

Trüf aşılı meşelerde trüf mantarının tutma başarısının ve yaşama oranlarının belirlenmesi

Success in truffle formation and survival rates of truffle-inoculated oak trees

Özge Denli¹
Halil İbrahim Yolcu²
Abdurrahman Çobanoğlu³
Neşe Cılız¹
Murat Mahsun⁴

¹ Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Antalya
² Akdeniz Üniversitesi, Antalya
³ Antalya Büyükşehir Belediyesi, Antalya
⁴ Denizli Orman Bölge Müdürlüğü, Denizli

Sorumlu yazar (Corresponding author)
Halil İbrahim Yolcu
hiyolcu@akdeniz.edu.tr

Geliş tarihi (Received)
13.07.2024
Kabul Tarihi (Accepted)
21.08.2024

Sorumlu editör (Corresponding editor)
Sinan Güner
sinanguner@artvin.edu.tr

Atıf (To cite this article): Denli, Ö., Yolcu, H. İ., Çobanoğlu, A., Cılız, N., vd. (2024). Trüf aşılı meşelerde trüf mantarının tutma başarısının ve yaşama oranlarının belirlenmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 11(2), 160-170. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1514661>



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Türkiye ormanlarının trüf verimliliğini fark eden Orman Genel Müdürlüğü 2013 yılında Trüf Ormanı Eylem Planını yayınlamış; Orman Fidanlıklarında trüf mantarıyla aşılana meşe fidanları ile trüf aşılı meşe ağaçlandırmaları yapmaya başlamıştır. Trüf aşılama fidanların orman içi boşluklara aktarılmasının akabinde meşe köklerinde trüf mantarı gelişiminin devam edip etmeyeceğinin ve dikimden sonra hangi türlerin daha üstün geleceğinin araştırıldığı bu çalışma 2015 yılında başlatılmıştır. Türkiye’de doğal olarak yetişen *T. aestivum* (Yazlık siyah trüf) ve dünyada trüf yetiştiriciliğinde çok tercih edilen *T. melanosporum* (Kışlık siyah trüf) türleri ile aşılama meşe fidanlarının alçak ve yüksek rakımlara dikildiği dört ayrı deneme sahası kurulmuştur. Antalya ilindeki deneme sahalarına dört meşe türünden otuzar adet trüf aşılı meşe fidanı tesadüf blokları deneme deseniyle dikilmiştir: Meşe türleri (1+0) *Q. robur*, *Q. ithaburensis*, *Q. infectoria* ve *Q. suber* (*T. melanosporum* denemesine alınmamıştır) ‘dir. Beş yılın sonunda *T. aestivum* kolonizasyon oranı en yüksek %35 ve en düşük %1 olarak belirlenmiştir. *T. melanosporum* kolonizasyon oranı ise en yüksek %67,7 ve en düşük %13,6 olmuştur. *Q. ithaburensis* ise saha ve trüf mantarı fark etmeksizin benzer kolonizasyon oranlarını vermiştir. Bir deneme alanında *Q. suber*, üç deneme alanında *Q. infectoria* yaşama oranı en yüksek türler olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza, odun dışı orman ürünleri, mantarlar, meşe (*Quercus*)

Abstract

Realizing the truffle potential of Türkiye’s forests, the General Directorate of Forestry published the Truffle Forest Action Plan in 2013. As part of this plan, truffle-inoculated oak afforestation was started by planting oak seedlings inoculated with truffle spores in forest nurseries. This study, initiated in 2015, aims to investigate whether truffle development continues on oak roots after transferring truffle-inoculated seedlings to forest spaces, and which species will predominate post-planting. The species selected for inoculation were *Tuber aestivum* (summer black truffle), which grows naturally in Türkiye, and *Tuber melanosporum*, widely preferred in global truffle cultivation. Four separate trial sites were established at both low and high altitudes, where oak seedlings inoculated with these truffle species were planted. Thirty mycorrhizal oak saplings for each oak species were planted in the trial fields located within the borders of Antalya Province, with a randomized block design. Oak species (1+0) are *Q. robur*, *Q. ithaburensis*, *Q. infectoria* and *Q. suber* (*T. melanosporum* was not included in the trial). At the end of five years, the highest *T. aestivum* colonization rate was determined as 35% and the lowest was 1%. The *T. melanosporum* colonization rate was found to be highest at 67.7% and lowest at 13.6%. Regardless of site or truffle species, *Q. ithaburensis* exhibited similar colonization rates. Among the oak species, *Q. suber* demonstrated the highest survival rate in one trial area, while *Q. infectoria* exhibited the highest survival rates in three trial areas.

Keywords: Mycorrhiza, non-wood forest products, mushrooms, oak (*Quercus*)

1. Giriş

Kıymetli bir orman ürünü olan trüf mantarı doğadan toplanarak veya yetiştirmeye alınarak hasat edilebilmektedir (Iotti ve ark., 2012).

T. melanosporum, dünya çapında yetiştiriciliğinde en başarılı olunan trüf mantarıdır. *T. aestivum* ve *T. borchii*'nin aşılansarak yetiştiriciliğe alınması da birçok ülkede başarılı olmuştur. Bu bağlamda trüf yetiştiriciliği sadece Avrupa'da değil; Yeni Zelanda, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Avustralya gibi Avrupa dışı ülkelerde de büyük bir ivme kazanmıştır (Zambonelli ve ark., 2015).

T. aestivum (yazlık siyah trüf mantarı) trüf üretim tercihinde ilk üçe giren ülkelerde aroma itibarı ile *T. melanosporum*'un yerini tutmasa da yetiştiriciliği yapılan bir türdür. Özellikle; Avrupa dışında trüf üretimine ilgi duyulan yerlerde tercih edilmektedir. Bunun nedeni ekolojik ihtiyaçlarının *T. melanosporum*'a göre toleranslı olmasıdır (Chevalier ve Sourzat, 2012).

T. melanosporum (kışlık siyah trüf mantarı) yetiştiriciliğinin yaklaşık yarım yüzyıldır yapıldığı Fransa, İspanya ve İtalya'da 2013-2018 yılları arasında yetiştiricilik yolu ile ortalama Alman hasat miktarı sırasıyla 43 ton/yıl, 47 ton/yıl ve 19 ton/yıl olarak kaydedilmiştir (Oliach ve ark., 2021).

Trüf yetiştiriciliği; uygun yer seçimi, dikim öncesi arazi hazırlığı, trüf mikorizalı fidan üretimi ya da tedariki, dikim sonrası bahçe bakımları, mikorizal gelişimin izlenmesi, hasat, piyasaya sunum, üretimin devamlılığı ve kalitenin korunması olarak özetlenebilir. Bu çalışmaların her biri uzmanlık gerektiren, araştırma, ormancılık, tarımsal üretim ve pazarlama gibi iç içe geçmiş disiplinler arası bir iştir (Hall, 2007).

Sağlıklı görünen mikorizal birliklerde bile trüf mantarı hasat edilemeyebilmektedir (Fischer ve ark., 2017). Trüf yetiştiriciliği ciddi şekilde başarısız olabilir. Başarısızlığın nedeni modern yetiştiricilik tekniklerini uygulamaktan çok, yetiştiricilerin deneme-yanılma yoluna gitmeye yatkın olmalarıdır (Chevalier ve Pargney, 2014).

