

Arbusküler Mikorizal Fungus Aşılmasının Lavanta (*Lavandula angustifolia* L.) Bitkisinin Toprak Altı ve Toprak Üstü Biyomasına Etkilerinin Araştırılması

Ömer Faruk Karaman¹, Şahin PALTA¹, Eren Baş^{1,*}

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 02.06.2023

Kabul: 13.09.2023

Yayın: 15.12.2023

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmanın amacı, erozyon riski taşıyan, kıraç, eğimli, marjinal toprak koşullarına sahip arazilerde yetişebilen lavantaya Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF) aşılmasının, lavantanın toprak altı ve üstü biyomas özelliklerine etkilerini araştırmaktır. Lavantanın çelikleri dezenfekte edilmiş toprak+kum karışımında bulunan saksılara dikilmiştir. AMF aşılması için yurt dışı kaynaklı markası ERS (Endo Root Soluble) olan, *Gigaspora margarita*, *Glomus monosporus*, *Glomus intraradices*, *Glomus deserticola*, *Glomus clarum*, *Glomus aggregatum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus brasilianum*, türlerinin karışımı kullanılmıştır. Her çelik için kontrol, 25/50/75 adet spor olacak şekilde AMF aşılama işlemi uygulanmıştır. Lavanta çeliklerinin üretildiği toprakların analiz sonuçlarına göre, toplam azot ve karbon içerikleri az, hafif asidik, hafif alkali, tuzsuz, az kireçli, fosfor ve potasyum içeriklerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre; AMF aşılmasında spor sayısının bitki boyu ve dal sayısına etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ancak, yaş ve kuru kök ağırlığı, yaş ve kuru gövde ağırlığı, kök sayısı ve kök uzunluğunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Yapılan araştırma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, AMF aşılmasının lavantanın toprak altı ve üstü biyomasını artırdığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde en yüksek toprak altı ve üstü biyomas değerleri 75 adet AMF sporu aşılmasından elde edilmiştir. Bu kapsamda kurak-yarı kurak bölgeler ile erozyon riski taşıyan alanlarda, kimyasal gübreler yerine AMF aşılması gibi doğal yöntemlerin kullanılması önerilmektedir. Böylece, bitkilendirme çalışmalarında hem başarı oranının artmasına hem de bu tarz çalışmalarda ülkemiz özsermaye kaybının azalmasına büyük fayda sağlanacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Arbusküler mikorizal funguslar, lavanta, aşılama, erozyon, toprak koruma

The Investigation of The Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation on the Under and Aboveground Biomass of Lavender (*Lavandula angustifolia* L.)

¹ Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Türkiye

Article History

Received: 02.06.2023


Accepted: 13.09.2023


Published: 15.12.2023


Research Article

Abstract – The aim of this study is to investigate the effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) inoculation on under and above-ground biomass properties of lavender, which can grow in arid, sloping and marginal soil conditions with erosion risk. The cuttings of lavender were planted in pots in a disinfected soil + sand mixture. For AMF inoculation a mixture of ERS (Endo Root Soluble) brand from abroad, *Glomus intraradices*, *Glomus clarum*, *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus monosporus*, *Glomus deserticola*, *Glomus brasilianum*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* was used. AMF inoculation was applied to control, 25/50/75 spores for each cutting. According to the analysis results of the soils, it was determined that the soils were low total nitrogen and carbon contents, slightly acidic, slightly alkaline, low electrical conductivity, low calcareous, sufficient phosphorus and potassium contents. According to the results of one-way Anova; It was determined that the number of spores in AMF inoculation had no effect on plant height and branch number. However, fresh and dry root weight, fresh and dry stem weight, root number and root length were found to be statistically significant. It was determined that AMF inoculation increased the underground and aboveground biomass of lavender. As a result, the highest underground and aboveground biomass values were obtained from 75 AMF spores inoculation. In this context, it is recommended to use natural methods such as AMF inoculation instead of chemical fertilizers in arid-semi-arid regions and areas with erosion risk. Thus, it is thought that it will be of great benefit both to increase the success rate in planting the studies and to reduce the loss of equity in our country in such studies.

Keywords – Arbuscular mycorrhizal fungi, lavender, inoculation, erosion, soil protect

¹  omerfak74@gmail.com

²  spalta@bartin.edu.tr

³  ebas@bartin.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Eren BAŞ

1. Giriş

Mikorizalar, ilk olarak Albert Bernhard Frank tarafından 1885 yılında ağaç ile mantar arasındaki bağlantının tanımı olarak kullanılmıştır. Yunanca’da mantar ve diğer taraftan kök anlamına gelen “mykes – rhiza” kelimeleri ile tanımlanmakta olup günümüzde “kök mantarı” ismiyle bilinmektedir (Frank, 2005). Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF) bitkilerle simbiyotik mutualistik (karşılıklı birbirine katkı sağlama esasına dayanan) ilişki kurabilen mikroorganizmalardır. Bu simbiyoz ile AMF yaşamını devam ettirebilmek için bitkinin fotosentez ürünlerinden karbonhidratları kullanmaktadır. Konukçu bitki de AMF varlığı ile topraktan daha fazla su, azot, fosfor vb. bitki besin maddelerini alabilmektedir (Rhodes, 1980; Bolan vd., 1987; Li vd., 1991; Demir, 1998; Palta, 2010; Palta, 2012). Mikorizaların hifleri toprak neminin düşük olduğu kurak bölgelerde bitkinin su alımını kolaylaştırmakta ve kuraklığa karşı direncini artırmaktadır (Cooper, 1984). Aynı zamanda tuzluluğa, kuraklığa, sıcaklık stresine ve ağır metal toksisitesi gibi bazı olumsuz etkenlere karşı bitkilerin dayanıklılığını artırmakta ve toprak agregatlarını miselleri sayesinde yumak gibi sararak toprak erozyonuna karşı direnç oluşturmakta ve toprak strüktürünün iyileştirmektedir (Tisdall, 1994). Mikorizal mantar aşılama ile dünyanın farklı ekosistemlerinde ve en önemlisi kurak bölgelerde fidan tutma ve büyüme başarısının arttığı bilinmektedir (Perry vd., 1987).

