

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Su Stresi Koşullarında Yetiştirilen Marul Sebzesinin Verim ve Besin İçeriğine Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF)'un Etkileri

M. Zeki KARİPÇİN^{1*}, N. Yonca ŞATIR²

¹ Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt

² Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı İl Müdürlüğü, Van

*e-posta: zkaripcin@gmail.com; Tel: +90 (484) 212 1111 / 2837; Fax: (484) 223 19 98

Özet: Bu çalışma, su kısıntısı koşullarında mikoriza (*Glomus*) fungusunun marul (*Lactuca sativa*) sebzesinin verim ve verim bileşenlerine etkisini belirlemek üzere gerçekleştirilmiştir. % 100 (tam su) ve % 50 su düzeyleri ile *Glomus* türü mikoriza fungusu uygulanan marul bitkileri GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsünün ısıtmasız seralarında yetiştirilmiştir. Denemede, kanopi çapı, baş ağırlığı, baş çapı, baş boyu, pazarlanabilir yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak ağırlığı, pazarlanamaz yaprak ağırlığı, toplam yaprak sayısı, kök boğazı çapı, kök eni ve kök boyu ölçümleri ile yapraklardaki bazı mikro ve makro element içeriklerine bakılmıştır. Kök bölgelerinde görülen spor ve infeksiyon (bulaşma) oranları da tespit edilmiştir. Sonuç olarak tam sulamanın marul bitkisinin verim ve diğer verim bileşenlerini olumlu etkilediği, su düzeyinin artışıyla yapraklardaki N miktarının arttığı, en yüksek Fe içeriğinin de tam sulama konusundaki mikorizal fungusu uygulamalarında olduğu saptanmıştır. Bitki kök bölgesinde görülen en yüksek sayıdaki spor sayısı (86.67 ad.) ve en fazla infeksiyon (% 56.67) % 50 su kısıntısı uygulanan konuda tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Su kısıntısı, marul, mikorizal fungus (AMF)

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on Growth and Nutrient Uptake of Lettuce (*Lactuca sativa*) Under Water Stress

Abstract: This study was carried out to determination effect of mycorrhiza to yield and yield component of lettuce (*Lactuca sativa*) under water stress condition. Water levels of 100 % and 50 % and *Glomus* mycorrhiza were applied on lettuce at the non-heat greenhouse of GAP Agricultural Research Institute. Canopy diameter, head weight, head diameter, head length, marketable leaves number, marketable leaves weight, unmarketable leaves weight, total leaves numbers, root collar diameter, root width and root length were measurement and also some micro and macro nutrient were investigated. Spore and infection rate at the root zone were determined. As a result the full irrigation effected as positively to the yield and yield component of lettuce, with more irrigation caused N increasing and the highest Fe content was determined at the applied mycorrhiza and at the full irrigation parcel. The highest spore numbers (86.67) and rate (56.67 %) of root zone were determined at the 50 % irrigation level.

Keywords: Water deficit, lettuce, mycorrhizae

Giriş

Bitkilerin topraktan kolay alınabilir besin elementleriyle gübrelenmesi yerine toprakta mevcut olan bitki besin elementlerinden daha etkin şekilde faydalanmaları çevre sağlığı ve doğal kaynaklardan yararlanma yönünden daha gerçekçi bir yaklaşımdır. Kök mantarları olarak da adlandırılan mikorizal funguslar kök içindeki morfolojik yapıya göre değişik gruplara ayrılırlar. En geniş gruba sahip olan Endomikorizaların en bilineni Arbusküler Mikoriza (AM)'dir (Ortaş, 1997). AMF, kök korteksi içerisinde kolonize olur ve çok miktarda hif (misel) üreterek, bitki kök yüzey alanını arttırmakla beraber kökten çok uzakta bulunan ve bitkinin topraktan alamayacağı form ve miktardaki besin maddelerini (özellikle fosfor, azot, potasyum, demir, çinko, bakır ve molibden) hifleri aracılığı ile alıp, bitkinin üst aksamlarına ilemesine yardımcı olurlar. Ayrıca bünyesinde su tutarak bitkilerin su stresine girmelerini önlemektedir. Böylece bitkinin mikorizal fungusla karbon, mikorizal fungusun da bitkiye besin elementi sağladığı simbiyotik bir yaşam döngüsü gerçekleşmektedir (Marschner ve Dell, 1994; Ortaş, 1997; Demir, 1998; Al-Karaki, 2000).