Bahçe tesis edilirken fidan köklerinde trüf kolonizasyonu mutlaka doğrulanmalıdır. Kökte aşılansan trüf mikorizasının oluşup oluşmadığı, mikorizasyon düzeyi, varlığı kabul edilmeyen mantarlar ile bulaşık olup olmadığı kontrol edilmelidir. Optimum mikorizasyon seviyesi önemlidir. Çünkü çoğunlukla, trüf aşılansmış türlerin rekabet edebilirliği, kökte diğer türlerin varlığı ve yayılma oranı ile dikim sahasının iklim ve toprak özelliklerine bağlıdır (Şen, 2022).

T. melanosporum ve *T. aestivum* trüf mantarlarının üretimi için gerekli olan bazı koşullar bilinmektedir. Trüf aşılı fidan dikimi kontrollü mikorizalı bitkilerle, uygun toprakta (kireçli, havalandırılmış, serbest drenajlı) ve trüf mantarının tam bir yaşam döngüsüne izin veren uygun bir iklim altında uygulanır. Kültür teknikleri genellikle toprağın bakımı, sulama, ağaçların korunması ve budaması işleridir. Bununla birlikte, rekabetçi mantarların ortaya çıkması nedeniyle bazı bahçelerin başarısız olduğu gözlemlenmiştir. Trüf mantarı aşılı fidanların dikimi tahılların ve üzüm bağlarının bulunduğu açık arazide yapıldığında rekabetçi mantarların fidan köklerinde kolonize olup köklerde baskın hale gelmesi nadirdir (Sourzat ve ark., 2015).

Zambonelli ve ark. (2005), *T. aestivum* ile başlangıçtaki %30'luk kök kolonizasyon oranının, uygun toprağa dikildiğinde 5 yıl sonra mikorizal fidederde %50-%70 değerlerine ulaştığını göstermiştir (Hall, 2007).

Suudi Arabistan'daki çöl ekosisteminde *T. melanosporum* aşılı *Q. robur* fidanları ile kurulan bir deneme bahçesinde ilk 1,5 yıl sonuçları yayınlanmıştır. Bu bahçe damlama sulama sistemi ile sulanmış, ancak toprak özellikleri bakımından pH ve kireç düzeyleri kışlık siyah trüf için yetersiz kalmıştır. Buna rağmen incelenen 15 fidanın tümünde de *T. melanosporum* mikorizası gözlenmiştir (Bajaj ve ark., 2021).

Türkiye'nin, Akdeniz iklim kuşağı ülkelerinden biri olması trüf mantarı yönünden uygun alanları barındırmasını sağlamıştır. *T. aestivum*, *T. borchii*, *T. brumale*, *T. macrosporum*, *T. mesentericum* gibi türler trüf avcıları tarafından toplanmaktadır. Orman Genel Müdürlüğü (O.G.M.) raporuna göre, ülkemizde 2019 yılı itibarıyla doğadan trüf faydalanması yaklaşık 40 tondur ve 2020 yılı itibarıyla 200'e yakın ailenin geçim kaynağı olmuştur (OGM, 2020).

Türkiye'de planlı ve düzenli ormancılığın kurulması ve gelişmesi sürecinde meşe ormanları ekonomik ve sosyal gelişme paralelinde çoğunlukla yakacak odun rezerv alanları olarak görülmüş ve büyük bölümü baltalık olarak işletilmiştir. Bunun sonucu ağaçlandırma çalışmaları ile yerlerine iğne yapraklı ormanlar kurmak suretiyle alanları daraltılmıştır (Huss ve Kahveci, 2009). Ancak 2005 yılından itibaren OGM meşe ormanlarının rehabilitasyonuna başlamış ve bütün meşe baltalık ormanlarının koruya dönüştürülmesini tüm birimlerine emirlemiştir (Bekiroğlu Öztürk ve ark., 2023).

Türkiye dahil Akdeniz Bölgesi'ni kapsayan birçok Avrupa ülkesinde, meşe habitatları önemli ölçüde

azalmış ve kalanlar ilk dağılımların bir parçasıdır. Yüzyıllar boyu ağaçlandırma faaliyetleri ve arazi kullanımındaki değişiklikler, Akdeniz Bölgesi'ndeki geniş meşe alanlarının azalmasına ve parçalanmasına neden olmuştur (Schaich ve ark., 2015).

Türkiye ormanlarında yayılışı ve çeşitliliği zengin olan trüf mantarının ekonomiye kazandırılması amacıyla 2013 yılında Trüf Eylem Planı (OGM, 2014) yayınlanmıştır. Plan doğrultusunda doğal trüf alanlarının korunması, orman köylüsüne mantarın tanıtımı ve toplanması hakkında eğitimler verilmesi, Orman Fidanlıklarında üretilen trüf aşılı meşe fidanlarının uygun orman içi boşluklara dikilerek trüf ormanları kurulması gibi çalışmalar başlatılmış ve güncellenen Eylem Planı dahilinde (OGM, 2022) devam etmekte olup 2023 yılı itibarı ile 564 hektar alan trüf aşılı meşeler ile ağaçlandırılmıştır (OGM, 2023). Dolayısı ile trüf mantarının konukçusu meşe ile yetiştirilmeye alınmasıyla meşe ağaçlandırması da yapılmaktadır.

Trüf mantarı konusunda yapılan ilk çalışmalardan biri; Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM) iş birliği ile Denizli ili sınırlarında *T. aestivum* doğal yayılışının tespit edildiği orman sahalarının bir kısmında tel örgü ile koruma zonunun oluşturulmasıdır. Bu zonda yer alan orman içi boşluğa *T. melanosporum* aşılı meşe fidanları dikilmiştir. Benzer bir faaliyet Isparta Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında gerçekleştirilmiştir. Devam eden yıllarda Denizli, Muğla, Eskişehir, Kırklareli ve Samsun Orman Fidanlıklarında *T. aestivum* aşılı meşe fidanları üretilerek plan dahilindeki orman işletme müdürlükleri sınırlarında orman içi boşluklara dikilmiştir.

Meşe ormanı olan veya olmayan bir ortama uygun yetiştirme yöntemleri ile dikilen ağaçların başlangıçtaki mikorizasyonlarının korunmasını gerektirmesi dikkate alındığında, Türkiye'de yapılan trüf aşılı meşe ağaçlandırmalarının yıllar içinde trüf mikorizasyonundaki değişimin gözlemlenmesinin yeni kurulacak sahalar için veri sağlayacağı düşünülmüştür.

Bu araştırma özellikle, Batı Akdeniz Bölümü'nde trüf mantarının orman içi boşluklarda yetiştirilmesi çalışmaları tür seçimi ve rakımın nasıl farklılıklar doğurduğunu gösterebilmek açısından önemlidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmanın materyalini, meşe fidanları, fidanların kökündeki *Tuber aestivum* ve *T. melanosporum* mantarıyla oluşan mikorizalar oluşturmaktadır.

