



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Kuraklık Stresindeki Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Fidanlarının Yaprak Su Potansiyeline Mikorizanın Etkisi

 Bülent TOPRAK^{a,*}

^a Ormanlık Bölümü, Ormanlık Meslek Yüksekokulu, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: bulenttoprak@duzce.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.584502

ÖZET

Kurak alanlarda uzun süre meydana gelen su kıtlığı fidanların yaşama oranlarını olumsuz yönde etkilediğinden dolayı bu gibi su sorunu olan sahalarda su stresini azaltıcı tedbirlerin alınması gerekmektedir. Kurak sahalardaki başarıyı arttırmada mikorizanın önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı kurak sahalarda su stresine karşı dayanıklılığı yüksek Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) fidanı elde etmek ve su stresi altındaki fidanların su potansiyellerine mikorizanın etkilerini belirlemektir. Bunun için akasya fidanlarına mikoriza aşılması yapılarak yaprak su potansiyeli ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Mikorizalı ve mikorizasız ayrımı olmaksızın her iki durumda da toprak su içeriğindeki düşüş, fidanların yaprak su potansiyellerinde azalmaya neden olmuştur. Akasya fidanları ile su arasındaki ilişkide olumlu etkiler meydana getiren mikoriza, kuraklık şartlarında stresi azaltmış ve dayanıklılığı arttırmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Arbusküler Mikoriza, Robinia pseudoacacia, Kuraklık Stresi*

Mycorrhizal Influence on Leaf Water Potential in Black Locust (*Robinia Pseudoacacia* L.) Seedlings Subjected to Drought Stress

ABSTRACT

Long-term water stress in arid areas negatively affects seedling survival rates. Therefore, water stress reduction applications are required in areas with water problems. It is known that mycorrhiza has important effects in increasing the afforestation success in arid areas. The objective of the study is to obtain Black locust (*Robinia Pseudoacacia* L.) seedlings with high resistance to water stress in arid areas and to determine the effects of mycorrhiza on the water potential of the seedlings under water stress. For this purpose, acacia seedlings were inoculated with mycorrhiza and leaf water potential measurements were performed. The reduction of soil water caused a decrease in leaf water potential of seedlings. Mycorrhiza, which has positive effects on the relationship between black locust seedlings and water, decreased stress under drought conditions and increased resistance to water stress.

Keywords: *Arbuscular Mycorrhiza, Robinia pseudoacacia, Drought stress*

I. GİRİŞ

Doğal yaşam alanlarının, toprak ve su kaynakları ile biyolojik çeşitliliğin korunup geliştirilmesi için bozuk orman alanlarında ve orman rejimi dışındaki uygun hazine ve tarım alanlarında ağaçlandırmaların yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Türkiye'deki orman alanlarının ortalamasının arttırılarak dünya ortalamasının üzerine çıkılması için büyük bir kısmında vejetasyon döneminde su açığı bulunan potansiyel ağaçlandırma sahalarında ağaçlandırma başarısının sağlanması gerekmektedir. Kurak alanlardaki ağaçlandırma sahalarının başarıya ulaşmasındaki en önemli unsur bitkilerin suya erişimidir. Az gelişmiş toprakların bulunduğu sahaların su tutma kapasitesi düşük olduğundan dolayı iklimin dikte ettiği kuraklık etkisi yöresel bazda farklılıklar göstermektedir. Bu sahalarda ağaçlandırmayı başarıya ulaştırmada farklı tür seçimi, arazi hazırlığı ve dikim teknikleri denenmiş fakat istenilen başarı sağlanamamıştır. Bu tekniklerin yanında özellikle kuraklık stresinin gerçekleştiği koşullarda mikorizalı fidan kullanımı, ağaçlandırmanın başarıya ulaşılmasını ve masrafların azaltılmasını sağlamaktadır [1-8]. Türkiye ormancılığında önemli etkilere yol açabileceği öngörülen mikorizanın bilinçli ve etkin kullanımını sağlayabilecek çalışma sayısı düşük düzeydedir [9-12].