Arbusküler mikorhizal fungusun (AMF) rolünün anlaşılması ile bitkiye inokulasyonunun birçok bitkide uygulanması hız kazanmış ve yapılan çalışmalar sonucunda AMF'nin su ve besin maddesi alınımını artırdığı; bitki büyümesini teşvik ettiği; antioksidant enzimlerinin artışını teşvik ederek kuraklık, tuzluluk gibi abiyotik; nematod, *Fusarium*, *Verticillium* gibi biyotik stres faktörlerine karşı bitki toleransını artırdığı; çözülebilir şeker içeriği, net fotosentez hızı, fotosentetik su kullanım etkinliğini ve verimi artırdığı bildirilmektedir (Pfeiffer ve Bloss, 1988; Al-Karaki, 2000; Ruiz- Lozano, 2003; Kaya ve ark., 2009). Literatürler incelendiğinde kuraklık koşullarında AMF uygulamasıyla ilgili yayınların, mikorizal fungus ile ilgili toplam yayınların % 3.7'sini kapsadığı görülmektedir. Bitki performansını, simbiyotik popülasyonların da dâhil olduğu toprak mikroorganizmasını etkileyen, toprak fiziki veya kimyasal yapısının üzerine streslerin etkisi oldukça fazladır (Pagano, 2014). Mikorizal funguslar bitkilerin topraktan daha fazla besin maddesi alınımını sağlamaktadır. Verim düşüklüğünden, ürün kalitesine kadar besin maddelerinden direkt etkilenen bitkiler için bu durum oldukça ciddiye alınmalıdır. AMF su alınımını da arttırmaktadır (Maboko ve ark., 2013; Farahani ve ark., 2008). Yüksek oranda tuz içeren topraklarda bile mikorizal funguslar, bitkilerin verimini ve kalitesini yükseltmektedir (Mouk ve Ishii, 2006; Satir ve ark., 2016). Ayrıca mikorizal funguslar patojenlere (*Alternaria* vb.) karşı direnci de arttırmaktadır (Fritz ve ark., 2006; Demir ve Akköprü, 2007).

Çevresel kısıtlamalar arasında kuraklık, bitki verimliliğini ve üretimini kısıtlayan en önemli faktördür (Laribi ve ark., 2009). Wang ve ark. (2003), yeryüzünde 2050 yılında yaklaşık olarak şu anki tarımsal alanın % 50'sinin kuraklıktan etkileneceğini tahmin etmektedirler. Kuraklık ve su stresi bitkilerdeki metabolik savunmayı düşürmektedir. Bu metabolik savunmanın artmasında AM fungusunun önemli etkisi bulunmaktadır. Mikorizal fungusların bu özelliği kültüre alınan bitkinin daha yüksek performans göstermesine olanak sağlamaktadır. Sebzeçilikte verim düşüklüğü, su stresinin tekrarlanmasına ve süresine bağlıdır. Abiyotik stres koşulları, genetik potansiyelin % 70 gibi yüksek oranda verim düşüklüğüne sebep olmaktadır (Boyer, 1982). Bitkilerde su stresinin ilk belirtisi; yetersiz sürgün oluşumu, daha az uzama ve kök gelişimidir. Stres ortamından dolayı oluşan zorlu koşullarda kök, gelişme önceliğini kendi yapısının gelişmesine verdiğinden dolayı toprak üstü bitki dokularındaki gelişme azalmaktadır (Osmond ve ark., 1987). Ancak, tolerant genotiplerin ihtiva ettikleri enzimler sayesinde (peroxidase) morfolojik değişimleri daha orantılı ve hücrel su kayıpları çok daha az olduğundan stres koşullarında, bitkinin tümünde veya temel organlarında meydana gelen olumsuz gelişmeler nisbeten daha az olmaktadır (Tari ve ark., 2008; Morgan, 1984; Chapin, 1991; Neumann, 1995; Achard ve ark., 2006).

Materyal ve Metot

Araştırmada kullanılan marul fideleri ticari fide seralarından temin edilmiştir. Velvet marul çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Mikorizal fungus materyali olarak *Glomus* spp. (ticari preparat) türü AMF uygulanmıştır. Deneme GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsünün Koruklu istasyonundaki (9x20 m) 180 m²'lik ısıtmasız cam seralarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü sera toprağına ait analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sera alanının toprak analiz sonuçları

Ec (ds/m)	pH	Kireç (%)	P2O5 (Kg/da)	K ₂ O (Kg/da)	Organik Madde (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
19.45	7.48	22.8	28.28	172.5	2.81	1.34	1.17	27.04	0.45

Araştırmanın yürütüldüğü serada maximum-minimum sıcaklıkları hafızasına kaydetme fonksiyonu olan termometre ile hava sıcaklıkları kaydedilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü dönemde serada kaydedilen en yüksek (max) sıcaklık (38.5 °C) 14 Aralık tarihinde, en düşük sıcaklık (0.3 °C) ise 17 Aralık tarihinde kaydedilmiştir.

