

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2019, 56 (2):139-146
DOI: [10.20289/zfdergi.426553](https://doi.org/10.20289/zfdergi.426553)

Hakan ALTUNLU^{1*}

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek
Yüksekokulu, 48600, Muğla

¹Orcid No: 0000-0001-6219-577X

sorumlu yazar: haltunlu@gmail.com

Tuzlu Koşullarda Mikoriza Uygulamasının Kapyta Biberde (*Capsicum Annuum L.*) Fide Gelişimi ve Antioksidant Enzimler Üzerine Etkisi

The Effects of Mycorrhiza Application on Growth and Antioxidative Enzymes of Capia Type Pepper (*Capsicum Annuum L.*) Seedling Under Salty Conditions

Alınış (Received): 23.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, tuzlu koşullar altında mikoriza (*Glomus fasciculatum*) uygulamasının kapyta tipi biber (*Capsicum annuum L.* cv Aydemir F1) fidelerinde bitki gelişimi, bazı fizyolojik özellikler (yaprak oransal su içeriği, membran geçirgenliği, prolin, klorofil ve karotenoid içeriği) ve yapraklardaki antioksidatif enzim aktiviteleri (superoksit dismutaz-SOD, katalaz-CAT, peroksidaz-POX) üzerine etkisini belirlemek amacıyla iklim kabininde yürütülmüştür.

Materyal ve Metot: Denemede fideler 1.0 litrelik toprak doldurulmuş saksılara dikilmiş, fide şaşırtması ile beraber mikoriza uygulaması yapılmış ve fidelere dikimden 10 gün sonra 50 mM NaCl uygulanmıştır. NaCl uygulamasından 40 gün sonra köklerdeki mikoriza kolonizasyon oranı, bitki gelişimi, bazı fizyolojik özellikler ve yapraklardaki antioksidatif enzim aktiviteleri incelenmiştir.

Bulgular: 50 mM tuz seviyesi kontrol uygulamasına göre incelenen tüm parametreleri olumsuz etkilemiştir. Tuz uygulanan parsellerde, mikoriza uygulaması bitki gelişimini, yaprak oransal su içeriğini, fotosentetik pigment korunumunu artırmış, prolin miktarını azatmıştır. Tuz ve mikoriza uygulanan bitkilerde antioksidatif enzim aktivitesi sadece tuz uygulanan bitkilerle karşılaştırıldığında azalmıştır. Bu etkiler sakı başına 2 g mikoriza dozunda (TM2) sakı başına 1 g dozuna (TM1) göre daha belirgindir.

Sonuç: Orta tuzlu koşullar altında kapyta tipi biber yetiştiriciliğinde *Glomus fasciculatum* cinsi mikoriza uygulaması tuz zararının etkilerini hafifletmede iyi bir alternatif olabilir.

ABSTRACT

Objective: This study conducted to determine the effects of mycorrhiza (*Glomus fasciculatum*) application on plant growth, some physiological parameters (relative water content, membrane permeability, content of proline, chlorophyll and carotenoid) and leaves within antioxidative enzyme activities (Superoxid dismutase-SOD, catalase-CAT, peroxidase-POX) of the kapyta type pepper (*Capsicum annuum L.* cv Aydemir F1) seedling under salty conditions in climate cabinet.

Material and Methods: In experiment, seedlings were planted to the soil in 1.0 lt pots, mycorrhiza was applied together with seedling planting and 50 mM NaCl was applied to pepper at 10 day after planting. After 40 days of NaCl application, mycorrhizal colonization rate of plant roots plant growth, some physiological parameters and leaves within antioxidative enzyme activities were determined.

Results: 50 mM salt level negatively affected all measured parameters compared control. In salt applied parcels, mycorrhiza application increased plant growth, leaf relative water content, protection of photosynthetic pigment, decreased proline amount. Antioxidant enzymes activities decreased in the salt and mycorrhiza-treated plants very effectively compared to salt plants. The all effects was clearer in 2g Mycorrhiza application of pot (TM2) than 1 g Mycorrhiza of pot (TM1) in salt parcels.

Conclusion: The application of *glomus fasciculatum* mycorrhiza in capia-type pepper cultivation under moderate salt conditions may be a good alternative to reduce the effects of salt.

Anahtar Sözcükler:

Mikoriza, *capsicum annuum*, tuz stresi, antioksidant enzimler

Keywords:

Mycorrhiza, *capsicum annuum*, salt stres, antioxidative enzymes.