Su stresine maruz kalan bitkilerin büyüme ve gelişmesi engellenmekte; hastalık ve zararlılara karşı gösterdiği direnç düşmektedir. Mikoriza kök mimarisi üzerinde olumlu etkilere sahip olduğundan dolayı su kıtlığının bulunduğu alanlardaki kılcal gözeneklerden suyun alınmasını gerçekleştirerek bitkinin kuraklığa karşı olan dayanımını arttırabilmektedir. Bunun yanında toprak mimari yapısına etki ederek infiltasyonun artmasını ve daha fazla toprak suyu miktarının oluşmasını sağlayabilmektedir [13-16].

Bitki kökleri su alımını etrafındaki 1-2 mm'lik alan içerisinden gerçekleştirmektedir [17]. Dolayısıyla su kıtlığının bulunduğu sahalarda daha fazla kök üreten bitkilerin hayatta kalma başarıları daha yüksek olmaktadır. Mikoriza bitkinin daha iyi büyüme ve gelişme göstermesi ile birlikte güçlü kökler oluşturmasını sağlayarak strese karşı dayanıklılığı arttırabilmektedir [4, 18, 19].

Çalışmanın amacı kurak sahalarda su stresine karşı dayanıklılığı yüksek akasya fidanı elde etmek ve su stresine altındaki fidanların su potansiyellerine mikorizanın etkilerini belirlemektir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. YETİŞTİRME ORTAMI

Fidanların yetiştirildiği harç %70 toprak + %10 perlit + %20 torf karışımından oluşturulmuştur. Kullanılan harcın analiz sonuçları Tablo 1, 2 ve 3'te belirtilmiştir.

Tablo 1. Harcın tekstürü, OM, pH, EC, toplam kireç ve KDK ortalaması ± standart hata

Tekstür	OM (%)	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Toplam Kireç (%)	KDK (me/100g toprak)
Kumlu Killi Balçık	1.6 ± 0.1	7.4 ± 0.03	140 ± 1	2.1 ± 0.4	33 ± 1

Tablo 2. Harcın makrobesin yoğunluğu ortalaması ± standart hata

C (%)	N (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	Ca (mg kg^{-1})	Mg (mg kg^{-1})
1.1 ± 0.1	0.1 ± 0.02	7.2 ± 0.1	78 ± 0.3	6215 ± 94	130 ± 1

Tablo 3. Harcın mikrobesein yoğunluğu (mg kg⁻¹) ortalaması ± standart hata

Fe	Cu	Zn	Mn
19.7 ± 0.1	3.2 ± 0.02	0.5 ± 0.1	38 ± 0.3

B. YEREL VE TİCARİ MİKORİZAL KARIŞIM

Yerel mikorizal karışım Ekecik, Acıpınar, İncesu, Emirgazi, Karapınar ve Meke Gölü civarındaki ağaçlandırma sahalarında bulunan Yalancı Akasya fidanlarının kök bölgelerindeki mikorizal sporlardan oluşturulmuştur.

Çalışmada kullanılan ticari mikorizal karışım (RhizoMyx®[Novozymes]) arbusküler mikorizal mantarlar ile kök ve mantar gelişimini teşvik edici bileşenleri içermektedir (Tablo 4 ve 5).

