



Farklı Yetiştirme Ortamlarına Uygulanan Mikrobiyal Karışımın Anadolu Kestanesinde (*Castanea sativa* Mill.) Fidan Kalitesi Üzerine Etkileri

Effects of Microbial Mixture Applied to Different
Growing Media on Seedling Quality in Anatolian
Chestnut (*Castanea sativa* Mill.)

Yasemin ZENGİN¹, Aysun PEKŞEN², Asuman İlkay KARGIDAN³,
Özge DENLİ⁴, Hülya TURNA⁵

¹Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon
· yaseminzengin@ogm.gov.tr · ORCID > 0000-0002-5349-4388

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun
· aysunp@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-9601-5041

³Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon
· asumanilkaykargidan@ogm.gov.tr · ORCID > 0000-0003-3469-3522

⁴Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya
· ozgedenli@ogm.gov.tr · ORCID > 0000-0002-6968-1452

⁵Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon
· hulyaturna@ogm.gov.tr · ORCID > 0009-0001-0067-1520

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 05 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 29 Nisan/April 2024

Yıl/Year: 2024 | Cilt-Volume: 39 | Sayı-Issue: 2 | Sayfa/Pages: 381-400

Atıf/Cite as: Zengin, Y., Pekşen, A., Kargıdan, A.İ., Denli, Ö., Turna, H. "Farklı Yetiştirme Ortamlarına Uygulanan Mikrobiyal Karışımın Anadolu Kestanesinde (*Castanea sativa* Mill.) Fidan Kalitesi Üzerine Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(2), Haziran 2024: 381-400.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aysun PEKŞEN

FARKLI YETİŞTİRME ORTAMLARINA UYGULANAN MİKROBİYAL KARIŞIMIN ANADOLU KESTANESİNDE (*Castanea sativa* MİLL.) FİDAN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada farklı yetiştirme ortamlarına uygulanan *Rhizopogon*, *Glomus*, *Trichoderma* ve *Pseudomonas* cinslerine ait mikroorganizmalardan hazırlanmış ticari mikrobiyal karışım uygulamasının Anadolu kestanesi fidanının yaşama oranı ve bazı morfolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca, Anadolu kestane fidanlarında mikoriza aşılama etkinliği ve mikorizal enfeksiyon oranı belirlenmiştir. Çalışmada, herhangi bir işlem ve sterilizasyon uygulanmayan kontrol (M-), sterilizasyon işlemi (S) ve mikrobiyal karışım uygulaması olmak üzere 3 işlem ile orman toprağı, torf, orman toprağı+torf (1:1, v/v) ve kestane toprağı olmak üzere 4 farklı yetiştirme ortamı denenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; fidan boyu 17.07-22.20 cm, kök boğazı çapı 5.33-7.07 mm, fidan boyunun kök boğazı çapına oranı (gürbüzlük indisi) 28.60-37.20, sürgün yaş ağırlığı 3.32-5.90 g, kök yaş ağırlığı 4.70-9.07 g, toplam fidan yaş ağırlığı 8.32-13.42 g, sürgün kuru ağırlığı 1.72-3.23 g, kök kuru ağırlığı 1.87-5.55 g, toplam fidan kuru ağırlığı 3.80-8.43 g, katlılık indisi 0.34-1.04, Dickson kalite indeksi 0.80-2.22, ortalama enfeksiyon oranı %16.17-31.25 ve fidan yaşama oranları %94.37-98.61 aralığında bulunmuştur. Mikorizal aşılama etkinliği en düşük (%2.38) mikrobiyal karışım uygulanan kestane toprağında, en yüksek (%29.54) mikrobiyal karışım uygulanan torf ortamında tespit edilmiştir. Mikorizalı mikrobiyal karışım uygulanan ortamların mikorizal enfeksiyon oranı (%30.88), herhangi bir işlem uygulanmayan ortamların enfeksiyon oranından (%14.46) istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında en yüksek mikorizal enfeksiyon oranı, aralarında istatistiksel fark olmayan torf (%31.25) ve orman toprağında (%26.25) tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağı ve mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağı:torf (v:v; 1:1) ortamında fidan yetiştirmenin kestane fidan gelişimi bakımından uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anadolu Kestanesi, Mikorizal Aşılama Etkinliği, Enfeksiyon Oranı, Morfolojik Özellikler.



EFFECTS OF MICROBIAL MIXTURE APPLIED TO DIFFERENT GROWING MEDIA ON SEEDLING QUALITY IN ANATOLIAN CHESTNUT (*Castanea sativa* MILL.)

ABSTRACT

In this study, the effects of a commercial microbial mixture, prepared from microorganisms belonging to the *Rhizopogon*, *Glomus*, *Trichoderma*, and *Pseudomonas* genera, applied to different growing media on the survival rate and some morphological characteristics of Anatolian chestnut seedlings were examined. Additionally, mycorrhizal inoculation efficiency and mycorrhizal infection rate were determined in Anatolian chestnut seedlings. In the study, three treatments including the control treatment without any process and sterilization (M-), sterilization process (S), and application of microbial mixture (M+), and 4 different growing media as forest soil, peat, forest soil + peat (1:1, v/v) and chestnut soil were tested. In the study; seedling height 17.07-22.20 cm, root collar diameter 5.33-7.07 mm, seedling height to root collar diameter ratio (the sturdiness index) 28.60-37.20, shoot fresh weight 3.32-5.90 g, root fresh weight 4.70-9.07 g, total seedling fresh weight 8.32-13.42 g, shoot dry weight 1.72-3.23 g, root dry weight 1.87-5.55 g, total seedling dry weight 3.80-8.43 g, shoot-root ratio 0.34-1.04, Dickson quality index 0.80-2.22, average infection ratios 16.17-31.25%, average seedling survival rate 94.37-98.61% were determined. Mycorrhizal inoculation efficiency was found to be the lowest (2.38%) in the chestnut soil where the microbial mixture was applied and the highest (29.54%) in the peat medium where the microbial mixture was applied. The mycorrhizal infection rate of the media where the mycorrhizal microbial mixture was applied (30.88%) was significantly higher than that of the media without any treatment (14.46%). When the growing media were compared, the highest mycorrhizal infection rate was detected in peat (31.25%) and forest soil (26.25%), with no statistical difference. In this study, it was determined that growing seedlings in microbial mixture applied forest soil and microbial mixture applied forest soil:peat (v:v; 1:1) media are suitable for chestnut seedling development.

Keywords: Anatolian Chestnut, Mycorrhizal Inoculation Efficiency, Infection Rate, Morphological Characteristics.



1. GİRİŞ

Türkiye’de ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan fidanların tamamına yakını Orman Genel Müdürlüğü fidanlıklarında üretilmektedir (Parlak ve Güner, 2017). Türkiye’nin önemli orman ağacı türlerinden biri de kestanedir. Orman amenajman planlarına göre kestane ormanları yaklaşık 81.232 ha alanda yayılış göstermektedir (OGM, 2020). Dünyada *Castanea* cinsinin 9 türü bulunmaktadır. *Castanea* cinsinin ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren tek türü *Castanea sativa* Mill. (Anadolu kestanesi)’dir (Tuttu ve ark., 2021). Anadolu kestanesi, çok çeşitli kullanım alanları nedeniyle ekonomik değeri yüksek bir türdür ve orman köylüsünün önemli geçim kaynakları arasındadır. Kerestesi yanında meyveleri gıda olarak tüketilmekte ve sanayide farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Odun ve kabuğundan dericilikte kullanılan tanen maddesi elde edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996). Yoğun çiçeklerinden dolayı bal ormanlarının kurulmasında kullanılan ve çiçeklerinden çay yapılan ağaç türlerindedir. Kestane ormanları, uzun yıllar hem dünyada hem de ülkemizde abiyotik ve biyotik sorunlarla karşı karşıyadır. Biyotik sorunların başında kestane kanseri, mürekkep hastalığı, *Phytophthora* kök ve kök boğazı çürüklüğü, tomurcuklarda gal arısı, meyvelerde kestane iç kurdu ve kirpi güvesi gibi etmenler sayılabilir (Akyüz ve Serdar, 2020). Bu hastalık ve zararlılar nedeniyle IPGRI, FAO ve WWF gibi kuruluşlar tarafından nesli tehlikede olan türler sınıfında yer almaktadır. Bu yüzden Anadolu kestanesi türünde sağlıklı ve iyi gelişmiş fidanlar yetiştirmek büyük önem taşımaktadır. Fidan üretim aşamasında yaşanan kayıplar en önemli sorunlardan biridir. Bu sorunların başında fidanlık topraklarının istenilen özellikleri taşınamaması gelmektedir. Tarım alanlarında olduğu gibi orman fidanlıklarında da kimyasal gübre kullanımı, toprağın doğal yapısını bozmaktadır. Yetiştirme ortamı, fidan kalitesini ve üretilen fidanın ağaçlandırma faaliyetlerindeki başarısını önemli oranda etkilemektedir. Ayrıca son yıllarda fidanlıklarda stres koşullarına dayanıklılığı, fidan kalitesini ve sayısını artırmak amacıyla biyolojik ve doğal materyaller kullanılmaktadır (Ayan ve ark., 2021).

