

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2020, 57 (4):
501-510 DOI: 10.20289/zfdergi.655491

Hakan ALTUNLU^{1a*}

¹Muğla Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu
Ortaca- Muğla

*ORCID: 0000-0001-6219-577X

*sorumlu yazar: haltunlu@gmail.com

Anahtar Sözcükler:

Glomus intraradices, *Bacillus subtilis*,
Capsicum annuum, Tuz stresi.

Keywords:

Glomus intraradices, *Bacillus subtilis*,
Capsicum annuum, Salt stress.

Tuz Stresi Altındaki Biberde (*Capsicum annuum* L.) Mikoriza ve Rizobakteri Uygulamasının Bitki Gelişimi ve Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkisi

The Effects of Mycorrhiza and Rhizobacteria Application on Growth and Some Physiological Parameters of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Under Salt Stres

Alınış (Received): 05.12.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 08.04.2020

ÖZ

Amaç: Farklı tuzlu koşullar (1.5, 3, 6 dSm⁻¹) altında mikoriza (*Glomus intraradices*) ve rizobakteri (*Bacillus subtilis*) uygulamasının biber (*Capsicum annuum* L. cv Seki F1) bitki gelişimi, yaprak oransal su içeriği (YOS), membran geçirgenliği (MG), prolin ve klorofil içeriği üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Metot: Biber fideleri perlit:torf karışımı (1:1, v:v) ile doldurulmuş 22.7 litre hacimli uzun saksılara (60x18x21 cm) her bir saksıda 3 adet olacak şekilde dikilmiştir. Çalışmada, mikroorganizma uygulaması fide dikimi ile yapılmış, dikimden 15 gün sonra da tuz uygulamasına başlanmıştır. Tuz uygulamasından 40 gün sonra yaprak oransal su içeriği, membran geçirgenliği, prolin ve klorofil içeriği gibi fizyolojik parametreler incelenmiştir. Dikimden 160 gün sonra çalışma sonlandırılmıştır. Çalışmanın sonunda, bitki boyu, gövde çapı, gövde ile kök yaş ve kuru ağırlıkları gibi bitki büyüme parametreleri belirlenmiştir.

Bulgular: Sonuçlara göre artan tuzluluk bitki gelişimini olumsuz etkilemiştir. Tuz uygulaması, prolin içeriği ve bitkinin MG'nde bir artışa neden olmuş, klorofil içeriği ve YOS değerini ise azaltmıştır. Tüm tuz stresi seviyelerinde, mikoriza, rizobakteri ve mikoriza artı rizobakteri uygulamaları, biber bitki gelişimini ve fizyolojik parametrelerini olumlu etkilemiştir. *G. intraradices* ve *B. subtilis*'in birlikte uygulanması tuz stresinde incelenen parametrelerin tamamında en yüksek etkiyi göstermiştir. Bu bitkileri sadece mikoriza uygulanan ve sadece *Bacillus subtilis* aşıllı bitkiler izlemiştir.

Sonuç: Çalışma sonuçları açıklıkla göstermiştir ki, tuzlu koşullar altında biber yetiştiriciliğinde *G. intraradices* ve *B. subtilis*'in beraber uygulanması tuz zararının olumsuz etkilerini azaltmada iyi bir alternatif olabilir.

ABSTRACT

Objective: This research was conducted to study effects of mycorrhiza (*Glomus intraradices*) and rhizobacteria (*Bacillus subtilis*) applications on plant growth, relative water content (RWC), membrane permeability, proline and chlorophyll content of pepper (*Capsicum annuum* L. cv Seki F1) under different salt conditions (1.5, 3, 6 dS m⁻¹).

Material and Methods: Three pepper seedlings were planted in long pots (60 x 18 x 21 cm) have a volume of 22 liters and filled with perlite: peat mixture (1:1, v:v). In the study, microorganisms were inoculated together during planting and salt was used at 15 days after planting. After 40 days of salt applications, the physiological parameters such as RWC, , membran permability, chlorophyll and proline content were determined. The study was completed 160 days after planting. At the end of the study, plant growth parameters such as shoot height, stem diameter, dry and fresh weights of shoots and roots were investigated.

Results: The results showed that increasing concentrations of salt decreased all growth parameters. Salt application caused an increase in the proline content, membran permability of plant. But RWC and chlorophyll content were decreased. Mycorrhiza, rhizobacteria and mycorrhiza plus rhizobacteria treatments positively improved plant growth and physiological parameters of pepper plants under all salinity stress levels. *G. intraradices* plus *B. subtilis* treated plants were shown highest impact on all parameters under salt stress. The plants (*G. intraradices* plus *B. subtilis* application) were followed by only mycorrhiza inoculated plants and only *B. subtilis* inoculated plants under salt stress.

Conclusion: The results of the study clearly showed that application of *G. intraradices* plus *B. subtilis* in pepper cultivation under salt conditions may be a good alternative to decrease negative effects of salt.

GİRİŞ

Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde önemli bir çevresel stres faktörü olan tuzluluk, hem açık alanda hem de örtü altında yapılan üretimlerde ürünlerin gelişimini ve verimini etkileyen bir risk faktörüdür. Sahil kıyılarında yer alan örtü altı üretim bölgelerinde sulama için yeterli kalitede su bulmak sorundur. Bu durum yüksek miktarda çözünebilir tuz içeren yer altı sularının tarımda kullanımını zorunlu kılmaktadır (Fernandez-Garcia et al., 2004). Aksoy ve ark. (1998), Akdeniz kuşağında deniz sularının yeraltı sularına karışımının büyük bir çevre sorunu olduğunu vurgulamakta, bazı bitki türlerinin üretiminin bu yüzden kısıtlanabileceğini bildirmektedir. Örtü altı üretiminin yaygın olduğu Antalya Demre ilçesinde yapılan bir çalışmada yer altı sularının EC değerleri araştırılmış, kuyuların EC değerinin 0.83 ile 4.44 dSm⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır (Dişli, 1997). Benzer bir çalışma Sönmez ve Kaplan (2004) tarafından aynı bölgede yapılmış, toprak ve su örneklerinde yapılan incelemede toprak ve sulama sularının orta ve fazla tuzlu sınıfta yer aldığı görülmüştür. Ayrancı (2006), Muğla ili Ortaca yöresindeki seraların sulanmasında kullanılan yeraltı sularında yaptığı çalışmada, suların Cl⁻ miktarının birçok örnekte yüksek olduğunu ve tarımsal gübreleme ile deniz suyu etkileşiminin bu artışa neden olduğunu ifade etmiştir. Antalya ilinde bulunan topraksız tarım sistemi ile üretim yapılan seralarda sulamada kullanılan suların kalite durumunun incelendiği araştırmada, alınan örneklerin % 58'i C2 (orta tuzlu) sınıfta bulunmuştur (Asri ve Sönmez, 2009). Bitki besleme amacıyla kullanılan gübrelerin tuzlu sulara ilavesi, EC değerlerinin daha da yükselmesine neden olmaktadır.