Tablo 4. Mikorizal karışımın spor içeriği

Arbusküler mikoriza	(propagule g ⁻¹)
<i>Glomus intraradices</i>	21
<i>Glomus mosseae</i>	20
<i>Glomus aggregatum</i>	20
<i>Glomus clarum</i>	1
<i>Glomus monosporum</i>	1
<i>Glomus deserticola</i>	1
<i>Glomus brasilianum</i>	1
<i>Glomus etunicatum</i>	1
<i>Gigaspora margarita</i>	1

Tablo 5. Mikorizal karışımın diğer bileşenleri

Diğer Bileşenler	Oran (%)
Humik asitler	28,70
Esmer su yosunu ekstraktları	18,00
Askorbik asit	2,00
Amino asitler	6,00
Myo-inositol	2,50
Surfactant	2,50
Tiamin	1,75
Aplha-tocopherol	1,00

C. TORBALARIN VE YETİŞME ORTAMININ STERİLİZASYONU

Fidan torbaları çeşme suyu ile yıkandıktan sonra %1'lik HCl çözeltisinden geçirilerek üç defa saf su ile durulanmış ve sonrasında etanol ile steril edilmiştir. Ayrıca akasya tohumlarının yetiştirildiği harç ortamında yer alan ve mikoriza ile rekabete girebilecek olan mikroorganizmaların etkinliğini ortadan kaldırmak için yetiştirme ortamına 120 °C'de 2 atmosfer basınçta 2 saat boyunca otoklavda sterilizasyon işlemi uygulanmıştır.

D. FİDAN ÜRETİMİ

Çalışmada fidan üretimi Düzce Üniversitesi araştırma serasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan Yalancı Akasya tohumları Isparta-Davraz bölgesinden toplanmıştır.

Yerel mikorizal işlem (YMA) için fidanların yetişeceği harç ortamı torbalara doldurulduktan sonra İç Anadolu'nun Ekecik, Acıpınar, İncesu, Emirgazi, Karapınar ve Meke Gölü civarındaki ağaçlandırma sahalarından elde edilen 500 adet sporun bulunduğu inokulum bir tabaka halinde tohum yatağının yaklaşık olarak 5 cm altına gelecek şekilde konulmuştur. Üzerine aynı harç ortamı örtülerek üçer adet tohum ekilmiştir.

Ticari mikorizal işlem (TMA) için bir kilogram tohuma beş gram mikorizal karışım uygulanacak şekilde çözelti oluşturulmuştur. Tohumlar beşer dakika çözeltilerin içinde bekletildikten sonra kuruması için çözeltilerden çıkarılmıştır. Tohumlar kuruduktan sonra fidan torbalarına üçer adet ekim yapılmıştır. Tohum ekiminden iki hafta sonra 100 ml suya bir gram mikorizal karışım konarak oluşturulan çözelti fidanlara verilmiştir.

Kontrol (KA) için tohumlar fidan torbalarına ekilerek fidanlar yetiştirilmiştir. Bu ünite için başka herhangi bir uygulama yapılmamıştır.

Tüm ünitelerde çimlenmelerin gerçekleşmesinden birkaç hafta sonra her torbadaki en sağlıklı fidan deneme materyali olarak bırakılıp diğer zayıf bireyler ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Torbalarda ot kontrolü yapılmış ancak herhangi bir gübreleme yapılmamıştır. Çalışma kapsamında her bir işlem için 50 adet fidan olmak üzere uygulanan 3 işlemde toplam 150 adet fidan yetiştirilmiştir. İşlemler aşağıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme Parselleri

E. ANALİZLER VE ÖLÇÜMLER

Tanecik bileşimi Bouyoucos hidrometre yöntemine göre yapılmıştır [20]. Toprak tepkimesi cam elektrotlu pH metre ile tespit edilmiştir [Hanna-HI 221; 21]. Tuzluluk seviyesinin dolaylı olarak belirlenmesi için elektrik iletkenliği (EC) $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür [WTW InoLab Cond Level 1, 22]. Toplam kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir [23]. C ve N kuru yakma yöntemi ile tespit edilmiştir (LECO Truspec CN-2000 analizör, LECO Corporation, St. Joseph, MI, USA). Değiştirilebilir katyonlar (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn) ICP/OES (Perkin Elmer) ile belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) değeri 5 g hava kuru toprak örneğinin NH_4OAc ile tepkimeye sokulmasıyla tespit edilmiştir [24].

