankara.
- Vurdu, H., 1989. *Pinus nigra* Arnold. Folliage. *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 2: 106-108.
- Vurdu, H., Steel, F., 1998 Genetic Variation in Specific Gravity of Three Years Old *Pinus nigra* Seedlings, *Kastamonu Education Journal*, 4 (6): 77-84.
- Yalçınkaya, Ö., 1997. Sapsız meşe (*Quercus petraea*) ve Karaçamın (*Pinus nigra* arnold) Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Araştırılması. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Yılmaz Şimşek, 74 sayfa, Ankara.

- Yaltırık, F., 1986. Ülkemizde Az Tanınan İki Çam Varyetesi: Ebe Karaçamı ve Ehrami Karaçam. *Çevre Koruma Der.*, 28: 19-25.
- Yaman, B., Sarıbaş, M., 1999. Türkiye'de Doğal Yetişen *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe Varyetelerinin Polen Morfolojileri. Sayfa: 323-331, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yaman, C., 2015. Mudurnu Yöresindeki Tarihi Ahşap Evlerde Kullanılan Göknar ve Karaçam Ağaç Türlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Nurgül Tankut, 136 sayfa, Bartın.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Doçentlik Tezi, 101 sayfa, Trabzon.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 1275-1282.
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., 2004. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Proje No: TOGTAG-2747, Trabzon.
- Yavuz, S., 2011. Artvin-Yusufeli Yöresinde Karaçamın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Dikim Başarısının Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zafer Ölmez, 45 sayfa, Artvin.
- Yazgan, İ., Özel, H. B., 2013. The Factors Affecting The Success of Natural Regeneration Efforts in Kastamonu-Araç Region's Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Stands. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 15 (1-2): 88-121.
- Yazgan, İ., 2013. Kastamonu-Araç yöresi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Doğal Gençleştirme Uygulamalarının Başarısını Etkileyen Faktörler. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Halil Barış Özel, 83 sayfa, Bartın.
- Yer, E. N. 2011. Eskişehir Orman Fidanlığındaki Çıplak Köklü ve Tüplü Bazı Orman Ağacı Fidanlarında Fidan Gelişim Dönemlerinin Belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sezgin Ayan, 186 sayfa, Kastamonu.
- Yer, E. N., Ayan, S. 2011. Eskişehir Orman Fidanlığı Koşullarında Yetiştirilen Çıplak Köklü Toros Sediri ve Anadolu Karaçamı Fidanlarının Gelişim Dönemleri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (2): 219-227.
- Yeşilkaya, Y., 1998. Göller Bölgesinde 36 Yerli Karaçam Orijinin Fenolojik Olarak Karşılaştırılması, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 8, 21 sayfa, Antalya.
- Yıldırım, D., 2019. Bala ve Elmadağı Yöresi Karaçam (*Pinus nigra*) Ormanlarında Zarar Yapan *Diprion pini* (L.) Üzerine Araştırmalar. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Yafes Yıldız,

23 sayfa, Bartın.