Lavanta, *Lamiceaea* familyasına ait olan yarı çalimsı ve 1 metreye kadar boy yapabilen çok yıllık bir türdür. Lavanta yetiştiriciliği ve ekim/dikiminin başlıca sebebi dünyada en çok kullanılan 15 uçucu yağdan birini barındırmasıdır. Uçucu yağ bileşenlerinden linalool asetat ve linalil asetatın içerikteki oranına göre yağın uçuculuğu belirlenmektedir. Lavanta bitkisi pek çok toprakta yetişebilir ancak, kuru, kireç içeriği zengin, kalkerli, süzek ve pH’sı 5.8-8.3 arasında olan topraklarda en iyi verime ulaşmaktadır. Kuru toprağı sevdiği gibi kurağa, sıcağa ve soğuğa dayanıklıdır. Fakat kışı çok sert geçen bölgelerde bazen soğuktan zarar görebilmektedir. Lavanta üretimi generatif ve vegetatif olarak yapılabilir. (Aslancan ve Sarıbaş, 2011). Lavanta türleri Akdeniz bölgesinin çalılıklarını temsil eden ve yarı kurak olan bazı Akdeniz ekosistemlerinin iyileştirilmesinde doğal olarak kullanılan türlerdir (Barea vd. 1992).

Azcón ve Barea (1997) tarafından yapılan bir araştırmada, kurak koşullarda ve degrade olmuş topraklarda *Lavandula spica* bitkisine AMF aşılması yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre AMF aşılmasının lavanta bitkisinin azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) alımını artırdığı bildirilmiştir. Ouahmane vd. (2006) ise *Lavandula stoechas*, *Lavandula dentata* ve *Lavandula multifida* L. türlerine yaptığı mikoriza aşılması sonucunda, mikorizanın bitki büyümesine katkı sağladığını, ayrıca *Cupressus arizonica* ile *Lavandula multifida* L. fidanlarının birlikte büyümesinde mikorizal kolonizasyonun daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Marulanda vd. (2007) kurak koşullarda *Lavandula spica* türüne *Glomus intraradices* ve *Glomus mosseae* sporlarını aşılama ve bu AMF aşılama bitkinin kuraklığa karşı direncini artırmış ve aynı zamanda büyümesine de katkı sağlamıştır. Armada vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ise, *Lavandula dentata* bitkisine AMF sporları aşılanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre AMF aşılmasının lavanta bitkisinin kuraklık stresine karşı toleransını artırdığı belirtilmiştir. Pirzad ve Mohammadzadeh (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *Lavandula officinalis* bitkisine AMF aşılmasının bitkinin su stresine karşı toleransını artırdığı bildirilmiştir. Golubkina vd. (2020) tarafından da AMF aşılmasının *Lavandula angustifolia* bitkisinin büyümesini teşvik ettiği belirtilmiştir. Genel olarak literatür incelendiğinde AMF aşılmasının lavanta bitkisinin su stresine ve kuraklığa karşı direncini artırmasının yanında gelişimine de katkı sağladığı görülmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda ülkemizde lavanta bitkisine Arbusküler Mikorizal Fungus aşılması yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Uluslararası literatürde lavanta türlerine yapılan aşılama çalışmaları incelendiğinde kısıtlı sayıda çalışmalar (Azcón ve Barea, 1997; Ouahmane vd., 2006; Marulanda vd., 2007; Armada vd., 2016; Pirzad ve Mohammadzadeh 2018; Golubkina vd., 2020) olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların çoğunluğunda da lavanta bitkilerinin kuraklığa karşı toleransı araştırılmıştır. Ülkemiz koşullarında lavantaya AMF aşılama çalışması yapılmadığı için AMF aşılmasının bitkinin toprak altı ve

toprak üstü biyomas özelliklerini nasıl etkileyeceği henüz bilinmemektedir. Bu kapsamda yapılan bu araştırmanın amacı, kıraç, eğimli, nem miktarı düşük, bitki beslenmesi bakımından fakir topraklarda da yetişebilen, lavanta bitkisine yapılan Arbusküler Mikorizal Fungus aşılmasının fidan boyu (FB), dal sayısı (DS), toprak altı kök yaş ağırlığı (KYA) ve kuru ağırlığı (KKA), toprak üstü yaş gövde ağırlığı (YGS) ve kuru ağırlığı (KGA), kök sayısı (KS) ve kök uzunluğuna (KU) etkilerinin araştırılmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Çalışmada kıraç, eğimli, nem miktarı düşük, bitki beslenmesi bakımından fakir topraklarda da yetişebilen *Lavandula angustifolia* L. türüne ait çelikler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Lavanta çelikleri köklendirme tablasında üretilmiştir. Araştırmada kullanılan toprak ortamı ise önceden otoklavda dezenfekte edilmiştir. Çalışmada AMF aşılması için yurt dışı kaynaklı markası ERS (Endo Root Soluble) olan *Gigaspora margarita*, *Glomus monosporus*, *Glomus intraradices*, *Glomus clarum*, *Glomus deserticola*, *Glomus aggregatum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus brasilianum*, türlerine ait karışım preparatları kullanılmıştır. Bu mikorizal preparatlar piyasa analizi sonucunda kolaylıkla bulunabilen ve ekonomik olarak daha uygun olduğundan dolayı tercih edilmiştir.

2.1.1 Fidan Saksılarının ve Toprağın Hazırlanması

Saksılar su ile yıkandıktan sonra sterile edilebilmesi için %1'lik HCl çözeltisi ve etanol ile yıkanarak saf su ile durulanmıştır. Lavanta çeliklerinin dikimi için toprak (%50) ve kum (%50) karışımı kullanılmıştır. Ardından kurutulmuş ve inceltilmiş toprak+kum karışımı içerisinde bulundurduğu bazı mikroorganizma etkinliklerinin kaldırılması amacıyla 120°C'de 2 atmosfer basınçta 2 gün boyunca otoklav cihazı yardımıyla dezenfekte edilmiştir. Lavanta bitkilerinin yetiştirilmesinde kullanılan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Lavanta bitkilerinin yetiştirilmesinde kullanılan toprakların analiz sonuçlarına ait değerler.

Toprak Karakteristikleri	Minimum	Maksimum	Ortalama
Toplam Azot (%)	0.07	0.11	0.08
Organik Karbon (%)	0.70	1.20	0.92
Kil (%)	28.85	33.14	30.79
Toz (%)	23.64	26.93	25.28
Kum (%)	41.22	45.15	43.92
CaCO ₃ (%)	1.32	5.28	3.60
pH (H ₂ O)	6.52	7.65	6.91
Elektriksel İletkenlik (dS/m)	0.19	0.56	0.45
Fosfor (kg/da)	8.26	14.09	9.79
Potasyum (kg/da)	41.67	58.51	50.91

Toprak analizi sonuçlarına göre lavanta fidanlarının yetiştirildiği toprakların toplam azot ve organik karbon içeriklerinin az olduğu, ortalama kil, toz, kum değerlerinin sırasıyla %30.79, %25.28 ve %43.92 olduğu belirlenmiştir. Kireç (CaCO₃) içerikleri bakımından toprakların az kireçli sınıfta olduğu, ortalama pH (H₂O) değerlerine göre toprakların hafif asit ve hafif alkali sınıflarda yer aldığı, elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin düşük olduğu ve toprakların tuzsuz sınıfta yer aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca toprakların elde edilebilir fosfor (P) ve potasyum (K) içeriklerinin yeterli miktarda olduğu bulunmuştur.