Fidanların yetiştirildiği torbalardaki nem kontrolleri nemölçer (Fieldscout TDR 100 Soil Moisture Meter) ile belirlenmiştir. Su potansiyeli ölçümünün başladığı zamana kadar fidanların sulama işlemi düzenli olarak gerçekleştirilmiştir. Yapraklar gelişimini sağladıktan sonra vejetasyon döneminin sonuna doğru son sulama yapılarak toprak nemindeki kademeli düşüşe göre yaprak su potansiyelleri belirlenmiştir.

Fidanların toprak nemine bağlı olarak su potansiyellerindeki değişimi ortaya koymak amacıyla periyodik olarak fidan torbalarındaki nem miktarlarının belirlendiği andaki yaprak su potansiyelleri Basınç Çemberi cihazı (PMS Instruments Company, 1505D-EXP) ile gün ortasında ölçülmüştür. Yaprak örnekleri cihaza yerleştirilip basınç çemberine azot gazı (N_2) girişi sağlanarak su çıkana kadar basınç artırılmış ve bitki materyalinden özsuyun çıkmasıyla birlikte gaz girişi durdurulup manometreden negatif basınç değerleri bar olarak belirlenmiştir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. TOPRAK NEMİ İLE YAPRAK SU POTANSİYELLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ VE DEĞİŞİMLER

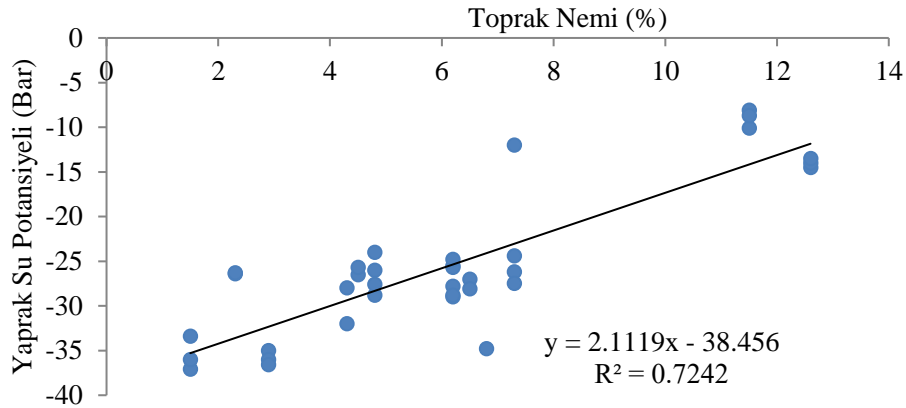
Akasya fidanlarının yaprak su potansiyeli ile toprak nemi arasında üç ünite de pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Her üç ünite de yüksek ilişki dereceleri belirlenmiştir. Bu ilişki YMA ve KA ünitesinde çok kuvvetli; TMA ünitesinde ise kuvvetli olarak ortaya çıkmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Akasya Fidanlarının Toprak Nemi ile Yaprak Su Potansiyeli Arasındaki Pearson Korelasyon Değeri

		Toprak Nemi	Yaprak Su Potansiyeli
	Toprak Nemi	1.00000	
	(YMA)	0.85102 <0.0001	1.00000
Yaprak Su Potansiyeli	(TMA)	0.62450 0.0001	1.00000
	(KA)	0.84654 <0.0001	1.00000

YMA ünitesindeki fidanların toprak nemi ile yaprak su potansiyeli arasında doğru orantılı ve pozitif ilişki olduğu ($R^2=0,7242$) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli ($P<0,0001$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Toprak nemine bağlı olarak fidanların yaprak su potansiyeli tahminine yönelik regresyon modeli Denklem 1’de verilmiştir.