Günümüzde bitkisel üretimde değişik canlı gruplarının kullanımı giderek artış göstermektedir (Koide ve Mosse, 2004). Mikroorganizmaların kimyasal gübreler ve pestisitlerin oluşturduğu problemleri çözmeye alternatif olarak kullanılmaları oldukça yaygındır (Berg, 2009). Mikoriza ile ilgili çalışmalar özellikle son 30-40 yıl içerisinde hız kazanmıştır. Bu dönem içerisinde özellikle bahçe bitkileri yetiştiriciliğine ve tek yıllık bitkilere yönelik çalışmalara sıkça rastlanmaktadır. Ormancılıkta kullanımı konusunda yapılan çalışmalar ise sınırlıdır. Özellikle orman fidanlıklarında mikorizal aşılamanın kullanımı yeni bir uygulamadır ve Türkiye’de bu konu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Pırlak (2012) *Glomus caledonium* ve *G. clarium* mikoriza aşılamanın *Laurus nobilis* (defne) ve *Ceratonia siliqua* (keçi-boynuzu) türlerinde fidan gelişimi ve yaz kuraklığından sonra fidan yaşam oranları üzerine etkisini incelemiştir. Diğer taraftan bazı orman fidanlıklarımızda saçlı

meşe (*Quercus cerris*), karaçam (*Pinus nigra*), Toros sediri (*Cedrus libani*) ve boylu ardıç (*Juniperus excelsa*) türlerinde fidan yetiştirme üzerine mikorizaların etkisi konularında araştırmalar yapılmıştır (Tüfekçi ve ark., 2016; Parlak ve Güner, 2017; Toprak ve ark., 2017; Toprak ve ark., 2018; Denli ve ark., 2020). Yapılan çalışma sonuçları; mikorizaların fidanların sağlıklı ve güçlü kökler oluşturmasında, iyi bir büyüme ve gelişme sağlamasında, strese karşı dayanıklılıkta çok önemli rol oynadığını göstermektedir (Pera ve ark., 1999; Baum ve ark., 2002; Dunabeitia ve ark., 2004; Kibar ve Pekşen, 2007; Tsimilli-Michael ve Strasser, 2008).

Trichoderma türleri, üzerinde en fazla çalışılan ve mikrobiyal biyokontrol ajanı olarak kullanılan fungus türlerinden biridir (Özkale, 2017). Dünyada *Trichoderma* temelli ticari preparatlar, bitki patojenlerine karşı ürün korunmasında ve bitki büyüme veya verimliliğini artırma amaçlı kullanılmaktadır. Özellikle *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* ve *Sclerotinia* türleri gibi bitki patojenlerine karşı kullanılmaktadır (Aydın, 2015). Bazı *Trichoderma* türleri iyi bir antagonistik yeteneğe sahiptir (Kredics ve ark., 2003). Bitkisel üretimde *Pseudomonas* bakterileri de biyolojik ajan ve biyogübre olarak kullanılmakta olup, büyümeyi teşvik ettiği, verim ve kalite artışı sağladığı bildirilmektedir (İpek ve ark., 2014; Atılğan ve ark., 2019). Tayal ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada *Fusarium oxysporum* ile enfekte edilmiş domates bitkilerinde hastalık yayılımını kontrol etmede *Glomus fasciculatum*, *Trichoderma viride* ve *Pseudomonas fluorescens*'in tek başına ve kombinasyon halinde etkinliği araştırılmıştır. Çalışmada 3 biyokontrol ajanının bir arada kombinasyonunun domates bitkilerinde büyümeyi desteklediği ve hastalıkları %94'e kadar engellediği belirlenmiştir. Yadav ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada *G. mosseae* + *A. laevis* + *T. viride* + *P. fluorescens* kombinasyonu ile ayçiçeğinde yapılan aşılama sonucunda bitki boyu, sürgün biyokütlesi gibi incelenen tüm büyüme parametrelerinde maksimum artış elde edildiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada Anadolu kestanesi tohumlarına uygulanan mikrobiyal karışım uygulamasının ve farklı yetiştirme ortamlarının (torf, orman toprağı, orman toprağı+torf (1:1, v/v) ve kestone toprağı) fidanların bazı morfolojik özellikleri, fidan yaşama oranı, mikorizal aşılama etkinliği (MAE) ve mikoriza enfeksiyon oranları üzerine etkisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda orman fidanlıklarında mikrobiyal karışımli fidan üretimi konusunda bilimsel veri üretilmesine ve tecrübe oluşmasına katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma, Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü serasında yürütülmüştür. Denemede elde edilen fidanlarda mikoriza enfeksiyon teşhisi Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) tohumları ekim ayında Pazar Orman İşletme Müdürlüğü Ardeşen İşletme şefliği tohum meşceresinden temin edilmiştir. Yetiştirme materyali olarak kullanılacak olan orman toprağı Of Fidanlığından, kestone toprağı Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Tonya Orman İşletme Şefliği Kale Mevkiinden, torf ise ticari bir firmadan temin edilmiştir.

Kullanılan ticari mikrobiyal karışımın içeriğı Çizelge 1’de verilmiştir. Ticari mikrobiyal karışım içinde ektomikoriza grubundan 3 adet *Rhizopogon* türü, arbüsküler mikoriza olan 3 adet *Glomus* türü, saprofit mantar olan 3 adet *Trichoderma* türü ve bakteri olan 2 adet *Pseudomonas* türü bulunmaktadır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan mikrobiyal karışımın içeriğı

Table 1. Content of the microbial mixture used in the experiment

Mikrobiyal Karışım	Mikroorganizma Grupları	Miktar
<i>Rhizopogon villosulus</i>	Ektomikoriza	118 Prop mL ⁻¹
<i>Rhizopogon amylopogon</i>	Ektomikoriza	116 Prop mL ⁻¹
<i>Rhizopogon fulvigleba</i>	Ektomikoriza	127 Prop mL ⁻¹
<i>Glomus intraradices</i>	Arbüsküler Mikoriza	78 Prop mL ⁻¹
<i>Glomus aggregatum</i>	Arbüsküler Mikoriza	78 Prop mL ⁻¹
<i>Glomus mosseae</i>	Arbüsküler Mikoriza	78 Prop mL ⁻¹
<i>Trichoderma kongii</i>	Saprofit mantar	2.500.000 cfu mL ⁻¹
<i>Trichoderma viride</i>	Saprofit mantar	3.000.000 cfu mL ⁻¹
<i>Trichoderma harzianum</i>	Saprofit mantar	50.000.000 cfu mL ⁻¹
<i>Pseudomonas putida</i>	Bakteri	100.000 cfu mL ⁻¹
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Bakteri	25.000 cfu mL ⁻¹