2.2 Yöntem

2.2.2 Lavanta Çeliklerin Dikimi ve Aşılama İşlemi

Çeliklerin Dikimi: Köklendirilmiş lavanta çelikleri tüplerinden çıkarılmadan önce aktarılacağı saksılara sterilize edilmiş toprak+kum karışımı ile 2 cm yükseklikte bir yatak oluşturacak şekilde dökülmüştür. Bu karışımın üzerine tüpünden çıkarılmış lavanta çelikleri kendi toprağıyla birlikte saksıya yerleştirildikten sonra toprak+kum karışımından üzerine eklenerek lavanta çeliğı tamamen transfer edilmiş ve dikim işlemi tamamlanmıştır.

Mikoriza Aşılması: Her çelik için 25/50/75 adet spor olacak şekilde aşılama gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kontrol amaçlı aşılammamış lavanta çelikleri kullanılmıştır. Sulama suyuna karıştırılarak kullanılan aşı kaynakları saksılara dikilmiş olan fidanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. AMF aşılması yapılmış lavanta fidanları 2 ay boyunca kolonize olabilmeleri için bekletilmiştir. Bu kapsamda çalışmada; 1 tür (*Lavandula angustifolia* L.) x 4 işlem (25 spor, 50 spor, 75 spor ve kontrol) x 10 adet çelik = 40 adet lavanta çeliğı kullanılmıştır.

2.2.3 Ölçümler ve Analizler

Saksıda yetişen lavanta fidanlarının boyları (FB) \pm 1 mm duyarlılıkta ki metre yardımıyla ölçülmüştür. Dal sayıları (DS) ve kök sayıları (KS) adet olarak sayılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. AMF aşılammış ve aşılammamış Lavanta fidanlarının morfolojik görüntüleri 1) Kontrol, 2) 25 sporlu aşılama, 3) 50 sporlu aşılama 4) 75 sporlu aşılama

Lavanta fidanlarının toprak üstü yaş gövde ağırlıklarının (YGA) ölçülmesi için fidanlar kök boğazı seviyesinden kesilerek hassas terazide tartılmıştır. Toprak üstü kuru gövde ağırlıklarının (KGA) ölçülmesi için yaş olarak tartılan toprak üstü kısımlar kese kağıtlarına koyularak 70°C'de 48 saat boyunca fırın içerisinde kurutulmuş ve daha sonra hassas terazide kuru ağırlıkları tartılmıştır. Toprak altındaki kök yaş ağırlıklarının (KYA) ölçülmesi için benzer şekilde fidanların kök boğazı seviyesinin altında kalan tüm köklerin toprakları temizlendikten sonra kök uzunluğu (KU) \pm 1 mm duyarlılıkta metre yardımıyla ölçülerek daha sonra hassas

terazide tartılmıştır. Toprak altındaki kök kuru ağırlığı (KKA) ölçümü sırasında ise KGA işleminde kullanılan ölçüm yönteminin aynısı uygulanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. AMF aşılması yapılmış lavanta fidanlarına ait fırın kurusu toprak üstü gövde ve toprak altı kök ağırlıkları

Toprakların Bouyoucous hidrometre yöntemi ile tane çapları tayin edilmiştir. Toprakların sınıflandırılmasında uluslararası olarak kullanılan tane çapı sınıfları kullanılmıştır (Irmak, 1954; Gülçur, 1974). Toprak reaksiyonu (pH) için, topraklar 1/2.5 oranında saf su ile 24 saat bekletildikten sonra ölçümleri cam elektrotlu pH metre ile yapılmıştır (Irmak, 1954; Gülçur, 1974; Kantarcı, 2000). Toprakların organik karbon miktarları ise 0.25 mm'lik elekten geçirilmiş topraklardan 0.5 gr tartılarak Walkley-Black ıslak yakma yöntemine göre bulunmuştur (Irmak, 1954; Gülçur, 1974). Toprak tuzluluğunun (elektriksel iletkenliğin) belirlenmesinde ise topraklar 1/5 oranında saf su ile 1 saat boyunca mekanik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra yapılmıştır (Gülçur, 1974; Eruz, 1979). Kireç içeriği, havan yardımı ile 2 mm'den daha küçük olacak şekilde öğütülen 0.5 gr toprak örnekleri ile Scheibler kalsimetre yöntemine göre bulunmuştur. (Gülçur, 1974; Kaçar, 1995). Toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemine göre bulunmuştur (Bremner ve Mulvaney, 1982; Kaçar, 1995). Elde edilebilir fosfor, toprakların pH durumuna göre bazik reaksiyonlu tespit edildiği için Olsen vd. (1954)'e göre yapılmıştır. Elde edilebilir potasyum ise Atalay (1982)'ye göre yapılmıştır.

2.2.4 İstatistiksel Analizler

Gigaspora ve *Glomus* cinslerine ait karışımdan oluşan Arbusküler Mikorizal Fungus aşılmasının, lavanta bitkisinin büyüme ve gelişme performansı üzerine etkilerinin ve en ideal spor sayısının belirlenmesi amacıyla tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) uygulanmıştır. Yapılan varyans analizi sonuçları bakımından farklılıkların belirlenmesi için %95 güven düzeyinde Duncan testi uygulanmıştır (SPSS, 2007).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 AMF Aşılama İşlemlerinin Lavanta Fidan Karakteristikleri Üzerindeki Etkilerine ait Bulgular ve Tartışma

Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre farklı AMF aşılamaının lavanta bitkisinin FB, DS, KYA, KKA, YGA, KGA, KS, KU'na etkileri Tablo 2'de gösterilmiştir.