Sulama suyunda ve topraktaki tuzluluğun bitkinin büyümesi ve verimliliğinde olumsuzluklar yarattığı değişik çalışmalarda bildirilmektedir. Tuz, oluşturduğu yüksek osmotik basınç ile köklerin su alımını azaltır ve K⁺, Ca⁺², Mn⁺² ve NO₃⁻ gibi besin maddelerinin alımını olumsuz yönde etkiler ve tuz bitki tarafından alındıktan sonra, belirli bir yoğunluğun üzerine çıktığında membranların kararlılığını bozarak klorofil gibi organelleri parçalamaktadır (Hasegawa et al., 2000; Yıldız ve ark., 2010). Sürdürülebilir bir tarım yönetimi için, aşırı tuzun topraktan uzaklaştırılması, sulama sularının tuzluluğunun düşürülmesi veya her bitki türünde tuza dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi uygulamaları çok başarılı değildir (Cantrell and Linderman, 2001). Tuzlu ortamda yetiştirilen bitkilerde gelişimi artırmada temel hedef bozulan ozmoregülasyonu yeniden sağlamak olmalıdır. Tuzlu koşullarda, dayanıklı çeşitlerin anaç olarak kullanımı (Colla et al., 2010; Huang et al., 2010), bitkinin su alımını artırıcı uygulamalar (Aroca et al., 2011), dışarıdan alımı azalan K ve Ca gibi bitki besin

maddelerinin yapraktan veya topraktan uygulanması ((Yılmaz ve ark., 2011; Akat and Özzambak, 2014; Amjad et al., 2016; Akat and Saraçoğlu Akat, 2017), prolin, salisilik asit ve melatolin gibi bazı maddelerin dışarıdan dayanımı artırmaya yönelik uygulanması (Kaya et al., 2007; Yıldırım et al., 2008; Li et al., 2012) gibi önlemlerin bitkinin tuza dayanımını artırdığı bildirilmiştir.

Bitkiler yaşamları boyunca mikroorganizmalar ile ilişki halindedir. Bazı mikroorganizmalar bitkiye zarar verirken bazıları ise yararlıdır. Bitkilere yararlı mikroorganizmalar 3 ana temel kategoride değerlendirilir; azot fikse eden mikroorganizmalar, mikoriza mantarları, bitki gelişimini artıran rizosfer bakterileri (Arcak ve Güder, 2004). Bazı toprak mantar türleri ile kökler arasındaki karşılıklı faydaya dayalı bir yaşam biçimi olarak tanımlanan mikorizal yaşam, bitkilerin gelişimini olumlu etkilemektedir. Bu ortak yaşamda mikoriza mantarı bitkiden karbon ve karbonhidrat alırken, bitkinin suya ve besin maddelerine ulaşımını kolaylaştırır (Erzurumlu ve Kara, 2014). Mikorizal yaşamda en başarılı mikoriza tipi bitki dokusu içerisinde yaşamını sürdüren kök dışında sadece suyu ve besin maddesi almaya yarayan yapılarını oluşturan endomikorizalardır. Endomikorizaların kök hücreleri içerisine yerleşen, bitki ile mantar arasında madde değişiminin gerçekleştirildiği ince membranlı yapıları arbuskül ve bu tip mantarlar Arbusküler Mikoriza Mantarları (AMF) olarak adlandırılır. AMF'ler birçok bitki türü ile simbiyotik ilişki kurabilir (Smith ve Read, 1997). AMF'ler su alımını ve besin maddesi alımını arttırdıklarından, tuzluluk dahil birçok abiyotik stres koşulunda bitkinin bu olumsuz koşullara toleransını artırırlar (Evelin et al., 2009; Hajbagheri and Enteshari 2011; Akat, 2020). Farklı mikoriza uygulamalarının tuz stresi altında yetiştirilen domates (Balliu et al., 2015), patlıcan (Mohammad ve Mittra, 2013), biber (Kaya et al., 2009), kabak (Abdulhadi, 2017), marul (Zuccarini, 2007), ve fasulye (Sharma et al., 2017) gibi birçok türde bitki gelişimine olumlu etkileri bildirilmiştir.

Son yıllarda biyogübre olarak bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin değişik bitki türlerinde kullanımı giderek artmaktadır. Rizobakteri kullanımı zararlı mikroorganizmalar ile rekabet ederek, toprakta alınamaz formdaki besin elementlerinin alımını artırarak, bitki hormonu görevi gören metabolitleri ile tohum çimlenmesini ve kök gelişimini teşvik ederek bitkinin sudan yararlanmasını artırmaları ile bitkinin gelişimini doğrudan ve dolaylı olarak teşvik etmektedir (Misra et al., 2010; El-Katatny ve Idres, 2014). Birçok bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri büyümeye ek olarak sağladıkları diğer avantajlar ile farklı çevresel stres koşullarının olumsuz etkilerini azaltmada kullanılabilir (Mayak et al., 2004). Bochow et al. (2001) *B. subtilis* FZB24 bakterisinin tuzlu sulama suyu ile sulanan biber ve

patlıcan bitkilerinde etkinliğini izledikleri çalışmalarında, bakteri uygulamasının bitki gelişimine olumlu etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Topraksız domates yetiştiriciliğinde yapılan bir çalışmada, 2.5 mS cm⁻¹ lik ana besin solüsyonuna NaCl ve CaCl ilavesi ile 5.4 ve 7.4 mS cm⁻¹ EC değerlerinde yetiştiricilik yapılmış, *B. subtilis* cinsi bakteri aşılmasının tuzlu koşullarda bitki gelişimini ve verimini olumlu etkilediği saptanmıştır (Woitke et al., 2004).

Tuzluluğa orta derecede hassas bir tür olan biber yetiştiriciliğinde optimum EC değeri 1.5 dS m⁻¹ olup, 5 dS m⁻¹ üzerindeki değerlerde bitki gelişimi ve verimi önemli derecede düşmektedir (Chinnusamy et. al., 2005; Yıldırım and Güvenç, 2006). İki farklı biber çeşidinde topraksız tarım koşullarında (Kum:perlit, 1:3, v/v) yapılan bir çalışmada farklı dozlarda (0, 10, 25, 50, 100 ve 150 mM) NaCl yarı seyreltilmiş Hoagland solüsyonuna ilave edilmiş, 25 mM NaCl dozundan başlayarak istatistik açıdan önemli derece bitki gelişiminde düşüş izlenmiştir (Chartzoulakis and Klapaki, 2000). Turhan ve ark., (2014) kapyra tipi biberdeki çalışmalarında 3.0 dS m⁻¹ EC değerine sahip sulama suyunun gelişimi ve verimi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada; topraksız tarımda kök ortamına aşılana mikoriza (*Glomus intraradices*) ve rizobakterinin (*Bacillus subtilis*) farklı tuzluluk koşullarında çarliston tipi biber yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri incelenmiştir. Akdeniz ve Ege sahil havzalarında deniz suyu etkisi ile artan sulama suyu tuzluluğu ve topraksız ortamda besin maddesi birikiminden kaynaklanan tuzluluğa karşı biyogübre etkinliği ve sürdürülebilirliği araştırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Bitkisel materyal olarak soğuğa dayanıklı, güçlü bitki yapısına sahip Seki F₁ çarliston tipi biber çeşidi kullanılmıştır. Çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu deneme serasında güz

yetiştiriciliği şeklinde planlanmış, 3 Ağustos 2016 tarihinde hazır fide firmasından temin edilen fideler, perlit:torf karışımı (1:1, v:v) ile doldurulmuş 22.7 litre hacimli uzun saksılara (60 x 18 x 21 cm) her bir saksıda 3 adet olacak şekilde dikilmiştir. Araştırma 3 tuz dozu (1.5-T₀, 3-T₁, 6-T₂ dS m⁻¹), 4 farklı uygulama (kontrol-K, mikoriza-M, bakteri-B, mikoriza + bakteri-MB), 3 tekerrürlü olmak üzere 3x4x3 faktoriyel düzende ve her tekerrürde 4 saksı (12 bitki) olacak şekilde toplamda 432 bitkide yürütülmüştür.