- Yıldırım, H., Holmbom, B., 1977. Investigations on the Wood Extractives of Pine Species from Turkey: II Composition of Fatty and Resin Acids in *Pinus silvestris* and *Pinus nigra*. *Acta Academiae Aboensis*, 37B (4): 1-6.
- Yıldız, T., 1996. Orhaneli Termik Santrali'nden Kaynaklanan Kükürtdioksit Emisyonunun Çevre Toprakları ile Karaçam (*Pinus nigra*) ve Kızılçam (*Pinus brutia*) Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sevinç Arcak, 78 sayfa, Ankara.
- Yilgör, N., 1999. Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Varyetelerinin Kimyasal Açından Karakterizasyonu. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Güneş Uçar, 104 sayfa, İstanbul.
- Yılmaz, A. E., 2016: Bir Sarıçam+Karaçam Karışık Meşceresinde Örtü Yangınına Takiben Toprak Özelliklerindeki Değişimin Belirlenmesi: Ilgaz-Hızardere Orman İşletme Şefliği Örneği. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Sema Camcı Çetin ve Sabit Erşahin, 71 sayfa, Çankırı.
- Yılmaz, B., 2014. Aynı yaşlı, Saf ve Doğal Meşcerelerde Hacim Artımının Yaş, Bonitet ve Sıklığa Göre İncelenmesi (Kızılçam ve Karaçam Örneği). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Serdar Carus, 66 sayfa, Isparta.
- Yılmaz, E., 2004. Murat Dağı (Uşak) Yöresinde Yayılış Gösteren Ağaç Türlerinin (Sarıçam, Karaçam, Kızılçam) Gelişimini Etkileyen Kimi Ekolojik Etmenlerin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Lokman Altun, 117 sayfa, Trabzon.
- Yılmaz, H., Akkemik, Ü., 2011. Bazı Doğal Çam (*Pinus L.*) Türlerinde Anormal Sürgün ve Yaprak Oluşumu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61 (2): 95-104.
- Yılmaz, M., Kalkan, M., 2019. Tohum Ağacı Doğal Gençleştirme Yönteminin Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*)'da Uygulanması, Eskişehir-Tandır Örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 3 (1): 24-36.
- Yılmaz, O. Y., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Serdar Carus, S., Kavgacı, A., Yurtseven, H., Erdem, R., 2013. Effects of Different Thinning Grades on The Spatial Structure of Pure Black Pine Stands. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1 (2): 77-89.
- Yılmaz, O. Y., Yılmaz, H., Akyüz, Y. F., 2018. Effects of the Overstory on The Diversity of The Herb And Shrub Layers of Anatolian Black Pine Forests. *European Journal of Forest Research*, 137:433-445.
- Yolcu, H., 2005. Kızıldağ (Hatay) Vejetasyonunun Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Atabay Düzenli, 87 sayfa, Adana.
- Yücedağ, C., Carus, S., 2005. Kovada Gölü Milli Parkı Ormanlarının Meşcere Kuruluşları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1): 62-77.
- Yücel, E., 1988. Ebe Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *şeneriana* (Saatç.) Yaltrık.)'ın Tohum Çimlenme Ekolojisi Üzerine Araştırmalar. *Ekoloji Çevre Derg.* 23: 21-26.
- Yücel, E., 1988. Ehrami Karaçam'ın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* "Acatay" Yaltrık) Türkiye İçin Önemi. Sayfa: 353-370, *Tavşanlı Hepimizin 1. Tavşanlı Araştırmaları Sempozyumu*.

- Yücel, E., 1988. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* Ormanı Milli Park Olmalıdır. *Tabiat ve İnsan*, 22 (4): 16-29.
- Yücel, E., 1992. Ehrami Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pyramidata* (Acat) Yaltırık, Statnova)'nın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Münir Öztürk, 150 sayfa, Eskişehir.
- Yücel, E., 1992. Ehrami Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pyramidata* (Acatay) Yaltırık) Doğal Yayılışı. *Anadolu Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 4(1): 47-62.
- Yücel, E., 1994. Ehrami Karaçam'ın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* "Acatay" Yaltırık) Tohum Çimlenme Ekolojisi. Sayfa: 33 - 38, XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 6-8 Temmuz, Edirne.
- Yücel, E., 1995. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.)'ın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Yayın Nu: 847/2, Eskişehir.
- Yücel, E., 1995. Ekolojik Faktörlerin Ehrami Karaçam'ın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* "Acatay" Yaltırık) Büyüme Özellikleri Üzerine Etkisi. Sayfa: 1-16, 4. Güney-Batı Asya Bitkisel Hayatı Sempozyumu.
- Yücel, E., 1998. A Novel Individual of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*). *The Karaca Arboretum Magazine*, 4(3): 113 - 120.
- Yücel, E., 1999. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)'ın Tohum Çimlenmesi Üzerinde Farklı Tuz (NaCl) ve Asit (H₂SO₄, KNO₃) Konsantrasyonlarının Etkileri. Sayfa: 722-729, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yücel, E., 1999. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)'ın Coğrafik Varyasyonları (I). Sayfa: 730-739, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yücel, E., 1999. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)'da Gelişim Farklılıklarının Gövde Modellerinde İzlenmesi. Sayfa: 740-754, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık), 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yücel, E., 2000. Ebe Karaçamı'nın (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) Biyolojik ve Ekolojik Özellikleri. ISBN: 975-93746-0-9, 119 sayfa, Eskişehir.
- Yücel, E., 2000. Ecological Properties of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*. *Silvea Genetica*, 49 (6): 264-277.
- Yücel, E., 2008. Ecotoxicological Effects of Different Concentrations of Alkaline Metal Salts and an Acid on The Seed Germination of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana*. *Pakistan Journal of Botany*, 40 (4): 1331-1340.