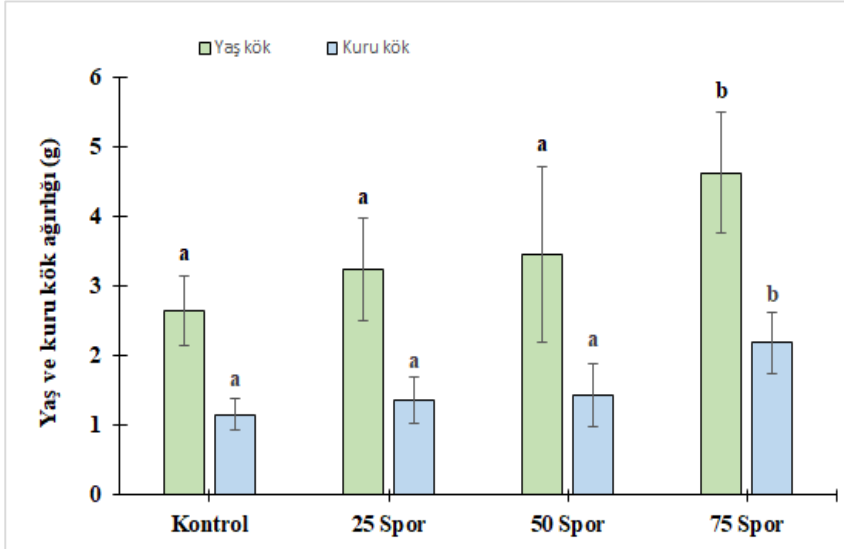
Tablo 2

Farklı mikorizal aşı uygulamasının lavanta fidan karakteristikleri üzerindeki ortalama değerlere ait tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Bitki Karakteristikleri	Kontrol	25 spor	50 spor	75 spor
Bitki Boyu (cm)	35.02 (± 7.77) ^a	36.12 (± 5.58) ^a	38.01 (± 6.32) ^a	34.95 (± 2.49) ^a
Dal Sayısı (adet)	2.11 (± 0.78) ^a	2.25 (± 0.46) ^a	2.20 (± 0.42) ^a	2.70 (± 0.94) ^a
Yaş Kök (gr)	2.65 (± 0.51) ^a	3.25 (± 0.73) ^a	3.47 (± 1.26) ^a	4.64 (± 0.87) ^b
Kuru Kök (gr)	1.16 (± 0.23) ^a	1.37 (± 0.33) ^a	1.43 (± 0.45) ^a	2.19 (± 0.44) ^b
Yaş Gövde (gr)	8.26 (± 2.90) ^a	10.54 (± 1.95) ^a	10.84 (± 3.07) ^a	13.97 (± 2.70) ^b
Kuru Gövde (gr)	2.86 (± 0.94) ^a	3.18 (± 1.23) ^a	3.17 (± 1.10) ^a	4.82 (± 0.98) ^b
Kök Sayısı (adet)	10.44 (± 4.69) ^a	19.12 (± 6.10) ^b	22.70 (± 5.51) ^{bc}	26.90 (± 7.56) ^c
Kök Uzunluğu (cm)	11.96 (± 3.13) ^a	18.00 (± 5.14) ^b	20.02 (± 4.57) ^b	25.49 (± 4.56) ^c

AMF aşılamaında spor sayısının FB ve DS üzerinde etkisi olmadığı belirlenirken, KYA, KKA, YGA, KGA, KS ve KU değerleri açısından istatistiki anlamda önemli olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına DS değerlerinin 2.11 – 2.70 adet olarak değiştiği, FB değerlerinin ise 34.95 – 38.01 cm arasında değiştiği, ancak her ikisinde de istatistiki olarak bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Citterio vd. (2005) *Cannablas sativa* türüne yapmış oldukları AMF uygulamasında boy büyümesinin aşılama ile arttığını ortaya koymuşlardır. Toprak (2016) karaçam, toros sediri ve saçlı meşe olmak üzere üç farklı fidan türüne yapmış olduğu iki farklı mikorizal (ektomikoriza + AMF ve sadece AMF) aşı uygulamasının fidan gelişimini nasıl etkilediği ile ilgili yapmış olduğu çalışmada, karaçam ve saçlı meşe fidanlarının boylarına mikoriza aşılamaının bir etkisi olmadığı ve ortalama fidan boyunun sırasıyla 26 ve 15 cm olduğunu belirtmiştir. Toros sediri fidanları için en fazla boy büyümesinin sadece AMF aşılamaında fidanlarda olduğunu ve mikoriza uygulanmamış kontrol fidanlarına kıyasla %23 daha uzun olduğunu ortaya koymuştur. Koç (2020)'de yalancı akasya türünün fidanlarına hümik asit, yerel mikoriza, yerel mikoriza + hümik asit ve ticari mikoriza işlemleri uygulamış ve ikinci yılındaki büyüme performanslarını incelemiştir. İncelemeler sonucunda yerel mikoriza uygulanmış yalancı akasya fidanlarının boyları diğer uygulanan işlemlere kıyasla ortalama %16 daha uzun olduğunu tespit etmiştir. Satış (2020) ise benzer şekilde iğde türü fidanlarına hümik asit, yerel mikoriza, yerel mikoriza + hümik asit ve ticari mikoriza uyguladığı ve ikinci yıl büyüme performanslarını incelediği araştırmada, en yüksek boya sahip fidanların yerel mikoriza işlemine ait olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yerel mikoriza ve yerel mikoriza + hümik asit uygulanan iğde fidanlarının boyları diğer hümik asit ve ticari mikorizaya kıyasla %25 daha uzun olduğunu bildirmiştir. Çalışmamıza benzer olarak Golubkina vd. (2020)'de *Lavandula angustifolia* L. türüne yapmış oldukları AMF aşılamaı sonucunda bitki boyunun istatistiki olarak değişmediğini belirtmişlerdir. Özel vd. (2021) ise AMF aşı ve aşısız doğu kayını fidanlarının farklı yükselti basamaklarında yetiştirme performansları üzerine yapmış oldukları çalışmada, fidanların boy büyüme değerlerinin ortalama 30.01 – 43.56 cm arasında değiştiğini ve en uzun boyun ise AMF aşı doğu kayını fidanlarında olduğunu belirtmişlerdir.

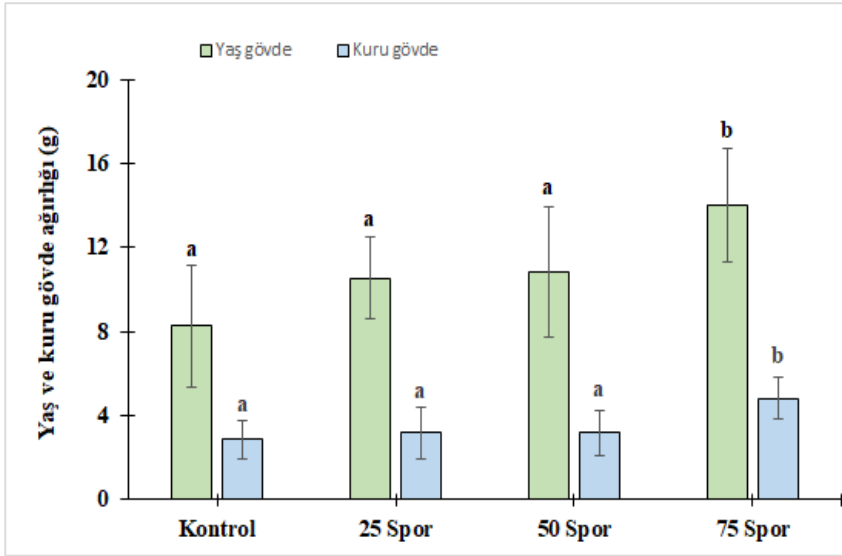
Yapılan tek yönlü varyans analizine göre; KYA ve KKA değerlerinin sırasıyla 2.65 – 4.64 gr ve 1.16 – 2.19 gr arasında değiştiği ve en yüksek KYA ve KKA'nın 75 spor aşılınmış lavanta bitkilerinde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre ise; kontrol, 25 spor ve 50 spor aşılınmış lavanta bitkileri aynı grupta yer alırken 75 spor aşılınmış lavanta bitkisi farklı grupta yer almıştır (Şekil 3).