GİRİŞ

Bitkiler yaşamları sırasında çevresel etkenlerden kaynaklanan birçok olumsuzluk ile karşılaşılır. Bu olumsuz koşullar bazen bitkide gelişmeyi yavaşlatır ve hatta bitkinin yaşamını sonlandırabilir. Tuzluluk bir abiyotik stres tipi olarak bitki yaşamını, verimini olumsuz etkileyen global bir sorundur. Dünya üzerinde özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgeleri başta olmak üzere tuzluluk en önemli sorunlardan biridir ve tarımsal üretimde milyarlarca dolarlık kayıplara sebep olmaktadır (Shabala and Cuin, 2008). Tuzluluk dünyadaki toplam arazinin %7 sini, tarım arazilerinin %20'si tehdit etmekte olup, önümüzdeki 20 yılda dünya genelinde bu alanın %50 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir (Flowers and Yeo, 1995; Hasanuzzaman et al., 2013). Yeraltı tuz kayaları, yetersiz yağışlar, yüksek buharlaşma, tuzlu yer altı sularının tarımda kullanımı, yanlış sulama, yanlış gübre uygulamaları ve yetersiz drenaj tarım topraklarında tuzluluğun artmasının en önemli sebepleridir. Çözünebilir tuzlar, bitki tarafından kolaylıkla alınarak bitkide birikir, belirli bir yoğunluğa ulaştıca membran kararlılığını olumsuz etkiler metabolizmayı ve klorofil gibi organelleri bozar, K^+ , Ca^{+2} , Mn^{+2} ve NO_3^- gibi besin maddelerinin alınımını azaltır (Ashraf and Bhatti, 2000; Hasegawa et al., 2000). Ayrıca toprakta tuz konsantrasyonunun aşırı artması yüksek osmotik basınç nedeniyle bitkinin su alımını olumsuz etkiler (Yıldız ve ark., 2010). Bitkilerde yaprak oransal su içeriğinin azalmasına bağlı olarak kapanan stomalar sebebi ile CO_2 alınımı düşer, bu durum hem fotosentez oranını düşürürken, serbest radikallerin [süperoksit molekülü (O_2^-), singlet oksijen (O), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikallerini (OH)] oluşumunu artırır (Tambussi et al., 2000). Artan serbest radikaller lipid peroksidasyonuna ve membranların zarar görmesine, Calvin döngüsünde bazı enzimlerin inaktivasyonuna neden olur (Kalefetoğlu ve Ekmekci, 2005). Tüm bu etkilerin sonucu olarak bitkide gelişim ve büyüme geriler, verim düşer, çok yüksek konsantrasyonlarda bazen bitki ölür. Su alınımını artırıcı önlemler (Sheng et al., 2008; Aroca et al., 2011), besin dengesini düzeltecek dışarıdan Ca ve K uygulamaları (Kaya and Tuna, 2005; Tuna et al., 2007; Yılmaz ve ark., 2011; Amjad et al., 2016), Na ve Cl'ün üst aksama taşınımını engelleyen uygulamalar (Al-Karaki, 2000; Estañ et al., 2004), antioksidant enzim aktivitesini artırıcı uygulamalar (Zhu, et al., 2004; Al-aghaby et al., 2005) bitkinin tuza dayanımını artırır.

Bitkiler doğal yaşamlarında birçok mikroorganizma ile iletişim halindedir ve bazıları ile simbiyotik yaşam sürerler. Arbusküler mikoriza mantarları (AMF) karasal bitki türlerinin %80'den fazlası ile simbiyotik ilişki kurabilirler (Smith and Read, 1997). Mikorizalar tuzluluğun yarattığı olumsuzlukları azaltmak için iyi bir alternatiflerdir (Evelin et al., 2009). Domates (Al-Karaki, 2006; Basak et al., 2011; Balliu et al., 2015), Patlıcan (Mohammad and Mittra, 2013), Kabak (Colla et al., 2008; Abdulhadi, 2017) ve Fasulye (Sharma et al., 2017) gibi birçok türde tuzlu koşullarda mikoriza uygulamalarının faydaları bildirilmiştir. AMF kök hidrolik iletkenliğini ve köklerdeki osmotik dengelyi olumlu yönde etkileyen karbonhidrat birikimini artırarak su alınımını tuzlu koşullarda bile devam ettirir (Al-Karaki and Clark 1998; Ruiz-Lozano, 2003). İlaveten

P, Fe, Cu ve Zn gibi hareket kabiliyeti düşük olan bitki besin elementlerinin alınımının artmasına (Ruiz-Lozano et al. 1996; Al-Karaki, 2000) ve Na alınımının azalmasına sebep olurlar (Al-Karaki, 2006).

Biber tuzluluğa orta derecede hassas bir tür olup, eşik EC değeri $1.5 dS m^{-1}$ tir, EC değerinin $5.1 dS m^{-1}$ üzerine çıkması verimi %50 oranında azaltır (Chinnusamy et al., 2005). Chartzoulakis and Klapaki, (2000) yaptıkları çalışmalarında tuz konsantrasyonunun $1.8 dS m^{-1}$ üzerine çıkması ile bitki gelişiminde ve verimde düşüşün başladığını bildirmişlerdir. Kapya tipi biberde yapılan başka bir çalışmada, tuzlulaştırılmış [EC: 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 ve $7.5 dS m^{-1}$] sular kullanılmış, $3.0 dS m^{-1}$ üzerinde sulama suyu tuzluluklarında verimin önemli ölçüde düştüğü bildirilmiştir (Turhan ve ark., 2014). Çekiç ve ark., (2012) yaptıkları çalışmalarında *Glomus mosseae* ve *G. intraradices* mikoriza türlerinin tuz stresi altındaki biber bitkisinde (*Capsicum annum L. cv. Cumaovası*) yaprak oransal su içeriği (RWC), klorofil ve karotenoid içeriğine etkisini incelemişler ve mikoriza uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığını rapor etmişlerdir. 11B14 biber çeşidinde yapılan bir çalışmada 50 ve 100 mM NaCl uygulanmış bitkilere *G. intraradices* uygulanmış, mikoriza kolonizasyonu tuzlu koşullarda yapraklardaki N, P ve K miktarını artırmıştır (Kaya et al., 2009).

