



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Arbusküler Mikoriza, Polimer ve Osmoprotektanın Yapraklı Tür Ağaçlandırmasının Başarısız Olduğu Koşullarda İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) Fidanlarının Büyüme ve Yaşam Süresine Etkisi

Mehmet Ali ÜNLÜ, Bülent TOPRAK*, Yasin KARAŞIN,
 Derya EŞEN, Muhammed Ali AYDIN

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 35000, İzmir, Türkiye

*Sorumlu yazar e-posta: bulent.toprak@ikcu.edu.tr

Öz: Su açığı bulunan sahalarda iklim değişikliği ile birlikte var olan stres faktörleri daha da şiddetli hale gelmektedir. Bu çalışmanın amacı büyüme döneminde şiddetli su açığı gerçekleşen alanda bitkilerin kuraklığa karşı direncini arttıracak bitki destekleyici işlemlerin (mikoriza, polimer, osmoprotektan, polimer + osmoprotektan) fidanların arazi performansına olan etkilerinin belirlenmesidir. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi kampüs alanında yer alan çalışma sahasına sulama yapılmaksızın 1+1 yaşlı iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) fidanları dikilmiştir. Çalışmada fidanların yaşama oranları, çap ve boy değerleri, nispi çap ve boy artımları ve toprak nemindeki değişimler tespit edilmiştir. Mikoriza, polimer, osmoprotektan uygulamaları, fidanların sıcaklık rekorlarının kırıldığı dönemi atlatmasını sağlayamasa da hayatta kalma sürelerini iki ay uzatılabilmektedir. Toprak neminin en düşük olduğu Temmuz ayında polimer ve mikoriza ünitesindeki nem değerleri kontrol ünitesine göre %73 daha fazla ölçülmüştür. Mikoriza, polimer, osmoprotektan ve polimer+osmoprotektan ünitelerindeki fidanların kontrole göre yaklaşık %23 daha kalın çapa sahip oldukları ve %73 daha fazla çap artışı gerçekleştirdikleri tespit edilmiştir. Polimer ve osmoprotektan ünitelerindeki fidanların boyunun kontrol, mikoriza ve polimer+osmoprotektan ünitelerine göre yaklaşık %47 daha uzun olduğu belirlenmiştir. Kontrole göre diğer ünitelerdeki fidanlar iki kat fazla nispi boy artımı gerçekleştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Glisin-Betain, Mikorizal funguslar, Nispi büyüme oranları, Su tutucu polimer, Toprak nemi

Effects of Arbuscular Mycorrhiza, Polymer and Osmoprotectant on Growth and Survival of Russian Olive (*Elaeagnus angustifolia* L.) Seedlings Under Conditions Where Broadleaf Species Afforestation Fails

Abstract: In water deficit areas, existing stressors are becoming more severe with climate change. Therefore, the aim of this study was to determine the effects of plant supportive treatments (mycorrhiza, polymer, osmoprotectant, polymer + osmoprotectant) on the water stress of seedlings to increase the drought resistance of plants in an area with severe water deficit during the growth period. 1 + 1 Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.) seedlings were planted without irrigation in the study area located in the campus area of İzmir Kâtip Çelebi University. In the study, survival rates, diameter and height values, relative growth rates of root collar diameter and shoot height and changes in soil moisture were determined. Although mycorrhiza, polymer and osmoprotectant treatments did not help the seedlings to survive the period of record-breaking temperatures, they were able to extend their survival by two months. In July, when soil moisture levels were the lowest, the polymer and mycorrhiza treatments were 73% higher than the control. Seedlings in mycorrhiza, polymer, osmoprotectant and polymer+osmoprotectant units had about 23% thicker diameter and 73% more relative growth rates of root collar diameter than the control. Seedlings in polymer and osmoprotectant units were about 47% taller than the control, mycorrhiza and polymer+osmoprotectant units. Compared to the control, the seedlings in the other units realized two times more relative growth rates of shoot height.

Keywords: Glycine-betaine, Mycorrhizal fungi, Relative growth rates, Soil moisture, Super-absorbent polymer

Gönderilme Tarihi: 13.10.2024

Kabul Tarihi: 17.02.2025

Nasıl atf yapılır: Ünlü, M. A., Toprak, B., Karaşin, Y., Eşen, D., & Aydın, M. A. (2025). Arbusküler mikoriza, polimer ve osmoprotektanın yapraklı tür ağaçlandırmasının başarısız olduğu koşullarda iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) fidanlarının büyüme ve yaşam süresine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(1), 327-339. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1566261>

1. Giriş

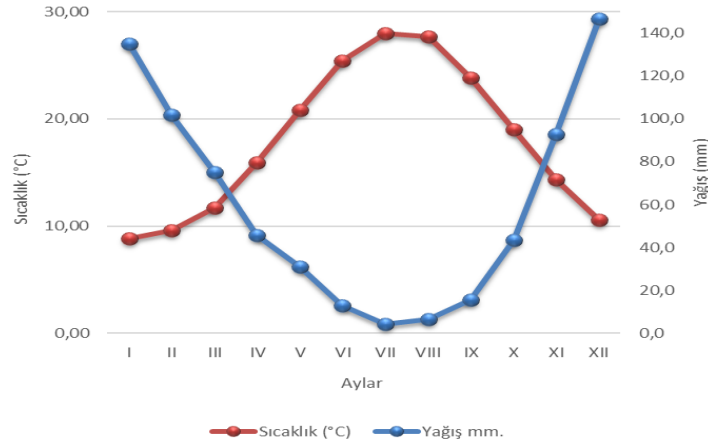
Kurak sahalar, karasal düzeyde dünyamızın %40'ından fazla alanı kaplamaktadır (Bastin ve ark., 2019; Schimel, 2010). Ülkemizin alansal dağılımı göz önüne alındığında ise yaklaşık olarak %37'si yarı kurak iklim koşulları etkisi altında kalmaktadır. Kurak ve yarı kurak alanların miktarı 51 milyon hektarı kapsamaktadır. Gelecekte ülkemizin kurak ve yarı kurak alan dağılımının değişebileceği öngörülmektedir (Anonim, 2014). İklim değişikliği senaryolarına göre Türkiye'nin Ege bölgesinde var olan kuraklık durumu ileriki yıllarda daha da şiddetlenecektir. Su açığının olduğu alanlarda bitkilerin faydalanabileceği su kaynaklarının yetersiz olması ve bozulan toprak yapısının yeterince su depolayamaması sebebiyle bu alanlarda yapılan mevcut ağaçlandırma çalışmalarının başarıya ulaşması oldukça zordur. Küresel düzeyde son zamanlarda daha da bariz şekilde ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve düşük yağış unsurlarının sebep olduğu ağaç kuruma oranlarının ve orman alanlarının azalmasındaki artışa (Liu ve ark., 2022) karşı bahse konu sorunlu sahaların ağaçlandırmasında fidanların su stresini azaltıcı işlemlerin (mikoriza, polimer, osmoprotektan) uygulanması önem arz etmektedir.