Şekil 3. AMF uygulanmış ve kontrol ünitelerindeki Lavanta fidanlarının KYA ve KKA değişimi

Toprak (2016) karaçam, toros sediri ve saçlı meşe türlerinin fidanlarına uygulamış olduğu iki farklı mikorizal (ektomikoriza + AMF ve sadece AMF) aşı uygulamasının fidanların gelişimi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada, karaçam fidanlarının kök kuru ağırlıkları sadece AMF uygulanmış fidanlarda en yüksek olduğunu ve mikoriza uygulanmamışlara kıyasla %33 daha ağır olduğunu belirtmiş, ancak kök yaş ağırlıkları arasında bir farklılık olmadığını ve ortalama yaş kök ağırlığının ise 12 gr olduğunu belirtmiştir. Toros sediri fidanlarının kök yaş ve kuru ağırlıklarının ise benzer şekilde sadece AMF uygulanmış fidanlarda yüksek olduğunu ve uygulanmamış fidanların yaş ve kuru kök ağırlıklarına göre sırasıyla %35 ve %44 daha ağır olduğunu tespit etmiştir. Koç (2020) yalancı akasya türüne yaptığı (hümkik asit, yerel mikoriza, yerel mikoriza + hümkik asit ve ticari mikoriza) 4 farklı uygulamanın yalancı akasya fidanlarında ikinci yıl büyüme performanslarına nasıl etki ettiğini belirlemeye çalıştığı bir araştırmada, yaş ve kuru kök ağırlıklarının hümkik asit uygulanmış ve kontrol alanlarında mikoriza uygulanmış alanlara kıyasla %25 daha ağır olduğunu tespit etmiş ve aynı zamanda uygulanan mikorizal işlemler ile kök kuru ağırlığı arasında bir farklılığın olmadığını belirtmiştir. Satış (2020)'de iğde türüne yaptığı (hümkik asit, yerel mikoriza, yerel mikoriza + hümkik asit ve ticari mikoriza) 4 farklı uygulama ile fidanların büyüme performanslarını incelediği araştırmada, kök taze ağırlıkları arasında herhangi bir farklılığın olmadığını ve ortalama kök taze ağırlığının 14.2 gr olduğunu, ancak kök kuru ağırlıklarının yerel mikoriza uygulanmış fidanlarda, kontrol ve ticari mikoriza uygulanmış fidanlara göre %51 daha ağır olduğunu ortaya koymuştur. Popescu ve Popescu (2022) *Lavandula angustifolia* L. türüne yaptıkları farklı dozlardaki AMF aşılmasının, kontrol bitkilerine kıyasla kök biyokütlesini artırdığını bildirmişlerdir. AMF aşılınmış benzer çalışmalar incelendiği AMF'nin kök ağırlıklarını değiştirdiği görülmektedir. Bu durumda yapılmış olan AMF aşılama çalışmasının mevcut literatür ile benzerliğinin bir göstergesidir.

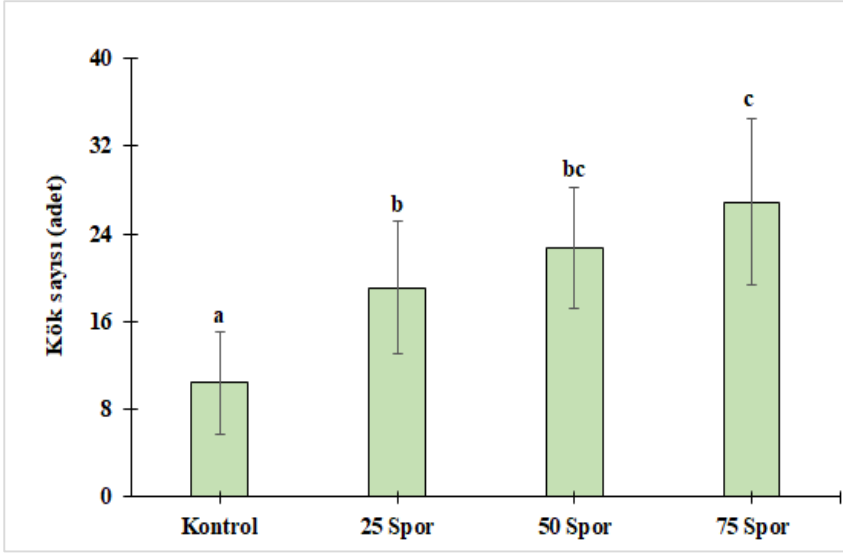
Yapılan tek yönlü varyans analizine göre; YGA ve KGA değerlerinin sırasıyla 8.26 – 13.97 gr ve 2.86 – 4.82 gr arasında değiştiği ve en yüksek YGA ve KGA'nın 75 spor aşılınmış lavanta bitkilerinde olduğu ortaya koyulmuştur. Yapılan Duncan testi sonuçlarına bakıldığında; kontrol, 25 spor ve 50 spor aşılınmış lavanta bitkileri aynı grupta yer alırken 75 spor aşılınmış lavanta bitkisi farklı grupta yer almıştır (Şekil 4).



Şekil 4. AMF uygulanmış ve kontrol ünitelerindeki Lavanta fidanlarının YGA ve KGA değişimi