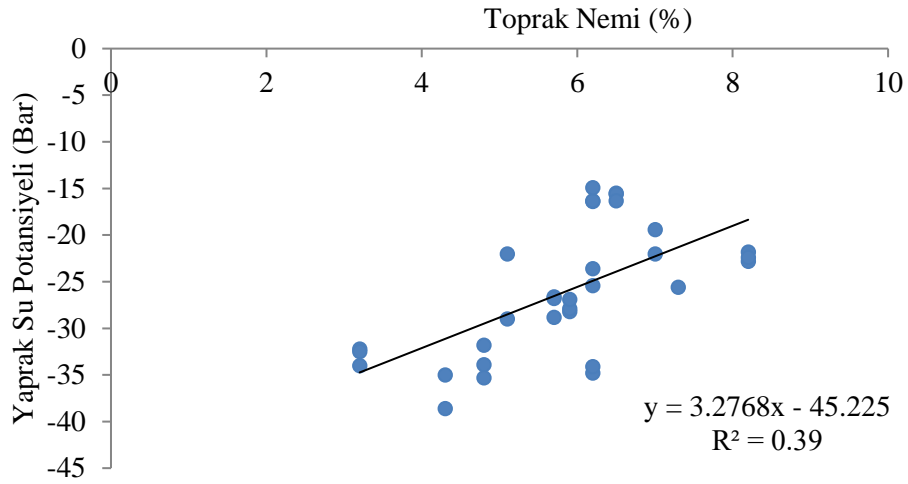
$$\text{Yaprak Su Potansiyeli (Bar)} = -38,45576 + 2,11193 \times \text{Toprak Nemi (\%)} \quad (1)$$



Şekil 2. YMA Ünitesindeki Akasya Fidanlarının Toprak Nemi ile Yaprak Su Potansiyeli Değişkeninin İlişkisi.

TMA ünitesindeki fidanların toprak nemi ile yaprak su potansiyeli arasında doğru orantılı ve pozitif ilişki olduğu ($R^2=0,3900$) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli ($P=0,0001$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Toprak nemine bağlı olarak fidanların yaprak su potansiyeli tahminine yönelik regresyon modeli Denklem 2’de verilmiştir.

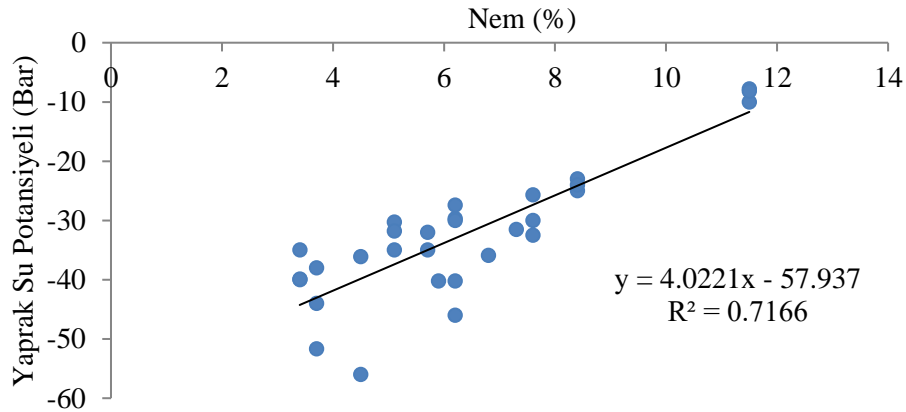
$$\text{Yaprak Su Potansiyeli (Bar)} = -45,22466 + 3,27677 \times \text{Toprak Nemi (\%)} \quad (2)$$



Şekil 3. TMA Ünitesindeki Akasya Fidanlarının Toprak Nemi ile Yaprak Su Potansiyeli Değişkeninin İlişkisi.

KA ünitesindeki fidanların toprak nemi ile yaprak su potansiyeli arasında doğru orantılı ve pozitif ilişki olduğu ($R^2 = 0,7166$) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli ($P < 0,0001$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Toprak nemine bağlı olarak fidanların yaprak su potansiyeli tahminine yönelik regresyon modeli denklem 3'te verilmiştir.

$$\text{Yaprak Su Potansiyeli (Bar)} = -57,93687 + 4,02208 \times \text{Toprak Nemi (\%)} \quad (3)$$



Şekil 4. KA Ünitesindeki Akasya Fidanlarının Toprak Nemi ile Yaprak Su Potansiyeli Değişkeninin İlişkisi.