Mikoriza bitkilerin su streslerini azaltmada yardımcı olduğu için kurak ve yarı kurak sahalarda yapılan ağaçlandırma çalışmalarında başarıyı destekleyebilecek özelliktedir. Toprak (2020a), su stresine karşı dayanıklı fidanların yetiştirilmesi ve mikorizanın bitkilerin su stresine olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla İç Anadolu'daki ağaçlandırma sahalarından toplanan mikorizal sporları üreterek steril yetiştirme ortamındaki Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) tohumlarına aşılamaştır. Elde ettiği mikorizal fidanların tüplerindeki toprak nemi değişimlerine göre yaprak su potansiyellerindeki farklılığı Basınç Çemberi cihazı (PMS Instruments Company, 1505D-EXP) ile gün ortası ölçümleri yaparak ortaya koymuştur. Mikorizalı olmayan fidanların yetiştirme ortamındaki nemin %4 seviyelerine geldiğinde kuruduklarını, mikorizalı olanların ise hayatîyetlerini devam ettirebildiklerini tespit etmiştir. Çalışmada mikoriza, fidanların su stresine olan dayanıklılığını arttırarak fidanların çektiği su stresini azaltmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ele alındığında, su açığının olan sahalarda yapılacak olan ağaçlandırma çalışmalarında mikoriza kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır.

Toprağa ilave edilen bazı maddeler de fidanların yetişmesine katkı sağlamak için kullanılmaktadır. Bu maddeler arasında fidanın kurak dönemi atlatmasına destek sağlayan su tutucu polimerler dikkat çekmektedir. Bitkilerin hayatîyetini devam ettirmekte zorlandığı özellikle su açığının fazla olduğu sahalarda polimerler yağış ile birlikte gelen suları toprak içerisinde daha fazla adsorbe ederek su açığının fazla olduğu aylarda bitkilerin suya ulaşmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda polimer vb. uygulamaların yapıldığı topraklarda bitkilerin daha iyi büyüme ve kök gelişimi sağladığı ortaya konmuştur (Sharma, 2004; Arbona ve ark., 2005; Viero & Little, 2006; Shi ve ark., 2010). Toprağın su tutma kapasitesini arttırdığı; bitkinin su stresini azalttığı, bitki büyümesine, beslenmesine ve yaşama oranına olumlu etkileri olduğu belirtilen polimerlere (Raju ve ark., 2003; Han ve ark., 2005; Yu ve ark., 2012; Madakbaş ve ark., 2014; Darini ve ark., 2015; Akat, 2020) ilişkin farklı araştırmalarda polimerlerin önemli bir faydasının olmadığı da (Tu ve ark., 1985; Ingram & Yeager, 1987) rapor edilmiştir. Bu çelişkinin sebebinin ise superabsorbant materyallerinin çeşitli çevresel ve iklimsel koşullarda değişik bitki türlerinde denenmemiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bakımdan projeye konu olan farklı şiddetlerde su açığı oluşan sahalarda belirli miktarda polimerin denenmesi sonucunda elde edilen veriler bu konudaki bilgi eksikliğine katkıda bulunacaktır.

Osmoprotektan olan Glisin ve Betain kuraklığa, ekstrem sıcaklıklara, tuzluluğa karşı dayanıklılığı arttırdığından ve osmotik dengeyi ayarlamaya yardımcı olduğundan (Roussos ve ark., 2010; Denaxa ve ark., 2012) dolayı kuraklığın hüküm sürdüğü alanların ağaçlandırma çalışmalarında denenmesi büyük önem arz etmektedir.

İklim değişikliği ve kuraklığın tehdit olduğu sahalarda toprak, bitki ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesine katkı sunacak verilerin üretilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla yukarıda belirtilen bilgilere ilişkin boşlukların giderilmesine dair özgün değer içeren bu çalışmanın amacı vejetasyon döneminde su açığı bulunan ve sulama yapılmaksızın yapraklı tür ağaçlandırmasında başarı sağlanamayan sahaların rehabilitasyonuna yönelik uygulamalar için altlık oluşturmaktır.



Şekil 3. Walter iklim diyagramı (İzmir).

2.2. Bitkisel materyal

Çalışmada 2x2 m aralıklarla TTS-2120 Menderes OİM-Torbalı OİŞ orijinli, tüplü 1+1 yaşlı iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) fidanları 2023 Mart ayında sahaya dikilmiştir. Tüp hacmi 1.3 L olup harc ortamı %60 toprak, %20 torf, %10 cüruf ve %10 leonarditten oluşturulmuştur. İğde kurak ve yarı kurak arazilerin ağaçlandırılmasında kullanılan iğde su stresine karşı oldukça dayanıklı bir tür olarak nitelendirilmektedir (Toprak, 2020b). Ayrıca iğde, yenilebilir meyveleri hem ekonomik açıdan hem de yapılacak olan ağaçlandırma çalışmalarında kırsal alanda yaşayan yöre halkının kalkınmasını ve bölgedeki yaban hayvanlarını çekerek bölgenin biyoçeşitliliğin zenginleşmesine katkı sağlayabilecek niteliktedir. İğde azot bağlaması sebebiyle besin bakımından sahayı zenginleştiren ve saha verimliliğinin artmasıyla bitki örtüsü gelişiminin hızlanmasını sağlayabilen bir türdür (Evans & Turnbull, 2004).