Okaliptüs fidanlarına yapılan AMF uygulaması sonuçlarına göre AMF uygulanmış fidanların taze ağırlıklarının AMF uygulanmamışlara göre 2 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir (Janos vd., 2013). Toprak (2016) karaçam, saçlı meşe ve toros sediri olmak üzere üç farklı türün fidanlarına yapmış olduğu iki farklı mikoriza (ektomikoriza + AMF ve sadece AMF) aşu uygulamasının bitkilerin gelişimine etkisi üzerine yaptığı araştırmada, karaçam ve saçlı meşe fidanlarının toprak üstü yaş ve kuru gövde ağırlıkları arasında bir farklılık olmadığını belirtmiştir. Toros sediri fidanlarının ise sadece AMF uygulanmış fidanlarda daha yüksek olduğunu ve hiç işlem yapılmamış fidanlara kıyasla toprak üstü yaş ağırlıklarının %52, kuru ağırlıklarının ise %55 oranında daha ağır olduğunu ortaya koymuştur. Koç (2020) Yalancı akasya türünün fidanlarına uyguladığı hümitik asit, yerel mikoriza, yerel mikoriza + hümitik asit ve ticari mikoriza işlemlerinin yalancı akasya fidanlarının büyüme özelliklerine etkisi üzerine yaptığı araştırmada, yalancı akasya fidanlarının yaş ve kuru gövde ağırlıklarının yerel mikoriza, hümitik asit uygulamaları ve kontrol alanlarında bulunan fidanların ticari mikoriza uygulanan fidanlara göre daha ağır olduğunu belirtmiştir. Satış (2020) ise iğde fidanlarına uyguladığı hümitik asit, yerel mikoriza, yerel mikoriza + hümitik asit ve ticari mikoriza işlemlerinin iğde fidanlarında kuru gövde ağırlıklarının en fazla yerel mikoriza uygulanmış alanda olduğunu, aynı zamanda kuru gövde ağırlıklarının yerel mikoriza ve yerel mikoriza + hümitik asit uygulamasının diğer işlemlere kıyasla %43 daha fazla olduğunu, yaş gövde ağırlığının ise yerel mikoriza uygulamasının, hümitik asit uygulamasından ortalama %54 daha ağır olduğunu ortaya koymuştur. Özel vd. (2021) AMF uygulanmış doğu kayını fidanları ile yapmış oldukları çalışmada ise, fidan yaş gövde ağırlıklarının 7.97 – 9.07 gr arasında değiştiğini, fidan kuru ağırlığının ise 4.45 – 6.52 gr arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar ile ağırlık değişkenlikleri açısından AMF uygulanmış doğu kayını fidanlarının yaş ve kuru ağırlıklarının aşılammışa kıyasla daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Popescu ve Popescu (2022)'de *Lavandula angustifolia* L. türüne farklı dozlarda AMF aşılammışlar, bunun sonucunda ise kontrol bitkilerine kıyasla AMF aşılammışın bitki biyokütlesini artırdığını bildirmişlerdir. Fidan yaş ağırlığı ve fidan kuru ağırlığı büyümekte olan bir fidanın kalitesini belirleyen değişkenler olarak bilinmektedir. AMF aşılama uygulamasının bu değişkenleri artırdığı ve dolayısıyla fidan kalitesini de artırdığı düşünülmektedir.

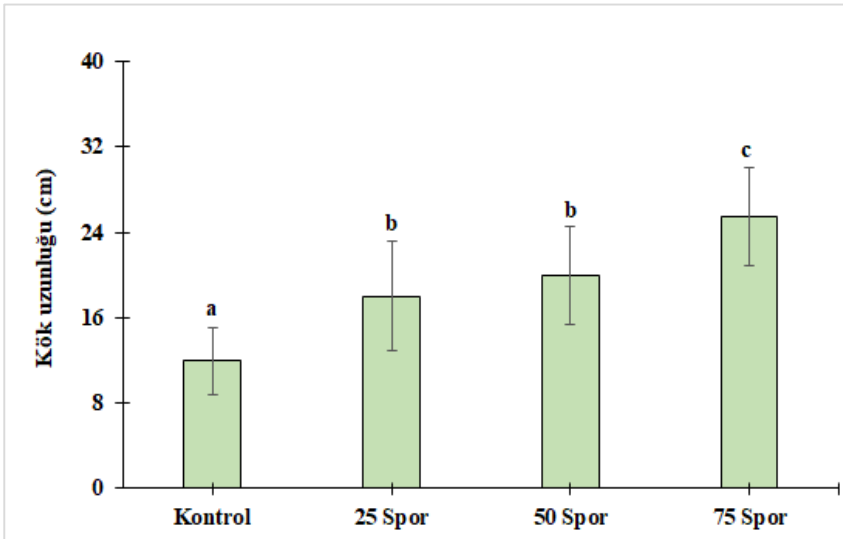
Tek yönlü varyans analizine göre; KS değerlerinin 10.44 – 26.90 adet arasında değiştiği ve en yüksek KS'nin 75 spor aşılammış lavanta bitkisinde olduğu belirlenmiştir. Farklılıkları tespit etmek için yapılan Duncan testi sonuçlarına göre; 25 spor ve 50 spor aşılammış lavanta bitkileri aynı grupta yer alırken kontrol grubu ve 75 spor aşılammış lavanta bitkileri farklı gruplarda yer almıştır (Şekil 5).



Şekil 5. AMF uygulanmış ve kontrol ünitelerindeki Lavanta fidanlarının kök sayısı (KS) değişimi

Özel vd. (2021)'de AMF uygulanmış doğu kayını fidanlarının, uygulanmamışlara kıyasla kök sayılarında artış olduğunu, ortalama kök sayısının ise 6.10 – 14.80 adet arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Bitki yetiştirme çalışmalarında, kök yapısı ve sayısının fidanların tutma başarısı, yaşaması ve gelişim göstermesiyle yakından ilişkisi bulunmaktadır. Bu durumdan dolayı başarılı bir fidan yetiştirmede zengin bir kök yapısı ve sayısı istenmektedir (Kızmaz, 1996). Kökleri küçük ve kılcal kök olarak zayıf olan fidanların zorlu arazi koşullarında hayatta kalması oldukça zordur. Bu sebeple çalışmamızda da görüldüğü üzere bu tarz fidan köklerinin AMF ile desteklenmesi sadece köklenme yüzdesine değil, aynı zamanda fidanlar için önemli olan kök sayısına da etkisinin olduğu görülmektedir.

Tek yönlü varyans analizine göre; KU değerleri bakımından 11.96 – 25.49 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek KU'nun ise 75 spor aşılansız lavanta bitkisinde olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; 25 spor ve 50 spor aşılansız lavanta bitkileri aynı grupta yer alırken kontrol ve 75 spor aşılansız lavanta bitkileri farklı gruplarda yer almıştır (Şekil 6).