Dikimden önce, marul fideleri ticari seralardan temin edildiği için, öncelikle kök bölgesine bulaşmış herhangi bir mikroorganizma faaliyetinin önüne geçilmeye çalışılmıştır; fideler, çeşme suyunda yıkanmış ardından CuSO₄'a batırılmıştır. Akabinde tekrar çeşme suyuyla yıkanarak olası mikroorganizma ve bakteri faaliyetlerine son verilmiştir (Resim 1). Ticari olarak dışardan temin edilmiş olan *Glomus* türleri kuru halde olup suyun içinde aktif hale gelmektedir. Kökleri tamamen topraktan ve herhangi bir olası mikroorganizma faaliyetinden arındırılmış marul fideleri, suya boşaltılarak inokulasyona hazır hale getirilen karışımın içinde yaklaşık 2 saat bekletilerek mikoriza fungusları bulaştırılmıştır (Resim 2).



Resim 1. Fide köklerinin mikroorganizmalardan temizlenmesi



Resim 2. Fide köklerine AMF bulaştırılması

Fideler 30 x 30 cm sıra arası ve üzeri aralıklarla dikilmiştir. Her tekrürde 3 sıra ve her sırada ise 7 adet bitki olacak şekilde 3 tekrürlü olarak deneme kurulmuştur. Kenar iki sıra ve orta sıranın da baş ve sonlarındaki bitkiler kenar tesiri olarak kabul edilmiş, geriye kalan 5 bitkide ise gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Deneme bölünmüş parseller deneme deseninde dizayn edilmiştir. Ana konulara mikorizal fungusu alt konulara ise su düzeyleri yerleştirilmiştir. Her 3 sıra bitki için 2 lateral olacak şekilde damla sulama sistemi kurulmuştur. Parsellere kontrollü su verebilmek için ana manifold borusuna su saati takılmıştır. Sulama suyu Class-Apan buharlaşma kazanından olan buharlaşma dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bitkilerde, kanopi çapı, baş boyu, kök boğazı çapı, baş ağırlığı, baş çapı, pazarlanabilir yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak ağırlığı, pazarlanamaz yaprak ağırlığı, toplam yaprak sayısı, kök eni ve kök boyu ölçümleri alınmıştır. Her parselde 2 toplamda 12 bitkide AMF kolonizasyon yüzdesine bakılmıştır. Kök temizliği ve boyaması Koske ve Gemma (1989)'a göre yapılmıştır. Bu yöntemde kökler iyice yıkanır ve içindeki ölü kökler ayıklandıktan sonra bitki kökleri bir petri kutusuna alınarak ve 1 cm uzunluklarında kesilir. Kesilmiş kökler test tüplerine aktarıldıktan sonra üzerine yeterli miktarda %2.5 (w/v) KOH çözeltisi boşaltılır ve aynı tüpler 90 °C'lik su banyosuna alınır. Yukarıdaki işlem tamamlandıktan sonra tüplerdeki KOH boşaltılarak ve aynı tüplere yeteri miktarda %1 HCl ilave edilerek tüplerin üst kısmı kapatılır. Tüplerdeki çözelti ve haşlanmış kökler tekrar bir petri kutusuna boşaltılarak pens aracılığı ile mikroskop slâytlarının üzerine taşınır ve mikroskop altında 40 veya 60 büyütmeyle Giovannetti ve Mosse, (1980) yöntemine göre incelenir (Satir ve ark. 2016). Ayrıca mikoriza spor sayımı için; 10 gr toprak alınmıştır. Islak eleme yöntemine göre izole edilerek nematot sayım kaplarında stereo mikroskop altında 25× büyütme ile sayılmıştır (Gerdermann ve Nicolson 1963). Her bir uygulamadan makro ve mikro besin içeriklerinin tespiti için 100 gr yaprak örneği alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Kanopi çapı ölçümlerinde su konuları arasında en yüksek değer (53.3 cm) % 100 su uygulamasında, AMF uygulamalarında ise mikorizal fungus konusunda (53.6 cm) bulunmuştur ancak, su düzeyleri ve AMF uygulamasının kanopi çapına etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Su düzeylerinin baş ağırlığına etkileri incelendiğinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu halde en yüksek değer % 100 su uygulamasında (0.97 kg) elde edilirken, % 50 su kısımlı konusunda ise 0.63 kg baş ağırlık değeri elde edilmiştir. Mikorizal fungusu uygulanmayan konudan elde edilen baş ağırlığı (0.86 kg) mikorizal fungusu