2.2. Yöntem

Çalışmada kontrol (M-) (herhangi bir işlem ve sterilizasyon uygulanmayan), sterilizasyon işlemi (S) ve mikrobiyal preparat uygulaması (M+) olmak üzere 3 işlem ele alınmıştır. Yetiştirme ortamı olarak torf (T), orman toprağı (O), orman toprağı+torf (1:1, v/v) (OT) ve kestone toprağı (K) kullanılmıştır. Çalışmada işlem ve yetiştirme toprağı kombinasyonu olarak 12 uygulama incelenmiştir. Sterilizasyon işlemi için yetiştirme ortamları 121°C’de 1.5 saat otoklav edilmiştir. Yetiştirme materyallerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü toprak laboratuvarında belirlenmiştir. Toprak analizlerine ait sonuçlar Çizelge 2’de, torfla hazırlanan ortamların analizlerine ait sonuçlar ise Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri**Table 2.** Physical and chemical properties of the soils used in the experiment

Ortam	Fiziksel Analiz				Kimyasal Analiz			
	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Tekstür	pH (1/2.5)	CaCO ₃ (%)	Organik Madde (%)	ECx10 ⁰ 25°C (mS cm ⁻¹)
K	65	16	19	Kumlu Balçık	5.9	0	5.6	0.04
SK	64	16	20	Kumlu Balçık	4.8	0	3.9	0.03
O	61	18	21	Kumlu Balçık	4.7	0	22.0	0.03
SO	57	20	23	Kumlu Killi Balçık	4.6	0	21.8	0.03

K: Kestane toprağı, SK: Steril edilmiş kestane toprağı, O: Orman toprağı, SO: Steril edilmiş orman toprağı

Çizelge 3. Denemede kullanılan torf ve torfla hazırlanan yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri**Table 3.** Physical and chemical properties of the peat and the growing media prepared with peat used in the experiment

Ortam	Ateşte Kayıp (%)	Özgül Ağırlık (g cm ⁻³)	Hacim Ağırlık (g lt ⁻¹)	Porozite (%)	Hava Kapasitesi (%)	Su Kapasitesi (%)	pH (1/2.5)	EC (1/2.5)	CaCO ₃ (%)
T	93	1.23	103	85	29	60	5.2	0.2	0
ST	93	1.43	99	87	34	57	5.0	0.4	0
OT	46	2.13	208	81	31	50	5.6	0.3	0
SOT	41	1.89	217	78	32	46	5.2	0.2	0

T: torf, ST: steril torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), SOT: steril orman+torf karışımı (1:1, v/v)

Bitki besin elementlerinden; Na, K, Ca, Mg, P ve N elementlerine ait analizler Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü toprak laboratuvarında yapılmıştır. Bitki besin elementlerinden; N (azot) Kjeldahl metodu, fosfor (P) ve sodyum (Na) Bray Kurtz yöntemi, potasyum (K) Flame Fotometrik metodu, magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) AAS metodu ile analiz edilmiştir. Bitki besin elementlerine ait sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Denemede kullanılan yetiştirme ortamlarının mineral içerikleri**Table 4.** Mineral contents of the growing media used in the experiment

Ortam	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Na (mg kg ⁻¹)
K	0.11	1.82	106	565	288	10
SK	0.12	3.35	106	725	261	10
O	0.55	1.79	134	371	141	14
SO	0.49	4.51	140	466	219	26
T	1.10	9.65	50	10523	868	196
ST	1.12	14.58	39	15204	1072	146
OT	0.76	20.00	104	5861	576	73
SOT	0.68	43.62	121	4740	473	54

K: Kestane toprağı, SK: Steril edilmiş kestane toprağı, O: Orman toprağı, SO: Steril edilmiş orman toprağı, T: torf, ST: steril torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), SOT: steril orman+torf karışımı (1:1, v/v)

Anadolu kestanesi tohumları ekim ayında toplanılmış ve ekim zamanına kadar +4°C'de %6-8 rutubette Of Fidanlığı soğuk hava deposunda kapalı kaplar içinde muhafaza edilmiştir. 24 gözlü fidan kapları %1'lik HCl'den geçirilerek yüzey sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir. Deneme desenine göre hazırlanan yetiştirme ortamları 24 gözlü fidan kaplarına doldurulmuştur. Öncelikle tohumlar suda yüz-dürme yöntemiyle boş, sağlıklı ve kurtlu tohumlardan temizlenmiştir. Daha sonra %30'luk H₂O₂'de 30 dakika süresince tutulup ve steril suda iyice çalkalanarak tohumların yüzey sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir (Kibar ve Pekşen, 2016). Mikrobiyal uygulama için tohumların bir kısmı ticari firma tarafından önerilen şekilde (1 litre suya 1 ml mikrobiyal karışım ilave edilerek) hazırlanan solüsyonda 5 dk bekletilerek mikrobiyal karışım ile aşılama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tohumların kurumaları beklenilmiş ve deneme desenine göre her bir göze elle tohum yerleştirilerek aralık ayının ilk haftası tohum ekimi yapılmıştır. Çimlenme tamamlandıktan sonra daha önce mikrobiyal karışım ile muamele edilmiş tohumların bulunduğu fidan tüplerine; dikkatlice kök kısmına nüfuz edecek şekilde her fidana eşit miktarda (100 ml olacak şekilde) 3 hafta ara ile 2 kez daha aşılama işlemi tekrarlanmıştır.

Tohum ekiminin yapıldığı yılın sonunda 1 yaşındaki fidanlardan her işlem parselinden rastgele 20 fidan seçilmiştir. Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesindeki laboratuvarında tüplerden dikkatli bir şekilde sökülerek fidanlarda morfolojik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce fidanlar tüplerden dikkatlice çıkarılarak, kökler su ile yıkanarak topraktan arındırılmıştır. Kökler dikkatlice kâğıt havlu yardımıyla fazla suyu alınarak kurutulmuştur. Bu fidanlarda; fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), sürgün

yaş ağırlığı (SYA), kök yaş ağırlığı (KYA), toplam fidan yaş ağırlığı (TFYA), sürgün kuru ağırlığı (SKA), kök kuru ağırlığı (KKA) ve toplam fidan kuru ağırlığı (TFKA) belirlenmiştir.

Katlılık Oranı İndisi (KO): SKA/KKA, Gürbüzlük İndisi (Gİ): FB (mm)/KBÇ (mm) ve Dickson Kalite İndeksi (DKİ): FKA/(Gİ+KO) hesaplanmıştır. Fidan Yüzdesi (%) ve Bagyaraj ve ark. (1988)'nin geliştirmiş olduğu formül kullanılarak Mikorizal Aşılama Etkinliği (MAE) belirlenmiştir.

$$MAE (\%) = (B - A) / B \times 100$$

[A: Aşılınmayan fidanın toplam kuru ağırlığı (g), B: Aşılanan fidanın toplam kuru madde ağırlığı (g)]

Örneklerin mikorizal enfeksiyonlarının belirlenmesinde Koske ve Gemma (1989) tarafından bildirilen bitki köklerinin temizleme ve boyama işlemleri yapılmıştır. Boyanan bitki kökleri, 1 cm uzunluğunda kesilmiş ve her lamele 10 kök gelecek şekilde lam üzerine dizilmiştir. Kökler ışık mikroskobu altında (Olympus CX31) 400-1000 büyütmede incelenmiştir (Giovannetti ve Mosse, 1980). Kök enfeksiyonu aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Enfeksiyon} = 100 \times \text{toplam mikorizal kök} / \text{toplam kök sayısı}$$