2.3. İşlemler

2.3.1. Arbusküler mikorizal fungus işlemi

Arbusküler mikorizal mantarları içeren ticari mikorizal ürün (RhizoMyx®[Novozymes]) çalışmada fidanlara uygulanmıştır (Çizelge 1). Mikorizal işlem uygulanmış ünitelerde dikilen her fidanın kök bölgesine bir gram mikorizal ürünün 500 ml suda karıştırılmasıyla oluşan çözelti uygulanmıştır.

Çizelge 1. Mikorizal karışımın içeriği (RhizoMyx® [Novozymes])

Arbusküler mikorizal mantarlar	(propagule/g)	Ek Bileşenler	%
<i>Rhizophagus irregularis</i>	21	Humik asitler	28.7
<i>Funneliformis mosseae</i>	20	Su yosunu ekstraktları	18
<i>Glomus aggregatum</i>	20	Askorbik asit	12
<i>Rhizophagus clarus</i>	1	Amino asitler	6
<i>Glomus monosporum</i>	1	Myo-inositol	2.5
<i>Glomus deserticola</i>	1	Surfactant	2.5
<i>Glomus brasilianum</i>	1	Tiamin (Vitamin B ₁)	1.75
<i>Glomus etunicatum</i>	1	Aplha-tocopherol	1
<i>Gigaspora margarita</i>	1		

2.3.2. Osmoprotektan işlemi

Fidarlarda osmoprotektan etkisinin tespit edilmesi için osmotik koruyucu olarak glisin betain etken maddeli “Greenstim” adlı ürün kullanılmıştır. Çalışmada %0.5’lik glisin betain uygulaması tek vejetasyon döneminde Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında bir kez olmak üzere yılda toplam 4 kez sırt pulverizatörü ile yapraktan uygulanmıştır. Uygulanmış olan glisin- betain dozu ve zamanlaması Küçük (2013) ve Hozman (2016) tarafından uygulanan dozlar dikkate alınarak kararlaştırılmıştır.

2.3.4. Polimer işlemi

Çalışmada, bileşiminde saman bulunan, hacminin 200-300 katı su ile birlikte besini de tutabilen ve bitkinin ihtiyacı olduğu kadarını köklere verebilen, Bozok Teknopark çatısı altında yürütülen Ar-Ge çalışmaları sonucunda samanının modifikasyonu ve akrilik polimerizasyonu ile hazırlanmış yerli malı olan samanlı süper absorban polimer (Natural Aquatic®) kullanılmıştır. Fidan başına bu superabsorbentten üretici tarafından tavsiye edilen doz olan 50 g uygulanmıştır.

2.4. Deneme deseni

Çalışma için beş deneme ünitesi oluşturulmuştur. 1-Mikoriza (M), 2- Polimer (P), 3- Osmoprotektan (O), 4- Polimer+ Osmoprotektan (P+O) şeklinde 4 farklı işlem uygulanmıştır. Ayrıca sahada bir adet kontrol ünitesi (Kn) işlemlerin etkisinin karşılaştırmak için oluşturulmuştur. Bir deneme ünitesinde 20 tane fidan yer almıştır. Deneme ünitelerinin dört bir tarafında kenar etkisini en aza indirebilmek amacıyla 5’er metrelik tampon bölgeler bırakılmıştır.

2.5. Ölçüm ve analizler

Dikimden önce rasgele belirlenen beş noktadan ve ilk 20 cm derinliğinden ikişer set toprak örneği alınmıştır. Birinci set toprak örneği hacim ağırlığı için 100 cm³’lük silindirlerle örneklenmiştir. İkinci set toprak örneği fiziksel ve kimyasal analizler için kullanılmıştır. İkinci set toprak örneği için alınan örnekler birleştirilerek bir kompozit örnek oluşturulmuştur.

Silindirlerle alınan toprak örnekleri 105 °C sıcaklığa sahip etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra tartılarak hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. İkinci set toprak örneği ise hava kurusu hale getirilip porselen havanlarda keseklerin parçalanmasının ardından iki mm gözenekli eleklerden elenerek fiziksel ve kimyasal analizler için hazır hale getirilmiştir. Bouyoucos hidrometre yöntemiyle elde edilen tanecik bileşimiyle toprak bünyesi belirlenmiştir (Gee & Bauder, 1986). Toprak tepkimesi cam elektrotlu pH metre ile tespit edilmiştir (Hanna-HI 221; Thomas, 1996). Tuzluluk seviyesinin dolaylı olarak belirlenmesi için elektrik iletkenliği (EC) $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (WTW InoLab Cond Level 1; Rhoades, 1996). Toplam kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Loeppert & Suarez, 1996). Toprakta bulunan N kuru yakma yöntemi ile tespit edilmiştir (Elementar vario MAX CNS analyzer, Elementar Analysensysteme, Hanau, Germany). Değiştirilebilir katyonlar (P, K) ICP/OES (Perkin Elmer) ile belirlenmiştir.

Ayrıca arazideki anlık nem miktarındaki değişim için her üniteye 5 adet fidanın gövdesinden dışa doğru 20 cm mesafedeki toprağın ilk 20 cm’indeki nem miktarları TDR (TRIME-PICO64, IMKO GmbH) yöntemiyle anlık ölçümler yapılarak belirlenmiştir. Nem ölçümleri Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yapılmıştır.