Bu çalışmayla benzer olarak Çin'de gerçekleştirilen bir çalışmada dokuz gün sulanmayarak kuraklık stresine maruz bırakılan bir yaşındaki *Machilus yunnanensis* ve *Cinnamomum camphora* fidanların her ikisine ait yaprak su potansiyellerinde toprak neminin düşmesiyle birlikte düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir [25]. Sarıçamda (*Pinus sylvestris* L.) kuraklık stresinin bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklere olan etkisini belirlemek amacıyla Trabzon'da gerçekleştirilen bir çalışmada da, sarıçamın yayılış alanlarını temsil eden 10 farklı tohum meşçeresine ait tohumlar kullanılarak yetiştirilen fidanların su stresi altında su potansiyellerinin düştüğü tespit edilmiştir [26]. Bu çalışmada olduğu gibi kuraklık stresi hakkında gerçekleştirilen pek çok çalışmada, su stresine bağlı olarak yaprak su potansiyelinde düşüşün gerçekleştiği ortaya konulmuştur [27-30].

Arbusküler mikorizal mantarlar bitki ve su arasındaki ilişkileri düzenleyerek kuraklık stresine karşı dayanıklılığı arttırmaktadır [31-34]. Birhane vd. [35] yaptıkları çalışmada, arbusküler mikorizalı *Boswellia papyrifera* fidanlarına ait yaprak su potansiyellerinin mikorizalı olmayanlara göre daha

yüksek değerlere ulaştığını belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada ise *Cupressus atlantica* fidanlarının yerel arbusküler mikorizal mantarlar sayesinde su kıtlığına karşı koyabildikleri ve mikorizasız olanlara göre daha yüksek su potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir [36]. Bu çalışmada da yerel mikorizal mantarlar ile ilişki kurmuş olan Yalancı akasya fidanlarının mikorizasız olanlara göre daha düşük toprak nemi düzeylerinde yaşamlarını devam ettirebildikleri tespit edilmiştir. Özellikle toprak neminin %4'e indiği durumlarda üç işlem de birbirileriyle karşılaştırıldığında su potansiyelinin en yüksek yerel mikoriza uygulananlarda; en düşük ise kontrol fidanlarında olduğu ortaya çıkmıştır.

IV. SONUC

Mikorizalı ve mikorizasız ayrımı olmaksızın her iki durumda da toprak su içeriğindeki düşüş fidanların yaprak su potansiyelerinde azalmaya neden olmuştur. Kurak alanlardaki başarının sağlanması için su kıtlığının sebep olduğu bu düşüşün yavaşlatılması veya aynı nem içeriklerinde daha yukarıya taşınması gerekmektedir. Yalancı akasya fidanları ile su arasındaki ilişkide olumlu etkiler meydana getiren mikoriza, kuraklık şartlarında stresi azaltmış ve su stresine karşı dayanıklılığı arttırmıştır. Aynı kuraklık koşulları altında mikorizalı Yalancı akasya fidanları mikorizasız olanlara göre daha uzun süre hayatta kalabilme başarısına sahip olmuştur.

Kurak alanlarda uzun süre meydana gelen su kıtlığı fidanların yaşama oranlarını olumsuz yönde etkilediğinden dolayı bu gibi su sorunu olan sahalarda su stresini azaltıcı tedbirlerin alınması gerekmektedir. Elde edilen veriler özellikle yerel mikorizanın Yalancı akasya fidanlarında kullanımının kurak saha ağaçlandırma başarısının artırılmasında olumlu katkılar sunabileceğini göstermektedir. Bu bakımdan geleneksel olarak gerçekleştirilen yoğun kültürel çalışmalardan ziyade kuraklık üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu ortaya konulmuş olan mikoriza kullanımının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine yönelik çalışmalar Türkiye'de kısıtlı olmaktan çıkmalı ve bu doğrultuda çalışmalar yapılması teşvik edilmelidir.