Çalışmamızda, günümüzde önemli bir sorun olan tuzluluğa karşı, tuz stresinden etkilenme potansiyeli yüksek olan kapya tipi biberde biyolojik gübre olarak kullanılan mikorizanın (*Glomus fasciculatum*) fide gelişiminde etkinliği ve bazı fizyolojik parametreler ile antioksidant enzimlerin etkinliğine etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu laboratuvarındaki iklim odasında $18-22 \pm 0.5$ °C gece, gündüz sıcaklık, 16 saat 10.000 lux aydınlatma ve %60 nisbi nem koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Araştırmada 1.0 litrelik ölçüleri (en, boy, yükseklik) $11 \times 11 \times 12$ cm PE siyah saksılar, çizelge 1'de bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiş 0.9 kg toprak materyali ile doldurulmuş, her bir saksıya 5 gram 20:20:20 (NPK içeren suda çözünebilir gübre) ilave edilmiştir. Çalışma toprağı 120 °C'de 2 saat süre ile 1 atm basınç altında, diğer mikroorganizmalar ve mikorizaların eliminasyonu için otoklavlanmıştır. PE saksılar musluk suyu ile yıkanmış ve %96'lık etanol ile sterilize edilmiştir. Bitkisel materyal olarak Aydemir F1 Kapya Biber (*Capsicum annum L.*) çeşidi (Yüksel Tohum, Antalya) kullanılmıştır. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünden elde edilen *Glomus fasciculatum* [1×10^3 IP (infective propagule) g^{-1}] (Gerdemann & Nicolson, 1963) aşağıdaki deneme desenine göre, çalışma 6 uygulama ve 4 tekerrürlü, her tekerrürde 4 saksı olmak üzere toplam 96 adet saksıda yürütülmüştür. (1) Kontrol (K), (2) Kontrol + Mikoriza 1 g Saksı⁻¹(KM1), (3) Kontrol +Mikoriza 2 g Saksı⁻¹ (KM2), (4) 50 mM NaCl (T), (5) 50 mM NaCl + Mikoriza 1 g Saksı⁻¹(TM1), (6) 50 mM NaCl + Mikoriza 2 g Saksı⁻¹(TM2).

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	-	Tınlı-Kum
pH	-	7.10
Toplam tuz	%	0.07
Organik Madde	%	1.65
Kireç (CaCO ₃)	%	4.40
Toplam N	%	0.175
Alınabilir P	ppm	64.1
Alınabilir K	ppm	1641.7
Alınabilir Ca	ppm	956.5
Alınabilir Mg	ppm	33.0
Alınabilir Fe	ppm	9.25
Alınabilir Zn	ppm	1.72
Alınabilir Mn	ppm	5.70
Alınabilir Cu	ppm	0.44

Hazır fide firmasından (Yaşa Fide, Kumluca) temin edilen biber fideleri dikilirken mikoriza dikim çukurlarına uygulanmıştır. İlk tuz uygulamasına dikimden 10 gün sonra başlanmıştır. Kontrol grubuna çeşme suyu (EC 0.27 dS m⁻¹), tuz uygulamalarına çeşme suyuna 50 mM tuz seviyesini sağlayacak şekilde NaCl ilave edilerek saksılara verilen suyun %20'si drenaj oluncaya kadar 3 günde bir sulama yapılmıştır.

İlk uygulamadan 40 gün sonra çalışma sonlandırılmıştır. Enzim analizleri için yaprak örnekleri alınıp -22 °C'de analizlere kadar depolanmıştır. Fidelerin boyu (cm) ve gövde çapı (mm) olarak ölçülmüştür. Kök ve üst aksam olarak ayrılan bitkilerin üst aksamlarının ve köklerinin yaş ağırlıkları tartılarak belirlenmiş, kese kâğıtları kullanılarak 65 °C de 72 saat süre ile kurutulmuşlardır. Kurutma işleminden sonra, kuru ağırlıklar tartılarak belirlenmiştir. Her uygulamadan 2 bitki olmak üzere, bitki kökleri saksılardan dikkatlice çıkarılıp, su ile yıkanıp, hava kurusu yapıldıktan sonra, köklerdeki mikoriza kolonizasyon oranı boyama yapılmaksızın grid line intersection metodu (McGonigle et al., 1990) kullanılarak yüzde mikoriza kolonizasyon oranı aşağıdaki eşitliğe göre belirlenmiştir.

Mikoriza kolonizasyon oranı(%)= (Enfekte kök sayısı/ incelenen kök sayısı) x 100

Taze yaprak örneklerinde yaprak oransal su içeriği (YOS, %) Smart ve Bingham (1974) göre, prolin kapsamı [$\mu\text{mol g}^{-1}$ Yaş ağırlık (YA)] ninhidrin reagent metoduyla (Bates et al., 1973), membran geçirgenliği (MG, %), 1 cm çapındaki yaprak disklerinde EC metre ile (Lutts et al., 1996), klorofil ve karetenoid içeriği (mg g^{-1} YA) %80 lik aseton kullanılarak spektrometre (PG Instruments T80 UV/VIS) ile (Strain and Svec, 1966), Lipid peroksidasyon derecesi malondialdehit (MDA) seviyesi ($\mu\text{mol g}^{-1}$ YA) ölçümü ile (Madhava and Sresty, 2000) belirlenmiştir.

