

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2020, 57 (4):
511-517 DOI: 10.20289/zfdergi.655145

Hülya AKAT^{1a*}

Hakan ALTUNLU^{1b}

Özlem AKAT SARAÇOĞLU^{2c}

Bülent YAĞMUR^{3d}

¹Muğla Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu
Ortaca- Muğla

²Ege Üniversitesi Bayındır Meslek Yüksekokulu
Bayındır- İzmir

³Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü
Bornova- Muğla

^{1a}ORCID: 0000-0002-0927-8530

^{1b}ORCID: 0000-0002-6219-577X

^{2c}ORCID: 0000-0003-1680-783X

^{3d}ORCID: 0000-0002-7645-8574

*sorumlu yazar: ahulya@mu.edu.tr

Tuzlu Koşullarda Mikoriza Uygulamalarının *Cupressus arizonica* "Glauc" Çeşidinde Bitki Gelişimi ve Bazı Stres Parametreleri Üzerine Etkisi

The Effect of Mycorrhiza Applications on Plant Growth and Some Stress Parameters in *Cupressus arizonica* "Glauc" Variety under Salt Stress Conditions

Alınış (Received): 04.12.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 08.04.2020

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, Mavi Servi (*Cupressus arizonica* "Glauc") çeşidinde, tuzlu koşullar altında arbüsküler mikoriza uygulamalarının bitki gelişimi ve bazı stres parametrelerine etkilerini araştırmak amacıyla 2016 yılında yürütülmüştür.

Materyal ve Metot: Çalışmada *Glomus intraradices* türü mikoriza, 4 farklı dozda [kontrol (M_0 : Uygulama yapılmayan), M_1 : 50 g da⁻¹, M_2 : 100 g da⁻¹ ve M_3 : 200 g da⁻¹] tuz stresi (S_0 :0 mMol ve S_1 :100 mMol NaCl) altındaki toprakta denenmiştir. İlk tuz uygulamasından 6 ay sonra, yaprakta toplam klorofil, karotenoid ve prolin içerikleri, MDA-malondialdehit (lipid peroksidasyon), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POX) aktiviteleri ölçülmüştür. Çalışmanın sonunda, bitki boyu, kök uzunluğu, gövde çapı, bitki üst kısmı ile kök yaş ve kuru ağırlıklarına ilaveten mikoriza kolonizasyonu belirlenmiştir.

Bulgular: Deneme sonuçlarına bakıldığında, tuzlu koşulların Mavi Servi (*Cupressus arizonica* "Glauc") üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu görülmüştür. Ayrıca, 200 g da⁻¹ mikorizanın tuzlu koşullarda bitki gelişimi ve yapraktaki toplam klorofil, karotenoid ve prolin içeriği, MDA, SOD, CAT ve POX üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Tuzun bitki gelişimi üzerinde yarattığı negatif etkinin giderilmesinde 200 g da⁻¹ *Glomus intraradices* uygulamasının, diğer mikoriza dozlarından daha etkili olarak bazı fizyolojik ve enzimatik olayları olumlu etkileyip gelişime katkıda bulunduğu saptanmıştır.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to investigate the effects of the application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) under salt stress conditions on growth and some stress parameters of Blue Cypress (*Cupressus arizonica* "Glauc") in 2016.

Material and Methods: Four different concentrations [control (M_0 : no mycorrhiza), M_1 : 50 g da⁻¹, M_2 : 100 g da⁻¹ ve M_3 : 200 g da⁻¹] of *Glomus intraradices* were tested on soil containing salt stress (S_0 :0 mMol and S_1 :100 mMol NaCl). After 6 months at first salt application, leaf total chlorophyll and carotenoids contents, leaf proline contents, MDA- malondialdehyde (lipid peroxidation), activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroksidaz (POX) were measured. At the end of the study, plant growth parameters such as shoot height, stem diameter, root length, dry and fresh weights of shoots and roots, also mycorrhizal colonization were investigated.

Results: Based on the results of the experiments, it is generally observed that saline condition had negative effects on Blue Cypress (*Cupressus arizonica* "Glauc"). Moreover, it was determined that 200 g da⁻¹ mycorrhizal fungi positive effect on plant development and leaf total chlorophyll, carotenoids and proline content, MDA, SOD, CAT and POX of *Cupressus arizonica* "Glauc" in saline conditions.

Conclusion: Mycorrhizal applications was eliminated the negative effect of salt 200 g da⁻¹ *Glomus intraradices* mycorrhizal fungi application was more favorable than the other mycorrhizal concentrations under salt stress. The concentration was affected some physiological and enzymatic events of plant and contributed to the continuation of development.