V. KAYNAKLAR

- [1] A. D. Perry, R. Molina, P.M. Amaranthus, "Mycorrhizae, Mycorrhizospheres and reforestation: Current knowledge and research needs", *Canadian Journal of Forest Research*, c. 17, s. 8, ss. 929-940, 1987.
- [2] M.F. Allen, *The Ecology of Mycorrhizae*, Cambridge, U.K., 1991.
- [3] T.T. Kozlowski, P.J. Kramer, S.G. Pallardy, *The physiological Ecology of Woody Plants*, Academic Press, 1991
- [4] M. Dunabeitia, , N. Rodríguez, , I. Salcedo, E. Sarrionandia, "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*, c. 195, s. 1-2, ss. 129-139, 2004.
- [5] R.L. Edmonds, J.K. Agee, R.I. Gara, *Forest Health and Protection*, Waveland Press, USA, 2005.
- [6] T. Kalefetoğlu, Y. Ekmekçi, "The effects of drought on plant and tolerance mechanisms," *Gazi University Journal of Science*, c. 18, s. 4, ss. 723-740, 2005.
- [7] Akça H., "Yarı kurak bölgelerde yapılacak ağaçlandırmalarda mikorizaların önemi", Türkiye'de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştay1, Çalıştay Kitapçığı, ss. 428-435, 2006.

- [8] M. Boydak, H. Dirik, M. Çalıkoğlu, *Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü*, Ankara, Türkiye: OGEM Vakfı Yayınları, 2006.
- [9] İ. Ortaş, “Toprak ve Bitkide Mikoriza”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 1998.
- [10] S. Tüfekçi, “Doğal Populasyonlardaki Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Mikorizasının İzole Edilmesi ve Çoğaltılıp Fidan Üretiminde Kullanılması”, Doktora tezi, Fen Bilimleri, Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2007.
- [11] B. Kibar, A. Pekşen, “*Lactarius pyrogalus* mantar türünün farklı izolatlarının ve inokulasyon uygulamalarının fındok (*Corylus avellana*) fidanonda ektomikoriza oluşumu ve fidan gelişimi üzerine etkisi,” *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, c. 7, s. 2, ss. 89-104, 2011.
- [12] B. Toprak, “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, Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2016.
- [13] G. Berta, A. Fusconi, J.E. Hooker, “Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences,” *In Mycorrhizal Technology In Agriculture*, ss. 71-85, 2002.
- [14] E. Gamalero, A. Trotta, N. Massa, A. Copetta, M.G. Martinotti, G. Berta, “Impact of Two Fluorescent Pseudomonads and an Arbuscular Mycorrhizal Fungus on Tomato Plant Growth, Root Architecture and P Acquisition,” *Mycorrhiza*, c. 14, s. 3, ss. 185-192, 2004.
- [15] J.N. Klironomos, “Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi,” *Ecology*, c. 84, s. 9, ss. 2292-2301, 2003.
- [16] J.S. Piotrowski, T. Denich, J.N. Klironomos, J.M. Graham, M.C. Rillig, “The effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend on the interaction between plant and fungal species”, *New Phytologist*, c. 164, s. 2, ss. 365-373, 2004.
- [17] H. Marschner, *Mineral Nutrition of High Plants*, 2. baskı, Londra, İngiltere: Academic Press, 1995.
- [18] S.E. Smith, D.J. Read, *Mycorrhizal Symbiosis*, San Diego, USA: Academic Press, 2008.
- [19] M. Tsimilli-Michael, R.J. Strasser, “In vivo assessment of stress impact on plants’ vitality: Applications in detecting and evaluating the beneficial role of Mycorrhization on host plants”, *Mycorrhiza: State Of The Art, Genetics And Molecular Biology, Ecofunction, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure And Systematics*, Editor: Varma A., 3. baskı, Springer, ss. 679-703, 2008.
- [20] G.W. Gee, J.W. Bauder, *Particle-size analysis 1. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, (methodsofsoilan1)*, ss. 383-411, 1986.
- [21] G.W. Thomas, “Soil pH and soil acidity”, *Methods of soil analysis—part 3— chemical methods Madiso*, In: Sparks DL et al (eds), Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin, ss. 475–490, 1996.
- [22] J.D. Rhoades, “Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids”, *In Methods of soil analysis, part 3. chemical methods*, ed. D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke., R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, M. E. Sumner, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, ss. 417-435, 1996.