Depolanan yaprak örnekleri 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM, 10 ml.lik fosfat tampon çözeltisi (pH:7) ile homojenize

edilerek 15 dk süresince 15000 g'de santrifüj edildikten sonra ölçümler yapıncaya kadar +4 °C sıcaklıkta tutulmuştur. Süperoksit dismutaz (SOD) (unite mg^{-1} protein) Beauchamp and Fridovich (1971), peroksidaz (POX) ($\Delta\text{A470 min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ protein) Chance ve Maehly (1955) metoduna ve Katalaz (CAT) ($\mu\text{M H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ YA) Bergmeyer (1970) göre belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen sayısal değerler, SPSS programı (versiyon 11.0) ile analiz edilmiş, önemli bulunan farklılıkların gruplandırması LSD testi ile yapılmış, farklılık dereceleri harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada araştırılan bitki gelişimi parametrelerine ait bulgular çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere, tuz uygulaması ile fide boyu, fide gövde çapı, üst aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerinde önemli derecede azalış izlenmiştir. Kontrol grubuna göre tuz uygulaması ile fide boyu değeri %30.7, fide gövde çapı %38.5, üst aksam yaş ağırlığı %36.5, üst aksam kuru ağırlığı %40.3, kök yaş ağırlığı %43.16 ve kök kuru ağırlığı %59.7 oranında azalmıştır. Tuz uygulanmayan konularda mikoriza uygulaması bitki gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilemiştir. Üst aksam ve kök kuru ağırlık değerlerinde mikoriza dozları arasında istatistiki farklılık izlenirken, diğer bitki gelişim parametrelerinde ise dozlar arasında istatistiki farklılık saptanmamıştır. Mikoriza ile aşılı ve aşılı olmayan bitkilerdeki büyüme hormonlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, gövde ve köklerde sitokinin miktarı mikoriza ile ortak yaşam kuran bitkilerde daha yüksek bulunmuştur (Allen et al., 1980). Tuz uygulaması yapılan konularda mikoriza uygulaması bitki gelişim parametrelerini istatistiki açıdan önemli derece geliştirmiştir. Mikorizanın 2. dozunun, birinci dozdan daha başarılı olduğu değerlerden izlenmiştir. Tuz uygulamasına (T) göre mikorizanın 2. dozu (TM2), fide boyunu %28.8, fide gövde çapını %34.4, üst aksam yaş ağırlığını %32.1, üst aksam kuru ağırlığı %65.6, kök yaş

ağırlığı %46.2 ve kök kuru ağırlığı %117.9 oranında arttırmıştır. Tuz stresi altında farklı bitkilerde bitki gelişiminde önemli derecede gerileme olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. [Tuna ve Eroğlu \(2017\)](#) biberde yaptıkları çalışmalarında, 100 mM NaCl stresi altındaki fidelere dışarıdan ilave edilen bazı organik ve inorganik bileşiklerin etkisini araştırmışlar, tuz uygulaması ile bitkinin kök ve yaprak yaş ve kuru ağırlık değerlerinin önemli derecede düştüğünü ve bitki gelişiminin yavaşladığını bildirmişlerdir. Domateste fide gelişimi üzerine tuzlu yetiştirme ortamlarında kalsiyum uygulamalarının etkilerini araştıran başka bir çalışmada, ortamda tuz miktarı arttıkça fide boyu, fide çapı, sürgün ile kök yaş ve kuru ağırlıklarının azaldığı rapor edilmiştir ([Türkmen ve ark., 2002](#)). Çeşitli çalışmalar, tuz stres, altında mikoriza uygulaması ile bitkilerde gelişim hızının artırılabilirliğini göstermiştir (Al-Karaki et al. 2001; Kaya et al, 2009). Lotus çiçeği yetiştiriciliğinde tuzlu koşulların (200 mM NaCl) etkisini azaltmada *Glomus intraradices* kullanımını araştıran çalışmada,

mikoriza bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiştir ([Sannazzaro et al, 2006](#)). Domateste yapılan diğer bir çalışmada da, biri tuza dayanıklı diğeri hassas 2 farklı çeşitte, 3 farklı tuz seviyesinde (0.63, 5 ve 10 dSm⁻¹), *Glomus intraradices* aşılmasının bitki gelişimi ve besin maddesi alınımına etkisi incelenmiş, mikoriza uygulaması ile bitki gelişiminin her iki çeşitte de olumlu etkilendiği, dayanıklı çeşitte mikorizanın daha etkin olduğu bildirilmiştir ([Hajiboland et al, 2010](#)).

Çalışmamızda, mikoriza kolonizasyon oranı mikoriza dozu arttıkça artmıştır. Tuzluluk mikoriza kolonizasyonunu azaltmıştır. Düşük dozda (TM1) negatif etki daha yüksek olmuştur. 1 gram mikoriza dozunda (TM1) tuzsuz koşullara göre (KM1) %59.6 oranında kolonizasyon azalırken, 2 gram mikoriza dozunda(TM2) ise KM2 göre azalma oranı %39.7 olmuştur. Tatlı fesleğende (*Ocimum basilicum* L.) yapılan bir çalışmada, sulama suyu tuzluluğu artışı ile kökte mikoriza kolonizasyonu azalmıştır ([Zuccarini and Okurowska, 2008](#)).