2.3. İstatistiksel Analizler

Deneme Tesadüf Parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme desenine göre 12 işlem x 3 (tekrar)= 36 farklı deneme parseline her bir parselde 48 (2 adet 24'lük kap) adet olmak üzere toplamda 36x48= 1728 adet tüpe tohum ekimi yapılmıştır. Bitkisel ölçümlerde her tekerrür için 20 fidanda ölçüm yapılmıştır. Herhangi bir işlem ve sterilizasyon uygulanmayan (kontrol) ve mikrobiyal karışım uygulanmış ortamların enfeksiyon oranlarının varyans analizi her uygulama için 2 tekerrür üzerinden yapılmıştır. Varyans analizlerinde, SPSS paket programı kullanılmıştır. İstatistiksel olarak farklılık gösteren ortalamalar "Duncan Çoklu Karşılaştırma" testine göre gruplandırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Anadolu kestanesi fidanlarında mikrobiyal karışım uygulanmış ve uygulanmamış ortamlar ile steril edilmiş ortamlar arasında fidan boyu bakımından istatistiksel fark bulunmamıştır. Buna karşılık fidan boyu bakımından ortamlar ve işlem x ortam interaksyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında en yüksek fidan boyu 21.76 cm ile OT ortamından elde edilmiştir. Bunu aralarında istatistiksel fark bulunmayan O toprağı

izlemiştir. En düşük fidan boyu ise 18.47 cm ile K toprağında saptanmıştır. İşlem x ortam interaksyonu bakımından en yüksek fidan boyu 22.20 cm ile MO ve MOT karışımından, en düşük fidan boyu ise 17.07 cm ile herhangi bir işlem uygulanmamış K toprağından elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çalışmada ele alınan işlem, ortam ve işlem x ortam interaksyonlarının Anadolu kestanesi fidanlarının kök boğazı çapları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. M+ ve S işlemlerinden elde edilen kök boğazı çap değerlerinin herhangi bir işlem yapılmamış kontrole (M-) göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 5). Asif ve ark. (2013) tarafından yürütülen çalışmada kök boğaz çapının *Pseudomonas fluorescens* uygulanan fidanlarda %9.81, *Pseudomonas tinctorius* uygulanan fidanlarda %16.87, *Azobacter* uygulanan fidanlarda %13.70 ve *Bacillus subtilis* uygulanan fidanlarda ise %8.84 arttığı belirlenmiştir. Yetiştirme ortamları arasında ise en yüksek kök boğazı çap değerleri, O ortamında yetiştirilen fidanlardan elde edilmiştir. Bunu OT ortamında yetişen fidanların kök boğazı çap değerleri izlemiştir. Tüm uygulamalar incelendiğinde; en yüksek kök boğazı çapı 7.07 mm ile SO uygulamasından elde edilmiş, bunu 6.87 mm ile MO uygulaması izlemiştir. En düşük kök boğazı çapı ise 5.33 mm ile ST ortamından elde edilmiştir (Çizelge 5). TS 2265/Mart 1976 fidan standardına göre; kaplı fidanlarda 30 cm fidan boyuna sahip olan kestane için en az 4 mm çap, çıplak köklü I. sınıf kestane fidanlarında ise 30 cm boyda en az 4 mm, 40 cm boyda 5 mm, 50 cm boyda 6 mm, 75 cm boyda 7 mm ve 100 cm boyda ise 8 mm çap olması gerektiği bildirilmiştir. Bu çalışmada tüm uygulamalardaki fidanların çapları 5.33-7.07 mm arasında değişmiştir. Yetiştirme ortamlarının steril edilmesi ve mikrobiyal gübre uygulaması fidanların kök boğazı çaplarını artırmıştır (Çizelge 5). Buna göre bu proje kapsamında yetiştirilen Anadolu kestanesi fidanlarının kök boğazı çapı bakımından standartların oldukça üstünde ve oldukça kaliteli oldukları söylenebilir. Fidanların kök boğazı çapları, plantasyon başarısını doğrudan etkileyen bir özelliktir. Boylu ve kalın çaplı fidanların yaprak veya ibre miktarı açısından daha zengin oldukları, daha kalın kesit yüzeyi ve yeterli kök sistemine sahip olmak kaydıyla, daha fazla su emme ve tutma kapasitesine sahip oldukları bildirilmiştir (Genç ve Yahyaoglu, 2007). Ayrıca mekanik baskılara dayanıklıdır. Bu özellikler uzun boya ve kalın çapa sahip fidanların tutma başarısını olumlu yönde etkilemektedir (Rose ve ark., 1990; Genç ve Yahyaoglu, 2007).

Gürbzlük indisi incelendiğinde; işlemler arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. T ve OT ortamlarında yetiştirilen fidanların gürbzlük indisi değerleri, O ve K toprağında yetiştirilen fidanların gürbzlük indisi değerlerine göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Tüm uygulamalar karşılaştırıldığında en yüksek gürbzlük indisi değeri (%37.20) ST ortamında yetiştirilen fidanlardan elde edilmiştir. Bunu %35.80 ile OT ortamında yetiştirilen fidanların gürbzlük indisi değerleri izlemiştir (Çizelge 5). Gürbzlük indisi İngiltere'de ve Britanya Uluslar Topluluğu ülkelerinde sıkça kullanılan kalite göstergelerindedir. $G\bar{I} < 50$

iyi fidan, $50 < G\bar{I} < 60$ orta fidan ve $G\bar{I} > 60$ ise kötü fidan olarak kabul edilmektedir (Yahyaoglu ve Genç, 2007). Bu çalışmada fidanların gürbüzlük indisi değerleri 28.60 ile 37.20 arasında değişmekte olup, İngiltere'de yapılan sınıflandırmaya göre tüm fidanlar iyi fidan kategorisinde yer almaktadırlar. Gürbüzlük indisi değeri küçük olan fidanların dikim ve taşıma zararlarından daha az etkilendikleri, kar ve diri örtü baskılarına daha dayanıklı oldukları ve dikimin ardından daha hızlı geliştikleri bildirilmiştir (Feyzioğlu ve ark., 2010).

Sürgün yaş ağırlığı bakımından fidanların durumu karşılaştırıldığında; işlemler arasında istatistiksel fark bulunmazken, ortamlar ve işlem x ortam etkileşimi arasında önemli fark tespit edilmiştir. O ve OT ortamlarında yetişen fidanların sürgün yaş ağırlığı değerleri diğer ortamlardan daha yüksek bulunmuştur. İnteraksiyon değerleri incelendiğinde; en yüksek değer 5.90 g ile SOT uygulamasında yetiştirilen fidanlardan elde edilmiştir. Bunu 5.40 g değeri ile MO uygulamasında yetiştirilen fidanların sürgün yaş ağırlığı değeri izlemiştir. En düşük değerler ise sırasıyla 3.58 ve 3.32 g ile K ve SK uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 5).

Anadolu kestanesi fidanlarının kök yaş ağırlığı üzerine işlemlerin, ortamların ve bunların etkileşimlerinin etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mikrobiyal karışım uygulaması fidanların kök yaş ağırlığı değerlerini artırmıştır (Çizelge 5 ve 6). Okaliptüs plantasyonlarında *Laccaria*, *Descolea*, *Scleroderma* ve *Pisolithus* türü mantarlar fidanlara aşılandığında fidanların kök sistemini geliştirerek daha hızlı büyümelerini sağladıkları belirlenmiştir (Lu ve ark., 1998). Owen ve ark. (2015), bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizmaların, bitkilerde kök sistemlerinin gelişmesini artırdığını bildirmişlerdir. Bulgularımız bu araştırmacıların bulgularıyla uyumlu bulunmuştur. Kök yaş ağırlığı bakımından O, T ve OT ortamları arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, K toprağında yetişen fidanların kök yaş ağırlıkları diğer yetiştirme ortamlarından istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir. Tüm uygulamalar arasında en yüksek kök yaş ağırlığı değeri MT, en düşük ise MK uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Toplam fidan yaş ağırlığı bakımından yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında da K ortamında yetiştirilen fidanların toplam fidan yaş ağırlığı değerlerinin diğer ortamlardan önemli düzeyde düşük olduğu saptanmıştır. En yüksek toplam fidan yaş ağırlığı değerleri, aralarında istatistiksel fark bulunmayan SOT (13.42 g) ve MT (13.08 g) uygulamalarında tespit edilmiştir. En düşük toplam fidan yaş ağırlığı değeri ise SK (8.32 g) uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Mikrobiyal karışım ile aşılanmış, aşılanmamış ve steril edilmiş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), gürbüzlük indisi (Gİ), sürgün yaş ağırlığı (SYA), kök yaş ağırlığı (KYA) ve toplam fidan yaş ağırlığı (TFYA)

Table 5. Seedling height (FB), root collar diameter (KBÇ), sturdiness index (GI), shoot fresh weight (SYA), root fresh weight (KYA) and total seedling fresh weight (TFYA) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated-, uninoculated with microbial mixture and sterilized