uygulanan konudan elde edilen baş ağırlığından (0.74 kg) daha yüksek saptanmıştır. AMF x su interaksyonundan elde edilen baş ağırlık değerleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek baş ağırlık değeri (1.14 kg) % 100 su uygulamasındaki AMF'siz, en düşük değer (0.57 kg) % 50 su düzeyinde AMF'siz konuda sağlanmıştır. Baş çapına su düzeylerinin ve AMF uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunduğu halde, su x AMF interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İkili interaksyonun marul sebzesinin baş çapına olan etkileri incelendiğinde en yüksek değer (36.6 cm) % 100 (tam sulama) su düzeyindeki AMF'siz, en düşük değer (18.3 cm) ise % 50 su düzeyinde yine AMF'siz konuda elde edildiği görülmektedir. Marul sebzesinin baş boyuna su düzeylerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, AMF uygulamasının etkisi önemsiz bulunmuştur. Su düzeylerinden en yüksek baş boyu değeri (52 cm) % 100 su düzeyinde, en düşük değer (39 cm) ise % 50 su kısıntısı uygulanan parsellerde saptanmıştır. Su x AMF interaksyonunda tam sulamanın (% 100) AMF'li ve AMF'siz konuları en yüksek baş boyu değerlerini (52 cm ve 51 cm sırasıyla) sağlamıştır. Pazarlanabilir yaprak sayıları açısından su düzeyleri ve AMF uygulamaları arasında istatistiki olarak bir fark saptanmamıştır. Pazarlanabilir yaprak ağırlığı ölçüm değerleri incelendiğinde su düzeyleri ve AMF uygulamalarının tek başına etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunurken, ikili interaksyonda (su x AMF) istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İkili interaksyonda tespit edilen en yüksek değer (0.89 kg) % 100 su konusundaki AMF'siz, en düşük değer (0.48 kg) ise % 50 su düzeyindeki yine AMF'siz uygulamada olduğu belirlenmiştir. Pazarlanamaz yaprak sayısı değerlerine su düzeylerinin etkisi önemsiz bulunurken, AMF uygulaması ile su x AMF interaksyonu açısından istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek pazarlanamaz yaprak sayısı (10.2 ad.) AMF'siz uygulamadan, en düşük değer (6.8 ad.) ise AMF uygulamasında kaydedilmiştir. İkili interaksyonun pazarlanamaz yaprak sayısına etkisi incelendiğinde en yüksek değer (11.3 ad.) % 50 su uygulamasının AMF'siz, en düşük değer (5 ad.) ise % 50 su düzeyinde AMF uygulanmış konuda elde edildiği görülmektedir. Pazarlanamaz yaprak ağırlığı açısından tüm uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Su düzeyleri arasında en yüksek değer (0.18 kg) % 100 su konusuna, AMF uygulamalarında ise mikorizal fungus uygulamasına (0.17 kg) ait olduğu tespit edilmiştir. AMF uygulanmamış tam sulama seviyesinde (% 100) pazarlanamaz yaprak ağırlığı değeri (0.25 kg) ikili interaksyonun en yüksek değeri olarak saptanmıştır. Toplam yaprak sayısı ve kök boğazı çapına su düzeyleri ile AMF uygulamalarının etkisinin istatistiki olarak önemsiz, kök eni değerlerinde ise sadece ikili interaksyonun etkisi istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Kök eni değerlerinde en yüksek değer (22.0 cm) mikorizal uygulamanın % 50 su düzeyinde kaydedilmiştir. Su kısıntısı ve AMF uygulamasının marul sebzesinin kök boyu etkileri incelendiğinde, su düzeylerinin etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. AMF uygulamasının kök boyuna olan etkileri arasında en yüksek değer (21.0 cm) mikorizal ortamda saptanırken, % 100 su x AMF ikilisinin değeri (24.0 cm) ise interaksyonun en yüksek değeri olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Sonuçlar mikorizal fungus uygulamalarının iyi bir kök gelişimi, ardından da iyi bir yeşil aksam gelişimi meydana getirdiği, buna bağlı olarak da verim artışı teşvik ettiği söylenebilir. Benzer sonuçlara ulaşan araştırmacılardan, Al-Momany (1988) domates, biber ve patlıcanda mikorizal fungus aşılması ile sürgün taze ağırlığını buna bağlı olarak da verimi yüksek bulduğunu rapor etmiştir. Karagiannidis ve ark. (2002) patlıcan ve domateste taze ve kuru ağırlık ile bitki boyunun mikorizal fungus uygulaması ile arttığını bildirmişlerdir. Krishnaraj ve Sreenivasa (1992) ve Aguilera Gomez ve ark. (1999)'nın biberde yaptıkları çalışmalarda da bu sonucu destekler nitelikte bulgular elde etmişlerdir. Benzer sonuçları Rubio ve ark. (1994) domates ve maruldan, Zhao ve ark. (1997) baklagillerde elde etmişlerdir. Su stresi altında bitki gelişiminin yavaşlaması bulgularımız; fasulyede su stresinin boğum sayısına ve bitki boyuna etkilerini araştıran Taylor ve ark. (1982), su stresi koşullarında manyok bitkisinin morfolojik özelliklerini inceleyen Lal (1981), sulama aralıklarının marulda etkilerini araştıran Mannan ve ark. (2002) ve serada su stresi koşullarında kavun ve domateste bitki boyunun su stresinden olumsuz etkilendiğini tespit eden Gallardo ve ark. (2004) ile fasulye çeşitlerinde Tari ve ark. (2008)'nin yaptıkları çalışmaların bulguları ile paralellik arz etmektedir. Su stresi, morfolojik ve vegetatif gelişmeleri ise küçük sürgün, küçük yaprak ve küçük meyve ile tam olmayan çiçek teşekkülü ve eksik meyve oluşumuyla kendini göstermektedir (Farooq ve ark., 2009). Pomolojik özellikleri açısından daha önce yapılan çalışmalarda; su stresi olmayan parsellerden elde edilen ürünün eni, stres uygulanan parsellerden daha yüksek değerlerde elde edildiği Mena-Violante ve ark. (2006) tarafından, su stresinin karpuz meyve ebadını olumsuz etkilediği ise Kırnak ve ark. (2009) tarafından bildirilmiştir. Fereres ve Goldhamer (2003), Naor ve Cohen (2003) ile Jones (2007) tarafından bitki gelişimi oranı, su kısıntısı ile bağdaştırılmıştır. Marul verimi ile ortalama meyve ağırlığı özellikle de artırılan su miktarı ile paralellik göstermektedir (Zhang ve ark., 2004; Karipçin ve ark., 2012 a ve b). Toplam baş ağırlığı, baş çapı ve baş uzunlukları su stresi olan parsellerde oldukça düşük olarak saptanmıştır. Sonuçlarımız kavunda çalışan Kırnak ve ark. (2005), karpuzda çalışan Karipçin ve ark. (2010) ile Srinivas ve ark. (1989)'ın çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 1. İncelenen özellikler üzerine uygulamaların ana etkisi