Anahtar Sözcükler:

Arbüsküler mikorizal fungus, Mavi servi,
NaCl, tuz stresi

Keywords:

Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Blue Cypress,
NaCl, salt stress

GİRİŞ

Bitkisel üretime uygun koşullara sahip topraklar küresel ısınma, diğer çevresel problemler, bilinçsiz sulama ile beraber her geçen gün hızla azalmaktadır. Tuzluluk dünyadaki toprak alanının % 7'sini etkilemektedir. Tuzluluğun artışı ile sürdürülebilir tarım topraklarının 25 yıl içerisinde % 30 kadarının tuzluluktan etkileneceği bildirilmektedir (Munns, 2002; Ahmadi et al., 2009). Ülkemizde 1.5 milyon ha alanda tuzluluk problemi yaşanmaktadır (Sönmez, 2008). Kurak ve yarı kurak bölgelerde tuz stresi bitkisel üretimi sınırlandıran temel faktörlerden olup (Bayat ve ark., 2014) bitki gelişimi üzerindeki olumsuz etkisinin ortadan kaldırılması amacı ile bazı önlemler alınabilmektedir. Tuz stresine çözüm oluşturabilmek için toleransı yüksek bitki genotiplerinin belirlenmesi ve yeni çeşitlerin ıslah edilmesi gelmektedir (Kuşvuran, 2010). Bunların dışında tuzlu toprakların ıslahı, tuzlu sulama sularının iyileştirilmesi, organik gübreler kullanımı, aşırı inorganik gübrelemeden kaçınma, seralarda topraksız tarım gibi bazı yetiştirme tekniklerinin kullanımı da bu önlemler arasında sayılabilmektedir (Daşgan ve Koç, 2009). Tuzluluğun zararlı etkilerini ortadan kaldırmayı amaçlayan bu uygulamalar oldukça masraflı ve geçici çözümler oluşturmaktadır.

Tuz stresi altında yetişen bitkiler yüksek tuz miktarına bağlı olarak toprak çözeltisindeki ozmotik basıncın artması sonucu su potansiyelinin düşmesi, Cl ve Na gibi zararlı iyonların toksit etkisi ve iyon konsantrasyonlarında dengesizlik ile karşı karşıya kalmaktadır. Tuzlu koşullarda bitkilerde gözlenen büyüme gerilemesinin temel nedeni besin maddelerinin bitkilerce alınımı, taşınması ve kullanılmasının engellenmesi olarak bilinmektedir (Cramer and Nowak, 1992). Özellikle K ve Ca alınımı tuz stresi altında büyük oranda gerilemektedir. Dışarıdan K ve Ca uygulamalarının dayanımı arttırmada sınırlı kaldığı durumlar çoğunlukta olmakla birlikte tuza dayanımı arttırdığı bildirilmektedir (Akat ve Özzambak, 2014; Akat ve Akat-Saraçoğlu, 2017). Bitkilerin su ve besin maddesi alınımını artıran mikroorganizmalar, uygulamaya dönük olmalarının yanı sıra ekonomiklikleri ile değer kazanmıştır. Biyolojik gübreler içinde, tarımsal üretimde birçok olumlu etkisiyle mikoriza uygulaması ilk sırada yer almaktadır. Mikoriza, toprakta var olan sporları aracılığıyla bitki kökleri ile etkin bir infeksiyon gerçekleştirdiği zaman ortak bir yaşam oluşturarak bitkinin su ve bazı mineral besin elementlerinin (özellikle P, Zn ve Cu) alımına doğrudan katılmaktadır. Bitkilere mikoriza inokulasyonunun; su ve besin maddesi alınımını arttırdığı, bitki büyümesini teşvik ettiği, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı bitki toleransını kuvvetlendirdiği, çözünebilir şeker içeriği, net fotosentez hızı, fotosentetik su kullanım etkinliği ile verimi yükselttiği bildirilmektedir (Al-Karaki, 2000;

Ruiz-Lozano, 2003; Kaya et al., 2009). Son zamanlarda yapılan pek çok çalışma sonucunda, mikorizanın en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluğa karşı bitkinin direncini arttırarak tuzlu topraklarda biyo-düzenleyici olarak kullanılmasının, tuzun bitki gelişimi üzerinde yarattığı negatif etkileri ortadan kaldırdığı ve stres parametrelerini düzelterek iyileştirdiği bildirilmiştir (Yano-Melo et al., 2003; Tain et al., 2004). Mikorizalar kök içine giriş durumlarına bağlı olarak ekto ve endo mikoriza olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Süs bitkilerinde her iki mikoriza grubunun da simboyotik yaşam oluşturduğu bilinmektedir. Servigiller (Cupressaceae) familyasında endomikoriza türlerinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Kara ve Tilki, 2001; Wang et al., 2012). Aalipour et al.,(2019) kurak koşullar altında *Cupressus arizonica* türünde, *Glomus intraradices* mikoriza türü ve bitki gelişim düzenleyici kök bakterisi *Pseudomonas fluorescens* uyguladıkları çalışmada, mikoriza uygulamasının bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini ve enzim aktivitesini (SOD, CAT, APX) arttırarak kurağa dayanıklılığı teşvik ettiğini bildirmiştir. Lotus çiçeği yetiştiriciliğinde tuzlu koşulların (200 mM NaCl) etkisini azaltmada *Glomus intraradices* kullanımını araştıran bir çalışmada, mikoriza bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiştir (Sannazzaro et al., 2006).