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

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

Uygulamalar	Fide Boyu (cm)	Fide Gövde Çapı (mm)	Üst Aksam Yaş Ağırlık (g.bitki ⁻¹)	Üst Aksam Kuru Ağırlık (g.bitki ⁻¹)	Kök Yaş Ağırlık (g.bitki)	Kök Kuru Ağırlık (g.bitki ⁻¹)	Mikoriza Kolonizasyon Oranı (%)
K	22.5 b	5.2 b	34.8 b	3.60 b	5.49 b	1.39 c	0
KM1	24.7 a	5.5 ab	36.3 ab	3.95 b	5.78 a	1.49 b	52
KM2	25.9 a	5.8 a	38.8 a	4.61 a	6.02 a	1.61 a	78
T	15.6 e	3.2 e	22.1 d	2.15 d	3.12 e	0.56 f	0
TM1	18.2 d	3.8 d	26.9 c	2.78 c	4.21 d	1.11 e	21
TM2	20.1 c	4.3 c	29.2 c	3.56 b	4.56 c	1.22 d	47
LSD ₀₀₅	1.76**	0.39**	2.78**	0.52**	0.27**	0.09**	

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

Çalışmada yaprak oransal su içeriği, membran geçirgenliği, yaprak prolin içeriği, yaprak fotosentetik pigment içeriği araştırılan fizyolojik parametreler olmuştur (Çizelge 3). Kontrol grubu bitkilerinde YOS içeriği %90.2 olarak bulunurken, tuz uygulaması sonucu bu değer %31.2 kayıpla %62.1'e düşmüştür. Tuzsuz koşullarda farklı dozlarda mikoriza uygulaması YOS değerini istatistiki önemde değiştirmemiştir. Ama tuz uygulaması yapıldığında mikoriza kolonizasyonu yaprak oransal su içeriğini olumlu etkilemiştir. Tuz etkisi altında en yüksek YOS değeri TM2 uygulamasında %79.8 olup, sadece tuz uygulaması (T) ile karşılaştırıldığında mikoriza uygulamasının sağladığı artış %28.5'tir. Çalışmamızdaki sonuçları destekler nitelikte, tuz stresi koşullarında kavun ([Kuşvuran, 2010](#)), kabak ([Bayat ve ark., 2012](#)) ve ispanakta ([Deveci ve Tuğrul, 2017](#)) yapılan çalışmalarda yaprak su içeriğinin tuz stresi ile düştüğü bildirilmiştir. [Aroca et.al \(2007\)](#) fasulyede ve [Colla et al. \(2008\)](#) kabakta yaptıkları çalışmalarında tuzlu koşullar altında *Glomus intraradices* uygulamasının, uygulanmayan bitkilere göre daha yüksek yaprak oransal su içeriği oluşturduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bunu mikoriza kolonizasyonunun, kökün etki alanı dışında olup ulaşılamayan bölgelerdeki suyun hifler aracılığı ile alınımına bağlı, su alınımını artırmaya dayandırmışlardır.

Membran geçirgenliği değeri, stres altında membran bütünlüğünü koruyabilmenin bir ifadesi olarak değerlendirilir. Hücre membranında oluşan zararlanma sonucu hücre içerisindeki suda erimiş maddeler hücre dışına çıkıp, dokunun elektrik iletkenlik değerini yükseltir. Membran bütünlüğü ile doku elektrik geçirgenliği arasında ters orantılı bir ilişki söz konusudur. Çalışmamızda, tuzsuz koşullarda en düşük membran hasarı izlenmiş, uygulamalara bağlı olarak %15.80 ile %16.30 arasında değişmiştir. Kontrol uygulaması ile mikoriza uygulamaları arasında istatistiki fark oluşmamış hepsi aynı gruptandırmada yer almıştır. Tuz uygulaması (T) ile en yüksek membran zararlanması %43.9 ile izlenmiştir. Mikoriza uygulaması dozlara bağlı olarak istatistiki açıdan önemli derecede membran geçirgenliğini düşürmüştür. TM2 uygulaması tuzlu koşullar altında en düşük geçirgenlik değerini %24.0 ile vermiştir. [Koç et al. \(2016\)](#) çilekte (*Fragaria × ananassa* Duch.) yaptıkları çalışmalarında 0, 30, 60 mM NaCl tuz dozlarında 9 farklı mikoriza [*Glomus intraradices* (%21), *Glomus aggregatum* (%20), *Glomus mosseage* (%20), *Glomus clarum* (%1), *Glomus monosporus* (%1), *Glomus deserticola* (%1), *Glomus brasilianum* (%1), *Glomus etunicatum* (1%), ve *Gigaspora margarita* (1%)] içeren ticari preparatın etkinliğini

araştırmışlar, tuz dozunun artışı ile membran geçirgenliği artmış, mikoriza uygulaması tüm dozlarda tuzlu koşullarına göre daha düşük membran geçirgenliği değerleri vermişlerdir.