Uygulamalar	Knp Çp (cm)	Baş Ağr. (Kg)	Baş Çp. (cm)	Baş By. (cm)	P.bil Yp. Sy. (ad.)	P.blr. Yap. Ağr. (Kg)	P.mz Yap. Say. (Ad.)	P.mz Yap. Ağr. (Kg)	Top. Yap. Say. (Ad.)	Kök Bğ.Çp. (mm)	Kök Eni (cm)	Kök By. (cm)
S												
% 100	53.3	0.97	31	52 a	44.8	0.79	8.83	0.18 a	53.6	11.8	17.1	20.8
% 50	52.6	0.63	21.6	39 b	39.8	0.54	8.16	0.08 b	48	10.5	20.4	17.2
M												
M+	53.6	0.74 b	25.2	45	42.2	0.64	6.8 b	0.09 b	49	11.2	19.2	21 a
M-	52.3	0.86 a	27.5	46	42.5	0.68	10.2 a	0.17 a	52.6	11.2	18.3	17 b
Su x Mikoriza												
% 100 x m+	54	0.8 b	25.3 b	51 a	46.3	0.69 b	8.7 a	0.11 b	52	11.6	16.3 b	24 a
% 100 x m-	53.3	1.14 a	36.6 a	52 a	43.3	0.89 a	9 a	0.25 a	55.3	12	17.7 ab	17.6 b
% 50 x m+	53.1	0.68 bc	25 b	38 b	41	0.61 b	5 b	0.08 b	46	10.6	22 a	18 b
% 50 x m-	51.3	0.57 c	18.3 b	40 b	38.6	0.48 c	11.3 a	0.09 b	50	10.3	18.8 ab	16.3 b
Su	ö.d.	ö.d.	ö.d.	**	ö.d.	ö.d.	ö.d.	*	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Mikoriza	ö.d.	*	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	**	**	ö.d.	ö.d.	ö.d.	**
Su x Mikoriza	ö.d.	**	**	*	ö.d.	**	**	*	ö.d.	ö.d.	*	**

ö.d. ; önemli değil, *; P≤0.05, **; P≤0.01 / S; Su, M; Mikoriza, Knp; Kanopi, P.bil; Pazarlanabilir, P.mz; Pazarlanamaz, Çp.; Çap, By.; Boy, Sy. ; Sayı, Bğ.; Boğaz.