Araştırmada mikoriza materyali olarak, gramında 150 *Glomus intraradices* (M) (Mycosym tri-ton, Mycosym International AG, Basil, Switzerland) sporu bulunan ticari preparat kullanılmıştır. Mikoriza dikim çukurlarına fide dikimi sırasında bitki başına 1 gram olarak uygulanmıştır. Bakteri materyali olarak *Bacillus subtilis* (B) [1x10⁸ CFU ml⁻¹] içeren ticari preparat (LIFEBAC-N, Yeditepe Sağlık Ürünleri, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. Uygulama hemen dikim sonrası can suyuna 30 ml l⁻¹ olacak şekilde karıştırılan ürünün bitki başına 100 ml cansuyu olarak verilmesi ile yapılmıştır. Bakteri uygulaması yapılmayan saksılara eşitlik açısından sadece su uygulaması yapılmıştır. Çalışma, (1) T₀K, (2) T₀M, (3) T₀B, (4) T₀MB, (5) T₁K, (6) T₁M, (7) T₁B, (8) T₁MB, (9) T₂K, (10) T₂M, (11) T₂B, (12) T₂MB olacak şekilde kurulmuştur.

Çalışmada kullanılan besin solüsyonunun makro ve mikro element içeriği Çizelge 1'de verilmiştir. Bu içerik için stok çözeltiler hazırlanmış, hazırlanan stok çözeltilerden uygulama zamanında sulama suyu çözeltileri hazırlanmıştır. Uygulamalar için sulama suyu hazırlığında stok A ve stok B'den eşit miktarda alınan solüsyon, EC metre kullanılarak 1.5 dSm⁻¹ olacak şekilde seyreltilmiş, daha yüksek EC seviyeleri için bu solüsyona NaCl ilave edilerek istenilen 3 ve 6 dS m⁻¹ EC seviyeleri elde edilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan besin solüsyonunun makro ve mikro element içeriği
Table 1. Macro and micro element content of the nutrient solution used in the study

Stok A (mg l ⁻¹)						Stok B (mg l ⁻¹)					
N	P	K	S	Mg	Mn	Ca	Fe	Zn	Cu	B	Mo
210	31	234	64	48	0.5	200	2.8	0.5	0.02	0.5	0.01

İlk tuz uygulamasına dikimden 15 gün sonra başlanmıştır. Bu süre içerisinde sulamalarda T₀ grubuna ait sulama suyu (EC 1.5 dS m⁻¹) tüm uygulamalara uygulanmıştır. Çalışmada, sulama suyu solüsyonu bitkilere 1.6 l h⁻¹ debili damlama sulama sistemi ile yapılmıştır. Uygulanacak sulama suyu miktarı saksı drenaj çıkışlarından yapılan gözlemlere dayandırılmış ve yaklaşık % 10-15 drenaj olunca sulama sonlandırılmıştır.

Çalışmada Sevgican (2002)'a göre bitki bakım işlemleri, yürütülmüş, hastalık ve zararlılara karşı gerekli kültürel ve kimyasal önlemler alınmıştır. Sera içi sıcaklık ve bağıl nem koşulları Hobo marka data logger ile izlenmiştir. Buna göre çalışma süresince en yüksek sera içi sıcaklık 44 °C, en düşük sıcaklık 2.5 °C, en yüksek bağıl nem % 95, en düşük bağıl nem % 27 olarak ölçülmüştür. Dondan korumaya yönelik olarak sıcaklık değeri 4 °C altına

düşünce sera dışı yağmurlama sistemi çalıştırılmıştır.

Dikimden 160 gün sonra çalışma sonlandırılmıştır. Her uygulamada sökülen bitkilerde gövde uzunluğu (kök boğazı – büyüme ucu) bir şerit metre kullanılarak, gövde çapı dijital kumpas yardımı ile ölçülmüş, bitki boyu (cm) ve gövde çapı (mm) olarak verilmiştir. Aynı bitkilerde kök ve gövde yaş ve kuru ağırlığı değeri ($g \text{ bitki}^{-1}$) saptanmıştır. İlk hasat 05.11.2017 tarihinde yapılarak, 09.01.2018 tarihine kadar toplam 5 hasat yapılmıştır.

Tuz uygulamasından 40 gün sonra alınan yaprak örneklerinde yaprak oransal su içeriği (YOS, %) Smart ve Bingham (1974) göre, ninhidrin reagent metoduyla (Bates et al., 1973) prolin kapsamı [$\mu\text{mol g}^{-1}$ yaş ağırlık (YA)], EC metre ile membran geçirgenliği (MG, %) (Lutts et al., 1996), toplam klorofil (mg g^{-1} YA) % 80'lik aseton kullanılarak hazırlanan çözeltinin absorpsiyon değerleri spektrometrede (PG Instruments T80 UV/VIS) ölçülerek (Strain and Svec, 1966), lipid peroksidasyonun ölçümü Madhava ve Sresty (2000)'e göre malondialdehit (MDA) konsantrasyonu ($\mu\text{mol g}^{-1}$ YA) ölçümü ile belirlenmiştir. Tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre düzenlenen çalışmadan elde edilen veriler, SPSS programı (sürüm 11.0) ile analiz edilmiş, önemli bulunan farklılıkların gruplandırması LSD testi ile yapılmış, farklılık dereceleri harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA **Bitki Gelişimi**

Artan tuz uygulaması ile bitki boyu ve gövde çapı olumsuz yönde etkilenmiştir (Çizelge 2). Tuz dozunun 1.5 dS m^{-1} 'den 6 dS m^{-1} çıkması sonucu bitki boyu ve gövde çapı sırasıyla % 30.0 ve % 23.3 oranında azalmıştır. Mikoriza ve rizobakteri uygulamasına bakıldığında; bunların tek başına veya beraber uygulanmaları, kontrole göre hem bitki boyu hem de gövde çapını istatistiki olarak arttırmıştır. Bitki boyu bakımından tek mikoriza uygulaması (M) ve mikoriza ile beraber bakteri uygulaması (MB) istatistiki olarak aynı gruplandırmada yer almışlardır. Gövde çapında en yüksek değer MB uygulamasında 22.0 mm olarak saptanmıştır. Kontrol uygulamasında ise en düşük gövde çapı 18.7 mm olarak belirlenmiştir. Tuz ve mikroorganizma interaksyonuna bakıldığında; tuz dozunun artışına bağlı olarak uygulamaların etkinliği değişmiştir. 3 dSm^{-1} tuz dozunda (T_1) MB uygulamasındaki bitki boyu 94.8 cm ile tuzsuz koşullardaki (T_0) kontrol uygulamasına göre daha yüksek bulunmuş, istatistiki olarak tuzsuz koşullardaki ilave bakteri uygulaması ($T_0 \text{ B}$) ile aynı gruplandırmada yer almıştır. Tuz dozunun 6 dSm^{-1} çıkması (T_2) ile M ve MB uygulamasında bitki boyu, 3 dSm^{-1} dozundaki (T_1)

kontrol uygulaması ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Bitki çapının tuz ve mikroorganizma interaksyonundan etkilenme durumu değerlendirildiğinde, 3 dSm^{-1} dozunda (T_1) hem tek başına M ve B hem de birlikte uygulamaları (MB) tuzsuz koşullardaki (T_0) tüm uygulamalar ile aynı istatistiki grupta yer almışlardır. T_2 (6 dSm^{-1}) dozunda ise hem M hem de MB uygulaması $T_0 \text{ K}$ uygulaması ile aynı istatistiki gruplandırmadır. Bitki boyu ve çapı açısından en başarılı uygulama MB olarak izlenmiştir. Uygulamaların orta seviyede tuzluluk koşullarında tepkisinin daha olumlu olduğu özellikle gövde çapı bakımından tuzsuz koşullardaki değerler ile aralarında fark olmadığı izlenmiştir.