U	FB (cm)	KBÇ (mm)	Gİ	SYA (g)	KYA (g)	TFYA (g)
M+	20.75±1.84	6.41±0.34a	32.40±0.22	4.50±0.76	6.44±1.75a	10.95±1.87
M-	19.91±2.24	6.04±0.23b	33.00±0.34	4.62±0.77	5.51±0.53b	10.13±1.03
S	20.20±1.75	6.28±0.75a	32.40±0.35	4.68±1.03	5.93±1.24b	10.60±2.21
O	20.91±1.69ab	6.65±0.52a	31.50±0.20b	5.13±0.57a	5.97±0.60a	11.10±1.07a
T	20.01±1.79b	5.89±0.44c	34.10±0.37a	4.40±0.38b	6.42±2.05a	10.82±1.85a
OT	21.76±1.08a	6.32±0.51b	34.60±0.17a	5.29±0.63a	6.33±1.16a	11.62±1.64a
K	18.47±1.56c	6.11±0.18bc	30.20±0.22b	3.58±0.41c	5.12±0.54b	8.70±0.79b
MO	22.20±1.05a	6.87±0.13ab	32.30±0.12cde	5.40±0.53ab	5.73±0.50cde	11.13±1.03b
MT	18.40±0.98de	6.10±0.16cd	30.20±0.23def	4.02±0.29def	9.07±0.55a	13.08±0.83a
MOT	22.20±0.18a	6.43±0.19bcd	34.60±0.12abc	4.77±0.40bcd	6.27±0.58c	11.03±0.90b
MK	20.22±1.24a-d	6.23±0.23cd	32.40±0.20b-e	3.83±0.55ef	4.70±0.43e	8.53±0.98de
O	19.53±1.45cd	6.01±0.08d	32.50±0.24-e	4.92±0.70bc	5.80±0.69cd	10.72±1.38bc
T	21.80±1.57ab	6.22±0.20cd	35.10±0.27abc	4.77±0.20bcd	5.38±0.52cde	10.15±0.72bcd
OT	21.23±1.55abc	5.93±0.38d	35.80±0.14ab	5.20±0.56abc	5.20±0.53de	10.40±1.00bc
K	17.07±0.53e	5.98±0.15d	28.60±0.16f	3.58±0.33f	5.67±0.43cde	9.25±0.75cde
SO	20.98±1.68abc	7.07±0.35a	29.60±0.12ef	5.07±0.57bc	6.38±0.57c	11.45±1.10b
ST	19.82±0.76bcd	5.33±0.16e	37.20±0.17a	4.42±0.15cde	4.80±0.38de	9.22±0.53cde
SOT	21.85±1.21ab	6.60±0.72abc	33.20±0.19bcd	5.90±0.33a	7.52±0.83b	13.42±1.16a
SK	18.13±0.50de	6.13±0.06cd	29.60±0.10ef	3.32±0.26f	5.00±0.26de	8.32±0.51e

U: Uygulamalar, M+: Mikrobiyal karışım ile aşılanmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, S: Steril edilmiş, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Anadolu kestanesi fidanlarının sürgün kuru ağırlıkları, sürgün yaş ağırlığı özelliğine benzer şekilde işlemlerden istatistiksel olarak etkilenmemiş, ortamlar ve işlem x ortam interaksyonundan önemli düzeyde etkilenmiştir. Orman toprağı ve OT ortamlarında yetişen fidanların sürgün kuru ağırlığı değerlerinin (sırasıyla

2.45 ve 2.67 g), diğer ortamlardan istatistiksel olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tüm uygulamalara ait sürgün kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde de en yüksek değer SOT uygulamasında, en düşük değerler ise MK, K ve SK uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, aşılınmamış ve steril edilmiş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının sürgün kuru ağırlığı (SKA), kök kuru ağırlığı (KKA) ve toplam fidan kuru ağırlığı (TFKA), katlılık oranı (KO) ve Dickson kalite indeksi (DİK)

Table 6. Shoot dry weight (SKA), root dry weight (KKA), total seedling dry weight (TFKA), shoot to root dry weight ratio (KO) and Dickson quality indexes (DİK) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated-, uninoculated with microbial mixture and sterilized

U	SKA (g)	KKA (g)	TFKA (g)	KO	DİK
M+	2.10±0.42	3.84±1.27a	5.94±1.31a	0.60±0.21b	1.57±0.45a
M-	2.25±0.39	2.84±0.41c	5.09±0.78b	0.79±0.07a	1.24±1.12c
S	2.33±0.62	3.20±1.33b	5.52±1.92ab	0.78±0.17a	1.40±0.53b
O	2.45±0.29a	3.10±0.29c	5.55±0.54b	0.79±0.06a	1.41±0.11b
T	2.04±0.23b	3.44±1.66b	5.49±1.62b	0.72±0.31b	1.41±0.63b
OT	2.67±0.53a	4.14±1.05a	6.81±1.39a	0.67±0.18c	1.67±0.43a
K	1.74±0.16c	2.47±0.22d	4.21±0.36c	0.70±0.04bc	1.13±0.10c
MO	2.63±0.28b	3.03±0.25cd	5.67±0.53cd	0.87±0.02b	1.38±0.08cd
MT	1.88±0.10def	5.55±0.38a	7.43±0.48b	0.34±0.01h	2.22±0.01a
MOT	2.46±0.35cde	4.28±0.35b	6.74±0.56c	0.57±0.08g	1.67±0.13b
MK	1.72±0.20f	2.48±0.25de	4.20±0.45e	0.69±0.02def	1.07±0.11e
O	2.33±0.33bcd	3.13±0.40c	5.47±0.73d	0.74±0.01cde	1.37±0.11cd
T	2.32±0.15bcd	2.92±0.28cde	5.23±0.43d	0.80±0.03c	1.22±0.09de
OT	2.60±0.31bc	2.95±0.35cde	5.55±0.63cd	0.88±0.07b	1.24±0.12de
K	1.75±0.20ef	2.35±0.23ef	4.10±0.43e	0.74±0.02cde	1.13±0.06e
SO	2.38±0.28bc	3.13±0.31c	5.52±0.58cd	0.76±0.04cd	1.48±0.13bc
ST	1.93±0.13def	1.87±0.13f	3.80±0.25e	1.04±0.02a	0.80±0.04f
SOT	3.23±0.15a	5.20±0.56a	8.43±0.71a	0.63±0.04f	2.15±0.29a
SK	1.75±0.15ef	2.58±0.20cde	4.33±0.32e	0.68±0.05ef	1.19±0.09de

U: Uygulamalar, M+: Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, S: Steril edilmiş, O: Orman toprağı, T: Torf, orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Mikrobiyal karışım uygulamasının kök kuru ağırlığı ve toplam fidan kuru ağırlığı üzerine etkisi önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (Çizelge 6). Sumana ve Bagyaraj (2002) tarafından yapılan çalışmada da *Azadirachta indica* fidanlarına uygulanan *Glomus mosseae*, *Azospirillum brasilense* ve *Azotobacter chroococcum* mikrobiyal gübrelere göre biyokütleyi artırdığı tespit edilmiştir. Farklı türlerde yapılan fidanlık çalışmasında mikrobiyal gübre uygulamasının kontrol uygulamasına göre kök ve sürgün gelişimi, fidan kalitesi ve biyokütle artışı sağladığı bildirilmiştir (Deshmukh ve ark., 2007). Ortamlar arasında en yüksek kök kuru ağırlığı ve toplam fidan kuru ağırlığı değerleri OT ortamından (sırasıyla 4.14 ve 6.81 g), en düşük ise K ortamından (sırasıyla 2.47 ve 4.21 g) elde edilmiştir. İşlem x ortam etkileşimini incelendiğinde; en yüksek kök kuru ağırlığı değerleri, MT ve aralarında istatistiksel fark bulunmayan SOT uygulamasından elde edilmiştir. Toplam fidan kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerler ise SOT (8.43 g) ve MT uygulamasında (7.43 g) saptanmıştır (Çizelge 6).