AMF uygulamasının marul sebzesinin köklerinde meydana getirdikleri spor sayıları ve kökte infeksiyon oranları incelendiğinde, en yüksek sayıda sporun (86,67 ad.) mikorizalı ve % 50 su uygulamasında, en yüksek infeksiyon oranını (% 65,67) yine AMF uygulanmış fakat % 100 su konusunda tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. % 100 ve % 50 su uygulamalarında bitki kök bölgelerinde görülen mikoriza spor sayısı ve kolonizasyon oranları

		AMF'siz Ortam (-M)	AMF'li Ortam (+M)
% 100	Toprakta spor sayısı	0	65.67
	Kökte % kolonizasyon	0	43.33
% 50	Toprakta spor sayısı	0	86.67
	Kökte % kolonizasyon	0	56.67

Besin elementi alımı mikorizal fungus uygulamaları ile artmıştır. Besin elementi alımında AMF'nin olumlu etkisini; Waterer ve Coltman (1989) biberde, Al-Karaki (2000) domateste, Olsen ve ark. (1999) biber ve domateste yaptıkları çalışmalarda bildirmişlerdir. Farklı oranlarda sulanan marulların hasat sonrası yaprakta mikro element içerikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Rizosfer toprağında yapılan spor sayımı ve kökte infeksiyon dikkate alındığında mikorizanın inokule olduğunu ancak yüksek oranda fosforun (Tablo 1) mikorizal fungus faaliyetlerini ve mikro element alımını olumsuz etkilediği gözlenmiştir. İstatistiksel sonuçlar, Fe alımında mikorizal funguslardan ziyade, daha çok sulamanın etkisi olduğunu göstermektedir. Sulamaya paralel olarak tam (% 100) sulamada Bakır (Cu) ve Çinkoda (Zn) mikorizal fungusun olumlu etkisi görülmüştür.

Çizelge 3. Farklı oranlarda sulanan marulların hasat sonrası yaprakta mikro element içerikleri

	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
% 50 +M	11.91±0.87	110.76±1.43	19.02±3.47
% 50 -M	15.56±0.04	118.78±5.50	34.25±3.14
% 100 +M	11.32±0.36	130.61±2.27	14.17±0.76
% 100 -M	10.92±0.10	124.64±6.09	13.90±0.79

Çizelge 4'te sunulan AMF ve farklı su düzeyleri uygulanan marulların hasat sonrası yaprakta makro element içerikleri incelendiğinde, N (azot)'in sulamaya paralel olarak artış gösterdiği, AMF'nin K alımına olumlu etkisi olduğu, fosforun (P) mikorizal fungus için kritik besin elementi olduğu; toprak pH'ı ve P düzeyine bakılırsa (Tablo 1) AMF'nin mevcut olduğu ancak çalışmadığı ayrıca yüksek P düzeyinin AMF infeksiyonunu da olumsuz yönde etkilediği sonuçlarına varabiliriz.

Çizelge 4. Mikoriza ve farklı su düzeyleri uygulanan marulların hasat sonrası yaprakta makro element içerikleri

	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
% 50 +M	4.78±0.11	3609.38± 52.03	77365.00±1665.66
% 50 -M	4.18±0.25	3831.92±386.13	74855.50±6989.79
% 100 +M	4.80±0.08	4156.47±139.30	64486.67±5034.04
% 100 -M	5.20±0.16	5246.89±191.35	60443.06±4461.73

AMF'nin, NH_4^+ ve NO_3^- (Frey ve Schüepp, 1993; Johansen ve ark., 1993) ile Zn, Cu ve K (Marschner ve Dell, 1994) alımlarını arttırdığını saptayan araştırmacıların bulguları bulgularımızla benzerlik göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre mikorizal fungus sporları arttıkça bitki yapraklarındaki mikro element içeriklerinin de arttığı, makro element içeriklerinin yükseldiği, bitki verimin de AMF olmayan parsellerden daha yüksek olduğu söylenebilir. Verim artışının fazla olmadığı halde mikro ve makro element içeriklerinin yüksekliği mikorizal fungusların spor aktivitelerinden kaynaklanmaktadır. Su düzeyi arttıkça, bir başka deyişle bitkinin ihtiyacı olan suyun tam karşılandığı parsellerdeki verimin % 50 su kısıntısı yapılan parsellere göre arttığı saptanmıştır. Su düzeyi ile N konsantrasyonu birbiriyle paralellik göstermektedir. Günümüz koşullarında doğal kaynaklardan yararlanmak çevre açısından önemlidir. Doğal bir kaynak olan mikorizal funguslar, çalışmamızda sadece enfekte olmuş sporlarla dahi olumlu katkılarda bulunmuştur.