Fidamların büyüme dönemi içerisinde her ay yaşama oranları belirlenmiş; kök boğazı çapları (KBÇ) dijital çap ölçer ve boyları (FB) metre yardımıyla ölçülmüştür. Vejetasyon döneminin başında sahalara dikilen tüm fidanlara numara verilerek çap ve boy değerleri kaydedilmiştir. Hunt (1990) tarafından belirtilen hesaplamalar doğrultusunda yaşayan fidanlar esas alınarak nispi çap ($\text{NÇA, mm mm}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ve boy ($\text{NBA, cm cm}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) artımları, ikinci yılsonundaki logaritmik olarak kök boğazı çapı ($\ln\text{KBÇ}_2$) ve boyu ($\ln\text{FB}_2$) ile dikim anındaki logaritmik kök boğazı çapı ($\ln\text{KBÇ}_1$) ve boyu ($\ln\text{FB}_1$) arasındaki farkın ölçümler arasındaki geçen süreye (t) oranlanmasıyla belirlenmiştir (Denklem 1 ve 2).

$$N\dot{C}A = (\ln KB\dot{C}_2 - \ln KB\dot{C}_1)/t \quad (1)$$

$$NBA = (\ln FB_2 - \ln FB_1)/t \quad (2)$$

2.6. İstatistiki analizler

Tesadüfi parseller deneme desenine göre analizler **SAS (Statistical Analysis Software, 1996)** programında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar $p < 0.05$ düzeyinde farklı kabul edilmiştir. İşlemlerin istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşturduğu değişkenler için ortalamaları ayırma işlemi olarak Tukey HSD testi $\alpha = 0.05$ düzeyinde uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Toprak özellikleri

Çalışma sahasının toprağı USDA toprak tekstür üçgenine göre killi balçık bünyelidir. **OGM (2024)**'teki sınır değerleri göz önüne alındığında; toprakların reaksiyonu orta alkali, tuzsuz, orta kireçli, organik madde bakımından düşük düzeydedir. Besin elementleri açısından topraklarda azot düzeyi çok düşük; mangan ve bor düşük; çinko orta; bakır yeterli; fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve demir yüksek düzeyde bulunmuştur (Çizelge 2-3).

Çizelge 2. Toprağın bazı özellikleri

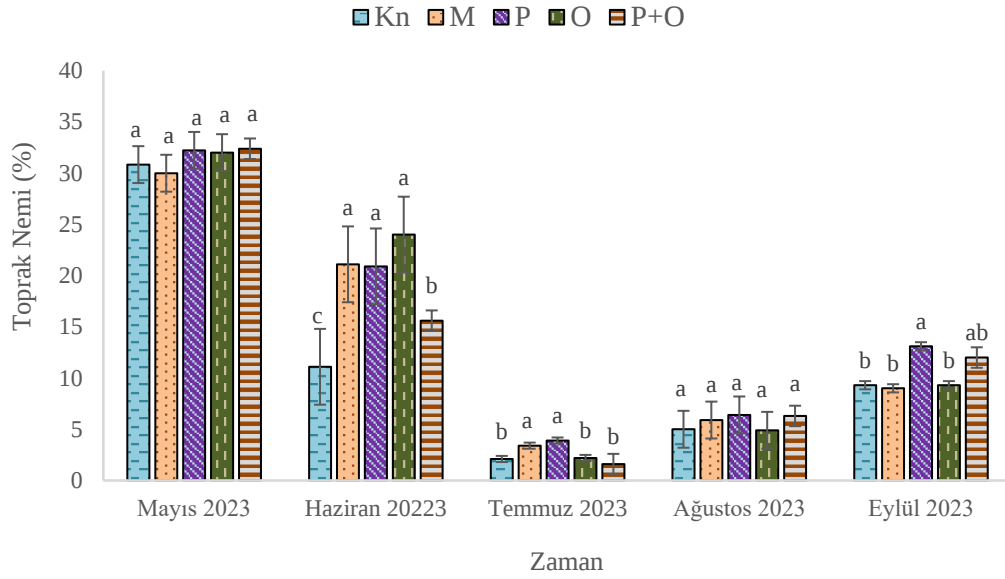
Toprak türü	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	Organik madde (%)	Toplam kireç (%)	pH	EC (dS/m)
Killi balçık	0.9	0.5	12.03	7.6	0.63

Çizelge 3. Toprağın besin elementleri

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
%					mg/kg				
0.03	17	633	4885	523.5	6.1	9.1	1.3	2	0.89

3.2. Toprak nemi

Haziran, Temmuz ve Eylül 2023'de fidanların kök bölgesindeki toprak nemi bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P-değeri sırasıyla < 0.0001 ; 0.0006; 0.0051). Haziran ayında M, P ve O ünitelerindeki toprak nemi Kn ünitesine göre yaklaşık iki kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Temmuz ayında P ve M ünitesindeki toprak nemi kontrol ünitesine göre %73 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Eylül ayında P ünitesindeki toprak nemi Kn, M ve O ünitesindekilerden %42 daha fazla ölçülmüştür. Mayıs ve Ağustos 2023 tarihlerinde fidanların kök bölgesindeki toprak nemi işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama %31 ve 6 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. İğde fidanlarının kök bölgesindeki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları $\pm$ standart hataları (Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Kontrol (Kn), Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O)).

3.3. Fidanların hayatta kalma oranları

Mikoriza, polimer ve osmoprotektan uygulanan fidanların tamamı Mayıs ayında hayatta kalmalarına rağmen kontrol ünitesindeki fidanların yarısı hayatıyetlerini yitirmiştir. Temmuz ayında ise kontrol fidanlarının tamamı kuruduğu tespit edilmiştir. Diğer ünitelerdeki fidanların yaklaşık yarısı hayatıyetlerini korumuştur. Fakat hayata tutunan fidanların yarısı da sıcaklık rekoru kırılan ağustos ayında kurumuş olup Eylül ayında tüm fidanların hayatıyetlerini kaybettikleri tespit edilmiştir (Çizelge 4).