Meşe (*Quercus* sp.) fidanları Denizli Orman Fidanlığı'nda yetiştirilmiştir. Fidanlığa getirilen palamutlar yüzey dezenfeksiyonu yapıldıktan sonra mikrobiyolojik olarak temiz ortamda çimlendirilmiş ve sonrasında trüf sporları ile aşılanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Trüf aşılı fidanların üretimi

Ormanlardaki meşe ağaçlarından toplanan palamutlar Denizli Orman Fidanlığında aşılanmıştır. Palamutlardan, a) *Q. ithaburensis* Antalya ili Kepez ilçesi, Kızıllı Mevkii'den, b) *Q. suber* Antalya Orman Bölge Müdürlüğü yerleşkesinden, c) *Q. robur* palamutları Isparta ili Şarkikaraağaç ilçesinden, d) *Q. infectoria* palamutları ise Denizli ili, Çivril ilçesinden toplanmıştır.

Palamutlar çimlendirmeye alınmadan önce kontrol edilmiş, hasarlı, çatlak veya delik olanlar dezenfeksiyon koşullarını sağlayamayacakları için denemede kullanılmamıştır. Palamutların yüzey dezenfeksiyonu, kaba tozu musluk suyunda yıkandıktan sonra %0,5 sodyum hipoklorit solüsyonunda 8 dakika bekletilmek suretiyle gerçekleştirilmiştir. Çimlendirme işlemi perlit ortamında yapılmıştır. Fidanlar üç- beş yaprak oluşturduktan sonra trüf mantarı sporları ile aşılama aşamasına geçilmiştir.

Fidanlıkta yazlık siyah trüf aşılama kaynağı olarak Denizli yöresinden toplanan *T. aestivum* mantarları, kışlık siyah trüf kaynağı olarak ise özel bir şirketten temin edilen *T. melanosporum* mantarları kullanılmıştır. Aşılamalardan önce *T. aestivum* spor kaynakları, morfolojik olarak makroskobik ve mikroskobik inceleme (Şekil 1) ile doğrulanmıştır (Hawker, 1955). Kışlık trüf spor kaynaklarının temin edilmesi esnasında moleküler doğrulaması Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Biyoloji Bölümünde yapılmıştır.

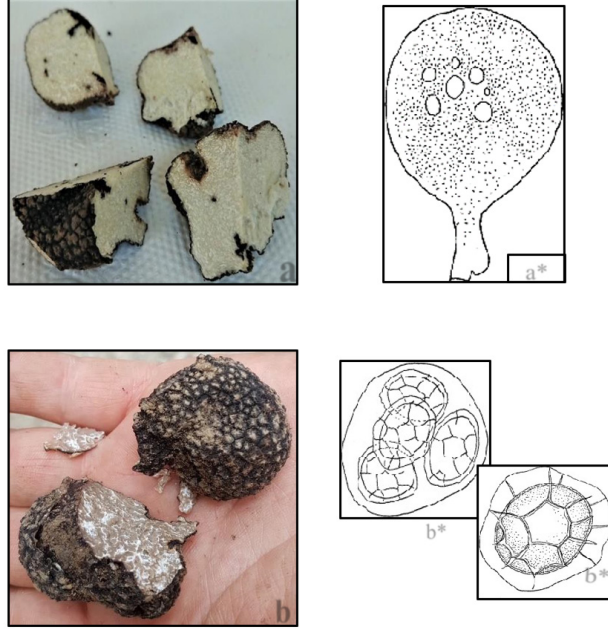
Doğrulan spor kaynakları yüzey dezenfeksiyonu için; su, %0,5 sodyum hipoklorit ve tekrar su ile muamele edilmiştir. 10 gr/lt yoğunluğunda yarı kıvamlı Agar çözeltilisine (kıvam verici olarak Agar kullanılmıştır) trüf mantarı ile aşılanacak 5 gr/fidan uygulama dozunda parçalanmış spor kaynağı eklenmiştir. Hazırlanan bu mikorizal karışım fidanların kök bölgesine uygulanarak aşılama işlemi yapılmıştır. Aşılama daldırma yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Fidan yetiştirme ortamı olarak 1/3 oranında vermikulit ve perlit ilave edilen ithal Sphagnum torfu kullanılmıştır. Torf, perlit ve vermikulit ile karıştırılmadan ve %0,5 sodyum hipoklorit solüsyonu ile yüzey dezenfeksiyonu yapılmış saksılara akta-

rılmadan önce 121°C 1 Atm basınçta 60 dk. süre ile 2 defa steril edilmiştir.

Fidanlar, Denizli Orman Fidanlık Müdürlüğü'ne ait Denizli Orman Fidanlık Şefliği' nde bulunan trüf aşılı fidan yetiştirmek için hazırlanmış serada

yetiştirilmiştir. Bu serada, kontrollü havalandırma-
lı, 20-24°C ısıda ve yalnızca trüf aşılı fidanların ye-
tiştirildiği, giriş çıkışların ise sınırlandırıldığı bir
ortam oluşturulmuştur.



Şekil 1. *T. aestivum* mantarı: a) Olgunlaşmamış açık renkli gleba görünümü, b) Olgunlaşmış koyu renkli gleba görünümü, *) Olgunlaşma aşamalarında spor morfolojileri (Hawker, 1955)
Figure 1. *T. aestivum* sporocarp: a) Appearance of immature light-colored gleba, b) Appearance of mature dark-colored gleba, *) Spore morphologies in maturation stages

2.2.2. Fidanların sahaya dikimi

Aşılama işleminden altı ay sonra Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü (Antalya) Mikoriza Laboratuvarında kök kolonizasyon kontrolleri yapılmıştır. İlk kontrolden iki ay sonra ikinci defa kök kolonizasyonları kontrol edilerek sahaya dikime uygun mikorizal gelişim tespit edilmiştir.

Sahaya uygun mikorizal gelişim için köklerde trüf dışı ektomikorizal mantarların kontaminasyonunun %10'dan düşük olması, aşılama trüf kolonizasyonunun ise %33'ten yüksek olması ölçütü göz önünde bulundurulmuştur (Fischer ve Colinas, 1996).

Deneme sahalarına ilişkin bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme sahalarındaki meşelerin ve trüf türleri
Table 1. Oak and truffle species in the trial sites

Deneme sahası	Aşılama trüf	Meşe türleri
Sedir Araştırma Ormanı	<i>T. aestivum</i> (Yazlık trüf)	<i>Q. robur</i> subsp. <i>robur</i> (saplı meşe)
		<i>Q. ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> (Anadolu palamut meşesi)
		<i>Q. infectoria</i> subsp. <i>B</i> (mazı meşesi)
Asar		<i>Q. suber</i> L. (mantar meşesi)
Düdenköy Bük Araştırma Ormanı	<i>T. melanosporum</i> Vittad. (Kışlık siyah trüf)	<i>Q. robur</i> subsp. <i>robur</i> (saplı meşe)
		<i>Q. ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> (Anadolu palamut meşesi)
		<i>Q. infectoria</i> subsp. <i>boissieri</i> (mazı meşesi)

Araştırmanın yürütüldüğü dört alanda eğim farklılıklarının olmasından ötürü deneme sahaları tesadüf blokları deneme deseninde kurulmuştur.