Ekonomisi, tarım ve turizm sektörüne bağlı olarak gelişen Muğla'nın özellikle sahil kesimlerinde yer alan turistik tesislerde yüksek buharlaşma ve denizin etkisi ile artan tuz, peyzaj tasarımlarında sıkıntılar yaratmaktadır. Bu çalışma, peyzaj tasarımlarında yoğun bir şekilde tercih edilen ve dış mekan süs bitkileri içinde önemli bir yere sahip olan Servigiller (Cupresseceae) familyasından *Cupressus arizonica* "Glauca" (Mavi Servi) çeşidinin tuzlu koşullara tepkisini ve tuzlu koşullar altında ilave mikoriza (*Glomus intraradices*) uygulamasının bitki gelişimi ile bazı fizyolojik stres parametreleri üzerine etkinliğini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu'na ait açık alanda, fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilen toprak materyali ile doldurulan 15 litrelik saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 9 bitki bulunacak biçimde yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak materyali 2 saat süre ile 120 °C'de, 1 atm basınç altında otoklavlanarak bünyesindeki doğal mikorizaların yok edilmesi sağlanmıştır. Saksılar musluk suyu ile yıkanmış ve % 96'lık etanol ile sterilize edilmiştir. Bitkisel materyal olarak çelikten üretilmiş *Cupressus arizonica* "Glauca" (Mavi servi) çeşidi kullanılmıştır. Mikorizal fungus materyali olarak gramında 1600 *Glomus intraradices* (Mycosym tri-ton, Mycosym International

AG, Basil, Switzerland) sporu bulunan ticari preparat uygulanmıştır. Bitkiler 19.04.2016 tarihinde dikildikten sonra tüm saksılara haftada bir kez olmak üzere komple besin solüsyonu uygulaması (N 40 mg l⁻¹, P 20 mg l⁻¹, K 50 mg l⁻¹, Ca 50 mg l⁻¹, Mg 25 mg l⁻¹, Fe 5 mg l⁻¹, Zn 0.05 mg l⁻¹, Mn 0.5 mg l⁻¹, B 0.5 mg l⁻¹, Cu 0.02 mg l⁻¹) le bitki besleme ve sulama işlemi yapılmıştır (Stubbs et al., 1997). Sulama işlemi sırasında verilen su miktarı drenajlardan % 20-30 solüsyon çıkacak şekilde ayarlanmıştır. Her hangi bir ilave sulama yapılmamıştır. Araştırma, tuz uygulaması yapılmayan-sadece besin solüsyonu (S₀: Kontrol) ve besin solüsyonu ile tuz uygulaması (S₁:100 mMol NaCl) olarak planlanmıştır. 16.06.2016'da tuz uygulamasına başlanmıştır. Mikorizal fungus, tuz uygulaması öncesi 4 farklı dozda [kontrol (M₀: Uygulama yapılmayan), M₁: 50 g da⁻¹, M₂: 100 g da⁻¹ ve M₃: 200 g da⁻¹] olacak şekilde suda çözündürülerek, birinci uygulama dikimden 20 gün sonra (09.05.2016) ve ikinci uygulama bu tarihten bir ay sonra (09.06.2016) olmak üzere aynı dozlarda saksı başına 100 ml inokulum dökülerek iki seferde uygulanmıştır. Mikoriza uygulanmayan kontrol uygulamalarına mikoriza uygulaması sırasında 100 ml saf su dökülmüştür.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 1. The physical and chemical properties of soil material in experiment

Parametreler	Birim	Değerler
Tekstür	-	Killi-Tınlı
pH	-	7.82
Toplam tuz	%	0.971
Organik Madde	%	1.63
Kireç (CaCO ₃)	%	26.01
Toplam N	%	0.45
Alınabilir P	kg/da	5.43
Alınabilir K	kg/da	32.55
Alınabilir Ca	ppm	3310.5
Alınabilir Mg	ppm	1050
Alınabilir Fe	ppm	12.02
Alınabilir Zn	ppm	0.98
Alınabilir Mn	ppm	18.04
Alınabilir Cu	ppm	1.78

Araştırma boyunca maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık, bağıl nem ile yağış miktarı değerleri kaydedilmiştir. Buna göre çalışma süresince en yüksek sıcaklık 44 °C, en düşük sıcaklık 1.2 °C, en yüksek bağıl nem %95, en düşük bağıl nem %20 olarak ölçülmüştür.

Tuzluluğa ilişkin bazı stres parametreleri ile ilgili olarak da uygulamadan 6 ay sonra (09.11.2016) yaprak

toplam klorofil (mg g⁻¹ YA) ve karotenoid içerikleri (mg g⁻¹ YA) Strain and Svec (1966)'e göre, prolin içeriği (µmol g⁻¹ YA) Bates et al. (1973)'e göre, MDA (Lipit peroksidaz) Lutts et al. (1996)'a göre, SOD (Süperoksit dismutaz) enzim aktivitesi ise Çakmak (2002) tarafından uygulanan yöntemle göre, CAT (Katalaz) aktivitesi spektrofotometrik olarak Bergmeyer (1974) tarafından uygulanan yöntemle göre ve POX (Peroksidaz) spektrofotometrik olarak Nakano and Asada (1981) tarafından uygulanan yöntemle göre 290 nm'de askorbatın oksidasyon hızı ölçülerek gerçekleştirilmiştir.

Çalışma 15.06.2017 tarihinde ilk tuz uygulamasından 1 yıl sonra sonlandırılarak bitkiler sökülüp bir şerit metre yardımıyla bitki boyu (cm) ve kök uzunluğu (cm), dijital kumpas kullanılarak gövde çapı (mm), bitki üst kısmı ile kök yaş-kuru ağırlıkları (g/bitki), bitki köklerinde fiksasyon ve boyama işlemleri yapılarak Grid-Line Intersect Metodu (Giovannetti ve Mosseae 1980) kullanımı ile mikoriza kolonizasyonu belirlenmiştir.