Çalışmada kontrol uygulamasında prolin içeriği $1.88 \mu\text{mol g}^{-1}$ YA olarak ölçülmüştür. Tuz uygulaması ile prolin miktarı $4.79 \mu\text{mol g}^{-1}$ YA çıkmıştır. Tuz uygulaması prolin içeriğini 2.6 kat arttırmıştır. Tuzsuz koşullarda tüm dozlarda mikoriza uygulaması prolin içeriğini çok az oranda azaltmış ve istatistiki önemde etkilememiştir. Tuzlu koşullarda ise mikoriza uygulaması tuz uygulaması ile karşılaştırıldığında prolin artışını azaltmıştır. Tuz uygulamasına (T) göre mikoriza 1 g (TM1) ve 2 gram (TM2) dozlarında sırasıyla %33.5 ve %38.1 oranında prolin birikimini azaltmıştır. Çilekte (Koç et al., 2016), fasulyede (Aroca et al., 2007), kabakta (Colla et al., 2008), kıbrıs mürdümüğünde (Geren ve ark., 2011) yapılan çalışmalarda farklı tuz dozlarında kontrole göre prolin miktarı artmış, mikoriza uygulamaları prolin birikimini önemli derece azaltmıştır.

Yapılan istatistiki analiz sonuçları fosfentetik pigment içeriğinin tuz dozu ve mikoriza uygulamalarından etkilendiğini göstermiştir. Tuz uygulaması kontrol uygulamasına göre toplam klorofil miktarını %56.1 ve karotenoid miktarını %47.8 oranında azaltmıştır. Tuz uygulanmış bitkilerde 2 gram mikoriza uygulamasında (TM2) kontrol grubu bitkilerine göre toplam klorofil miktarı sadece %18.9 ve karotenoid miktarı ise %15.6 oranında azalmıştır. Mikoriza uygulaması tuzlu koşullarda fotosentetik pigment korunumunu arttırmıştır. Bir çok araştırmacı (Avcıoğlu ve ark., 2003; Kuşvuran, 2010; Bayat ve ark., 2012; Deveci ve Tuğrul, 2017) tuzluluk artışı ile klorofil ve karotenoid miktarının önemli derecede azaldığını rapor etmişlerdir. Farklı bitkilerde yapılan birçok çalışmada mikoriza uygulaması tuz stresi koşullarında, klorofil ve karotenoid miktarının korunmasına yardımcı olmuştur (Ruiz-Lozano et al., 1996; Colla et al., 2008; Kaya et al., 2009; Hajiboland et al., 2010).

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

Uygulamalar	YOS (%)	MG (%)	Prolin ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ YA)	Toplam Klorofil (mg.g^{-1} YA)	Karotenoid (mg.g^{-1} YA)
K	90.2 a	16.30 d	1.88 c	13.85 a	3.01 a
KM1	90.6 a	16.20 d	1.85 c	14.16 a	3.14 a
KM2	90.8 a	15.80 d	1.79 c	14.22 a	3.20 a
T	62.1 d	43.90 a	4.87 a	6.08 d	1.57 d
TM1	76.5 c	28.60 b	3.24 b	9.47 c	2.24 c
TM2	79.8 b	24.00 c	3.01 b	11.24 b	2.54 b
LSD ₀₀₅	2.55**	3.12**	0.34**	0.97**	0.21**

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

Bitkilerde lipit peroksidasyonu, SOD, CAT ve POX enzim aktivitesi üzerine tuzluluk ve mikoriza uygulamasının etkisi Çizelge 4. verilmiştir. Malondialdehit (MDA) içeriği lipit peroksidasyonunu ifade etmektedir. Tuz stresi halinde yüksek oranda reaktif oksijen bileşikleri oluşur, bu lipit peroksidasyonunu artırır, artan lipit peroksidasyonu sonucu hücre içi ve hücre dışı membran yapılarında tahribatlar oluşur (Yılmaz ve ark., 2011). Tuza dayanıklı genotiplerin daha az MDA ürettikleri ve aktif oksijen radikallerinin oluşumunu daha etkin bir şekilde engelledikleri bilinmektedir (Mittova et al., 2002). Çalışmamızda tuz uygulaması ile MDA içeriği kontrole göre 2.9 kat artmıştır. Mikoriza uygulamaları tuzlu koşullarda MDA oluşumunu azaltmıştır. Mikorizanın 2. dozunda (TM2), MDA miktarı kontrole göre sadece 1.6 kat artmıştır. Aynı uygulamada (TM2), tuzlu koşullarda mikoriza uygulanmayan bitkilere göre (T) MDA miktarı ise %45.6 oranında azalmıştır. Tuz stresi koşulları SOD, POX ve CAT aktivitesini sırasıyla %221.7, %190.5 ve %190.8 oranında arttırmıştır. Mikoriza uygulamalarında her üç enziminde aktivitesi daha düşük saptanmıştır. Tuzlu koşullarda mikoriza uygulanmayan (T) bitkilerdeki SOD, POX ve CAT aktivitesine göre mikoriza uygulamaları arasında en