Drenajı ve havalandırmayı kolaylaştırmak için, greyderler veya kültivatörler ile toprağı düzleştir-

mek (tesviye etmek) için yüzeysel işleme önemlidir. Bu sebeple dikim öncesi sahalar ripper ile iki yönlü sürülmüştür. Deneme alanlarının buldukları yerler hakkında bazı bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneme alanlarının bazı özellikleri
Table 2. Some characteristics of the trial sites

Deneme alanı	Bulunduğu Yer	Rakım (m)	Aylık ortalama yağış (mm)*	İklim özelliği**	Sahanın önceki durumu
Sedir Araştırma	Elmalı	1050	699	Yarı kurak-az nemli	Bozuk ardıç ve pırnal meşesi
Düdenköy	Elmalı	1300	699	Yarı kurak-az nemli	Pırnal meşesi
Asar	Yeşilkaraman	275	1053,4	Nemli	İki yıl önce sürülmüş, boş
Bük	Korkuteli	650	466,8	Yarı kurak	Çalı formda mazı meşesi, pırnal meşesi ve kızılçam gençliği

*MGM (2024), **Thornthwaite Yağış Etkinlik İndeksi (MGM, 2016)

Alan seçiminde, alanların kendi içinde homojen olmasına ve toprak parametrelerinin trüf mantarının mikorizal gelişimine uygunluğuna dikkat edilmiştir (Chevalier ve Sourzat, 2012). Her deneme alanı için seçilen 1'er hektarlık (ha) arazinin eğimi ve araziye temsil edecek noktalardan alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları (pH, tuz, total kireç, tekstür ve organik madde) yönüyle değerlendirilmiştir. Dört alana dikimler yapılmıştır (Şekil 2).

Deneme için alan seçilirken trüfün doğal yayılış alanlarında ortak nokta olan 7,5 üzeri toprak pH düzeyi göz önünde bulundurulmuştur (Tablo 3). Yazlık siyah trüf alanında fidanlar 7x5 m aralıkları ile kışlık trüf alanında ise 5x4 m aralıkları ile açılan dikim çukurlarına dikilmiştir. Her işlem grubu için aynı sayıda trüf sporu ile aşılınmayan kontrol fidanları da dikilmiştir. Kontrol parselleri ile işlem parselleri arasında tampon zon (10 m genişliğinde) bırakılmıştır.



Şekil 2. Antalya ilindeki deneme sahalarından fotoğraflar a) Sedir Araştırma Ormanı, b) Düdenköy, c) Asar, d) Bük Araştırma Ormanı
Figure 2. Photographs of trial areas within Antalya province: a) Cedar Research Forest. b) Düdenköy, c) Asar, d) Bük Research Forest

Tablo 3. Deneme alanlarının toprak özellikleri
Table 3. Soil properties of the trial areas

Deneme alanı	Derinlik (cm)	Tekstür	pH (1/2,5)	Kireç (% total)	Organik Mad. (%)	Tuzluluk EC10 25°
Asar	0-30	Balçıklı kum	8,06	82,92	2,30	0,111
Asar	30-60	Balçıklı kum	8,46	115,02	0,26	0,075
Sedir Araştırma	0-30	Kil	7,62	1,78	7,23	0,206
Sedir Araştırma	30-60	Kil	7,82	2,67	3,02	0,203
Bük	0-30	Kumlu killi balçık	7,86	2,67	3,41	0,149
Bük	30-60	Kumlu killi balçık	8,17	1,78	0,92	0,149
Düdenköy	0-30	Killi balçık	7,94	8,94	5,63	0,247

2.2.3. Dikim sonrası bakımlar

Çalışmada 2017-2018-2019 ilkbahar döneminde fidan dikim çukurunun çevresindeki yabancı otlar elle alınmış ve bu işlem sonrası küçük el kürekleri ile yüzeyel olarak (yaklaşık 5 cm derinlikte) top-

rak havalandırılmıştır. Takip eden yaz döneminde fidanlar en az ayda bir defa sulanmış, hava koşulları ve sahadaki toprağın durumu gözlenerek sulama iki defaya çıkarılmıştır. Sulama suyu miktarı fidan kök bölgesinin ıslandığı seviye gözetilerek belirlenmiştir.

2.2.4. Fidan yaşama oranlarının ve mikorizal gelişimin izlenmesi

Çalışma kapsamında; fidan yaşama oranları dikim yılından itibaren gelişim dönemi sonunda her yıl izlenmiştir. Deneme alanında dikim planı ile tüm saha taranarak yaşayan ve yaşamayan fidanlar kayda alınmıştır.

Kökte mikoriza izlenmesi işi ise 2020 yılından 2022 yılına kadar her yıl yapılmıştır. Mikorizal kök sayımı, kılcal köklerin ve bu köklerdeki mantar dokunun morfolojisine göre (Agerer, 1987-1994; Zambonelli ve ark, 2016) trüf ve diğer mikorizaların tespiti/sayımı yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Köklerin nemli kalması ve zedelenmeden taşınabilmesi için fidanın taç izdüşümü ile ana kök yakınından alınan kılcal kökler, onları saran rizosfer toprağı ile polietilen poşetlerde laboratuvara getirilmiştir. Ertesi gün ölçüm yapılmadan önce nazikçe kaba toprağından arındırılan kökler musluk suyu bekletilmiş ve toprağından arındırılmıştır.

2022 yılına kadar trüf aşılı fidanlardan her meşe türü için rastgele 3'er 5'er fidanda; 2022 yılında ise trüf aşılı tüm fidanlarda kök incelemesi yapılmış-

tır. Kök bölgesinin dört yanından olacak şekilde ve kılcal kök örnekleri alınmak suretiyle laboratuvarında stereo (40-100 kat arası büyütme (Olympus SZ)) ve binoküler mikroskop (100-400 kat büyütme (Olympus CX31)) ile incelenmiştir.

Kök incelemesi için seçilen yöntemde örnekleme yapılan bitkinin kök sistemi 2-3 cm dilimler halinde kesilmiş ve dört farklı renkte kareler içeren bir ızgara üzerinde sığ bir tepsiye yerleştirilmiştir. Bu renkler arasında rastgele bir renk seçilmiştir. Stereo mikroskop altında, bu rengin üzerinde bulunan trüfle kolonize kök uçları, kolonize olmayan ince kökler ve olası kontaminantlar kayda alınarak en az 250 kök ucu sayılmıştır (Fischer ve Colinas, 1996).

Stereo mikroskop altında incelenen köklerde trüf mikorizası ve diğer mantarların oluşturduğu mikorizalar ince bir pensle alınarak lam üzerine yerleştirilmiş, %10'luk KCl damlatılarak lamel kapatılmıştır. Mikorizal köklerin morfolojik doğrulaması; manto desenleri ile sistidya yapıları ışık mikroskopunda 10x, 40x ve 100x büyütme ile incelenerek (Şekil 3) yapılmıştır (Agerer, 1987- 1994; Agerer ve Rambold, 2004-2022). Trüf mikorizasının olmadığı tespit edilen tüm mikorizal kökler kontaminasyon olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3. a) *T. aestivum-Q.ithaburensis* stereo mikroskop görüntüsü. b) *T. aestivum-Q. ithaburensis* ışık mikroskopu görüntüsü. c) *T. melanosporum-Q. infectoria* stereo mikroskop görüntüsü. d) *T. melanosporum-Q. infectoria* stereo mikroskop görüntüsü

Figure 3. a) *T. aestivum-Q. ithaburensis* stereo microscope image. b) Light microscope image of *T. aestivum-Q. ithaburensis*. c) *T. melanosporum-Q. infectoria* stereo microscope image. d) *T. melanosporum-Q. infectoria* stereo microscope image

2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre tasarlanmış; 2 farklı yükseltide ve 4 farklı deneme alanında yürütülmüştür.