Araştırma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS istatistik programı (versiyon 11.0) kullanılmış, önemli bulunan farklılıkların gruplandırılması LSD testi ile yapılmış, farklılık dereceleri harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırma sonunda *Cupressus arizonica* "Glauca" (Mavi servi) çeşidinin bitki boyu ve gövde çapı, kök uzunluğu, bitkilerin kök ve üst aksam yaş ile kuru ağırlığına ait değerler ve köklerdeki mikoriza kolonizasyonu tespit edilerek Çizelge 2'de verilmiştir. Bitki gelişimi açısından incelenen parametrelerde; bitki boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, kök ve üst aksam yaş ile kuru ağırlığı parametrelerinde tuzun ve mikoriza uygulamasının bitki gelişimi üzerindeki etkisinin istatistikî olarak önemli olduğu saptanmıştır. Tuzlu koşullar sonucu bitki boyunun % 19.4, gövde çapının % 20.7, bitki kök uzunluğunun % 7.5, üst aksam yaş ağırlığının % 34.7, üst aksam kuru ağırlığının % 43.6, kök yaş ağırlığının % 22.2 ve kök kuru ağırlığının % 25.4 oranında azaldığı saptanmıştır. Tuz stresinin; birçok kültür bitkisinin gelişimini negatif yönde etkilediği ve kök, gövde, sürgün uzunlukları, yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığında düşümlere neden olduğu bilinmektedir (Piccioni and Graham, 2001; Akat, 2008; Aydınsakir ve ark., 2010; Akat, 2012, Akat ve Özzambak, 2013). Araştırmada tuzun bitki gelişimi açısından incelenen tüm kriterler üzerindeki etkisi negatif yönde düşümler ile kendini göstererek literatürlerle örtüşmüştür.

Mikoriza uygulamalarının bitki gelişimine ait incelenen parametreler üzerindeki etkisine bakıldığında

ise istatistiki anlamda önemli bir fark bulunmuştur. Tüm mikoriza uygulamaları incelenen gelişim parametrelerinin hepsinde kontrol uygulamasına göre yüksek değerler sergilemiştir. En yüksek değerlerin 200 g da⁻¹ dozunda olduğu ve gövde çapı ile üst aksam kuru ağırlığı hariç diğer tüm gelişim parametrelerinde istatistiki olarak 100 g da⁻¹ ve 200 g da⁻¹ dozlarının aynı gruplandırılarda yer aldığı izlenmiştir. 200 g da⁻¹ dozunda kontrol uygulamasına göre bitki boyunun % 9.5, gövde çapının % 12.6, bitki kök uzunluğunun % 13.0, üst aksam yaş ağırlığının % 24.4, üst aksam kuru ağırlığının % 28.1, kök yaş ağırlığının %31.9 ve kök kuru ağırlığının % 34.3 oranında arttığı belirlenmiştir. Tuz ve mikorizanın bitki gelişim parametreleri üzerindeki etkisini inceleyen bitki gelişim parametreleri üzerindeki etkisini azalttığı bu azalmanın özellikle 100 g da⁻¹ dozu ile 200 g da⁻¹ dozunda belirgin olduğu gözlemlenmektedir. Son zamanlarda yapılan pek çok çalışma sonucunda mikorizanın en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluğa karşı bitkinin direncini artırıp tuzlu topraklarda biyodüzenleyici olarak kullanılmasının, tuzun bitki gelişimi üzerinde yarattığı negatif etkileri ortadan kaldırarak stres parametrelerini iyileştirdiği bildirilmektedir (Al-Karaki, 2000; Ruiz-Lozano, 2003; Tain et al., 2004; Kaya et al., 2009). Bu doğrultuda Shokri and Maadi (2009), farklı tuz konsantrasyonlarına (2.2, 5.0 ve 10 dS m⁻¹) maruz kalan *Trifolium alexandrinum* türünde mikoriza uygulamasının mineral beslenme ve verime etkisini saptamak amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, mikoriza uygulanan bitkilerin

toplam kuru ağırlıklarının kontrol bitkilerine göre 5.29 kat daha fazla olduğunu saptamıştır. Yine başka bir çalışmada, tuzlu alanlarda *Arbüsküler* mikoriza (*Glomus intraradices*) uygulamasının *Trifolium subterraneum* ve *Festuca arundinaceae* çim türlerine etkisi incelenmiş ve tuza hassas olan *Trifolium subterraneum* türünde bitki gelişimini artırdığını ve kök hacminin artmasına neden olduğu belirtilmiştir (Asghari, 2008). Geren ve ark. (2011), *Lathyrus ochrus* (Kıbrıs mürdümüğü) türünde artan tuz dozlarının bitki gelişimini, kuru madde ve kök yaş ağırlığını negatif yönde etkilediği, mikoriza uygulamasının ise bu parametreleri tam tersi yönde olumlu etkilediğini tespit etmiştir. Püschel et al. (2014), Mikoriza uygulamasının, süs bitkilerinin görsel kalitesini artırdığını bildirmiştir. Mikoriza kolonizasyon oranı incelendiğinde, tuzlu koşullarda bu oranının düştüğü saptanmıştır. Tuzsuz koşullara göre tuzlu ortamdaki kolonizasyon % 40.72 oranında azalmıştır. Mikoriza uygulama dozlarındaki artışa bağlı olarak kolonizasyon oranı artmıştır. Hiç mikoriza uygulanmayan bitkilerde topraktan kaynaklı % 1.63 oranında mikoriza kolonizasyonu saptanmıştır. Mikoriza uygulamasının 100 g da⁻¹ ile 200 g da⁻¹ dozları istatistiki olarak aynı etkiyi göstermiştir. Murkute et al. (2006), farklı tuz konsantrasyonları (0-50-100-150 mmol NaCl) kullanarak yaptıkları çalışmada; mikoriza kolonizasyonunun artan tuz dozu ile azaldığını saptamıştır. Tuzlu koşullarda yapılan birçok çalışmada tuz stresi altında mikoriza kolonizasyonunun azaldığı, uygulama dozunun artışına bağlı olarak da kolonizasyonun arttığı izlenmiştir (Soldatini and Giannini, 1985; Ruiz-Lozano, 2003; Kaya et al, 2009).