Çalışmada ele alınan işlemler arasında katlılık oranı indisi bakımından mikrobiyal karışım uygulamasından elde edilen değer, diğer işlemlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Yetiştirme ortamları arasında ise en yüksek katlılık oranı indisi değerleri 0.79 ile O ortamında tespit edilmiştir. Toplam fidan kuru ağırlığının tersine en düşük değer 0.67 ile OT ortamında belirlenmiştir. Tüm uygulamalar arasında ise en yüksek katlılık oranı indisi değeri ST, en düşük ise MT uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 6). Gövde kök oranı (katlılık oranı indisi), fidanların toprak altı ve üstü kısımları arasındaki dengeyi belirtmektedir. Katlılık oranı indisi 2 ve 3 olan fidanlar, transpirasyonla kaybettikleri suyu kökleriyle alabilmektedirler. Bu oran 3'ün üzerinde olduğunda ise özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde bitki su gerilimi artmakta ve fidanlar zarar görebilmektedir. Bu nedenle, kurak bölgelerde yapılacak ağaçlandırmalarda daima katlılık oranı indisi 3 ve 3'ün altında olan fidanların kullanılması tavsiye edilmektedir (Genç ve Yahyaoğlu, 2007). Farklı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) populasyonlarında katlılık oranı indisi değerlerinin 3'ün altında ve kök gelişimlerinin iyi olduğu belirlenmiştir (Gülseven ve ark., 2019). Bu çalışmada katlılık oranı indisi değerlerinin 1.04'ün altında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Mikrobiyal karışım uygulaması Dickson kalite indeksi özelliğini artırmıştır. Ortamlar arasında da en yüksek değer OT ortamından elde edilmiştir. Toplam fidan kuru ağırlığı özelliği ile benzer şekilde en yüksek Dickson kalite indeksi değerleri aralarında istatistiksel fark bulunmayan SOT ve MT uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 6). Dickson kalite indeksi değeri gelişim ve yaşama yüzdesi (arazi performansı) için fidanın potansiyel gücünü açıklayan bir değer kabul edilmiştir ve bu değer ne kadar büyükse o kadar iyi kabul edilmektedir (Mañas ve ark., 2009).

Fidan kalitesi ile ilgili parametreler değerlendirildiğinde; işlemlerden mikrobiyal karışım uygulamasının ve ortamlardan ise orman toprağı ve orman+torf

karışımının fidan kalitesi üzerine olumlu etki ettiği tespit edilmiştir. En düşük fidan kalitesi kestane toprağında yetiştirilen fidanlarda belirlenmiştir. Bu bulgular, kestane toprağının ortam olarak tek başına kullanıldığında çöğür gelişiminin zayıf olduğunu bildiren Serdar ve ark. (1996)'nın bulguları ile benzerdir.

Fidan yaşama oranı üzerine işlem, ortam ve bunların interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çizelge 7'de görüldüğü gibi fidan yaşama oranları %94.37-98.61 değerleri arasında değişmiştir.

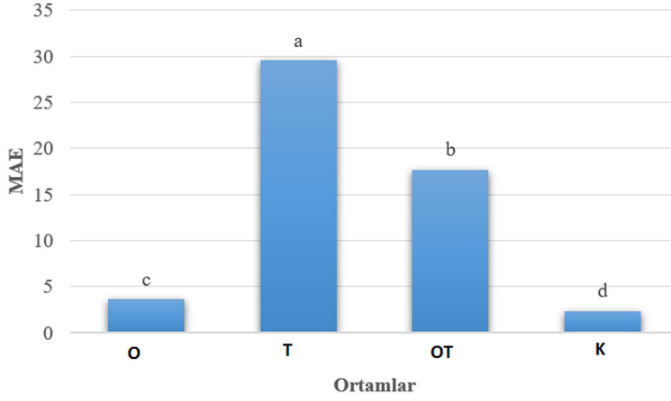
Çizelge 7. Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, aşılınmamış ve steril edilmiş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının fidan yaşama oranları (%)

Table 7. Seedling survival rates (%) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) grown in different growing media that inoculated-, uninoculated with microbial mixture and sterilized

Ortam	İşlem			Ortalama
	M+	M-	S	
O	96.38 ± 2.14	98.61 ± 1.39	96.08 ± 2.15	97.02±3.13
T	96.29 ± 0.08	96.25 ± 2.14	95.71 ± 2.41	96.08±2.80
OT	96.77 ± 1.81	97.62 ± 2.38	97.15 ± 1.43	97.18±2.89
K	94.37 ± 1.36	97.27 ± 1.37	95.51 ± 2.52	95.72±3.03
Ortalama	95.95±2.50	97.44±2.91	96.11±3.27	

M+: Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, S: Steril edilmiş, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı

Mikorizal aşılama etkinliği, mikrobiyal karışım ile aşılınan ortamlardaki fidanların mikrobiyal karışım ile aşılınmayan ortamlardaki fidanlarla karşılaştırılması ile belirlenmiştir. Yetiştirme ortamlarının mikorizal aşılama etkinliği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek mikorizal aşılama etkinliği, mikrobiyal karışım uygulanan torf ortamında (%29.54), en düşük ise mikrobiyal karışım uygulanan kestane toprağında (%2.38) tespit edilmiştir (Şekil 1). Kibar ve Pekşen (2011), ektomikorizal bir mantar olan *Lactarius pyrogalus* türünün farklı izolatları ile yaptıkları inokülasyon uygulamaları sonucunda fındık fidanlarında en düşük ve yüksek mikorizal aşılama etkinliği değerlerini sırasıyla %5.54 ve 33.99 olarak belirlemişlerdir. Steril edilen ortamlara *H. crustuliniforme* aşılınması sonucunda da sedir fidanlarının mikorizal aşılama etkinliği değerleri %12.8-23.3 olarak bulunmuştur (Tüfekçi, 2007). Ticari mikrobiyal karışım olmasına rağmen özellikle T ve OT ortamlarındaki mikorizal aşılama etkinlik değerlerinin bu araştırmacıların tespit ettikleri değerlere benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Mikorizal aşılama etkinlikleri. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Figure 1. Mycorrhizal inoculation efficiency. There is a significant difference at the $p < 0.05$ level between the averages shown with different letters.

Steril edilen ortamlarda mikorizal mantarlar tespit edilemediğinden enfeksiyon yüzdesi sadece M- ve M+ işlemleri uygulanan ortamlarda verilmiştir. Mikrobiyal karışım uygulanmayan ve mikrobiyal karışım uygulanmış ortamların endomikoriza ve ektomikoriza enfeksiyon oranları Çizelge 8'de, mikorizal enfeksiyon oranları ise Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 8. Mikrobiyal karışım ile aşılınmış ve aşılınmamış farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının endomikoriza ve ektomikoriza enfeksiyon oranları (%)

Table 8. Endomycorrhiza and ectomycorrhiza infection rates (%) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated- and uninoculated with microbial mixture

Ortam	M-			M+		
	Endomikoriza	Ektomikoriza	Toplam	Endomikoriza	Ektomikoriza	Toplam
O	5.5	16.0	21.5	12.5	18.5	31.0
T	2.5	13.5	15.5	13.5	33.5	47.0
OT	1.0	7.3	8.3	4.5	19.5	24.0
K	2.5	10.0	12.5	4.5	17.0	21.5