Asar hariç deneme alanlarında çok sayıda fidan kaybı olmuştur. Elde edilen verilerden sağlıklı sonuçlar üretilmeyeceği için analiz yapılmamış ve sonuçlar tanıtıcı istatistikler ile yorumlanmaya çalışılmıştır. Asar deneme alanında ise yaşama gücü nispeten yüksek bulunmuştur; ancak bu sahada da veri kayıpları söz konusudur. Kesikli verilere Logistic Regression analizi uygulanmış; analiz sonucunda çeşit, kolonizasyon ve kontaminasyonlar

arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

3. Bulgular

T. aestivum mantarının gelişebileceği en yüksek rakımlarda (1050 m) kurulan Sedir Araştırma Ormanı deneme sahasında yaşama oranlarına bakıldığında *Q. infectoria* türü %43,3 ile en yüksek yaşama oranını göstermiştir. *Q. robur* %13,3 ve *Q. ithaburensis* %6,7 yaşama oranlarını vermişlerdir. *Q. suber* ise sahada yaşayamamıştır.

T. aestivum için optimum (uygun) (275 m) rakımda kurulan Asar deneme sahasında trüf aşılı *Q. suber*'in %86,7 ile en yüksek yaşam oranına sahip

olduğu tespit edilmiştir. *Q. ithaburensis* %83,3; *Q. robur* %75,9 ve *Q. infectoria* aşılı grupta ise %62,1 oranında canlılıklarını devam ettirmişlerdir.

T. melanosporum için uygun rakımda (650 m) tesis edilen Bük Araştırma Ormanı deneme sahasında meşe fidanı türlerinden *Q. infectoria* %73,3 ile sa-

hadaki en yüksek yaşama oranına sahip grup olmuştur. *Q. ithaburensis* %16,7 ve *Q. robur* ise %10 oranında canlılığını devam ettirmişlerdir. Yüksek rakımda *T. melanosporum* ile kurulan denemede ise meşelerin yaşama oranlarına bakıldığında, *Q. infectoria* %68; *Q. ithaburensis* %16,7 ve *Q. robur* %12 sonucunu vermiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Trüf mantarı ile aşılı meşe fidanlarının beş yıl sonunda ortalama yaşama oranları
Table 4. Average survival rates of truffle-inoculated oak seedlings after five years

Aşıl原因an trüf	Meşe türü	Ortalama yaşama oranı (%)	
		Yüksek rakım	Alçak rakım
		Sedir Araştırma Ormanı	Asar
<i>T. aestivum</i>	<i>Q. robur</i>	13,3	75,9
	<i>Q. ithaburensis</i>	6,7	83,3
	<i>Q. infectoria</i>	43,3	62,1
	<i>Q. suber</i>	0	86,7
		Düdenköy	Bük Araştırma Ormanı
<i>T. melanosporum</i>	<i>Q. robur</i>	12	10
	<i>Q. ithaburensis</i>	16,7	16,7
	<i>Q. infectoria</i>	68	73,3

Trüf mantarının fidan köklerinde tutunmasının göstergesi olarak fidan kökleri rastgele örnekleme ile incelenmiştir. Yüksek rakımlı Sedir Araştırma Ormanı deneme sahasında; *T. aestivum* aşılı fidanların beşinci yılda mikoriza sayımları sonucunda

düşük miktarda trüflü kök ucu gözlenmiştir. *Q. infectoria*'da trüflü kök uçları neredeyse tamamen kaybolmuştur. *Q. robur* ve *Q. ithaburensis* fidanlarında ise sırasıyla %22,3 ve %35 oranında *T. aestivum* mikorizalı kökler tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Trüf mantarı ile aşılı meşe fidanlarının beş yıl sonunda trüf mikorizasyon oranları
Table 5. Truffle mycorrhization rates of truffle-inoculated oak seedlings after five years

Aşıl原因an trüf	Meşe türü	Dikimden 5 yıl sonra trüf mikorizasyon oranı (%)	
		Yüksek rakım	Alçak rakım
		Sedir Araştırma Ormanı	Asar
<i>T. aestivum</i>	<i>Q. robur</i>	22,3	34,2
	<i>Q. ithaburensis</i>	35,0	31,9
	<i>Q. infectoria</i>	1,0	31,5
	<i>Q. suber</i>	0	25,8
		Düdenköy	Bük Araştırma Ormanı
<i>T. melanosporum</i>	<i>Q. robur</i>	13,6	67,7
	<i>Q. ithaburensis</i>	25,5	37,2
	<i>Q. infectoria</i>	18,43	15,6

Asar deneme sahasında meşe türlerine göre *T. aestivum* mikorizasının sayımı sonucunda *Q. robur* %34,2; *Q. ithaburensis* %31,9; *Q. infectoria* %31,5 ve *Q. suber* %25,8 oranında trüflü kök uçlarına sahip olmuşlardır. *T. melanosporum* aşılı meşelerde ise yüksek rakımlı Düdenköy deneme sahasında fidan köklerinde *T. melanosporum* mikorizasının sayımı sonucunda *Q. robur* %13,6; *Q. ithaburensis* %25,5 ve *Q. infectoria*'nın %18,43 oranında trüflü kök uçlarına sahip oldukları belirlenmiştir.

Bük deneme sahasında ise fidan köklerindeki *T. melanosporum* mikorizasının sayımı sonucunda *Q. robur* %67,7; *Q. ithaburensis* %37,2 ve *Q. infec-*

toria'nın %15,6 oranında trüflü kök uçlarına sahip oldukları tespit edilmiştir.

Trüf aşılı meşelerin dikim öncesi %33 ve üzerinde trüf kolonizasyonu %10'dan düşük kontaminasyon ile sahaya aktarılmıştır. Mikorizal kök sayımlarında trüf mikorizası dışında herhangi bir mikorizal mantar ile enfekte olan kök uçları kontaminasyon olarak kayda alınmıştır (Tablo 6). Bu sayım sonuçlarına göre dikimden beş yıl sonra *T. aestivum* Asar deneme sahasında trüf aşılı meşe fidan türlerinin her birinin trüf mikorizası ile kolonizasyonunun toprakta bulunan diğer mikorizal mantarlardan baskın olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6. Trüf mantarı ile aşıllı meşe fidanlarının beş yıl sonunda kontamine mikorizasyon oranları
Table 6. Contaminated mycorrhization rates of truffle-inoculated oak seedlings after five years