Çizelge 2. Uygulamaların bitki gelişim özellikleri ve mikoriza kök kolonizasyonu üzerine etkisi.

Table 2. Effect of application on seedling growth parameters and mycorrhizal root colonization

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Bitki gövde çapı (mm)	Bitki kök uzunluğu (cm)	Üst aksam yaş ağırlığı (g.bitki ⁻¹)	Üst aksam kuru ağırlığı (g.bitki ⁻¹)	Kök yaş ağırlığı (g.bitki ⁻¹)	Kök kuru ağırlığı (g.bitki ⁻¹)	Mikoriza Kolonizasyon oranı (%)
S ₀	126.8 a	18.8 a	65.5 a	617.82 a	271.50 a	268.00 a	97.27 a	34.55 a
S ₁	102.2 b	14.9 b	60.6 b	403.51 b	153.24 b	208.40 b	72.59 b	20.48 b
LSD _{0.05}	2.73**	0.29**	1.52**	22.07**	8.72**	16.77**	6.99**	2.76**
M ₀	108.9 b	15.9 d	58.3 c	448.12 b	176.01 d	189.63 d	66.9 b	1.63 c
M ₁	111.9 b	16.4 c	61.8 b	471.16 b	199.44 c	214.22 b	74.48 b	22.42 b
M ₂	116.9 a	16.9 b	65.2 a	530.33 a	229.16 b	270.21 a	96.56 a	42.73 a
M ₃	120.35 a	18.2 a	67.0 a	593.04 a	244.85 a	278.75 a	101.79 a	43.30 a
LSD _{0.05}	3.86**	0.41**	2.33**	31.21**	12.62**	23.72**	9.88**	6.12**
S ₀ M ₀	123.7 a	17.5 bc	61.50 cd	538.58 c	218.57 b	216.95	80.52	3.25 c
S ₀ M ₁	126.2 a	18.5 b	62.50 cd	538.67 c	240.30 b	250.21	89.53	32.34 b
S ₀ M ₂	127.9 a	19.2 a	68.50 ab	636.18 b	302.90 a	300.51	107.09	50.25 a
S ₀ M ₃	129.9 a	19.7 a	69.50 a	757.83 a	324.21 a	304.35	111.92	52.35 a
S ₁ M ₀	94.2 c	14.2 d	55.00 e	357.66 e	133.45 d	162.30	53.28	0 c
S ₁ M ₁	97.7 c	14.3 d	61.00 d	403.64 de	158.58 c	178.22	59.42	12.5 c
S ₁ M ₂	105.9 b	14.6 d	61.80 cd	424.47 d	155.43 cd	239.90	86.03	35.2 b
S ₁ M ₃	110.8 b	16.6 c	64.50 bc	428.26 d	165.49 c	253.16	91.66	34.25 b
LSD _{0.05}	7.55*	1.103**	4.12*	62.42**	24.66**	Ö.d.	Ö.d.	14.67**

*:%5 seviyesinde önemlidir **:%1 seviyesinde önemlidir, ö.d.: önemli değil

Tuzluluk etkisi ile *Cupressus arizonica* "Gluca" (Mavi servi) çeşidinin toplam klorofil içeriği % 22.47 oranında azalmıştır (Çizelge 3). Yüksek sodyum seviyelerinde bitkilerdeki klorofil miktarı azalma eğilimindedir (Franco et al., 1993; Sivritepe, 1995). Na elementi klorofildeki Mg elementi ile yer değiştirerek klorofilin yapısını bozmaktadır (Durdu, 2007). Mikoriza dozunun artışına bağlı olarak klorofil miktarı önemli derecede artmıştır. Mikoriza uygulamasının 100 g da⁻¹ dozu ile 200 g da⁻¹ dozu daha yüksek klorofil miktarı oluştururken istatistiki olarak aynı gruplandırmada yer almıştır. Tuzlu koşullar

altında en yüksek dozdaki mikoriza uygulaması (S₁M₃), uygulanmayan tuzlu koşula göre daha yüksek klorofil oluşumu yaratmıştır. Ruiz-Lozano, (2003), Kaya et al, (2009) ile Geren ve ark, (2011) yaptıkları çalışmalarda mikorizal uygulamaların tuz stresi koşullarında klorofil oluşumunu teşvik ettiğini bildirmiştir. Karotenoid içeriği tuzlu koşullarda % 15.4 oranında azalmıştır. Mikoriza uygulamasının etkisi ve tuz mikoriza interaksyonu, karotenoid miktarını artırsa da istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 3. Uygulamaların bazı fizyolojik stres parametreleri üzerine etkisi
Table 3. Effects of applications on some physiological stress parameters