Hasat dönemindeki üst aksam yaş ve kuru ağırlık değerleri incelendiğinde, tuz dozlarındaki artışla yaş ve kuru ağırlık değerleri azalmıştır. Tuz dozunun en yüksek seviyesinde (T_2) en düşük tuz dozuna göre (T_0) gövde yaş ve kuru ağırlığı sırasıyla % 26.4 ve % 31.7 oranında azalmıştır. Özellikle gövde kuru ağırlığının tuz artışından daha fazla etkilendiği belirlenmiştir. Mikoriza, bakteri ve ikisinin bir arada uygulanması (MB), kontrol uygulamasına göre bitki gövde yaş ve kuru ağırlığını olumlu etkilemiştir. M, B ve MB uygulamaları gövde kuru ağırlığını kontrole göre sırasıyla % 22.6, % 12.8 ve % 32.9 oranında iyileştirmiştir. Kök yaş ve kuru ağırlığı bulgularına bakıldığında, tuz uygulaması ve doz artışına bağlı olarak kök yaş ve kuru ağırlığı istatistiki açıdan önemli derecede azalmıştır. Tüm tuz koşullarında, M, B ve MB uygulamalarında K uygulamasına göre daha yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı değerleri saptanmıştır. T_0 koşullarındaki en yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı değerleri MB uygulamasında belirlenmiş, diğer uygulamalardan istatistiki açıdan bu uygulama farklılaşmıştır. T_1 tuz dozunda (orta tuzlu), K uygulamasına göre tüm uygulamalar (M, B, MB) kök yaş ve kuru ağırlığı değerleri üzerinde olumlu etki göstermiş, kendi aralarında istatistiki fark oluşmamıştır. Yüksek tuzlu koşullara (T_2) geçildiğinde mikoriza ve bakterinin (MB) beraber kullanımının, diğer iki uygulamadan farklılaştığı saptanmıştır. Genel olarak bitki gelişimi değerlendirildiğinde; tuz artışının bitki gelişimini olumsuz etkilediği, uygulamaların bitki gelişimini olumlu etkilediği ve MB uygulamasının diğer uygulamalardan daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır. Tuzlu koşullar ile uygulamalar beraber değerlendirildiğinde ise orta seviyede tuz (T_1) koşullarında uygulamaların daha etkin olduğu, tuz seviyesinin yükselmesine paralel etkinin azaldığı, bu koşullarda MB uygulamasının bitki boyu hariç diğer tüm parametrelerde orta tuzluluk koşullarındaki kontrol uygulamasından daha yüksek değerler oluşturduğu izlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uygulamaların bitki gelişim özellikleri üzerine etkisi.
Table 2. Effect of application on plant growth parameters

Uygulamalar	Bitki Boyu(cm)	Bitki Gövde Çapı (mm)	Gövde		Kök		
			Yaş Ağırlık (g bitki ⁻¹)	Kuru Ağırlık (g bitki ⁻¹)	Yaş Ağırlık (g bitki ⁻¹)	Kuru Ağırlık (g bitki ⁻¹)	
T ₀	100.5 a	23.5 a	657.3 a	64.5 a	134.7 a	13.8 a	
T ₁	87.3 b	20.5 b	580.9 b	55.3 b	113.7 b	11.6 b	
T ₂	70.3 c	18.0 c	483.8 c	44.0 c	99.4 c	9.6 c	
LSD ₀₀₅	5.46**	1.17**	41.9**	2.77*	4.55*	1.34*	
K	76.9 b	18.7 c	514.6 c	46.6 d	106.9 d	10.3 c	
M	90.0 a	21.3 ab	595.4 ab	57.2 b	119.5 b	11.9 ab	
B	81.9 b	20.6 b	558.8 b	52.6 c	113.1 c	11.5bc	
MB	95.3 a	22.0 a	627.2 a	62.0 a	124.2 a	13.0 a	
LSD ₀₀₅	5.46**	1.17**	41.9*	2.77**	4.55*	1.34*	
T ₀	K	90.0 cd	22.0 ab	627.5 ab	59.0 cd	127.6 bc	11.6 bcde
	M	104.3 ab	23.8 a	665.4 a	65.9 ab	137.3 ab	14.4 ab
	B	95.1 bc	23.5 a	640.3 ab	61.8 bc	132.5 abc	13.9 abc
	MB	112.6 a	24.5 a	695.9 a	71.3 a	141.5 a	15.2 a
T ₁	K	80.0 e	17.9 cd	525.8 cd	48.0 ef	105.5 ef	10.8 cd
	M	90.7 cd	21.24 a	603.7 abc	58.4 cd	116.3 de	11.4 bcd
	B	83.5 de	20.93 ac	567.8 bc	53.7 de	111.7 de	11.4 bcd
	MB	94.8 bc	21.81 a	626.6 ab	61.3 bc	121.3 cd	12.9 bcd
T ₂	K	60.7g	16.04 d	390.4 e	33.0 g	87.4 g	8.5 e
	M	75.0 ef	18.86 bc	517.1 cd	47.3 ef	105.1 ef	9.9 d
	B	67.2 fg	17.44 cd	468.2 de	42.4 f	95.2 fg	9.1 e
	MB	78.5 e	19.57 bcd	559.3 bcd	53.4 de	109.8 de	10.9 cd
LSD ₀₀₅	9.55*	3.78*	92.63**	6.45*	13.24*	3.46*	

T₀: 1.5 dS m⁻¹, T₁: 3 dS m⁻¹, T₂:6 dS m⁻¹, K: Kontrol, M: mikoriza, B: bakteri, MB: mikoriza + bakteri, *:%5 seviyesinde önemlidir **:%1 seviyesinde önemlidir, ö.d.: önemli değil

Birçok çalışmada farklı bitki türlerinde tuzlu koşullarda bitki gelişimin azaldığı rapor edilmiştir (Türkmen ve ark, 2002; Kaya et al., 2007; Goreta et al., 2008; Akat ve Altunlu, 2019). Tuzlu koşullarda fotosentezdeki azalma ve solunum artışına bağlı olarak bitki gelişimindeki gerileme ve kuru madde miktarında azalma ortaya çıkmaktadır (Greenway and Munns, 1980). Üç farklı patlıcan çeşidinin 4 farklı tuz dozunda [1.2 dS m⁻¹ (kontrol), 2.0 dS m⁻¹, 4.0 dS m⁻¹ ve 8.0 dS m⁻¹] test edildiği çalışmada, yüksek tuz seviyesinde daha belirgin bir gelişme geriliği izlendiği bildirilmiştir (Bsoul et.al, 2016). Tuna ve Eroğlu (2017), 100 mM NaCl stresi koşullarında biberde yaptıkları çalışmalarında tuz uygulaması ile bitki gelişiminin sekteye uğradığını saptamışlardır. Perlit:kum (1:1) ortamında 0, 50 ve 100 mM tuzluluk koşullarında mikoriza (*G. clarum*) uygulamasının biber bitkisi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, mikoriza uygulaması tuzsuz koşullarda gelişimi artırırken, tuz artışına bağlı olarak bitki gelişimi azalmış, tuzlu koşullarda mikoriza uygulaması tuz zararının azalmasını sağlamıştır (Kaya et al., 2009). Hajiboland et al., (2010), domateste yaptıkları çalışmalarında 3 farklı tuz seviyesinde (0.63, 5 ve 10 dSm⁻¹) *G. intraradices* kullanımının bitki gelişimi üzerine etkisini