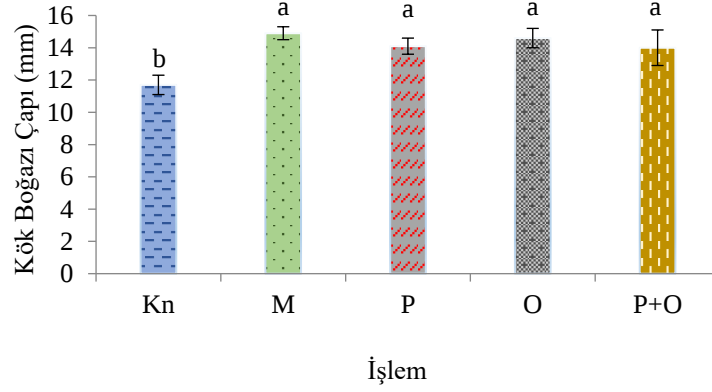
Çizelge 4. İğde fidanlarının yaşama oranları ortalamaları (%)

	M	P	O	P+O	Kn
Mayıs	100	100	100	100	50
Haziran	100	100	100	100	50
Temmuz	60	50	50	40	0
Ağustos	20	15	15	15	0
Eylül	0	0	0	0	0

Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O), Kontrol ünitesi (Kn)

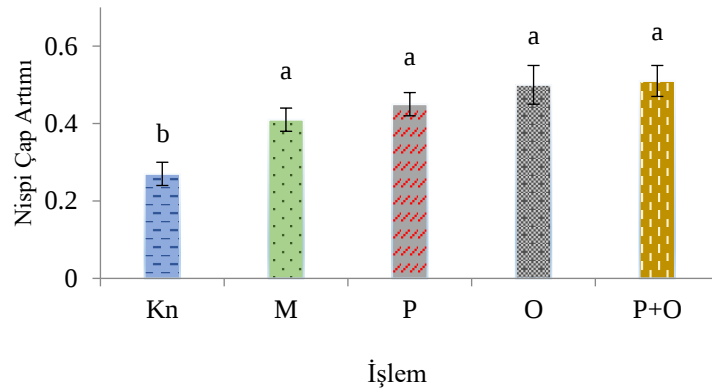
3.4. Çap artışı

Arazide dikimlerin gerçekleştirildiği büyüme dönemi sonunda M, P, O ve P+O ünitelerindeki fidanların KBÇ'sinin Kn ünitesindekinden yaklaşık %23 daha kalın olduğu belirlenmiştir (P-değeri 0.0160; Şekil 5).



Şekil 5. İğde fidanlarının büyüme dönemi sonundaki KBC ortalamları $\pm$ standart hataları (Aynı harflerle takip edilen ortalamlar $\alpha=0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Kontrol (Kn), Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O)).

Fidanların nispi çap artımları bakımından büyüme dönemi sonunda işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P-değeri 0.0026). M, P, O ve P+O ünitelerindeki fidanların NÇA'larının Kn ünitesindekiinden yaklaşık %73 fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6).

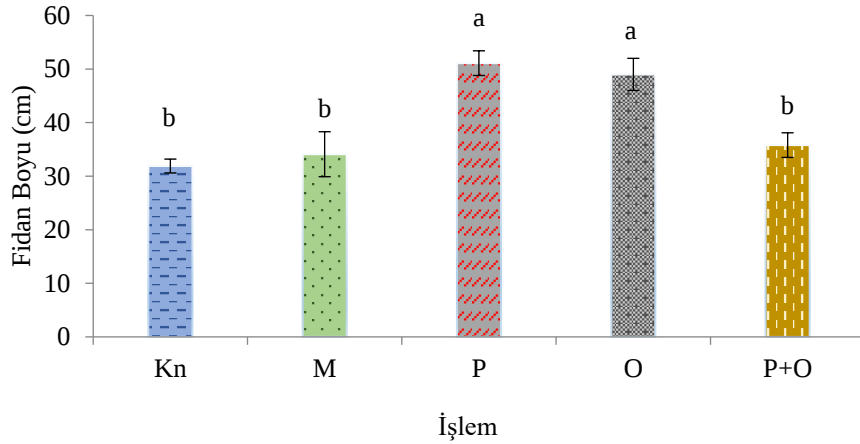


Şekil 6. İğde fidanlarının nispi çap artımı ortalamları $\pm$ standart hataları (Aynı harflerle takip edilen ortalamlar $\alpha=0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Kontrol (Kn), Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O)).

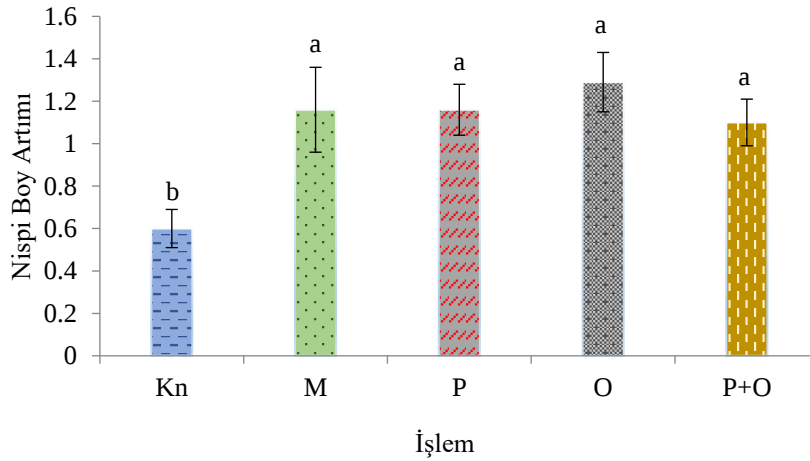
3.5. Boy artışı

Büyüme dönemi sonunda P ve O ünitelerindeki fidanların FB'sinin Kn, M ve P+O ünitelerindekiinden yaklaşık %47 daha uzun olduğu belirlenmiştir (P-değeri <0.0001, Şekil 7).

Fidanların nispi boy artımları bakımından büyüme dönemi sonunda işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P-değeri 0.0152). M, P, O ve P+O ünitelerindeki fidanların NBA'larının Kn ünitesindekiinden yaklaşık iki kat fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 7. İğde fidanlarının büyüme dönemi sonundaki FB ortalamaları $\pm$ standart hataları (Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Kontrol (Kn), Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O)).