düşük sonuçları veren TM2 uygulamasında bu enzimlerin aktivitesinde sırasıyla %39.3, %51.9 ve %53.9 oranında azalma saptanmıştır. Hücreye zarar veren serbest radikallerin elimasyonu bitkinin tuza dayanımında en önemli konu olup, abiyotik stres koşullarında dayanıklı bitkilerde SOD, CAT, POX aktivitesinin arttığı ve serbest radikallerin elimine edildiği birçok çalışmada bildirilmiştir (Yıldız ve ark., 2010; Aydemir ve Erez, 2010). Bazı araştırmacılar tuzlu koşullarda dışarıdan organik/inorganik farklı maddeler ve azot, potasyum, kalsiyum uygulamaları ile antioksidant enzim aktivitesini ve tuza dayanımı arttırmaya çalışmışlardır (Kaya et al., 2001; Doğan, 2012; Jan and Hadi, 2015). Çekiş et al. (2012) biber bitkisinde uzun dönemli tuz stresi koşullarında yaptıkları çalışmalarında iki farklı mikoriza (*Glomus mosseae* ve *G. intraradices*) kullanmışlar, *G.intraradices*'in kullanıldığı uygulamalardaki bitkilerde en düşük MDA içeriğinin olduğunu, bu uygulamada daha düşük SOD, CAT enzim aktivitesi izlendiğini bildirmişlerdir. Tuzlu koşullar altında birçok bitkide SOD, CAT POX enzim aktivitesinin arttığı, farklı mikoriza uygulamaları ile tuzun olumsuz etkilerinin azaldığını bildirmiştir.(Ruiz-Lozano et al., 1996; ZhongQun et al., 2007; He et al., 2007)

Çizelge 4. Uygulamaların MDA ve bazı antioksidant enzim aktivitesi üzerine etkisi.
Table 4. Effect of applications on MDA and some antioxidant enzyme activity.

Uygulamalar	MDA ($\mu\text{mol/g TA}$)	SOD (unite mg^{-1} protein)	POX ($\Delta\text{A470 min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ protein)	CAT ($\mu\text{M H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{TA}$)
K	5.02 d	6.17 d	5.24 d	11.55d
KM1	5.12 d	6.25 d	5.20 d	12.10 cd
KM2	4.85 d	5.99 d	4.81 d	12.00 cd
T	14.77 a	19.85 a	15.22 a	33.59 a
TM1	10.22 b	14.06 b	10.55 b	17.28 b
TM2	8.04 c	12.04 c	7.32 c	15.49 bc
LSD ₀₀₅	0.78**	1.45**	1.97**	3.78**

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

SONUÇ

Toprak tuzluluğu üretimi kısıtlayan temel bir faktördür. Genotip olarak tuzluluğa dayanıklı bitkilerin belirlenmesi ve bu konuda ıslah çalışmaları önem arz etse de, hafif ve orta seviyelerde tuzlanmış topraklarda var olan çeşitlerin yetiştirilmelerinin devamı için tuza dayanımı artırıcı uygulamalar öne çıkmaktadır. Abiyotik stres koşullarında besin

maddesi ve su alınımının devamlılığını sağlayan mikorizaların, bu stress koşullarına dayanımı artırıcı etkileri birçok bitki ve çalışmada ortaya konmuştur. Sonuçlarımız ışığında, orta tuzlu koşullar altında kapa tipi biber yetiştiriciliğinde *Glomus fasciculatum* cinsi mikoriza uygulaması tuz zararının etkilerini hafifletmede iyi bir alternatif olabilir.

KAYNAKLAR

- Abdulhadi S. A. A., 2017. Tuzlu toprak koşullarında çerezlik kabakta arbusküler mikoriza fungi uygulamalarının fide gelişmesine etkisi (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Al-aghaby, K., Z. Zhu and Q Shi, 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Journal of plant nutrition, 27(12), 2101-2115.
- Al-Karaki G. N. and R. B. Clark, 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition 21:263–276.
- Al-Karaki G. N., 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza 10:51–54
- Al-Karaki G. N., 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Scientia Horticulturae 109:1–7
- Al-Karaki G. N., R. Hammad and M. Rusan, 2001 Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. Mycorrhiza 11:43–47
- Allen M. F., T.S. Jr. Moore and M. Christensen, 1980. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-Arbuscular mycorrhizae: I. Cytokinin increases in the host plant. Candian Journal of Botany 58:371–374
- 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.
- 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.
- Ashraf, M.Y. and A. S. Bhatti, 2000. Effect of salinity on growth and chlorophyll content in rice. Pakistan Journal Scientific and Industrial Research 43, 130– 131.
- Avcıoğlu, R., G. Demiroğlu, M.A. Khalvati ve H. Geren 2003. Ozmotik basıncın bazı kültür bitkilerinin erken gelişme dönemindeki etkileri II-Prolin, Klorofil birikimi ve zar dayanıklılığı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 40(2):9-16.
- Aydemir, T. ve Z. Erez, 2010. NaCl stresine karşı *Lens culinaris*'in biyokimyasal ve fizyolojik cevabı. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(2): 89- 104.
- 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.
- Başak, H., R. Kasım and F. Y. Okay, 2011. The effect of endo-mycorrhiza (VAM) treatment on growth of tomato seedling grown under saline conditions. African Journal of Agricultural Research, 6(11), 2532-2538.
- 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.
- Bayat, R., Ş. Kuşvuran, A. S. Üstün ve Ş. Elliaktoğlu, 2012. Tuza tolerans özelliği farklı iki kabak genotipine ait fidelere yapılan dışsal prolin uygulamalarının etkileri üzerinde araştırmalar. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 12-14 Konya.
- Beauchamp, C. And I. Fridovich, 1971. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Analytical Biochemistry, 44(1): 276-287.
- Bergmeyer, H. U., 1970. Methoden der enzymatischen analyse. Akademie Verlag, 1: 636-647.
- Chance, B. and A.C. Maehly, 1955. Assay of catalase and peroxidases. Methods Enzymologia, 2: 764-775.
- 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 Science, 45: 437-448.
- 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.