incelemişler, tuz artışına bağlı olarak gövde ve kök kuru madde miktarının azaldığını, mikoriza uygulamasının tuzlu koşullarda kuru madde korunumuna yardımcı olduğunu saptamıştır. Tuz stresinde bitki dokuları 1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) sentezlemekte bu madde etilen üretimini teşvik etmekte, artan etilen kök ve sürgün gelişimini olumsuz etkilemektedir (Trung et al., 2016). *Bacillus subtilis* üzerine yapılan çalışmalar, bakterinin ACC deaminaz ve oksin türevi maddeler ürettiğini ve inorganik fosforu çözme kabiliyetinde olduğunu bildirmiştir (Reetha et al, 2014;Wagi and Ahmet, 2019). ACC deaminaz üreten rizobakteriler tuz stresi altında etilen seviyesini düşürerek, ürettikleri IAA türevi metabolitler ile bitki gelişimini olumlu etkilerler (Safronova et al., 2006). Tuz ve kuraklık stresi koşullarında marul yetiştiriciliğinde kullanılan *Bacillus spp* bitkinin kök ve gövde gelişimini artırmıştır (Vivas et al., 2003). Karlıdağ et al. (2013), çilekte 2 farklı tuz seviyesinde (1.3 ve 3.5 dS m⁻¹) ve 5 farklı bakteri (*B. subtilis*, *B. atrophaeus*, *B. sphaericus*, *Staphylococcus kloosii*, ve *Kocuria erythromyxa*) uygulaması yaptıkları çalışmalarında, tuzun bitki gelişimini düşürdüğünü, tuzlu koşullarda bakteri kullanımının kök yaş ve kuru, gövde yaş ve kuru ağırlığını

olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Vivas et al., (2003), marul yetiştiriciliğinde *G. intraradices*, *G. mosseae* ve *Bacillus spp* birlikteliğinin büyümeyi desteklediğini bildirmiştir. Rayavarapu ve Padmavathi (2016), dolmalık biberde yaptıkları çalışmalarında üç farklı tuz seviyesinde (1.5, 7.0 ve 12.5 dSm⁻¹) *Bacillus spp* ve *G. Monosporum* uygulamasının bitki gelişimi ve antioksidatif enzim aktivitesi üzerine etkisini incelemişler, maksimum gövde uzunluğu 1.5 dS m⁻¹ uygulamasında hem bakteri hem de fungus uygulanmış bitkilerden elde edilmiş, aynı uygulama artan tuz miktarında bitki boyu, yaş ve kuru kütle değerlerinin korunmasında yardımcı olmuştur. Tuz stresi altında fesleğen yetiştiriciliğinde *B. subtilis* ve *G. irradians* tek olarak ve beraber uygulanmış, hem tuzsuz hem de tuzlu koşullarda uygulamaların bitki gelişimini olumlu etkilediği, tek başına mikoriza uygulamasının tek başına bakteri uygulamasından daha iyi sonuçlar verdiği ve en yüksek değerlerin ise mikoriza ile bakterinin beraber uygulanmasında olduğu saptanmıştır (Abdelrahman ve ark., 2011).

Fizyolojik Parametreler

Çalışmamızda fizyolojik parametreler üzerine uygulamaların etkileri Çizelge 3'de verilmiştir. Tuz stresi altında yaprak oransal su içeriği önemli ölçüde azalmıştır. Tuz uygulaması altında oransal su içeriği % 86.3'ten, % 73.22'ye azalmıştır. Mikoriza ve bakteri aşılması tek başlarına veya beraber, aşılınmayan kontrol grubuna göre yaprak su içeriğini olumlu yönde etkilemiştir. 3 dSm⁻¹ (T₁) dozunda, MB uygulaması yapılan bitkiler tuzsuz koşullardaki tüm uygulamalardaki bitkilerle aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Yüksek tuz koşullarında da MB uygulaması % 78.6 YOS değeri ile orta tuzlu koşullardaki (T₁) K (% 73.5), M (% 78.5) ve B (% 78.3) uygulamalarından daha iyi sonuç oluşturmuştur. Besin solüsyonundaki tuzluluğun artışıyla beraber düşen su potansiyeli alınan su miktarını düşürmektedir. Tuz stresi altında biberde YOS değerinin azaldığı, dışarıdan uygulanan ilave besin takviyesinin azalmayı engellediği bildirilmiştir (Kaya ve Higgs, 2003). Bitkiye ilave besin ve su takviyesi yapan mikoriza ve rizosfer bakterisi uygulamalarının YOS değerini olumlu yönde etkilemesi beklenen bir sonuçtur. Tuz stresi altında kabak (Colla et al., 2008) ve fasulyede (Aroca et al., 2007) *G. intraradices* ile aşılınmış bitkilerin kontrol bitkilerine göre daha yüksek YOS değeri verdiği bildirilmiştir. Çilekte 3.16 dS m⁻¹ EC değerindeki sulama koşullarında 5 farklı bakteri ile yürütülen bir çalışmada, tuzlu koşullarda bakteri uygulamasının YOS üzerine etkisinin olumlu olduğu, bakteri türüne bağlı olarak etkinin değişim gösterebildiği bildirilmiştir (Karlıdağ et al., 2013).

Tuz stresi altında oluşan membran zararlanması, membran içerisindeki çözünür durumdaki maddelerin

doku dışına çıkmasına ve doku elektriksel iletkenliğinin artmasına sebep olur. Çalışmamızda T₀ koşulların en düşük membran geçirgenliği değeri % 8.66 ile elde edilmiştir. Tuz dozunun artmasına paralel olarak membran geçirgenliği önce (T₁) % 9.94 ve sonra (T₂) % 11.49 çıkmıştır. Tuz dozlarında uygulamaların etkisi incelendiğinde, T₀ tuz dozunda; uygulamalar arasında farklılık gözlenmezken, T₁ seviyesinde; en düşük membran geçirgenlik değeri % 9.10 ile MB uygulamasında saptanmış, bu değer T₀ daki uygulama değerleri ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Yine benzer olarak yüksek tuz seviyesinde (T₂) en iyi membran geçirgenlik değeri % 10.61 ile MB aşılınmış bitkilerden alınan örneklerde bulunmuş, T₁ seviyesindeki kontrol uygulaması (% 11.24) bitkilerinden daha iyi sonuç vermiştir. Çilekte yapılan bir çalışmada ticari bir mikoriza karışımı [*G. intraradices* (% 21), *G. aggregatum* (% 20), *G. mosseae* (% 20)] 3 farklı tuz dozunda (0, 30, 60 mM NaCl) bitkilere aşılınmış, membran geçirgenliği tuz dozu artışı ile artmış, tüm tuz dozlarında mikoriza uygulanmış bitkilerde daha düşük membran geçirgenliği değerleri saptanmıştır (Koç et al., 2016). Tuzlu koşullar altında mısır (Marulanda et al., 2010), çilek (Karlıdağ et al., 2013) ve fasulye'de (Ahmad et al., 2012) bakteri uygulamaları, bakteri uygulanmamış duruma göre membran geçirgenlik değerini düşürmüştür.