Şekil 8. İğde fidanlarının nispi boy artımı ortalamaları $\pm$ standart hataları (Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Kontrol (Kn), Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O)).

4. Tartışma ve Sonuç

İklim değişikliğiyle birlikte ağaçlandırmaların başarısı üzerinde kritik öneme sahip olan güneş radyasyonu, sıcaklık ve yağış gibi faktörlerdeki değişimlere karşı erken büyüme döneminde fidanlar hassasiyet göstermektedir (Noulékoun ve ark., 2018). Özellikle son yıllarda büyüme dönemi içerisinde gerçekleşen şiddetli kuraklık, bitkilerin büyümesini sınırlandırmakta ve ağaçlandırmaların başarısızlıkla sonuçlanmasına sebep olmaktadır. Su kıtlığının ağaçlandırmalar üzerinde olumsuz etki oluşturduğu sahalarda geleneksel yöntemlerin haricinde iklim değişikliği ile mücadele kapsamında alternatif yöntemlerin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda kuraklığa karşı yapraklı tür ağaçlandırmalarında başarısızlık durumuna ilişkin bitki destekleyici unsurların kullanılarak fidanların arazi performansının ortaya konulması önem arz etmektedir. Bu çalışmada, 2022 yılında gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarında dikilen binlerce yapraklı türe ait fidanın kuruduğu sahada mikoriza, polimer ve osmoprotektan uygulamalarının bitki büyümesi, yaşam süresi ve toprak nemi üzerine etkileri ortaya konularak ağaçlandırmaların başarıya ulaştırılmasına yönelik atılabilecek adımlara dair veriler ortaya konulmuştur.

Mikoriza, polimer ve osmoprotektan uygulamalarının gerçekleştiği tüm ünitelerdeki fidanlar, nispi çap ve boy artımında kontrol ünitesindeki fidanlara göre üstünlük kurmuşlardır. En zayıf büyüme

performansının meydana geldiği kontrol ünitesindeki fidanlara kurulan bu üstünlüğün, diğer ünitelere uygulanan toprak nemine etki eden işlemler sayesinde ve bu işlemlerin yabancı otlarla olan rekabette fidanları desteklemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Abbey ve Rathier (2005) tarafından *Ilex crenata*, *Pyrus calleryana*, *Spiraea japonica*, *Thuja occidentalis* türlerine ait fidanlarda gerçekleştirilen çalışmada da mikorizal ürünler ve su tutucu hidrojel işlemlerinin kontrole kıyasla daha iyi büyüme performansı sergiledikleri ortaya konulmuştur. Su tutucu hidrojel ile mikoriza arasındaki kıyaslamada ise mikorizal mantar popülasyonunun artabilme ve köklerde kolonizasyonu sağlama olasılığı göz önüne alınarak mikorizal mantar içeren uygulamaların öne çıkacağı vurgulanmıştır. Bunun yanında mikoriza gibi su tutucu polimerler de bitkilerin su stresinin azaltma, büyüme ve beslenmeyi destekleyici olumlu özelliklerinden dolayı ağaçlandırmalarda kullanım potansiyeline sahiptir (Shooshtarian ve ark., 2012; Yu ve ark., 2012; Madakbaş ve ark., 2014; Darini ve ark., 2015; Akat, 2020). Bitkilerin ihtiyacı olan suyu temin eden su tutucu polimerler, toprak-bitki-hava sistemi için ek bir su kaynağı niteliği taşıyarak (Bhardwaj ve ark., 2007) su stresine maruz kalan *Pinus halepensis* (Hüttermann ve ark., 1999), *Eucalyptus grandis* (Viero ve ark., 2002), *Quercus rubra* (Apostol ve ark., 2009), *Populus euphratica* (Chen ve ark., 2004), *Populus popularis* (Shi ve ark., 2010) türleri üzerinde iyileştirici etkiler sergilemiştir. Bu çalışma da toprak neminin en düşük olduğu Temmuz ayında kontrol ünitesine göre %73 daha fazla neme sahip olan polimer ve mikoriza ünitelerindeki fidanların en fazla nispi çap ve boy artımı yapmasıyla sonuçlanmıştır. Çalışmada ayrıca bu etkiyi ortaya koyan uygulamalardan biri de glisin-betain etken maddeli osmoprotektan işlemidir. Bu çalışmada uygulandığı şekliyle osmoprotektanlar bitkileri su stresinin zararlı etkilerinden koruyup toleransını artırarak bitki büyümesini ve hayatta kalmasını desteklemektedir (Abbas ve ark., 2010; Korkmaz ve ark., 2015). Glisin ve betain sadece kuraklığa değil ekstrem sıcaklıklara, tuzluluğa karşı da dayanıklılığı arttırdığından ve osmotik dengeyi ayarlamaya yardımcı olduğundan (Roussos ve ark., 2010; Denaxa ve ark., 2012) dolayı kuraklığın hüküm sürdüğü alanların ağaçlandırma çalışmalarında denenmesi büyük önem arz etmektedir. Günümüzde osmoprotektanlar tarımsal üretimde kullanım alanı bulmasına ve bu konuda araştırmalar yapılmasına rağmen ormancılık faaliyetlerinde yer bulamamıştır.