Şekil 6. AMF uygulanmış ve kontrol ünitelerindeki Lavanta fidanlarının kök uzunluklarının (KU) değişimi

Fidanalarda bulunan kök uzunluğunun mikoriza aşılması ile arttığı ve aşılansız fidanlara kıyasla daha uzun köklere sahip oldukları belirtilmektedir (Shresta, 2002; Zaefarian vd., 2013). Mısır türlerine yapılmış olan

AMF ve diğer mikoriza aşılmasının, mısır türlerinin kök uzunluğu ve ağırlığı üzerine olumlu etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Kothari vd., 1990). Toprak (2016) toros sediri, karaçam ve saçlı meşe fidanlarına yapılan iki farklı mikorizal (ektomikoriza + AMF ve sadece AMF) aşılama işleminin, fidan büyümesine etkisi üzerine yaptığı çalışmada, karaçam ve saçlı meşe fidanlarının kök uzunluklarının ektomikoriza + AMF uygulanmış fidanlarda daha yüksek olduğunu ve mikoriza uygulanmamış fidanlara kıyasla karaçam fidanlarından %16, saçlı meşe fidanlarından ise %26 daha uzun köke sahip olduğunu tespit etmiştir. Toros sediri fidanlarının ise kök uzunluğunun en fazla AMF uygulanmış fidanlarda görüldüğünü ve mikoriza uygulanmamış fidanlara göre %18 daha uzun köke sahip olduğunu belirtmiştir. Satış (2020) iğde fidanlarına yapmış olduğu mikorizal işlemlerin sonuçlarına göre iğde fidanlarının kök uzunlukları arasında farklılık olmadığını ve ortalama kök uzunluğunun 37 cm olduğunu bildirmiştir. Koç (2020) ise benzer şekilde yalancı akasya türlerine uyguladığı mikorizal işlemlerin sonuçlarına göre, yalancı akasya fidanlarının kök uzunlukları arasında farklılık olmadığını, ortalama kök uzunluğunun ise 52 cm olduğunu belirtmiştir. Bunun sebebinin ise fidan tüplerinin kapasitesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Özel vd. (2021)'de doğu kayınına yapmış oldukları 25 sporlu AMF aşılmasının, doğu kayını fidanlarının kök uzunluklarını artırdığını ve ortalama 22.77 – 31.39 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Mevcut literatür incelendiğinde farklı türlere yapılan AMF aşılmasının çalışmamıza benzer şekilde bitki kök uzunluğunu artırdığı görülmektedir. Bitki besin maddesi bakımından fakir veya yetersiz su kaynaklarının bulunduğu kurak bölgelerde tüketme zonunun genişleyebilmesi açısından bitki köklerinin uzunluğu önemli bir etkidir. AMF aşılmasıyla bitki kök uzunluğunun artacağı dolayısıyla tüketme zonunun genişleyeceği ve buna bağlı olarak bitki besin maddesi ve su alımının artacağı düşünülmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, kıraç, eğimli, nem miktarı düşük, bitki beslenmesi bakımından fakir topraklarda da yetişebilen lavanta bitkisine yapılan farklı sayıdaki Arbusküler Mikorizal Fungus sporu aşılmasının fidan boyu (FB), dal sayısı (DS), toprak altı kök yaş ağırlığı (KYA) ve kuru ağırlığı (KKA), toprak üstü yaş gövde ağırlığı (YGS) ve kuru ağırlığı (KGA), kök sayısı (KS), kök uzunluğuna (KU) etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, lavanta bitkilerine yapılan farklı AMF sporu aşılması, kontrol grubuna göre etkili olmuştur. Aşılama AMF spor sayısının artması bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiş ancak en iyi sonuçlar 75 spor aşılamasından elde edilmiştir.

Konuyla ilgili literatüre bakıldığında, ülkemizde Arbusküler Mikorizal Funguslar ile lavanta bitkisine aşılama çalışması yapılmış olan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Uluslararası ölçekte yapılan çalışmalar ise kısıtlı sayıda olmakla birlikte, genellikle lavantanın kuraklığa karşı toleransı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu sebeple yapılan çalışmanın sonuçları, AMF aşılmasının lavanta bitkisinin gelişimine ve yeni yapılacak olan çalışmalara altlık olması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma ile farklı sporlu AMF aşı uygulamasının lavanta bitkilerinin gelişimini nasıl etkilediği ortaya koyulmuştur. Bitkiler ile simbiyotik mutualistik ilişki kuran Arbusküler Mikorizal Funguslar bitkilerin gelişiminde önemli rol oynadıkları bilinmektedir. Bu araştırma ile AMF aşılansız lavanta bitkilerinin, AMF aşılansız lavanta bitkilerine kıyasla daha fazla gelişme gösterdikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda bitki yetiştirmede kullanılan kimyasal maddelere yapılan yüksek harcamalar yerine AMF aşılama gibi doğal yöntemlerin kullanılmasının, bitki yetiştirme işlemlerinde hem başarı oranını artıracak hem de ülkemiz özsermaye kaybının azalmasında büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgeler ile erozyon riski taşıyan alanlarda AMF aşılması yapılmış lavanta bitkilerinin toprak koruma amaçlı kullanılması ile başarı oranının artacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla lavanta ile yapılacak olan bitkilendirme çalışmalarında, AMF aşılmasının ülkemiz topraklarına biyolojik, ekolojik ve ekonomik açıdan büyük katkılar sağlayacağı kanaatine varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK-2209/A 1919B012105798 NUMARALI Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Yazar Katkıları

Ömer Faruk KARAMAN: Çalışmayı planlamış ve tasarlamıştır.

Şahin PALTA: Saksı denemesini oluşturmuş ve istatistiksel analizleri yaparak sonuçları değerlendirmiştir.