Çalışmamızda T₀ uygulamasında prolin içeriği 0.55 µmol g⁻¹ YA olarak ölçülmüştür. Tuz uygulaması artışı ile prolin miktarı 1,02 µmol g⁻¹ YA (T₁) ve 1,28 µmol g⁻¹ YA (T₂) çıkmıştır. T₁ tuz dozunda bakteri uygulaması en yüksek prolin değerini verirken, diğer uygulamalar inokulasyon yapılmayan örnekler (K) göre daha az prolin oluşturmuşlardır. T₂ tuz dozunda, MB ve M uygulaması T₁ dozundaki K ile aynı istatistiksel grupta yer almış, bakteri uygulaması ise gene en yüksek değeri vermiştir. Prolin birikmesi, çevresel strese uyum sağlamanın doğal yollarından biridir, artan prolin miktarı bitkinin şiddetli stres altında olduğunu göstermektedir (Ahmad ve Jhon, 2005). Prolin bir enzim koruyucu olarak işlevsel olabilir ve böylece makro moleküllerin yapısını tuzlu koşullarda stabilize eder (Mahajan and Tuteja, 2005). Tuzlu koşullarda membranların ve proteinlerin yapısının korunmasına ve Ca⁺² birikiminde artışa sebep olan yüksek prolin seviyeleri, bitkide yüksek su potansiyelinin korunmasını sağlar (Mohamed and Gomaa, 2012). Çalışmamızın tuzlu koşullarında mikoriza uygulanan bitkilerde uygulanmayanlara göre prolin konsantrasyonu daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç biberde (Kaya et al, 2009; Latef and Chaoxing, 2014; Altunlu, 2019), kabakta (Colla et al, 2008) mısırdaki (Sheng et al, 2011), çenem otunda (Evelin, and Kapoor, 2013) elde edilen sonuçlar ile uyum içerisindedir. Araştırmacılar mikoriza uygulanan bitkilerde daha az prolin birikiminin, bu bitkilerin stresi daha hafif hissetmesine bağlı olduğunu, mikoriza varlığı sebebiyle artan diğer organik çözünür maddelerin (çözünür şeker,

çözünür protein ve serbest aminoasit) birikiminin bu sonucu oluşturduğunu bildirmişlerdir. *Bacillus subtilis*'in, yüksek tuzlu ortamlarla karşılaştığında, stres koruyucu olarak büyük miktarlarda prolin biriktirdiği bilinmektedir (Brill et al, 2011). Sonuçlarımızda tuz stresi altında sadece *Bacillus subtilis* uygulaması yapılan bitkilerde uygulanmayan bitkilere göre daha yüksek oranlarda prolin birikimi izlenmiştir. Yüksek tuzluluk seviyesinde (T_2), mikoriza ve rizosfer bakterisi uygulamasında (MB) en düşük prolin birikimi $0.91 \mu\text{mol.g}^{-1}$ YA saptanmıştır. Koç et al.,(2016), çalışmalarında 9 farklı *Glomus* türü ve 2 farklı rizosfer bakterisi (*Bacillus cereus* RCP 3/1 + *Rhizobium radiobacter* RCR 11/2) içeren 2 ticari preparatın etkisini tuzlu koşullarda çilekte karşılaştırmışlar, hiçbir uygulama yapılmayan kontrole göre mikoriza uygulaması prolin miktarını azaltırken, rizosfer bakterileri prolin birikimini artırmış, her iki uygulama beraber yapıldığında ise en düşük prolin seviyesi izlenmiştir. Tatlı biberde 3 farklı tuz seviyesinde (0, 25, 50 mM NaCl) tuz stresinin azaltılması için mikoriza (*Glomus irradicans*), Rizosfer bakterisi (*Bacillus megaterium*) ve epi-brassinosteroid (24-EBL, $C_{28}H_{48}O_6$) kullanılan çalışmada, tuz stresine bağlı olarak tüm uygulamalarda prolin birikiminin arttığı, rizosfer bakterisi uygulamasının uygulanmayan bitkilere göre daha fazla artış sağladığı bildirilmiştir (Hegazi et al, 2017).

Çizelge 3'de klorofil içeriğinin tuz dozları ve mikroorganizma uygulamalarından etkilendiğini saptanmıştır. Yüksek tuz dozunda (T_2) kontrol (T_0) uygulamasına göre bitkilerdeki klorofil içeriğini % 26.3 oranında düşmüştür. Tuzluluğun olumsuz etkilerine karşı uygulamalar tuzun fotosentetik pigmentler üzerine olumsuz etkisini azaltmıştır. Özellikle yüksek tuzluluk (T_2) dozunda, mikoriza ve rizosfer bakterisinin beraber uygulanması (MB) kontrol bitkilerine göre klorofil korunumunu yükseltmiş, bu uygulamayı sadece mikoriza (M) ve sadece rizosfer bakterisi (B) uygulamaları takip etmiştir. Tuz stresinde klorofil içeriğinin azalması, membran yapılarının bozulması ve klorofil biosentezi için gerekli yeterli besin maddesinin alınamaması ile alakalıdır (Sheng ve ark., 2008). Tuz stresi koşullarında klorofil azalması, Na iyonun antogonistik etki ile Mg alınımını azaltmasına bağlanabilir. Mikorizalar tuzlu koşullarda bitkilerin klorofil sentezini artırabilen Mg iyonunun alınımını artırır (Giri ve Mukerji 2004). Tuz stresi altındaki birçok çalışmada mikoriza (Colla et al., 2008; Kaya et al., 2009), rizosfer bakterisi (Karlıdağ et al., 2013) ve mikoriza + rizosfer bakterisi beraber (Badizi et al., 2016; Koç et al., 2016) klorofil içeriğinin korunumuna yardımcı olmuşlardır.

Çizelge 3. Uygulamaların bazı fizyolojik özellikler üzerine etkisi.
Table 3. Effect of applications on some physiological parameters.

Uygulamalar	Fizyolojik Parametreler				
	YOS (%)	MG (%)	Prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}$ YA)	Toplam Klorofil (mg g^{-1} YA)	
T_0	86.3 a	8.66 c	0.55 c	12.7 a	
T_1	78.6 b	9.94 b	1.02 b	11.2 b	
T_2	73.2 c	11.49 a	1.28 a	9.4 c	
LSD₀₀₅	2.85**	0.41**	0.107**	0.30**	
K	76.1c	10.95 a	1.00 b	10.7c	
M	79.9 b	9.72b	0.79 c	11.2 ab	
B	77.8 bc	9.96 b	1.22 a	11.1 b	
MB	83.6 a	9.49 c	0.77 c	11.5 a	
LSD₀₀₅	2.85**	0.41**	0.107**	0.30**	
T_0	K	87.5 a	8.75 g	0.59 d	12,6 a
	M	86.2 a	8.55 g	0.52 d	12,8 a
	B	83.3 ab	8.56 g	0.54 d	12,6 a
	MB	88.1 a	8.77 g	0.53 d	12,8 a
T_1	K	73.5 cd	11.24 bc	0.97 c	10,6 cd
	M	78.5 bc	9.55 ef	0.86 c	11,3 bc
	B	78.3 bc	9.87 de	1.34 b	11,6 b
	MB	84.2 a	9.10 fg	0.86 c	11,6 b
T_2	K	67.2 e	12.86 a	1.43 b	8,8 f
	M	75.1 cd	11.05 bc	0.99 c	9,5 ef
	B	71.9 de	11.44 b	1.78 a	9.2 ef
	MB	78.6 bc	10.61 cd	0.91 c	10.0 de
LSD₀₀₅	5.24*	0.76**	0.241**	0.72**	

T_0 : 1.5 dS m⁻¹, T_1 : 3 dS m⁻¹, T_2 : 6 dS m⁻¹, K: Kontrol, M: mikoriza, B: bakteri, MB: mikoriza + bakteri, *: %5 seviyesinde önemlidir **: %1 seviyesinde önemlidir, ö.d.: önemli değil