M+: Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı

Çalışmada; mikrobiyal karışım uygulamasının mikorizal enfekte oranları, herhangi bir işlem yapılmayan M- işlemine göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur. Ortamlar içinde ise en yüksek enfeksiyon değerleri O ve T ortamlarında saptanmıştır. İşlem x ortam interaksyonu incelendiğinde; en yüksek mikorizal enfeksiyon %47.00 ile MT uygulamasında belirlenmiştir. Bunu %31.00 ile MO uygulaması izlemiştir. En düşük mikorizal enfeksiyon değerleri herhangi bir işlem yapılmayan OT uygulamasında %8.34 olarak belirlenmiştir. Mikrobiyal karışım uygulaması yapılan tüm ortamlarda mikorizal enfeksiyon yüzdesi artmıştır (Çizelge 9). En yüksek artış 31.50 birim ile T ortamında tespit edilmiştir. Bunu 15.66'lık artış ile OT ortamı izlemiştir. Mikrobiyal karışım uygulaması ile O ortamında 9.50 ve K ortamında 9.00 birimlik bir artış sağlanmıştır. Bolkar dağlarından seçilmiş olan 5 ayrı kızılçam popülasyonunda 3 mantar türünün steril koşullarda kültürleri elde edilmiş ve bunların kızılçam tohumlarına aşılansıyla fidanları üretilmiştir. Kızılçam fidan köklerindeki mikorizal enfeksiyon oranı %61.4 olarak belirlenmiştir (Tüfekçi ve ark., 2007). Guerin-Laguette ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada orman toprakları ve perlit-vermikülit karışımı yetiştirme ortamlarına mikoriza aşılansması sonucu elde edilen enfeksiyon oranlarının %35-80 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu çalışmada belirlenen enfeksiyon yüzdeleri bu araştırmacıların bulgularına göre daha düşük bulunmuştur. Mikorizal etkinlik biyotik ve abiyotik birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, en önemli husus bitki-mantar uyumudur. Doğal ortamdan elde edilen mikorizanın kullanılması ticari mikorizaya göre daha etkindir. Ancak mikorizanın doğadan izole edilmesi zordur ve kullanımı pratik değildir. Ticari mikorizaların kullanımı daha pratik olmakla birlikte bitki mikoriza uyumuna bağlı olarak etkinlikleri değişebilmektedir.

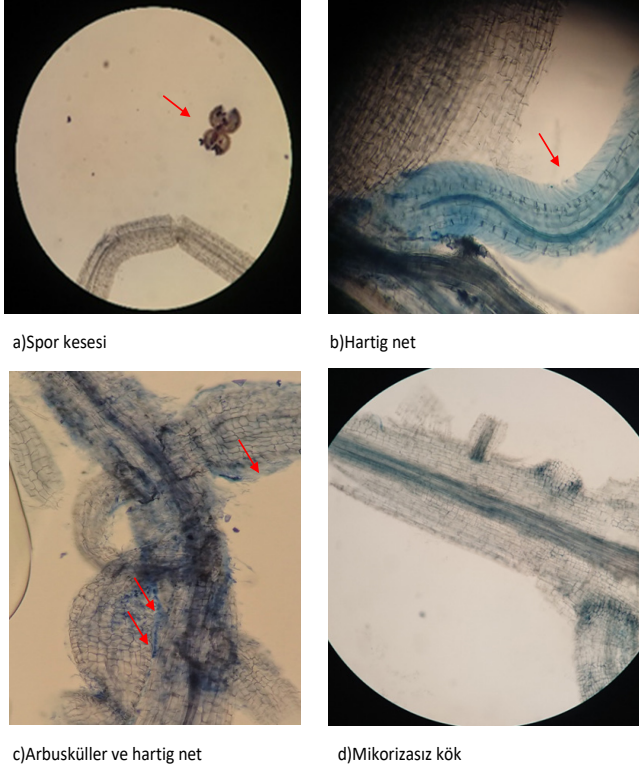
Çizelge 9. Mikrobiyal karışım ile aşılansmış ve aşılansmamış farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının mikoriza enfeksiyon oranları (%)

Table 9. *Mycorrhiza infection rates (%) of Anatolian chestnut (Castanea sativa Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated- and uninoculated with microbial mixture*

Ortam	İşlem		Ortalama
	M-	M+	
O	21.50±0.71bcd	31.00±7.07b	26.25±6.85a
T	15.50±2.12cde	47.00±7.07a	31.25±18.68a
OT	8.34±0.47e	24.00±4.24bc	16.17±9.37b
K	12.50±2.12de	21.50±2.12bcd	17.00±5.48b
Ortalama	14.46±5.26b	30.88±11.42a	

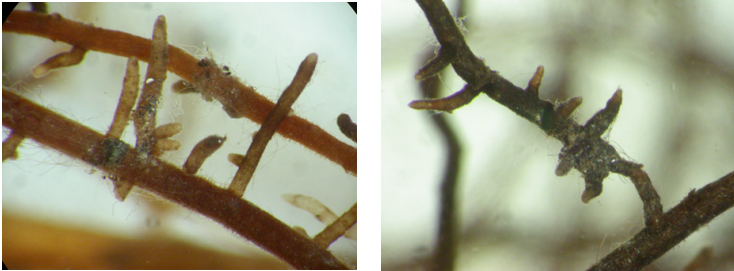
M+: Mikrobiyal karışım ile aşılansmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Kestane köklerine ait ışık mikroskobu ve stereo mikroskop inceleme görüntüleri Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Kestane köklerinin ışık mikroskobu görüntüleri

Figure 2. Light microscope images of chestnut roots



Şekil 3. Kestane köklerinin stereo mikroskop görüntüleri

Figure 3. Stereo microscope images of chestnut roots

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mikrobiyal karışım uygulaması fidanların kök boğazı çapı, kök yaş ve kuru ağırlığı, toplam fidan kuru ağırlığı ve Dickson kalite indeksi özelliklerinde artışa neden olmuşlardır. Mikrobiyal karışım içinde yer alan ekto- ve endo-mikorizal mantarlar nedeniyle mikrobiyal aşılama yapılan fidanlarda mikoriza enfeksiyon oranının da arttığı tespit edilmiştir. Fidan morfolojik özellikleri bakımından yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında en iyi sonuçlar orman ve orman+torf karışımından (1:1, v/v) elde edilmiştir. En düşük fidan kalitesi kestane toprağında yetiştirilen fidanlarda belirlenmiştir. İşlem x ortam interaksyonunu incelendiğinde ise mikrobiyal karışım uygulanan orman+torf ortamı, mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağı ve torf ortamlarında yetiştirilen fidanların daha kaliteli olduğu saptanmıştır.

Kestane toprağı dışında diğer ortamların steril edilerek kullanılması da fidan kalitesinin artmasında etkili olmuştur. Ancak sterilizasyonun pahalı ve zor bir yöntem olduğu düşünüldüğünde mikrobiyal karışım kullanmak daha ucuz ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle tercih edilebilir bulunmuştur. Aynı şekilde torfun pahalı olması düşünüldüğünde fidanlıklarda mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağının veya mikrobiyal karışım uygulanan orman+torf karışımının kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu makale, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde yürütülen 03.1213(2019-2021) numaralı araştırma projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): YZ(%35), AP(%40), AİK(%25)

Veri Toplanması (Data Acquisition): YZ(%35), AP(%5), AİK(%20), ÖD(%25), HT (%15)

Veri Analizi (Data Analysis): YZ(%20), AP(%75), ÖD(%5)

Makalenin Yazımı (Writing Up): YZ(%30), AP(%70)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): YZ(%10), AP(%90)