Eren BAŞ: Veri toplamış ve analizini yaparak, makaleyi yazmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Armada, E., Probanza, A., Roldán, A. and Azcón, R. (2016). Native plant growth promoting bacteria *Bacillus thuringiensis* and mixed or individual mycorrhizal species improved drought tolerance and oxidative metabolism in *Lavandula dentata* plants. *Journal of plant physiology*, 192, 1-12.
- Aslancan, H. ve Sarıbaş, R. (2011). Lavanta yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No: 41 Yayın Tarihi: 15.11.
- Atalay, İ. Z. (1982). *Gediz Havzası alüviyal topraklarının potasyum durumu ve bu topraklarda alınabilir potasyum miktarlarının tayininde kullanılacak yöntemler üzerinde bir araştırma* (Doktora tezi). Ege Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, İzmir.
- Azcón, R. and Barea, J. (1997). Mycorrhizal dependency of a representative plant species in Mediterranean shrublands (*Lavandula spica* L.) as a key factor to its use for revegetation strategies in desertification-threatened areas. *Applied Soil Ecology*, 7(1), 83-92.
- Barea, J. M., Azcon, R. and Azcon-Aguilar, C. (1992). The use of ¹⁵N to assess the role of VA mycorrhiza in plant N nutrition and its application to evaluate the role of mycorrhiza in restoring Mediterranean ecosystems. *Mycorrhizas in Ecosystems. Structure and Function*. CAB International, Wallingford, UK, 190-197.
- Bolan, N. S., Robson, A. D. and Barrow, N. J. (1987). Effects of Vesicular - Arbuscular Mycorrhizae the availability of iron phosphates to plants. *Plant and Soil*, 99, 401 - 410.
- Bremner, J. M. and Mulvaney, C. S. (1982). Nitro-gen-total. In: Page, A.L. (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. SSSA Book series No: 9, Madison, pp. 595-622.
- Cooper, C. M. (1984). *Physiology of VA Mycorrhizal Associations, VA Mycorrhizae*, Ed. Powell C L ve Bagyaraj D J, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 155–186 pp.
- Citterio, S., Prato, N., Fumagalli, P., Aina, R., Massa, N., Santagostino, A., Sgorbati, S. and Berta, G. (2005). The arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* induces growth and metal accumulation changes in *Cannabis sativa* L. *Chemosphere*, 59(1), 21-29.
- Demir, S. (1998). *Bazı kültür bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler mikorrhiza (VAM) oluşumu ve bunun bitki gelişimi ve dayanıklılıktaki rolü üzerinde araştırmalar* (Doktora tezi), Ege Üni, FBE, Bitki koruma ABD, İzmir, 114 s.
- Eruz, E. (1979). Toprak tuzluluğu ve bitkiler üzerindeki genel etkileri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 29(2), 112–120 s.
- Frank, B. (2005). On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of A.B. Frank's classic paper of 1885), *Mycorrhiza*, 15, 267-275.
- Golubkina, N., Logvinenko, L., Novitsky, M., Zamana, S., Sokolov, S., Molchanova, A., Shevchuk, O., Sekara, A., Tallarita, A. and Caruso, G. (2020). Yield, essential oil and quality performances of *Artemisia dracunculoides*, *Hyssopus officinalis* and *Lavandula angustifolia* as affected by arbuscular mycorrhizal fungi under organic management. *Plants*, 9(3), 375.
- Gülçur, F. (1974). Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları. Kutulmuş Matbaası, İÜ Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No. 201, İstanbul, 225 s.
- Irmak, A. (1954). Arazide ve laboratuarda toprağın araştırılması metodları. İÜ Yayın No. 559, Orman Fakültesi

Yayın No. 27, İstanbul, 150 s.

- Janos, D. P., Scott, J., Aristizabal, C. and Bowman, D. M. (2013). Arbuscular-mycorrhizal networks inhibit *Eucalyptus tetrodonta* seedlings in rain forest soil microcosms. *PLoS One*, 8(2), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057716>.
- Kaçar, B. (1995). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri, III. Toprak Analizleri. AÜ Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705 s.
- Kantarıcı, M. D. (2000). Toprak ilmi. İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, İstanbul, 420s.
- Kızmaz, M. (1996). Bazı yapraklı ağaç türlerinin vejetatif yolla üretilmesi üzerine araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Tekik Bülteno No: 262.
- Koç, T. (2020). *Yalancı akasya (Robinia pseudoacacia L.) fidanlarının ilk iki yıldaki büyümelerine arbusküler mikorizanın etkileri* (Yüksek lisans tezi). Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 35, Düzce.
- Kothari, S. K., Marschner, H. and George, E. (1990). Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth and water relations in maize. *New Phytologist*, 116(2), 303-311.
- Li, X. L., Marschner, H. and George, E. (1991). Extension of the phosphorus depletion zone in VA mycorrhizal white clover in a calcareous soil. *Plant and Soil*, 135, 41-48.
- Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J. M. and Azcón, R. (2007). Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought-sensitive *Glomus* species. *Microbial ecology*, 54(3), 543.
- Mohammed, A., Mitra, B. and Khan, A. G. (2004). Effects of sheared-root inoculum of *Glomus intraradices* on wheat grown at different phosphorus levels in the field. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103(1), 245-249.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture Circular No. 939.
- Ouahmane, L., Hafidi, M., Plenchette, C., Kisa, M., Boumezzough, A., Thioulouse, J. and Duponnois, R. (2006). *Lavandula* species as accompanying plants in Cupressus replanting strategies: effect on plant growth, mycorrhizal soil infectivity and soil microbial catabolic diversity. *Applied Soil Ecology*, 34(2-3), 190-199.
- Özel, H. B., Palta, Ş. ve Çakmaklı, E. (2021). Arbusküler mikorizal fungus aşılmasının doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) fidanlarının büyüme performansı ve adaptasyon başarısı üzerine etkilerinin araştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 217-225.
- Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara, Ö. ve Şensoy, H. (2010). Arbusküler mikorizal funguslar (AMF), bitki ve toprakla ilişkileri, mera ıslahındaki önemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12(18): 87-98.
- Palta, Ş. (2012). *Bartın yöresi çayır-mera alanlarında bulunan Gramineae familyasına ait bitkilerde Arbusküler Mikorizal Fungusların (AMF) varlığının ve ekolojik özelliklerinin belirlenmesi* (Doktora Tezi). Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 192 s.
- Perry, A. D., Molina, R. and Amaranthus P. M. (1987). Mycorrhizae, mycorrhizospheres and reforestation: current knowledge and research needs, *Canadian Journal of Forest Research*, 17 (8): 929-940.
- Pirzad, A. and Mohammadzadeh, S. (2018). Water use efficiency of three mycorrhizal *Lamiaceae* species (*Lavandula officinalis*, *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris*). *Agricultural Water Management*, 204, 1-10.
- Popescu, G. C. and Popescu, M. (2022). Role of combined inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi, as a sustainable tool, for stimulating the growth, physiological processes, and flowering performance of lavender. *Sustainability*, 14(2), 951.
- Rhodes, L. H. (1980). The use of mycorrhizae in crop production systems. *Outlook on Agriculture*, 10(6): 275-281.

- Satış, O. (2020). *Farklı arbusküler mikorizal inokulasyonların iğde (Elaeagnus angustifolia L.) fidanlarının morfolojik özelliklerinde oluşturduğu iki yıllık değişim* (Yüksek lisans tezi). Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 21, Düzce.
- Shresta, G. (2002). Performance of *Pinus roxburghii* inoculated with pure culture of four indigenous ectomycorrhizal fungi. In 7th International Mycological Congress, Oslo.
- SPSS Inc. (2007). SPSS for Windows, Version 16.0. Chicago: SPSS Inc.
- Tisdall, J. M. (1994) Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant and Soil*, Vol: 159, No: 1 p. 115-123.
- Toprak, B. (2016). *Ekto- ve arbusküler mikoriza aşılınmış Karaçam (Pinus nigra), Toros sediri (Cedrus libani) ve Saçlı Meşe (Qercus cerris) fidanlarının İç Anadolu'nun yarı kurak sahalarındaki ağaçlandırma başarısı* (Doktora tezi). Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 172, Düzce.
- Zaefarian, F., Rezvani, M., Ardakani, M. R., Rejali, F., Yazdi, S. A. F. and Yazdi, S. F. F. (2013). Effect of mycorrhizal fungus strains on some of root traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(6), 1386-1392.