SONUÇ

Tuzluluk global bir sorun olarak üretimi kısıtlayan önemli bir faktördür. Özellikle sahil bölgelerinde sulama suyu tuzluluğu yetiştiricilikte temel problemdir. Çalışmamızda tuzluluk artışına paralel olarak bitki gelişiminin azaldığı ve fizyolojik olayların olumsuz yönde etkilendiği saptanmıştır. Besin maddesi ve su alınımının

devamlılığını sağlayan, klorofil içeriğini koruyan mikoriza ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin tuz stresi koşullarında stresi azalttığıda belirlenmiştir. Sonuçlarımız ışığında, tuz stresi altındaki biber bitkilerinde dikim sırasında *Glomus intraradices* ve *Bacillus subtilis*'in beraber kullanımının tuzun zararlı etkilerini azaltmada biyogübre olarak uygulanabilirliğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Abdel-Rahman, S.S., A.A. Abdel-Kader and S.E. Khalil, 2011. Response of three sweet basil cultivars to inoculation with *Bacillus subtilis* and arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress conditions. *Nat. Sci.* 9(6): 93-111.
- Abdulhadi, S.A.A., 2017. Tuzlu toprak koşullarında çerezlik kabakta arbusküller mikoriza fungi uygulamalarının fide gelişmesine etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 205 s
- Ahmad, M., Z.A. Zahir, H.N. Asghar and M. Arshad, 2012. The combined application of rhizobial strains and plant growth promoting rhizobacteria improves growth and productivity of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salt-stressed conditions. *Annals of microbiology.* 62(3): 1321-1330.
- Ahmad, P. and R. Jhon, 2005. Effect of salt stress on growth and biochemical parameters of *Pisum sativum* L. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 51: 665-672.
- Akat, H. and H. Altunlu. 2019. The Effects of Sewage Sludge Applications on Growth, Yield and Flower Quality of *Limonium sinuatum* (Statice) under Salinity Conditions. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 56 (1):111-120 . DOI: 10.20289/zfdergi.423273
- Akat, H. and 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 Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 51(1): 59-68, ISSN: 1008-8851. DOI: 10.20289/zfdergi.423273.
- Akat, H. 2020. Effects of mycorrhizal inoculation on growth and some quality parameters of *Matthiola incana* (L.) cultivation under salt stress. *Journal of Environmental Biology, Special Issue, Vol: 41(2), 375-381.* e-ISSN: 2394-0379/p-ISSN: 0254-8704. DOI: [https://doi.org/10.22438/jeb/41/2\(SI\)/JEB-14](https://doi.org/10.22438/jeb/41/2(SI)/JEB-14).
- Aksoy, U., S. Hepaksoy, H.Z. Can, D. Anaç, B. Okur, C.C. Kılıç, S. Anaç, M.A. Ul ve Y. Kukul. 1998. Akdeniz havzasında çölleşme ve tuzlanma problemine karşı yeni tekniklerin geliştirilmesi, Bitkilerde Stres Fizyolojisinin Moleküller Temelleri Sempozyumu Bildirileri. 126-137, İzmir.
- Altunlu, H. 2019. Tuzlu Koşullarda Mikoriza Uygulamasının Kapyta Biberde (*Capsicum Annuum* L.) Fide Gelişimi ve Antioksidant Enzimler Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 56(2), 139-146.
- Amjad, M., J. Akhtar, M. Anwar-ul-Haq, M.A. Riaz, Z.A. Saqib, B. Murtaza and M.A. Naem. 2016. Effectiveness of potassium in mitigating the salt-induced oxidative stress in contrasting tomato genotypes. *Journal of Plant Nutrition.* 39(13): 1926-1935.
- Arcak, S. ve N. Güder. 2004. Biyolojik Gübrelemenin Sürdürülebilir Ekosistemdeki Önemi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim, 837-844, Tokat.
- Aroca, R., R. Porcel and J.M. Ruiz-Lozano. 2007. How does arbuscular mycorrhizal symbiosis regulate root hydraulic properties and plasma membrane aquaporins in *Phaseolus vulgaris* under drought, cold or salinity stresses? *New Phytologist.* 173(4): 808-816.
- Aroca, R., R. Porcel and J.M. Ruiz-Lozano. 2011. Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. *Journal of experimental botany.* 63(1): 43-57.
- Asri, F.Ö. ve S. Sönmez. 2009. Antalya Yöresinde Topraksız Kültür Sistemiyle Yetiştirilen Domates Bitkilerinin Beslenme Durumunun ve Sulama Suyu Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences.* 22(2): 191-200.
- Ayrancı, Y. 2006. Muğla-Ortaca yöresi sera sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi.* 20(39): 32- 36.
- Badizi, B. M. and M.M. Zarandi. 2016. Some Physiological and Growth Parameters of *Pistachio vera* L. under coinoculation with endomycorrhizae and *Bacillus subtilis* in response to salinity. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.(Spl. Issue 1):* 70-77.
- Balliu, A., G. Sallaku and B. Rewald. 2015. AMF inoculation enhances growth and improves the nutrient uptake rates of transplanted, salt-stressed tomato seedlings. *Sustainability.* 7(12): 15967-15981.
- Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil.* 39(1): 205-207.
- Bochow, H., S.F. El-Sayed, H. Junge, A. Stavropoulou and G. Schmiedeknecht. 2001. Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. IV. Salt-stress tolerance induction by *Bacillus subtilis* FZB24 seed treatment in tropical vegetable field crops, and its mode of action. *Journal of Plant Diseases and Protection.* 21-30.
- Brill, J., T. Hoffmann, M. Bleisteiner and E. Bremer. 2011. Osmotically controlled synthesis of the compatible solute proline is critical for cellular defense of *Bacillus subtilis* against high osmolarity. *Journal of bacteriology.* 193(19):5335-5346.
- Bsoul, E.Y., S. Jaradat, S. Al-Kofahi, A.A. Al-Hammouri and R. Alkhatib. 2016. Growth, Water Relation and Physiological Responses of Three Eggplant Cultivars under Different Salinity Levels. *Jordan Journal of Biological Sciences.* 9(2).
- Cantrell, I.C. and R.G. Linderman. 2001. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *Plant Soil.* 233:269-281.
- Chartzoulakis, K. and G. Klapaki. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae.* 86: 247- 260.
- Chinnusamy, V., A. Jagendorf and J.K. Zhu. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.* 45: 437-448.
- Colla, G., Y. Roupael, C. Leonardi and Z. Bie. 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae,* 127(2): 147-155.