- Yücel, E., and Öztürk, M., 1998. A Geobotanical Survey of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Forest in Turkey. V. *Plant Life in South-West and Central Asia*, Tashkent- Uzbekistan.
- Yücel, E., Hatipoğlu, A., Sözen, E., Güner, Ş. T., 2008. Anadolu Siyah Pine mitoz hücre bölünmesi (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*) üzerine kurşun (PbCl₂) etkileri. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 1 (2): 124-129.
- Yüceli, E., Çelik, S., Özkan, K., Soydam, S., 2008. Determination of Appropriate Planting Season, Seedling Type and Wooden Species for Restoration of Unproductive Ecosystem at Semi-Arid Zones. *Ecology and Safety*, 2: 53-65.
- Yücesan, Z., 2006. Çamlıhemşin-Fırtına Vadisi Yüksek Dağlık Alanlarındaki Saf ve Karışık Ormanların Meşcere Dinamiklerinin Tespiti. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Danışman; Ali Ömer Üçler, 310 sayfa, Trabzon.
- Yüksek, F., 1997. Türkiye Orijinli Karaçam Populasyonlarında Genetik Çeşitlilik. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Zeki Yahyaoglu, 77 sayfa, Trabzon.
- Yüksel, B., 1999. Anadolu Karaçamlarını Bekleyen Çam İbre Kını Akarı (*Trisetacus pini* (Nal.)) Tehlikesi. Sayfa: 951-957, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Yüksel, B., Güleç, R., Kurtoğlu, Y. M., 1999: Karaçam Fidanlık ve Ağaçlandırma Zararlıları ve Bunlarla Mücadele. Sayfa: 223-233, Tatlı A., Ölçer, H., Bingöl, N., Akan, H., (Eds), *1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pyramidata (Acat.) Yaltırık)*, 23-25 September 1999, Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi Çevre Sorunları ve Uygulama Merkezi Yayın No:1, Kütahya.
- Zengin, M., 1997. Kocaeli Yöresinde Orman Ekosistemlerinin Hidrolojik Ağaçlandırmalar Yönünden Karşılaştırılması. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten 182, 268 sayfa, İzmit.
- Zengin, M., Karakaş, A., 2002. *Eskişehir Yöresi Karaçam Ağaçlandırmalarında Kaplı Fidanlarda Mısır Kompostu Kullanılması*. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten 193, 37 sayfa.
- Zoralıoğlu, T., 1990. Eskişehir Yöresi Kurak ve Yarıkurak Alanları Ağaçlandırılmasında Uygulanabilecek Makinalı Arazi Hazırlığı Yöntemlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten 149, İzmit.

TÜRKİYE ORMANCILAR DERNEĞİ (TOD)

TOD 26 Aralık 1924 tarihinde kurulmuş ülkemizin en köklü sivil toplum örgütlerinden biridir. 7 Mart 1951 tarihinde kamu yararına çalışan dernek statüsünü almıştır. İstanbul ve Antalya'da olmak üzere iki şubesi, 22 il ve 6 orman fakültesinde ise temsilcilikleri bulunmaktadır.

TOD, 1924 yılından bu yana yaptıkları ile orman, çevre ve doğa sevgisinin yayılmasını, kökleşmesini, kamuoyunun bilinçlendirilmesini, ormancılık bilim ve tekniğinin ilerlemesini sağlamayı, ormancılık sorunlarının ülke gereksinimleri ve kamu yararı gözetilerek, bilimsel ilkelere göre çözümünü amaçlamaktadır.

TOD, ülke ormancılığının ulusal çıkarlara, akla ve bilime uygun olarak yeniden yapılandırılması, kamu yararı ilkesi doğrultusunda doğanın, çevrenin ve ormanların korunması ve doğal varlıkların çoğaltılması için her türlü çabayı destekler. Doğanın, çevrenin ve ormanların tahribine yönelik her türlü tehdide karşı mücadele eder.

Türkiye Mimar ve Mühendis Odaları Birliği'nin kurulmasına öncülük eden TOD, Ankara'nın akciğerleri niteliğinde olan ve bugün ODTÜ Ormanı olarak bilinen "Atatürk Ormanı" çalışmalarını 1958 yılında başlatmış ve bu ormanın meydana getirilmesinde önemli görevler üstlenmiştir.

TOD, ülkemizin Akdeniz ekosisteminde yer alan belediyeler ile orman yangınlarına karşı halkın bilinçlendirilmesi için eğitim ve proje çalışmaları yürütmekte; diğer bölgelerde ise yerel yönetimlerle birlikte toplumda ve özellikle çocuklarda, orman ve doğa sevgisini pekiştirmek için çeşitli faaliyetler yapmaktadır.





Gerede - Karabük yolu, 22.05.2022
Ahmet DEMİRTAŞ