Aşılanan trüf	Meşe türü	Dikimden 5 yıl sonra kontamine mikorizasyon oranı (%)	
		Yüksek rakım	Alçak rakım
		Sedir Araştırma Ormanı	Asar
<i>T. aestivum</i>	<i>Q. robur</i>	37,7	11,2
	<i>Q. ithaburensis</i>	14	12,1
	<i>Q. infectoria</i>	17,3	10,4
	<i>Q. suber</i>	0	9,61
<i>T. melanosporum</i>		Düdenköy	Bük Araştırma Ormanı
	<i>Q. robur</i>	14,6	9,33
	<i>Q. ithaburensis</i>	15,2	39,2
	<i>Q. infectoria</i>	26,1	25,9

Yüksek rakım denemesi Sedir Araştırma Ormanında *Q. robur* ile *Q. infectoria* fidan köklerindeki *T. aestivum* mikorizalarının diğer mikorizal mantarlarca baskılanmakta olduğu hatta *Q. infectoria* köklerinde trüf mikorizasının neredeyse kaybolduğu görülmüştür. *T. melanosporum* denemelerinde Bük'te *Q. robur* fidan köklerinde 5 yılın sonunda trüf mikorizası baskın kalmış, Düdenköy denemesinde ise *Q. ithaburensis* kontamine mantarlardan daha yüksek oranda kökte trüfle mikorizasyona sahip olmuştur.

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmanın sonuçlarına göre sahaya dikilen dört meşe türünden üç tanesi Asar deneme alanında en yüksek yaşama oranlarına sahip olmuştur. Asar sahasında %83,3 yaşayan *T. aestivum* aşıllı *Q. ithaburensis* fidanlarının palamutları Asar yöresinde yetişen bireylerden toplanarak fidanlıkta yetiştirmeye alınmıştır. Sahaya uyumlu olan bu türün yaşama oranının yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Benzer olarak *Q. infectoria* nın doğal yayılışının olduğu Bük Araştırma Ormanındaki denemede *Q. infectoria* fidanları %73,3 ile en yüksek yaşama oranını göstermiştir. *Q. infectoria*, deneme sahası olarak tüm meşe türleri için en düşük yaşama oranının belirlendiği Sedir Araştırma Ormanına %43,3 yaşama oranı ile en iyi uyum sağlayan tür olmuştur. Alçak ve yüksek rakım olarak seçilen dört sahada %43,3-%73,3 aralığında yaşama oranı göstermesi türün bölgede denenen iki rakımda konukçu olarak tercih edilebileceğini göstermektedir.

Dört deneme alanında en yüksek yaşama oranı Asar denemesinde %86,7 olarak *T. aestivum* aşıllı *Q. suber* fidanlarında tespit edilmiştir. Yüksek zondaki Sedir Araştırma Ormanında ise *Q. suber* tamamen kaybolmuştur. Sedir Araştırma Ormanındaki denemesinde taşlılık ve kil miktarı yük-

sektir ve saha yüksek rakımda karasal ikliminin etkisi altındadır. Nitekim sahaya dikilen meşe türlerinden *Q. suber* Kuzey Afrika ve Avrupa'da düşük rakımlı kıyı bölgelerde yayılış göstermektedir (Gil ve Varela, 2008). Dolayısıyla Sedir Araştırma Ormanındaki sahada iklimden ötürü yaşama imkânı olmamıştır. Çünkü bu sahaya dikilen *Q. robur* ve *Q. ithaburensis* taşlı topraklara *Q. infectoria* kadar dayanıklı değildirler (Öztürk, 2013).

Trüf mantarının OGM fidanlıklarında meşe ile aşılandığı ilk yıllarda en fazla üretimi yapılan meşe türü olduğu için denemeye dahil edilen *Q. robur* alçak rakımlı Asar deneme sahasında %75,9 yaşama oranını verirken, diğer üç sahada %10-%13,3 ile düşük bir uyum göstermiştir. Nitekim *Q. robur* derinliğin fazla olduğu alüvyal topraklarda, yamaç eteklerinde, taban suyu yüksek düzlük alanlardaki bir türdür. Özellikle nemli veya ıslak, besin maddelerince zengin topraklarda ve büyük nehirler boyunca, geniş subasar ormanlarında da bulunur (Saatçioğlu, 1979). Türün zamanla büyük çap yaparak artacak olan su ihtiyacının, çalışma alanlarımızda karşılanması güç olduğu için ileride bu yörede ve bunun gibi yarı kurak bölgelerde yapılacak trüf ağaçlandırmaları için uygun olmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışma ile kurulan dört deneme sahasında kültür tekniklerinden dikim öncesi toprak işleme ve dikimi takip eden ilk yıllarda yabancı ot temizliği yapılmıştır. Yapılan sulama kültür tekniği düzeninde olmamıştır. Seçilen dört sahada trüfün alkali toprak ihtiyacı göz önünde bulundurulmuş olup dört sahanın toprak pH'sı 7'nin üzerindedir. *T. aestivum* ve *T. melanosporum* için belirlenen iki yüksek rakım denemesi iklim açısından ekstrem sahalara olarak seçilmiştir. Trüfün yetiştirilme başarısında ekolojik faktörler (abiyotik iklim ve biyolojik çevresel faktörler) mikorizal gelişimin deva-

mının ve trüf veriminin anahtar noktasıdır (Stobbe ve ark, 2013). Dolayısıyla çalışmamızda mikorizal kolonizasyon değerleri büyük oranda mevcut ekolojik faktörlerin trüf mantarına uygunluk değerleri olarak görülmüştür.

Denizli Orman Fidanlığı'nda trüf ile aşıl原因an meşe fidanlarının dikimden önce trüf kolonizasyonları incelenmiş ve %33'ten fazla trüf kolonizasyonuna sahip fidan serileri sahalara aktarılmıştır. Beram ve ark. (2022), aynı fidanlıkta yaptıkları çalışmada *T. aestivum* aşılı *Q. robur* fidanlarının köklerindeki trüf kolonizasyonunu %55 olarak tespit etmişlerdir.

Fidanlıkta kontrollü serada ve steril yetiştirme ortamında üretilen bu fidanlar sahaya dikimle beraber yeni bir mikrobiyal çevreye ve farklı bir iklim ortamına girmiş olmaktadır. Trüf yetiştirme yerinin seçiminde sahanın geçmişi rekabetçi mantar bakımından ipucu vermektedir. Yerel ortama uyum sağlayan rekabetçi ektomikorizal mantar türleri, özellikle yeni gelişen fidan köklerinde daha savunmasız olan aşıl原因an mantarı kökten uzaklaştırabilir (Águeda ve ark., 2010).

Moleküler tekniklere dayanan bir çalışma ise 5 yaşındaki *T. melanosporum* ile aşıl原因anmış *Q. ilex* ağaçlarını çevreleyen *Q. ilex* ormanının, ormana yakın olduklarında bu ağaçların toprağında trüf mantarının miselyumunun büyümesine zarar vermeden ve *T. melanosporum* olmayan ektomikorizaların göreceli olarak bolluğunu arttırdığını göstermiştir (Oliach ve ark., 2020).

İtalya'da 24 yıllık *T. aestivum* bahçesinde bulunan 10 adet verimli fındık ve gürgen ağaçlarında yapılan kök örneklemelerinin analizi sonucunda yaz trüfünün tüm verimli ağaçlardan elde edilen örneklerinin %40'ında kolonize olduğu ve tüm *T. aestivum* mikorizalarının her zaman diğer ektomikorizal türlerle birlikte olduğu bildirilmiştir (Benucci ve ark, 2011).