Uygulamalar	Toplam klorofil (mg l ⁻¹ YA)	Karotenoid (mg l ⁻¹ YA)	Prolin (mg g ⁻¹ YA)	MDA (nmol ml ⁻¹)	SOD (Unit g ⁻¹ YA)	CAT (nmol H ₂ O ₂ dk ⁻¹ YA)	POX (Ünit mg ⁻¹ protein)
S ₀	1.731 a	0.474 a	9.77 b	9.38 b	136.36 b	74.63 b	63.18 b
S ₁	1.342 b	0.401 b	27.85 a	15.34 a	341.64 a	94.35 a	223.02 a
LSD _{0.05}	0.047**	0.016**	1.93**	0.98**	3.41**	3.23**	2.10**
M ₀	1.425 b	0.434	22.79 a	14.12 a	271.88 a	84.76	158.88 a
M ₁	1.479 b	0.428	19.75 a	12.69 ab	273.05 a	84.23	156.77 a
M ₂	1.617 a	0.442	16.37 b	11.31 b	217.24 b	85.99	131.10 b
M ₃	1.627 a	0.445	16.34 b	11.2 b	193.86 c	85.08	125.67 b
LSD _{0.05}	0.120**	Ö.d	3.11**	2.27*	6.23**	Ö.d	6.45**
S ₁ M ₀	1.700 a	0.481	8.60 c	9.21 c	129.56 d	69.58 c	61.08 d
S ₁ M ₁	1.710 a	0.464	9.83 c	9.33 c	133.63 d	73.41 c	61.11 d
S ₁ M ₂	1.752 a	0.473	10.01 c	9.4 c	136.45 d	75.65 c	62.42 d
S ₁ M ₃	1.763 a	0.477	10.64 c	9.56 c	145.81 d	79.86 c	68.12 d
S ₁ M ₀	1.151 b	0.386	36.98 a	19.23 a	414.19 a	99.93 a	256.68 a
S ₁ M ₁	1.248 b	0.392	29.66 ab	16.06 ab	412.47 a	95.05 ab	252.42 a
S ₁ M ₂	1.481 ab	0.411	22.73 b	13.22 bc	298.02 b	92.11 ab	199.79 b
S ₁ M ₃	1.491 ab	0.413	22.04 b	12.84 bc	241.91 c	90.30 b	183.22 c
LSD _{0.05}	0.396*	Ö.d	7.87*	5.85*	16.78*	8.56*	11.17**

*:%5 seviyesinde önemlidir **:%1 seviyesinde önemlidir, ö.d.: önemli değil

Cupressus sempervirens türünün tuzlu koşullarda fiziksel ve gelişim karakteristiklerini incelendiği bir çalışmada; 0, 5, 10, 20 dS m⁻¹ tuz dozları denenerek yüksek tuz dozlarında yaprak klorofil içeriğinin azaldığı, yaprak prolin miktarının ise arttığı bildirilmiştir (Zamani et al., 2014). Benzer bir durum çalışmamız açısından da geçerli olmuştur. Prolin içeriği bakımından değerlendirme yapıldığında; tuz miktarının artması yaprak prolin miktarını 2.85 kat oranında artırmıştır. Tuzsuz koşullara göre, tuzlu koşullar altında MDA miktarı 1.63, SOD miktarı 2.50, CAT miktarı 1.26 ve POX miktarı 3.52 kat daha yüksek oranda artış sergilemiştir. Tuzlu koşullarda yapılan birçok çalışmada, tuz dozunun artışı ile MDA miktarı, SOD, CAT ve POX aktivite artışı arasında paralellik olduğu bildirilmiştir (Ruiz-Lozano, 2003; Kaya et al., 2009, Heydari et al., 2010; Cengiz ve ark., 2013; Taibi et al., 2016). Tuzlu koşullar

altında mikoriza uygulanmayanlara (S₁M₀) göre, 200 g da⁻¹ dozunda mikoriza uygulaması (S₁M₃) prolin miktarının % 40.40, MDA değerini % 33.23, SOD enzim aktivitesini % 41.59, CAT enzim aktivitesini % 9.33, POX enzim aktivitesi % 28.62 oranında azaltmıştır. Bazı araştırmacılar tuza dayanımı artırmak için yapraklara ilave azot, fosfor, potasyum ve çinko uygulamaları ile bazı organik asitlerin etkilerini inceleyerek oransal su kapsamının arttığını ve membran zararlanmalarının azaldığını belirleyerek tuza dayanımının arttığını bildirmişlerdir. (Kaya et al., 2001; Doğan, 2012; Jan ve Hadi, 2015). Son zamanlarda yapılan pek çok çalışma sonucunda mikorizanın en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluğa karşı bitkinin direncini artırarak tuzlu topraklarda bio-düzenleyici olarak kullanılmasının tuzun bitki gelişimi üzerinde yarattığı negatif etkileri ortadan kaldırdığı ve stres