- [23] R.H. Loeppert, D.L. Suarez, "Carbonate and gypsum. In Methods of soil analysis", *Part 3. chemical methods*, ed. D. L. Sparks, A. L. Page, P. A Helmke., R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, M. E. Sumner, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, ss. 437-474, 1996.
- [24] M.E. Sumner, W.P. Miller, "Cation exchange capacity and exchange coefficients". *Methods of soil analysis—part 3—chemical methods*, In: Sparks DL et al (eds) Madison, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin, ss. 1201-1229, 1996.
- [25] T. T. Tang, L. S. Zhao, "Characteristics of water relations in seedling of *Machilus yunnanensis* and *Cinnamomum camphora* under soil drought condition". *Journal of Forestry Research*, c. 17, s. 4, ss. 281-284. 2006.
- [26] S. Kulaç, "Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidanlarında Bazı Morfolojik Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimlerin Araştırılması," Doktora tezi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2010.
- [27] P. Giorio, G. Sorrentino, R. D'Andria, "Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit," *Environmental and Experimental Botany*, c. 42, s. 2, ss. 95-104, 1999.
- [28] H. Kırnak, M. N. Demirtaş, "Su stresi altındaki kiraz fidanlarında fizyolojik ve morfolojik değişimlerin belirlenmesi," *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, c. 33, s. 3, ss. 265-270, 2002.
- [29] R. Tognetti, R. D'Andria, G. Morelli, D. Calandrelli, F. Fragnito, "Irrigation Effects On Daily and Seasonal Variations of Trunk Sap Flow and Leaf Water Relations in Olive Trees". *Plant And Soil*, c. 263, s. 1, ss. 249-264, 2004.
- [30] O. Boussadia, F. B.Mariem, B. Mechri, W. Boussetta, M. Braham, S. B. El Hadj, "Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski)". *Scientia horticultrae*, c. 116, s. 4, ss. 388-393, 2008.
- [31] R.M. Augé, "Water Relations, Drought and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis," *Mycorrhiza*, c. 11, s. 1, ss. 3-42, 2001.
- [32] H. Lambers, F. S. Chapin III, T. L. Pons, *Plant Physiological Ecology*. Springer Science & Business Media, 2008.
- [33] J. M. Ruiz-Lozano, R. Aroca, "Host response to osmotic stresses: stomatal behaviour and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal plants," In *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*, Springer, Dordrecht. ss. 239-256, 2010.
- [34] M.E. Apple, "Aspects of Mycorrhizae in Desert Plants," In *Desert Plants* Springer, Berlin, Heidelberg. ss. 121-134, 2010.
- [35] E. Birhane, F. J. Sterck, M. Fetene, F. Bongers, T. W. Kuyper, "Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions," *Oecologia*, c. 169, s. 4, ss. 895-904, 2012.
- [36] L. Zarik, A. Meddich, M. Hijri, M. Hafidi, A. Ouhammou, L. Ouahmane, R. Duponnois, A. Boumezzough, "Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Improve the Drought Tolerance of *Cupressus Atlantica* G.," *Comptes Rendus Biologies*, c. 339, s. 5-6, ss. 185-196, 2016.