Deneme sahalalarının tümü orman içinde oluşturulan boşluklara kurulmuştur. Dolayısı ile çalışmamızın yapıldığı deneme sahalalarında rekabetçi ektomikorizal mantarların varlığı göz ardı edilememektedir. Bük Araştırma Ormanındaki *Q. ithaburensis* köklerinde %39,2 ve *Q. infectoria* köklerinde %25,9 oranında trüf dışı ektomikorizal mantar kolonizasyonu tespit edilmiştir. Sedir Araştırma Ormanı sahasındaki *Q. robur* köklerinde %37,7; Düdenköy sahasındaki *Q. infectoria* köklerinde %26,1 oranında trüf dışı ektomikorizal mantar sayılmıştır. Bu oranlar ise söz konusu fidanların köklerindeki trüf kolonizasyonlarından yüksektir.

Rizosfer toprağındaki abiyotik ortamın trüf için uygun olup olmaması da trüfün kökte kalma oranında belirlemektedir. Toprak nemi ve sıcaklık koşulları kök gelişimi için uygun olduğu zaman topraktaki propagüllerden gelen mantarlar tarafından kök uçları üçte ikisi mantarlar kolonize olarak büyür (Bowen ve Rovira, 1976). Yeni ortamda rekabetçi olan mantarlar zamanla yeni oluşan kılcal köklere kolonize olmaktadır. Dolayısıyla mevcut durumu trüf mantarının lehine çevirmek amacıyla malçlama ve uygun sulama rejiminin uygulanması rekabetçi türleri baskılamak için kullanılan yöntemlerdendir (Zambonelli ve ark., 2005). Bunlara ek olarak İspanyol Kuyusu Yöntemi ile fidanların çevresine açılan çukurlara aşıl原因an trüf türünün sporları eklenerek rekabetçi funguslar baskılanabilir. Bu yöntem aynı zamanda trüfün üretiminde devamlılık ve verimin artışında İspanya'da kurulan ticari trüf bahçelerindeki düzenli bakım işlelerinden biridir (Fisher, 2017).

Amerika Birleşik Devletleri'nde (*Quercus bicolor* x *Q. robur*) hibrit meşelerine *T. aestivum* aşıl原因anması ile kurulan deneme bahçesinde 6. yıl sonunda kökte *T. aestivum* kolonizasyonunun %0,7 ile %19,8 arasında (ortalama \pm standart sapma, $5,11 \pm 4,53$) olduğu ve bahçenin son ölçüm yılında üretime geçmediği bildirilmiştir (Bruhn ve ark. 2013). Yapılacak araştırmalarda bu faaliyetlerin de denemeye alınması yeni kurulacak trüf ağaçlandırmalarında köklerdeki trüf ve yabancı mantar kolonizasyonuna etkisinin değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Macaristan'da yapılan bir çalışmaya göre iki trüf ağaçlandırma sahasında 6 yıllık *Q. cerris* ağaçlandırmasında %43,36 ve 18 yıllık *Q. pubescens* ağaçlandırmasında ise %34,2 *T. melanosporum* kolonizasyonu tespit edilmiştir (Habtariam ve ark., 2023).

Çalışmamızda trüf mikorizaları kökte en düşük %33 kolonizasyon ile sahaya aktarıldıktan beş yıl sonra köklerde %0 ila %67,7 arasında kolonizasyon göstermişlerdir. Asar sahasındaki *T. aestivum* kolonizasyonları diğer sahalara göre daha homojen olarak %34,2-%25,8 sonuç göstermiştir. Bu sahada %12,1-%9,61 rekabetçi mantar oranındaki homojenlik de dikkat çekmiştir. Bük Araştırma Sahasındaki *T. melanosporum* kolonizasyonu ise %67,7-%15,6 oranlarındadır. Beş yılın sonunda %67,7 gibi yüksek oranda kolonizasyon gösteren fidanların yetişmesi bu sahada da trüfe uygun kültürel işlerin (malçlama ve spor ile besleme gibi) yapılmasıyla verime geçilebileceğinin göstergesidir.

Yüksek rakımlı Düdenköy ve Sedir Araştırma Ormanı sahalarındaki *Q. ithaburensis* fidanları diğer türlerden ayrılarak %35-%25,5 oranlarında

trüf kolonizasyonunu korumuştur. Diğer türler ise %0 -%22,3 aralığında trüf kolonizasyonu ve trüf kolonizasyonundan daha yüksek kontaminasyon oranı göstermiştir. Bu sonuç, sahada ekstrem iklim koşulları olsa dahi trüfün rekabet gücünün meşe türünün doğru seçimi ile tolere edilebileceğini düşündürmüştür.

Asar örneğinde tespit ettiğimiz trüf kolonizasyonunun homojenitesi, konukçu meşelerin yaşama güçlerinin diğer sahalarda görülmemesinin, denenen türler için yer seçiminin önemini göstermektedir. Asar'da toprağın alkali seviyesinin yanında yüksek kireçli olması, sahanın dikimden önceki yıllarda sürülüp temizlenmiş olması ve kum ihtiva eden geçirgen yapıdaki tekstürü meşelerin yıllar içinde kökte trüf mantarını tutma başarısına olumlu etki yaptığını akla getirmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında Asar deneme alanının hem sahaya aktarılan meşe türleri hem de köklerdeki trüf türü için uygun bir arazi olduğu; insan baskısının önlenbilir ve düzenli bir sulama rejimi var olduğunda dikilen dört meşe türü ile trüf yetiştiriciliğinin uygulamada olumlu sonuçlar vereceğini göstermektedir.

Q.suber türünün yöreye uyum gücü de dikkate değer bir bulgudur. Batı Akdeniz Bölümü'ndeki ekstrem sahalara aktarılacak aşılı fidanların kapsamına *Q. ithaburensis*'in de eklenmesi uygun olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Orman Genel Müdürlüğü'ne ait Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü tarafından desteklenmiştir (Proje numarası: 19.7715/2015-2022).

Yazarların Katkıları

Anafikir/Planlama-Ö. Denli, H. İ. Yolcu, A. Çobanoğlu, Veri toplama/İşleme-Ö. Denli, M. Masun, N. Cılız, Veri analizi ve Yorumlama- H. İ. Yolcu, Ö. Denli, Literatür taraması-Ö. Denli, Yazım-Ö. Denli, Gözden geçirme ve düzeltme-H. İ. Yolcu, Ö. Denli, Danışmanlık-.