Kaynaklar

- Achard P, Cheng H, De Grauwe L, Decat J, Schoutteten H, Moritz T, Harberd NP (2006). Integration of plant responses to environmentally activated phytohormonal signals. *Science*, 311(5757), 91-94.
- Aguilera Gomez L, Davies FT, Olalde Portugal V, Duray SA, Phavaphutanon L (1999). Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsium annuum* L.c.v San Luis). *Photosynthetica* 36:441-449.
- Al-Karaki GN (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10(2), 51-54.
- Al-Momany A, Al-Raddad A (1988). Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae on Fusarium Wilt of Tomato and Pepper. *Alexandria-Journal-of-Agricultural-Research*.33:1,249-261.
- Boyer JS (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218(4571), 443-448.
- Chapin FS (1991). Integrated responses of plants to stress. *BioScience*,41(1), 29-36.
- Demir S (1998). Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikorhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerine Araştırmalar. (Basılmamış, Doktora Tezi). E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 144 s.
- Demir, S., Akköprü, A., 2007. Using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for Biocontrol of Soil-Borne Fungal Plant Pathogens. In: *Biological Control of Plant Diseases*. Eds.S.B. Chincholkar, K.G. Mukerji, Haworth Press, NY, USA, p:17-37.
- Farahani HA, Lebaschi MH, Hamidi A (2008). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus and water stress on quantity and quality characteristics of coriander. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 2(2), 55-60.
- Farooq M, Wahid A, Basra SMA (2009). Improving water relations and gas exchange with brassinosteroids in rice under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(4), 262-269.
- Fereres E, Goldhamer D (2003). Suitability of stem diameter variations and water potential as indicators for irrigation scheduling of almond trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(2), 139-144.
- Frey B, Schüepp H (1993). Acquisition of nitrogen by external hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Zea mays* L. *New Phytologist*,124(2), 221-230.
- Fritz M, Jakobsen I, Lyngkjær MF, Thordal-Christensen H, Pons-Kühnemann J (2006). Arbuscular mycorrhiza reduces susceptibility of tomato to *Alternaria solani*. *Mycorrhiza*, 16(6), 413-419.
- Gallardo M, Thompson RB, Valdez LC, Pérez C (2004). Response of stem diameter to water stress in greenhouse-grown vegetable crops. *Acta Hort*, 664, 253-260.
- Gerdermann JW, Nicolson TH (1963). Spores Of Mycorrhizal Endogeny Species Extracted From soil By Wet Sieving And Decanting. *Trans Brit. Mycol. Soc.* 46,235-244

- Giovannetti M, Mossea B (1980). An Evaluation Of Techniques For Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza İn Roots. *New Phytologist* 84, 489-500.
- Johansen A, Jakobsen I, Jensen ES (1993). Hyphal transport by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus of N applied to the soil as ammonium or nitrate. *Biology and Fertility of Soils*, 16(1), 66-70.
- Jones HG (2007). Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *Journal of experimental botany*, 58(2), 119-130.
- Karagiannidis N, Bletsos F, Stavropoulos N (2002). Effect of Verticillium Wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and Mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on Root Colonization, Growth and Nutrient Uptake in Tomato and Eggplant Seedlings. *Scientia Horticulturae*, 94(1): 145-156.
- Karipçin MZ, Sari N, Kırnak H (2010). Effects of Drought on Yield and Pomological Features of Wild and Domestic Turkish Watermelon Genotypes. *Acta Hort. (ISHS)* 871:259-266.
- Karipçin MZ, Rastgeldi U, Pakyürek AY (2012a). Harran Ovası Koşullarında Alçak Tünellerde Marul ve Başsalata Yetiştiriciliği, Sıra Aralığı, Ekim Zamanı, Çeşit Belirlenmesi, Azot Dozu ve Su Düzeylerinin Araştırılması. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, s. 235-246. Konya.
- Karipçin MZ, Rastgeldi U, Pakyürek AY, Söylemez S (2012b). Harran Ovası Koşullarında Alçak Tünellerde Kavun ve Karpuz Yetiştiriciliği. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, s. 247-265. Konya.
- Kaya C, Ashraf M, Sonmez O, Aydemir S, Tuna AL & Cullu MA (2009). The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae* 121: 1-6.
- Kırnak H, Higgs D, Kaya C, Tas I (2005). Effects of irrigation and nitrogen rates on growth, yield, and quality of muskmelon in semiarid regions. *Journal of plant nutrition*, 28(4), 621-638.
- Kırnak H, Kaya C, Bilgel F, Beraketoğlu K, (2009). Effect of seasonal water stress imposed on drip irrigated second crop watermelon grown in semi-arid climatic conditions. *Irrigation Sci.*, 27, 155-164.
- Koske RE, Gemma JN (1989). A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological research*, 92(4), 486-488.
- Krishnaraj PU, Sreenivasa MN (1992). Increased root colonization by bocteria due to inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus in Chilic (*Capsicum annuum*). *Zentralblatt für Mikrobiologie* 147(1-2):131:133
- Lal R (1981). *Proc. Tropical Root crops*, Ibadan, Nigeria, s. 120-123.
- Laribi B, Bettaieb I, Kouki K, Sahli A, Mougou A, Marzouk B (2009). Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30(3), 372-379.
- Maboko MM, Bertling I, Du Plooy CP (2013). Effect of Arbuscular Mycorrhiza and Temperature Control on Plant Growth, Yield, and Mineral Content of Tomato Plants Grown Hydroponically. *HortScience*, 48(12), 1470-1477
- Mannan MA, Bhuiya M, Begum R (2002). Effect of water regimes on the growth and yield of summer lettuce. *Journal of Training and Development*, 15 (1-2): 145-149.
- Marschner H, Dell B (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and soil*, 159(1), 89-102.
- Mena-Violante HG, Ocampo-Jiménez O, Dendooven L, Martinez-Soto G, González-Castaneda J, Fred T, Davies JR, Olalde-Portugal V (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L. cv San Luis) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*, 16, (4), 261-267.
- Morgan JM (1984). Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual review of plant physiology*, 35(1), 299-319.
- Mouk BO, Ishii T (2006). Effect of arbuscularmycorrhizal fungi on tree growth and nutrient uptake of *Sclerocarya birrea* under water stress, salt stress and flooding. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 75: 26-31.
- Naor A, Cohen S (2003). Sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding irrigation from field-grown apple trees. *HortScience*, 38(4), 547-551.
- Neumann PM (1995). The role of cell wall adjustments in plant resistance to water deficits. *Crop Science*, 35(5), 1258-1266.
- Olsen JK, Schaefer JT, Edwards DG, Hunter MN, Galea VJ, Muller LM (1999). Effects of mycorrhizae, established from an existing intact hyphal network, on the growth response of capsicum (*Capsicum annuum* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to five rates of applied phosphorus. *Australian Journal of Agricultural Research* 50(2): 223-237.