parametrelerini düzelterek iyileştirdiği bildirilmektedir (Al-Karaki, 2000; Ruiz-Lozano, 2003; Tain et al., 2004; Kaya et al., 2009). Tuz stresi koşullarında biber bitkisinde yapılan iki farklı çalışmada üç farklı mikoriza (*G. mosseae*, *G. intraradices* ve *G. fasciculatum*) kullanılarak mikorizanın kullanımının ile kontroldeki mikoriza uygulanmamış bitkilere göre düşük MDA ve prolin içeriğinin saptandığını, bu uygulamalarda SOD, CAT, POX enzim aktivitesinin ise daha az olduğunu bildirmiştir (Çekiş et al., 2012; Altunlu, 2019). Kuraklık stresi altında yetiştirilen *Cupressus arizonica* türünde mikoriza (*Glomus intraradices*) ve/veya kök bakterisi (*Pseudomonas fluorescens*) aşılanmış bitkilerin, aşılanmayanlara göre gelişimi daha iyi bulunarak mikoriza uygulaması ile bitkilerin kurağa dayanımının arttığı belirtilmiştir (Aalipour et al, 2019). Yürütülen araştırmada, tuz stresi

altında mikoriza uygulamasının bitki gelişimini olumlu yönde etkilemesi benzer sonuçların elde edildiğini göstermektedir.

SONUÇ

Sonuç olarak, *Cupressus arizonica* "Glaucua" (Mavi servi) çeşidinin tuzlu koşullar altında yetiştiriciliğinde tuzun bitki gelişimi üzerinde yarattığı negatif etkinin giderilmesinde, 200 g da⁻¹ dozunda mikoriza *Glomus intraradices* kullanımının etkili olduğu bazı fizyolojik ve enzimatik olayları olumlu etkileyerek bitki gelişimine katkıda bulunduğu saptanmıştır.

TEŞEKKÜR

BAP-2015-155 No'lu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olan bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Proje Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aalipour, H., A., Nikbakht, N., Etemadi, F., Rejali and M., Soleimani, 2019. Biochemical response and interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria during establishment and stimulating growth of Arizona cypress (*Cupressus arizonica* G.) under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 108923. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108923>
- Ahmadi A., Y. Emam and M. Pessarakli, 2009. Response of various cultivars of wheat and maize to salinity stress. *Journal of Food, Agriculture Environment*, 7(1): 123-128.
- Akat, H. 2012. Tuz Stresi Koşullarında Yetiştirilen *Limonium Sinuatum* (Stalice) Bitkisinde Kalsiyum Uygulamalarının Verim ve Gelişim Üzerine Etkisi, Ege Üniv. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, 158 s.
- Akat, H. and Ö. Saraçoğlu Akat, 2017. The Effects of Organic Substances and Foliar Calcium Applications on *Limonium sinuatum* Cultivation in Saline Conditions, *Current Trends in Science and Landscape Management*, Sofia St. Kliment Ohridski University Press, ISBN 978-954-07-4338-7, Chapter: 25, 285-295 pp.
- Akat, H. ve M.E. Özzambak, 2013. Örtü Altı Tuzlu Koşullarda Yetiştirilen *Limonium sinuatum* Bitkisinde Kalsiyum Uygulamalarının Stres Parametreleri Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *Journal of Tekirdağ Agriculture Faculty*, 10(1): 48-58, ISSN: 1302-750.
- Akat, H. ve M.E. Özzambak, 2014. The Effects of Ca Application on Some Stress Parameters Under Salinity Conditions in the Open Field Growing of *Limonium sinuatum*. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 51(1): 59-68.
- Akat, Ö. 2008. Farklı Tuzluluk Düzeyleri ve Yıkama Oranlarının Gerbera Bitkisinde Gelişim, Verim, Kalite ve Su Tüketimi Üzerine Etkileri, E.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 231 s.
- Al-Karaki Ghazi, N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10: 51-54.
- Altunlu, H. 2019. Tuzlu Koşullarda Mikoriza Uygulamasının Kapa Biberde (*Capsicum annuum* L.) Fide Gelişimi ve Antioksidan Enzimler Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2): 139-146.
- Asghari, H.R. 2008. Vesicular–Arbuscular (VA) Mycorrhizae improve salinity tolerance in pre-inoculation subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) seedlings. *International Journal of Plant Production*, 2(3): 243-256.
- Aydınsakir, K., A. Tepe ve D. Büyüktaş, 2010. Effects of saline irrigation water applications on quality characteristics of *Freesia* grown in greenhouse. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 41-46.
- Bates, L.S., R.P. Waldren, I.D. Teare, 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39(1): 205-207.
- Bayat, R.A., Ş. Kuşvuran, Ş. Ellialtıoğlu ve A.S. Üstün, 2014. Tuz stresi altındaki genç kabak (*Cucurbita pepo* L. ve *C. moschata* Poir.) bitkilerine uygulanan prolinin antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1: 25-33.
- Bergmeyer, H.U. 1974. *Methods of Enzymatic Analysis*. New York, Academic Press. *Biol. Plant.* 39: 303-308.
- Çakmak, İ. 2002. Plant nutrition Research: Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways. *Plant and Soil*, 247: 3-24.
- Cengiz, K., O. Sonmez, S. Aydemir and M. Dikilitaş. 2013. Mitigation effect of glycinebetaine on oxidative stress and some key growth parameters of maize exposed to salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37: 188-194.
- Cramer, G.R. and R.S. Nowak, 1992. Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed barley. *Physiol Plant*, 84: 600-605.
- Daşgan, H.Y. and S. Koç, 2009. Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters. *Journal of Food, Agriculture Environment*, 7(2): 363-372.
- Doğan, M., 2012. Azot uygulamasının tuz stresi ve antioksidan enzim aktivitesine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16(3): 297-306.
- Durdu, İ. 2007. Farklı Tuz Konsantrasyonlarına Maruz Bırakılan Bazı Halofit Bitkilerde (*Salicornia europaea* L., *Puccinellia*) distans (Jacq.) Parl ve *Atriplex olivieri* Moq.) Meydana Gelen Fizyolojik Parametrelerin Araştırılması, Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 109 s.