- Colla, G., Y. Roupael, M. Cardarelli, M. Tullio, C. M. Rivera and E. Rea. 2008. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. *Biology and Fertility of Soils*. 44(3): 501-509.
- Dişli, Y. 1997. Antalya İli Kale (Derme) İlçesi Yer altı Sulama Suyu Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üni. Fen Bilimleri Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya.
- El-Katatny, M.H. and M.M. Idres. 2014. Effects of single and combined inoculations with *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* on seedling growth or yield parameters of wheat (*Triticum vulgare* L., Giza 168) and corn (*Zea mays* L., hybrid 310). *Journal of plant nutrition*. 37(12): 1913-1936.
- Erzurumlu, G.S. and E.E. Kara. 2014. Mikoriza Konusunda Türkiye’de Yapılan Çalışmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 7(2): 55-65.
- Evelin, H. and R. Kapoor. 2013. Arbuscular mycorrhizal symbiosis modulates antioxidant response in salt stressed *Trigonella foenum – graecum* plants. *Mycorrhiza*. 24 :197 – 208.
- Evelin, H., R. Kapoor and B. Giri. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany*. 104(7): 1263-1280.
- Fernandez-García, N., V. Martínez and M. Carvajal. 2004. Effect of salinity on growth mineral composition and water relations of grafted tomato plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 616-622.
- Giri, B. and K.G. Mukerji. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*. 14:307–312.
- Goreta, S., V. Bucevic-Popovic, G. V. Selak, M. Pavela-Vrancic and S. Perica. 2008. Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. *The Journal of Agricultural Science*. 146(6): 695-704.
- Greenway, H. and S.R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Annals Review of Plant Physiology*. 31:149-159.
- Hajbagheri S and S. Enteshari. 2011. Effects of mycorrhizal fungi on photosynthetic pigments, root mycorrhizal colonization and morphological characteristics of salt stressed *Ocimum basilicum* L. *Iran J Plant Physiol*. 1(4):215–222.
- Hajiboland, R., N. Aliasgharzadeh, S. F. Laiegh and C. Poschenrieder. 2010. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. *Plant and Soil*. 331(1-2):313-327.
- Hasegawa, P.M., R. A. Bressan, J.K. Zhu and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 51:463–499.
- Hegazi, A.M., A.M. El-Shraiy and A.A. Ghoname. 2017. Mitigation of salt stress negative effects on sweet pepper using arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), *Bacillus megaterium* and brassinosteroids (BRs). *Gesunde Pflanzen*. 69(2): 91-102.
- Huang, Y., Z. Bie, S. He, B. Hua, A. Zhen and Z. Liu. 2010. Improving cucumber tolerance to major nutrient induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia*. *Environmental and Experimental Botany*. 69:32-38.
- Karlidağ, H., E. Yildirim, M. Turan, M. Pehlivan and F. Donmez. 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria mitigate deleterious effects of salt stress on strawberry plants (*Fragaria × ananassa*). *Hortscience*. 48(5): 563-567.
- Kaya, C. and D. Higgs. 2003. Supplementary KNO_3 Improves Salt Tolerance in Bell Pepper Plants. *J. of Plant Nutr.* 26(7):1367–1382.
- Kaya, C., A.L.Tuna, M. Ashraf And H. Altunlu. 2007. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. *Environmental and Experimental Botany*. 60(3): 397-403.
- Kaya, C., M. Ashraf, O. Sonmez, 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. *Sci. Hortic.* 121:1–6.
- Koç, A., G. Balci, Y. Erturk, H. Keles, N. Bakoglu and S. Ercisli. 2016. Influence of arbuscular mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria on proline, membrane permeability and growth of strawberry (*Fragaria x ananassa*) under salt stress. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 89.
- Latef, A. A. H. A. and H. Chaoping. 2014. Does inoculation with *Glomus mosseae* improve salt tolerance in pepper plants?. *Journal of Plant Growth Regulation*. 33(3): 644-653.
- Li, C., P. Wang, Z. Wei, D. Liang, C. Liu, L. Yin and F. Ma. 2012. The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus hupehensis*. *Journal of pineal research*, 53(3):298-306.
- 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.
- Madhava, R.K.V. and T.V.S. Sresty. 2000. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. *Plant Sci*. 157:113-128.
- Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. – *Arch. Biochem. Bioph.* 444:139-158.
- Marulanda, A., R. Azcón, F. Chaumont, J.M. Ruiz-Lozano and R. Aroca. 2010. Regulation of plasma membrane aquaporins by inoculation with a *Bacillus megaterium* strain in maize (*Zea mays* L.) plants under unstressed and salt-stressed conditions. *Planta*. 232(2): 533-543.
- Mayak, S, T. Tirosh and B.R. Glick. 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance in tomato plant to salt stress. *Plant Physiol Biochem.* 142:565–572.
- Misra, M., U. Kumar, P.K. Misra and V. Prakash. 2010. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. growth and germination under salinity. *Advances in Biological Research*. 4(2):92-96.
- Mohamed, H. I., and E.Z. Gomaa. 2012. Effect of plant growth promoting *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* on growth and pigment composition of radish plants (*Raphanus sativus*) under NaCl stress. *Photosynthetica*. 50(2):263-272.
- Mohammad, A. and B. Mittra. 2013. Effects of inoculation with stress-adapted arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus deserticola* on growth of *Solanum melongena* L. and *Sorghum sudanese* Staph. seedlings under salinity and heavy metal stress conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 59(2):173-183.
- Rayavarapu, V. B. and T. Padmavathi. 2016. Effect of *Bacillus* sp and *Glomus monosporum* on growth and antioxidant activity of bell pepper (*Capsicum annuum*) under salinity stress. *Journal of Global Agriculture and Ecology*. 6(1): 57-67.
- Reetha, S., G. Bhuvaneshwari, P. Thamizhiniyan and T.R. Mycin. 2014. Isolation of indole acetic acid (IAA) producing rhizobacteria of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*

- and enhance growth of onion (*Allium cepa* L). *Int. J. Curr. Microbiol Appl. Sci.* 3(2):568-574.
- Safronova, V.I., V.V. Stepanok, G.L. Engqvist, Y.V. Alekseyev and A.A. Belimov. 2006. Root-associated bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase improve growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in cadmium supplemented soil, *Biology and Fertility of Soils*. 42(3): 267-272.
- Sevgican, A. 2002. Örtüaltı Yetiştiriciliği- Topraksız Tarım. Cilt II, Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Sharma, N., A. Aggarwal and K. Yadav. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance growth, physiological parameters and yield of salt stressed *Phaseolus mungo* (L.) Hepper. *European Journal of Environmental Sciences*, 7(1):22-27.
- Sheng M, M. Tang, H. Chan, B. Yang, F. Zhang and Y. Huang. 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*. 18:287–296.
- Sheng, M., M. Tang, F. Zhang and Y. Huang. 2011. Influence of arbuscular mycorrhiza on organic solutes in maize leaves under salt stress. *Mycorrhiza*. 21:423–430.
- Smart, R. E. and G. E. Bingham. 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant physiology*. 53(2): 258-260.
- Smith S.E. and D. J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis* 1997 San Diego, CA Academic press.
- Sönmez, İ. ve M. Kaplan., 2004. Demre yöresi seralarında toprak ve sulama sularının tuz içeriğinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 17(2):155–160.
- Strain, H.H. and W.A. Svec. 1966. Extraction, Separation, Estimation and Isolation of Chlorophylls. In *The Chlorophylls*, Vernon, L.P ; Seely, G.R. Acad. Press, N.Y. 21-66.
- Trung, N.T., H.V. Hieu and N.H. Thuan. 2016. Screening of Strong 1- Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase Producing Bacteria for Improving the Salinity Tolerance of Cowpea, *Applied Microbiology*: open access, 2016.
- Turhan, A, H. Kuşçu, N. Özmen, ve A. O. Demir. 2014. Kırmızı biberde (*Capsicum annum* cv. kapija) verim ve kalite parametreleri ile sulama suyu tuzluluk düzeyleri arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.* 29(3):186-193.
- Türkmen, Ö., S. Şensoy, İ. Erdal ve T. Kabay. 2002. Kalsiyum uygulamalarının tuzlu fide yetiştirme ortamlarında domateste çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 12(2):53-57.
- Vivas, A., A. Marulanda, J.M. Ruiz-Lozano, J.M. Barea and R. Azcón. 2003. Influence of *Bacillus* spp on physiological activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and plant responses to PEG-induced drought stress . *Mycorrhiza*. 13:249-256.
- Wagi, S., and A. Ahmed. 2019. *Bacillus* spp.: potent microfactories of bacterial IAA. *Peer J*. 7:7258-7262.
- Woitke, M., H. Junge and W.H. Schnitzler. 2004. *Bacillus subtilis* as growth promotor in hydroponically grown tomatoes under saline conditions. In VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition 659: 363-369.
- Yıldırım, E. And I. Güvenç. 2006. Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turk J. Agric. For.* 30:347-353.
- Yıldırım, E., M. Turan and I. Güvenç. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of plant nutrition*. 31(3):593-612.
- Yıldız, M., H. Terzi, S. Cenkçi, E.S.A. Terzi ve B. Uruşak. 2010. Bitkilerde tuzluluğa toleransın fizyolojik ve biyokimyasal markörleri. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi - C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 1(1):1-33.
- Yılmaz, E., A.L. Tuna and B. Bürün. 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 7(1):47-66.
- Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. *Plant Soil Environ*. 53:283–289.