- Çekiç, F. Ö., S. Ünyayar ve İ. Ortaş, 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on biochemical parameters in *Capsicum annuum* grown under long term salt stress. Turkish Journal of Botany, 36(1), 63-72.
- Deveci, M. ve B. Tuğrul, 2017. Ispanakta tuz stresinin yaprak fizyolojik özelliklerine etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 6, 89-98.
- Doğan, M., 2012. Azot uygulamasının tuz stresi ve antioksidan enzim aktivitesine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16(3):297-306.
- Estañ, M. T., M. M. Martinez-Rodriguez, F. Perez-Alfocea, T. J. Flowers and M. C. Bolarin, 2004. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. Journal of experimental botany, 56(412), 703-712.
- 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.
- Flowers, T.J. and A. R. Yeo, 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants where next. Australian Journal of Plant Physiology 22: 875-884.
- Gerdemann, J.W. and T. H. Nicolson, 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, 46, 235/244.
- Geren, H., H. Okkaoglu and R. Avcioğlu, 2011. Mikorizanın Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarında Kıbrıs Mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*)'nün Verim ve Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Dergisi., 48(1):88-95.
- Hajiboland, R., N. Aliasgharzadeh, S. F. Laiegh and C. Poschenrieder, 2010. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) plants. Plant and Soil, 331(1-2), 313-327.
- Hasanuzzaman, M., K. Nahar and M. Fujita, 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. P.Ahmad, M.M. Azooz, M.M.VProsod (Eds.), in: Ecophysiology and responses of plants under salt stress, pp: 25-87
- Hasegawa, P.M., R. A. Bressan, J. K. Zhu and H. J. Bohnert, 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology, 51, 463-499.
- He, Z., C. He, Z. Zhang, Z. Zou and H. Wang, 2007. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 59(2), 128-133.
- 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.
- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau and J. M. Barea, 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and fertility of soils, 37(1), 1-16.
- Kalefetoğlu, T. and Y. Ekmekci, 2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. Gazi University Journal of Science, 18(4), 723-740.
- 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. Scientia Horticulturae, 121:1-6
- Kaya, C. and A. L. Tuna, 2005. The role and importance of potassium in the plant grown under salt stress. Int. Potash Institute. Optimizing Crop Nutrition, Potassium in Soil, Plant and Agro Ecosystem. <http://www.ipipotash.org/en/speech/index.php?o=270>.
- 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.
- Koc, 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, 89:89-97.
- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Lutts, S., J. M. Kinet and J. Bouharmont, 1996. Na Cl-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 Science. 157: 113-128.
- McGonigle, T.P., M. H. Miller, D. G. Evans, D. L. Fairchild and G. A. Swan, 1990. A new method which gives an objective measure of colonisation of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol, 115: 495-501.
- Mitova, V., M. Tal, M. Volokitta and M. Guy, 2002. Salt Stress Induces Up-regulation of an Efficient Chloroplast Antioxidant System in the Salt-tolerant wild Tomato Species *Lycopersicon pennellii* but not in the Cultivated Species. Physiologia Plantarum, 115, 393-400.
- 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.
- Ruiz-Lozano J.M., 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza 13:307-317.
- Ruiz-Lozano, J. M., R. Azcón and M. Gómez 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. Physiologia Plantarum, 98:767-772.
- 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.
- Shabala, S. And T. A. Cuin, 2008. Potassium transport and plant salt tolerance. Physiologia Plantarum, 133(4), 651-669.
- 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):5-13.
- Sheng, M., M. Tang, H. Chen, 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(6-7), 287-296.
- 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, San Diego, CA Academic press
- 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.
- Tambussi, E.A., C. G. Bartoli, J. Beltrano, J. J. Guiamet. and J. L. Araus, 2000. Oxidative damage to thylakoid proteins in water-stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum*), Physiologia Plantarum, 108: 398-404 (2000).
- Tuna, A. L. ve B. Eroğlu, 2017. Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum Annuum* L.) bitkisinde bazı organik ve inorganik bileşiklerin antioksidatif sisteme etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(1): 121-131.
- Tuna, A. L., C. Kaya, M. Ashraf, H. Altunlu, I. Yokas and B. Yagmur, 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 59(2), 173-178.
- 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 Bilimleri Dergisi, 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.
- Yıldız, M., H. Terzi, S. Cenkeçi, 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 ve B. Bürün, 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 47-66.

- ZhongQun H., H. Chao Xing, Z. Zhi Bin, Z. Zhi Rong and W. Huai Song, 2007. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 59: 128-133.
- Zhu, Z., G. Wei, J. Li, Q. Qian and J. Yu, 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167(3), 527-533.
- Zuccarini P. and P. Okurowska, 2008. Effects of mycorrhizal colonization and fertilization on growth and photosynthesis of sweet basil under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31:497-513