- Ortaş İ (1997). Mikoriza nedir. TUBİTAK dergisi. Ankara. Şubat, (351).
- Osmond CB, Austin MP, Berry JA, Billings WD, Boyer JS, Dacey JWH, Winner WE (1987). Stress physiology and the distribution of plants. *BioScience*, 37(1), 38-48.
- Pagano MC (2014). Drought stress and mycorrhizal plant. In *Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses*, Volume 1 (pp. 97-110). Springer New York.
- Pfeiffer CM, Bloss HE (1988). Growth and nutrition of guayule (*Parthenium argentatum*) in a saline soil as influenced by vesicular–arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization. *New Phytol.* 108, 315–321.
- Rubio H, Uribe P, Borie B, Moraga P, Contreras N (1994). VA mycorrhizae in horticulture. Infection rate in lettuce and tomato and its incidence on plant growth. *Agricultura Tecnica (Chile.)*
- Ruiz-Lozano JM (2003). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. *New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza*, 13(6), 309-317.
- Satir NY, Ortas I, Satir O (2016). The influence of mycorrhizal species on sour orange (*Citrus aurantium* L.) growth under saline soil conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 53(2), 399-406.
- Srinivas K, Hegde DM, Havanagi GV (1989). Plant water relations, canopy temperature, yield and water-use efficiency of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) Matsum et Nakai under drip and furrow irrigation. *Journal of Horticultural Science*, 64(1), 115-124.
- Tari I, Camen D, Coradını G, Csiszar J, Feuc E, Gêmes K, Lazar A, Madosa E, Mihacea S, Poor P, Postelnicu S, Staicu M, Szepesi A, Nedelea A, Erdei L (2008). Changes in chlorophyll fluorescence parameters and oxidative stress responses of bush bean genotypes for selecting contrasting acclimation strategies under water stress.
- Taylor AA, De-Felice J, Havill DC (1982). Nitrogen metabolism in *Poterium sanguisorba* during water stress. *New Phytologist*, 90(1), 19-25.
- Wang W, Vinocur B, Altman A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1), 1-14.
- Waterer D, Coltman R (1989). Mycorrhizal infection level of bell pepper transplants influences subsequent responses to soil solution phosphorus. *Journal of plant nutrition*, 12(3), 327-340.
- Zhang ZS, Wei XH, Li XR, Wang XP, Xie ZK (2004). Analysis on investment and benefit of harvested rainwater utilization in the northwest loess Plateau. *Advances In Water Science*, 6, 022.
- Zhao B, Trouvelot A, Gianinazzi S, Gianinazzi-pearson V (1997). Influence of two legume species on hyphal production and activity of two arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 7:179-185.