Kaynaklar

Agerer, R. 1987-1994. Colour atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag. ISBN: 3921703778, 9783921703779

Agerer, R., Rambold, G., 2004-2022. DEEMY—an information system for characterization and determination of ectomycorrhizae. München, Germany. Retrieved from (deemy.de)

Águeda, B., Fernández-Toirán, L.M., Miguel, A.M., Martínez-Peña, F., 2010. Ectomycorrhizal status of a mature productive black truffle plantation. *Forest Systems*, 19: 89-97. doi: 10.5424/fs/2010191-01170

Bajaj, S. R., Marathe, S. J., Grebenc, T., Zambonelli, A., Shamekh, S., 2021. First report of European truffle ectomycorrhiza in the semi-arid climate of Saudi Arabia. *3 Biotech*, 11(1): 24. doi: 10.1007/s13205-020-02559-w

Bekiroğlu Öztürk, S., Akgün, T., Şahin, A., Özer, G., 2023. Baltalık ormanların koruya dönüştürülmesinin orman köylüsünün sosyoekonomik yapısı üzerine etkileri: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü örneği. *Ormancılık Araştırma Dergisi*. 10 (Özel Sayı): 140-162

Benucci, G. M. N., Raggi, L., Albertini, E., Grebenc, T., Bencivenga, M., Falcinelli, M., Di Massimo, G., 2011. Ectomycorrhizal communities in a productive *Tuber aestivum* Vittad. orchard: Composition, host influence and species replacement. *FEMS Microbiology Ecology*, 76(1): 170-184. doi: 10.1111/j.1574-6941.2010.01039.x

Beram, R. C., Mahsun, M., Lehtijarvi, H., 2022. Comparison of mycorrhizal colonization success in Oak species inoculated with *Tuber aestivum* Vitt. and *Tuber borchii* Vitt. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18(2): 405-420

Bowen, G.D., Rovira, A.D., 1976. Microbial colonization of plant roots. *Annual Review of Phytopathology* 14: 121-144

Bruhn, J. N., Mihail, J. D., Pruett, G. E., 2013. Truffle seedling production method has long-term consequences for tree growth and root colonization. *Agroforestry Systems*, 87(3): 679-688. doi: 10.1007/s10457-012-9588-3

Chevalier, G., Pargney, J. C., 2014. Empirical or rational truffle cultivation? It is time to choose. *Forest Systems*, 23(2): 378-384. doi: 10.5424/fs/2014232-04964

Chevalier, G., Sourzat, P., 2012. Soils and Techniques for Cultivating *Tuber melanosporum* and *Tuber aestivum* in Europe. *Şu eserde: A. Zambonelli & G. M. Bonito (Eds.), Edible Ectomycorrhizal Mushrooms: Current Knowledge and Future Prospects* (p. 163-189). Springer-Berlin Heidelberg

Fischer, C., Colinas, C., 1996. Methodology for Certification of *Quercus ilex* seedlings inoculated with *Tuber melanosporum* for Commercial application. Presented at the 1st International Conference in Mycorrhizae, California

Fischer, C., Oliach, D., Bonet, J., Colinas, C., 2017. Best Practices For Cultivation of Truffles “Best Practices For Cultivation Of Truffles”. Forest Sciences Centre of Catalonia, Solsona, Spain. Yaşama Dair Vakıf, Antalya, Turkey. ISBN: 978-84-697-8163-0

Habtemariam, A.A., Cseh, P., Bratek, Z., 2023. European *Tuber melanosporum* plantations: adaptation status in Hungary, mycorrhizal level, and first ascocarp detection in two truffle orchards. *Biologia Futura*, 74 (4): 507-517. <https://doi.org/10.1007/s42977-023-00189-w>

Gil, L., Varela, M. C., 2008. Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use _Cork Oak. EUFORGEN, Rome, Italy

- Hall, I., 2007. Taming the truffle. Timber Press, Portland, OR, 2016
- Hawker, L. E., 1955. Hypogeous fungi. *Biological Reviews*, 30(2): 127-158. doi: 10.1111/j.1469-185X.1955.tb01578.x
- Huss, J., Kahveci, O., 2009. Türkiye’de Doğaya Yakın Orman İşletmeciliği. Freiburg – OGEM Vak. yayını, Ankara
- Iotti, M., Piattoni, F., Zambonelli, A., 2012. Techniques for Host Plant Inoculation with Truffles and Other Edible Ectomycorrhizal Mushrooms. *Şu eserde: A. Zambonelli & G. M. Bonito (Eds.), Edible Ectomycorrhizal Mushrooms: Current Knowledge and Future Prospects (p. 145-161). Springer- Berlin Heidelberg*
- MGM, 2016. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Thorntwhait İklım Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi, Ankara
- MGM, 2024, mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA (Ziyaret tarihi 07.06.2024)
- OGM, 2014. Orman Genel Müdürlüğü. Trüf Ormanı Eylem Planı (2014-2018). Ankara
- OGM, 2020. Trüf Mantarı Bahçe (Trüferi) Tesisi Projesi Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. Ankara
- OGM, 2022. Trüf Ormanı Eylem Planı (2022-2026). Ankara
- OGM, 2023. Orman Genel Müdürlüğü 2023 Faaliyet Raporu. ogm.gov.tr/faaliyet-raporu (Ziyaret tarihi. 07.06.2024)
- Oliach, D., Colinas, C., Castaño, C., Fischer, C.R., Bolaño, F., Bonet, J. A., Oliva, J., 2020. The influence of forest surroundings on the soil fungal community of black truffle (*Tuber melanosporum*) plantations. *Forest Ecology and Management*, 469: 118199. 10.1016/j.foreco.2020.118199
- Oliach, D., Vidale, E., Brenko, A., Marois, O., Andrighetto, N., Stara, K., Bonet, J. A., 2021. Truffle market evolution: An application of the Delphi Method. *Forests*, 12(9): 1174. Retrieved from mdpi.com/1999-4907/12/9/1174
- Öztürk, S., 2013. Türkiye Meşeleri Teşhis ve Tanı Kılavuzu.: Orman Genel Müdürlüğü. Ankara
- Saatçioğlu, F., 1979. Silvikültür Tekniği II. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2490. Orman Fakültesi Yayın No: 268, İstanbul
- Schaich, H., Kizos, T., Schneider, S., Plieninger, T., 2015. Land change in Eastern Mediterranean wood-pasture landscapes: The case of deciduous oak woodlands in Lesvos (Greece). *Environmental Management*, 56: 110-126
- Sourzat, P., Genola, L., Saenz, W., Brunet, E., 2015. L’expérimentation en trufficulture Contrats Etat-Régions, 2007-2014, Expérimentation trufficole en Midi-Pyrénées, FFT Paris.
- Stobbe, U., Egli, S.B., Tegel, W., Peter, M., Sproll, L., Büntgen, U., 2013. Potential and limitations of Burgundy truffle cultivation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 5215- 5224
- Şen, I., 2022. Trüf Kültürasyonunda Arazi Seçimi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10, 1258-1263. doi:10.24925/turjaf.v10i7.1258-1263.5189
- Zambonelli, A., Iotti, M., Hall, I., 2015. Current status of truffle cultivation: Recent results and future perspectives. *Italian Journal of Mycology*, 44(1): 31-40. doi: 10.6092/issn.2465-311X/5593
- Zambonelli, A., Iotti, M., Zinoni, F., Dallavalle, E., Hall, I., 2005. Effect of mulching on *Tuber uncinatum* ectomycorrhizas in an experimental truffière. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 33: 65-73. doi: 10.1080/01140671.2005.9514332
- Zambonelli, A.; Iotti, M.; Murat, C., 2016. True Truffle (*Tuber spp.*) in the World: Soil Ecology, Systematics and Biochemistry; Soil Biology; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, Volume 47.