- Franco, J.A., C. Esteban and C. Rodriguez, 1993. Effect of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. J. of Hort. Sci., 68: 899-904.
- Geren, H., H. Okkaoglu ve R. Avcioglu, 2011. Mikorizanin Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarında Kıbrıs Mürdümütüğü (Lathyrus ochrus)'nün Verim ve Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 48(1): 31-37. ISSN 1018-8851.
- Giovanetti, M. and B. Mosse, 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular Arbuscular Mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84: 489-500.
- Heydari, M., F. Mesri and Z. Kaikha, 2010. The salinity effects on metabolism of nucleotide acids, the activity of antioxidant enzymes in five varieties of rape. İrain Journal of Field Crop Science, 41(3): 491-502.
- Jan, A. U. and F. Hadi, 2015. Potassium, zinc and gibberellic acid foliar application enhanced salinity stress tolerance, proline and total phenolic in sunflower (Helianthus annuus L.). American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 15(9): 1835-1844.
- Kara, Ö. ve F. Tilki, 2001. Mikoriza ve ormancılıkta kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1), 127-139.
- Kaya, C., D. Higgs and H. Kirnak, 2001. The effects of high salinity and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 27(3-4): 47-59.
- Kaya, C., M. Asraf, O. Sönmez, S. Aydemir, A.L. Tuna and M.A. Cullu, 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. Scientia Horticulturae, 121: 1-6.
- Kuşvuran, Ş. 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Lutts, S., J.M. Kinet and J. Bouharmont, 1996. NaCl induced senescence in leaves of rice (Oryza sativa L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany, 78(3): 389-398.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment, 25: 239-250.
- Murkute, A.A., S. Sharma and S.K. Singh, 2006. Studies on salt stress tolerance of Citrus rootstock genotypes with arbuscular mycorrhizal fungi. Horticultural Science, 33: 70-76.
- Nakano, Y. and K. Asada, 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiol., 21: 1295-1307.
- Picchioni, G.A. and C.J. Graham, 2001. Salinity, growth, and ion uptake selectivity of container-grown Crataegus opaca, Scientia Horticulturae, 90 (1-2): 151-166.
- Püschel, D., G. Rydlova and M. Vosatka, 2014. Can mycorrhizal inoculation stimulate the growth and flowering of peat-grown ornamental plants under standart or reduced watering? Applied Soil Ecology, 80: 93-99.
- Ruiz-Lozano, J.M. 2003. Antioxidant activities in mycorrhizal soybean plants under drought stress. New Phytologist, 157(1): 135-143.
- Sannazzaro, A.I., A.O. Ruiz, E.O. Albertó and A.B. Menéndez, 2006. Alleviation of salt stress in Lotus glaber by Glomus intraradices. Plant and soil, 285(1-2): 279-287.
- Shokri, S. and B. Maadi, 2009. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on the mineral nutrition and yield of Trifolium alexandrinum plants under salinity stress. Journal of Agron., 8(2): 79-83.
- Sivritepe, N. 1995. Asmalarda Tuza Dayanıklılık Testleri ve Tuza Dayanımda Etkili Bazı Faktörler Üzerinde Araştırmalar. (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 176 s.
- Soldatini, G.F. and A. Giannini, 1985. The effect of water and salt stress on the fixation of ^{14}C and on amino acid metabolism in seedlings of Zea mays L. Agrochimica: 29,74
- Sönmez, B. 2008. Türkiye çoraklık kontrol rehberi. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Strain, H.H. and W.A. Svec, 1966. Extraction, separation, estimation, and isolation of the chlorophylls. In The chlorophylls (pp. 21-66). Academic Press.
- Stubbs, H.L., S.L. Warren, F.A. Blazich and T.G. Ranney, 1997. Nitrogen nutrition of containerized Cupressus arizonica var. glabra 'Carolina Sapphire'. Journal of Environmental Horticulture, 15(2): 80-83.
- Taibi, K., F. Taibi, L.A. Abderrahim, A. Ennajah, M. Belkhodja and J.M. Mulet, 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in Phaseolus vulgaris L. South African Journal of Botany, 105: 306-312.
- Tain, C.Y., G. Feng, X.L. Li and F.S. Zhang, 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants Appl. Soil Ecol., 26(2): 143-148.
- Wang, R., S. Yu, J. Zhang, C. Zhou and L. Chen, 2012. Effects of mycorrhizal fungus inoculation on the root of Cupressus duclouxiana and Catalpa bungei seedlings under drought stress. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 36(6), 23-27.
- Yano-Melo, A.M., O.J. Saggin and L.C. Maia, 2003. Tolerance of mycorrhizal banana (Musa sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. Agric Ecosystems Environ, 95: 343-348.
- Zamani, M., M.H. Hakimi, A. Mosley Arany, B. Kiani and A. Rashtian, 2014. Studying the salinity stress on physical and growth characteristics of Cupressus sempervirens. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 5(1): 30-36.