Kuraklığa eğilimli yetiştirme ortamlarında toprakta tutulan suyu artırarak bitkilerin kullanımına sunan su tutucu toprak düzenleyicileri (Supare & Mahanwar, 2022) ve mikorizal mantarlar (Janos, 1980; Menkis ve ark., 2007) bitkilerin hayatta kalması sağlayabilmektedir. Ayrıca osmoprotektanların osmotik düzenlemedeki katkısı ile enzim ve membran bütünlüğü üzerindeki olumlu etkileri sayesinde (Ashraf & Foolad, 2007) abiyotik stres koşullarında bitkilerin yaşama oranını arttırmada önemli etkileri bulunmaktadır (Allard ve ark., 1998; Zulfiqar ve ark., 2020). Bu çalışmada, sulama yapılmaksızın ağaçlandırmalarda başarının sağlanmasına yönelik iğde fidanlarında gerçekleştirilen bahse konu uygulamalar, fidanların sıcaklık rekorlarının kırıldığı dönemi atlatmasını sağlayamasa da, hayatta kalma sürelerini iki ay daha uzatılabilmektedir. Her ne kadar Eylül ayında fidanların tamamı kurumuş olsa dahi çalışmada kullanılan uygulamaların ağaçlandırmalarda sorun yaşanan alanlarda başarının elde edilmesi açısından kullanım potansiyeli olduğu ortaya konulmuştur. Bu bakımdan bitki büyüme ve hayatta kalmasını kısıtlayıcı koşulların olduğu alanlarda küresel ısınmanın olumsuz etkilerine karşı toprak-bitki-su kaynaklarının sürdürülebilirliği kapsamında sulama ve gübreleme ile birlikte mikoriza, osmoprotektan ve polimer uygulamalarının dozları artırılarak ve kombinasyonları oluşturularak yeni çalışmalarda denenmesi alternatif uygulamaların ortaya konulması açısından araştırmacılara önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TUBITAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2022 yılı 2. dönem kapsamında 1919B012219279 numaralı proje ve İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje No: 2022-GAP-ORMF-0017) tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

Abbas, W., Ashraf, M., & Akram, N. A. (2010). Alleviation of salt-induced adverse effects in eggplant (*Solanum melongena* L.) by glycinebetaine and sugarbeet extracts. *Scientia horticulturae*, 125(3), 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.008>

- Abbey, T., & Rathier, T. (2005). Effects of mycorrhizal fungi, biostimulants and water absorbing polymers on the growth and survival of four landscape plant species. *Journal of Environmental Horticulture*, 23(2), 108-111. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-23.2.108>
- Akat, H. (2020). The effect of super absorbent polymer (SAP) applications on growth in Anatolian Sweetgum Tree (*Liquidambar orientalis* Mill.) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) species. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(3), 721-727. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i3.721-727.3225>
- Allard, F., Houde, M., Kröl, M., Ivanov, A., Huner, N. P., & Sarhan, F. (1998). Betaine improves freezing tolerance in wheat. *Plant and Cell Physiology*, 39(11), 1194-1202. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a029320>
- Anonim. (2014). Türkiye kuraklık değerlendirme raporu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim tarihi: 22.08.2024. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2014/T%C3%BCrkiye-Kuraklik-Degerlendirmesi-2014.pdf>
- Anonim. (2016). Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü. Erişim tarihi: 22.08.2024. https://www.mgm.gov.tr/files/iklim/iklim_siniflandirmalari/aydeniz.pdf
- Apostol, K. G., Jacobs, D. F., & Dumroese, R. K. (2009). Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedlings treated with a hydrophilic polymer root dip. *Plant and Soil*, 315, 229-240. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9746-6>
- Arbona, V., Iglesias, D. J., Jacas, J., Primo-Millo, E., Talon, M., & Go'mez-Cadenas, A. (2005). Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant and Soil*, 270, 73-82. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-1160-0>
- Ashraf, M. F. M. R., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>
- Atalay, İ. (Eds.). (2014). *Türkiye'nin ekolojik bölgeleri ecoregions of Turkey*. Orman Bakanlığı, Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir.
- Bastin, J., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner, C. M., & Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, 365(6448), 76-79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>
- Bhardwaj, A. K., Shainberg, I., Goldstein, D., Warrington, D. N., & Levy, G. J. (2007). Water retention and hydraulic conductivity of cross-linked polyacrylamides in sandy soils. *Soil Science Society of America Journal*, 71(2), 406-412. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0138>
- Cebeci, İ., Demirkiran, O., Doğan, O., Sezer, K. K., Öztürk, Ö., & Elbaşı, F. (2019). Türkiye'nin iller bazında kuraklık değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi, özel sayı*, 169-176. <https://doi.org/10.21657/topraksu.655613>
- Chen, S., Zommodi, M., Fritz, E., Wang, S., & Hüttermann, A. (2004). Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions. *Trees*, 18, 175-183. <https://doi.org/10.1007/s00468-003-0267-x>
- Darini, A. K., Naderi, R., Khalighi, A., & Taheri, M. (2015). Effect of superabsorbent polymer on lawn under drought stress condition. *Agriculture Science Developments*, 4(2), 22-26.
- Denaxa, N. K., Roussos, P. A., Damvakaris, T., & Stournaras, V. (2012). Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophyll indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. *Scientia Horticulturae*, 137, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.012>
- Evans, J., & Turnbull, J. (2004). *Plantation forestry in the tropics (3rd. Edition)*. Oxford University Press, Oxford. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198529941.001.0001>
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). *Particle-size analysis. methods of soil analysis: part 1-physical and mineralogical methods (2nd edition)* (pp 383-411). Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Han, Y. G., Yang, P. L., & Xu, L. (2005). Experimental studies on increase of yield and soil moisture of fruit tree by using superabsorbent polymers. *Scientia Agricultura Sinica*, 38, 2486-2491.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G.,

- Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., . . . Thépaut, J. (2020). “The ERA5 global reanalysis”, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Hozman, S. (2016). *Su stresi ve osmoprotektan uygulamalarının kestane fidanlarında fizyolojik ve morfolojik özellikler üzerine etkileri*. (YL), Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye.
- Hunt, R. (1990). Relative growth rates. *Basic Growth Analysis*, Editor: Hunt, R. Unwin Hyman, Ltd., London, England, pp. 25-34. https://doi.org/10.1007/978-94-010-9117-6_3
- Hüttermann, A., Zommodi, M., & Reise, K. (1999). Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil and Tillage Research*, 50(3-4), 295-304. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00023-9](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00023-9)
- Ingram, D. L., Yeager, T. H. (1987). “Effects of irrigation frequency and a water-absorbing polymer amendment on *Ligustrum* growth and moisture retention by a container medium”. *Journal of Environmental Horticulture*, 5, 19-21. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-5.1.19>
- Janos, D. P. (1980). Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. *Ecology*, 61(1), 151-162. <https://doi.org/10.2307/1937165>
- Korkmaz, A., Değer, Ö., & Kocaçınar, F. (2015). Alleviation of water stress effects on pepper seedlings by foliar application of glycinebetaine. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 43(1), 18-31. <https://doi.org/10.1080/01140671.2014.936945>
- Küçük, S. (2013). *Yapraktan glisin betain ve prolin uygulamasının tuz stresi altındaki zeytin bitkisine etkilerinin incelenmesi*. (YL), Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye.
- Liu, H., Xu, C., Allen, C. D., Hartmann, H., Wei, X., Yakir, D., Wu, X., & Yu, P. (2022). Nature-based framework for sustainable afforestation in global drylands under changing climate. *Global Change Biology*, 28(7), 2202-2220. <https://doi.org/10.1111/gcb.16059>
- Loeppert, R. H., & Suarez, D. L. (1996). Part 3-Chemical methods. In Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T., Sumner, M. E (Eds.), *Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis* (pp. 437–474). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.
- Madakbaş, S., Önal, M. S., Dündar, B., Başak, H. (2014). Su tutucu polimerlerin toprak ve bitkide işlevi, çevreye etkisi ve sebzecilikte kullanım imkânları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2), 173-179.
- Menkis, A., Vasiliauskas, R., Taylor, A. F. S., Stenlid, J., & Finlay, R. (2007). Afforestation of abandoned farmland with conifer seedlings inoculated with three ectomycorrhizal fungi—impact on plant performance and ectomycorrhizal community. *Mycorrhiza*, 17, 337-348. <https://doi.org/10.1007/s00572-007-0110-0>
- Noulékoun, F., Khamzina, A., Naab, J. B., Khasanah, N. M., Van Noordwijk, M., & Lamers, J. P. (2018). Climate change sensitivity of multi-species afforestation in semi-arid Benin. *Sustainability*, 10(6), 1931. <https://doi.org/10.3390/su10061931>
- OGM. (2024). Toprakta analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerler. Erişim tarihi: 14.04.2025. <https://www.ogm.gov.tr/ekoloji/e-kutuphane-sitesi/Dokumanlar/Toprak%20analiz%20sonu%C3%A7lar%C4%B1n%C4%B1n%20de%C4%9Feriendirilmesi.pdf>
- Raju, K. M., Raju, M. P., & Mohan, Y. M. (2003). Synthesis of superabsorbent copolymers as water manageable materials. *Polymer International*, 52(5), 768-772. <https://doi.org/10.1002/pi.1145>
- Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T., Sumner, M. E (Eds.), *Methods of soil analysis, part 3- chemical methods* (pp. 417-435), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.
- Roussos, P. A., Denaxa, N.K., Damvakaris, T., Stournaras, V., & Argyrokastritis, I. (2010). Effect of alleviating products with different mode of action on physiology and yield of olive under drought. *Scientia Horticulturae*, 125, 700-711. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.003>
- SAS Institute, Inc. (1996). SAS/STAT users guide, version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.

- Schimel, D. S. (2010). Drylands in the earth system. *Science*, 327(5964), 418-419. <https://doi.org/10.1126/science.1184946>
- Sharma, J. (2004). Establishment of perennials in hydrophilic polymer-amended soil. *SNA Research Conference, Water Quality & Management Section*, 49, 530-532.
- Shi, Y., Li, J., Shao, J., Deng, Sh., Wang, R., Li, N., Sun, J., Zhang, H., Zhu, H., Zhang, Y., Zheng, X., Zhou, D., Huttermann, A., & Chen, S. (2010). Effects of stockosorb and luquasorb polymers on salt and drought tolerance of populus popularis. *Scientia Horticulturae*, 124, 268-273. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.031>
- Shooshtarian, S., Abedi-Kupai, J., & TehraniFar, A. (2012). Evaluation of application of superabsorbent polymers in green space of arid and semi-arid regions with emphasis on Iran. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 2(1), 24-36.
- Supare, K., & Mahanwar, P. A. (2022). Starch-derived superabsorbent polymers in agriculture applications: an overview. *Polymer Bulletin*, 79(8), 5795-5824. <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03842-3>
- Thomas, G. W. (1996). *Soil pH and soil acidity*. Methods of soil analysis: part 3 chemical methods, 5, 475-490. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c16>
- Toprak, B. (2020a). Kuraklık stresindeki yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) fidanlarının yaprak su potansiyeline mikorizanın etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 462-470. <https://doi.org/10.29130/dubited.584502>
- Toprak, B. (2020b). Variations in the water potential of stem xylem in Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) seedlings treated with mycorrhizal fungi under drought conditions. *Botanica Serbica*, 44(2), 211-217.
- Tu, Z. P., Armitage, A. M., & Vines, H. M. (1985). Influence of an antitranspirant and a hydrogel on net photosynthesis and water loss on Cineraria during water stress. *Horticultural Science*, 20, 386-388.
- Viero, P. W. M., Chiswell, K. E. A., & Theron, J. M. (2002). The effect of a soil-amended hydrogel on the establishment of a Eucalyptus grandis clone on a sandy clay loam soil in Zululand during winter. *Southern African Forestry Journal*, 2002(193), 65-76. <https://doi.org/10.1080/20702620.2002.10433519>
- Viero, P. W. M., & Little, K. M. (2006). A comparison of different planting methods, including hydrogels, and their effect on eucalypt survival and initial growth in South Africa. *Southern African Forestry Journal*, 208, 1-9. <https://doi.org/10.2989/10295920609505256>
- Yu, J., Shi, J. G., Dang, P. F., Mamedov, A. I., Shainberg, I., & Levy, G. J. (2012). Soil and polymer properties affecting water retention by superabsorbent polymers under drying conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 76(5), 1758-1767. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0387>
- Zulfiqar, F., Akram, N. A., & Ashraf, M. (2020). Osmoprotection in plants under abiotic stresses: New insights into a classical phenomenon. *Planta*, 251(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03293-1>