KAYNAKLAR

- Akyüz, B., Serdar, Ü., 2020. Generative rootstock potential of some hybrid chestnut genotypes. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35: 185-191.
- Asif, M., Lone, S., Lone, F.A., Hamid, A., 2013. Field performance of Blue pine (*Pinus wallichiana*) seedlings inoculated with selected species of bio-inoculants under nursery conditions. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4(1): 632-640.
- Atılğan, H., Mısırlı, A., Özaktan, H., Şen, F., Bilgin, N. A., 2019. Bakteri ve kompost çayı uygulamalarının Salihli kiraz çeşidinde meyve özellikleri, verim ve besin elementi içeriklerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(4): 409-415.
- Ayan, S., Çalışkan, E., Özel, H.B., Çelik, E.N.Y., Gülseven, O., Yılmaz, E., 2021. Etkili mikroorganizmaların tüplü Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının morfolojik özelliklerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1): 294-305.
- Aydın, M.H., 2015. Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta *Trichoderma*'lar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2): 135-148.
- Bagyaraj, D.J., Manjunath, A., Govida Rao, V.S., 1988. Mycorrhizal inoculation effect on marigold, egg plant and citrus in a Indian soil. *J. Soil Biol. Ecol.*, 8: 98-103.
- Baum, C., Stetter, U., Makeschin, F., 2002. Growth response of *Populus trichocarpa* to inoculation by the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in a pot and fiels experiment. *For Ecol Manag.*, 163: 1-8.
- Berg, G., 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 84: 11-18.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1996. Orman Ürünlerinden Faydalanma Ders Kitabı. İ.Ü. Orman Fak. Üniversite Yayın No: 3946, Orman Fak. Yayın No:437, ISBN 975-404-422-8. S.346.
- Denli, Ö., Eler, Ü., Çalikoğlu, M., Özbey, A.A., Erkan, S., Türkan, M., Çelebi, F., 2020. Ekim Yastıklarında Farklı Kapatma Materyallerinin Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) Fidanlarında Mikorizal Kök Oluşumuna Etkisi, OGM Proje Sonuç Raporu.
- Deshmukh, A.M., Khobragade, R.M., Dixit, P.P., 2007. Handbook of Biofertilizers and Biopesticides. Oxford Book Company 267, 10-B-Scheme, Opp. Narayan Niwas, Gopalpura By Pass Road, Jaipur-302018, 326 p.
- Dunabeitia, M., Rodriguez, N., Salcedo, I., Sarrionandia, E., 2004. Field Mycorrhization and its influence on the establishment and development of the seedlings in a broadleaf plantation in the Basque Country. *Forest Ecology and Management*, 195: 129-139.
- Fezyoğlu, F., Şahin, H.A., Aksu, Ö.V., Eren, N., 2010. Kap Tiplerinin Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidanlarının Çeşitli Morfolojik Özellikleri ile İlk Yıllardaki Arazi Başarısına Etkisi, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 395, Teknik Bülten No: 23, Trabzon.
- Genç, M., Yahyoğlu, Z., 2007. Fidan Standardizasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 75, Isparta, 555 s.
- Giovannetti, M., Mosse, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3): 489-500.
- Guerin-Laguette, A., Conventi, S., Ruiz, G., Plassard, C., Mousain, D., 2003. The ectomycorrhizal symbiosis between *Lactarius deliciosus* and *Pinus sylvestris* in forest soil samples: Symbiotic efficiency and development on roots of a rDNA internal transcribed spacer-selected isolate of *L. deliciosus*. *Mycorrhiza*, 13(1): 17-25.
- Gülseven, O., Ayan, S., Özel, H.B., Yer, E.N., 2019. Farklı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) popülasyonlarına ait fidanların morfolojik ve fizyolojik karakteristikleri. *Turkish Journal of Forestry*, 20(3): 180-186.
- İpek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M., Şahin, F., 2014. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), yüksek kireçli toprak koşullarında çileğin verimini, büyümesini ve beslenmesini artırır. *Bitki Besleme Dergisi*, 37(7): 990-1001.
- Kibar, B., Pekşen, A., 2007. Ektomikorizanın tarım ve ormancılık bakımından önemi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 22(2): 232-238.
- Kibar, B., Pekşen, A., 2011. *Lactarius pyrogalus* mantar türünün farklı izolatlarının ve inokulasyon uygulamalarının fındık (*Corylus avellana*) fidanında ektomikoriza oluşumu ve fidan gelişimi üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 7(2): 89-104.
- Kibar, B., Pekşen, A., 2016. *Lactarius pyrogalus*'un değişik inokulum uygulamalarının fındıkta (*Corylus avellana*) bitki gelişimi üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2): 191-198.
- Koide, R.T., Mosse, B., 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, 14: 145-163.
- Koske, R.E., Gemma, J.N., 1989. A modified procedure for staining roots to detect VAM. *Mycological Research* 92: 486-505.
- Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F., Nagy, E., 2003. *Trichoderma* strains with biocontrol potential. *Food Technology and Biotechnology*, 41(1): 37-42.
- Lu, X., Malajczuk, N., Dell, B., 1998. Mycorrhiza formation and growth of *Eucalyptus globulus* seedlings inoculated with spores of various ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 8: 81-86.

- Mañas P., Castro E., Heras, J., 2009. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media. *New Forests*, 37: 295-311.
- OGM, 2020. Orman Genel Müdürlüğü (ogm.gov.tr). Türkiye Orman Varlığı, Ankara.
- Owen, D., Williams, A.P., Griffith, G.W., Withers, P.J.A., 2015. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. *Applied Soil Ecology*, 86: 41-54.
- Özkale, E. (2017). Tarımsal üretimde yararlanılan *Trichoderma* ürünleri ve metabolitleri. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(2): 123-136.
- Parlak, S., Güner, D., 2017. Mikrobiyal gübre uygulamasının karaçam (*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) fidanlarının bazı morfolojik özelliklerine etkisi. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 4(2): 100-106.
- Pera, J., Alvarez, I. F., Rincon, A., Parlade, J., 1999. Field performance in northern Spain of Douglas-Fir seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 9: 77-84.
- Pırlak, İ.T., 2012. Defne (*Laurus nobilis* L.) ve Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.) Türlerinin Büyüme ve Gelişmesi Üzerine Ortam ve Mikoriza Aşılmasının Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Beslenme A.B.D.Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Rose, R., Carlson, W.C., Morgan, P., 1990. The target seedling concept. Target Seedling Symposium, Proceeding, Combined Meeting of the Western Forest Nursey Associations, August 13-17, 1990, Reseburg, Oregon, (Rose, R., Campbell, S. J., Landis, T. D., eds), USDA Forest Service General Technical Report RM-200: 1-8.
- Serdar, Ü., Beyhan, N., Bilgener, Ş., 1996. Tüplü kestane fidanı üretiminde değişik yetiştirme ortamlarının kestane tohumlarının çıkış ve çöğür gelişimleri üzerine etkileri. Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu, 10-11 Ocak, 205-211, Samsun.
- Sumana, D.A., Bagyaraj, D.J., 2002. Interaction between VAM fungus and nitrogen fixing bacteria and their influence on growth and nutrition of neem (*Azadirachta indica* A. Juss). *Indian J. Microbiol.*, 42(4): 295-298.
- Tayal, P., Kapoor, R., Bhatnagar, A.K., 2011. Functional synergism among *Glomus fasciculatum*, *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on *Fusarium* wilt in tomato. *Journal of Plant Pathology*, 93(3): 745-750.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş.T., Pekşen, A., Altundağ Çakır, E., 2017. Mikorizal mantar uygulanan saçlı meşe (*Quercus cerris*) fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Life Sciences*, 2(2):157-164.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş.T., Pekşen, A., Çakır, E.A., 2018. Farklı mikorizal işlem uygulanan Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormançılık Dergisi, 14(1): 30-44.
- Tsimilli-Michael, M., Strasser, R., 2008. In vivo assessment of stress impact on plants' vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of Mycorrhization on host plants. In: Varma, A. (ed.) *Mycorrhiza: State of the art, genetics and molecular biology, eco function, biotechnology, eco-physiology, structure and systematics*, pp.679-703. 3rd ed., Springer.
- Tuttu, G., Ursavaş, S., Söyler, R., 2021. Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.)'nin etnobotanik kullanımı ve Türkiye'deki hasat miktarlarının trend analizi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1): 23-33.
- Tüfekçi, S., 2007. Doğal Populasyonlardaki Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Mikorizasının İzole Edilmesi ve Çoğaltılıp Fidan Üretiminde Kullanılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), 179s, Adana.
- Tüfekçi, S., Ortaş, İ., Özkurt, N., 2007. Bolkar dağları doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde mikorizal mantarların tespiti ve aşılama uygulaması. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 342, DOA Yayın No: 44, Tarsus.
- Tüfekçi, S., Gürlevik, N., Polat, O., Topal, A., Polat, S., Gültekin, H.C., 2016. Yerel mikorizal türlerle aşılamanın saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) fidanı gelişimine etkileri. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 1(3A): 38-49.
- Yadav, A., Yadav, K., Aggarwal, A., 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth, yield and oil content in *Helianthus annuus* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(2): 444-454.
- Yahyaoglu, Z., Genç, M., 2007. Kalite Sınıflaması Çalışmaları ve Türkiye İçin Öneriler, Fidan Standardizasyonu (Standart Fidan Yetiştirme Teknik ve Biyolojik Esasları), Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 75, Isparta (Türkiye).