



## The Effects of Mycorrhiza Application on Vegetative and Generative Growth in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants under Water Deficiency Conditions<sup>#</sup>

Kamile Ulukapı<sup>1,a,\*</sup>, Zehra Kurt<sup>2,b</sup>, Sevinç Şener<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant and Animal Production, Vocational High School of Technical Sciences, Akdeniz University, 07059 Antalya, Turkey

<sup>2</sup>Department of Horticulture, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Akdeniz University, 07070 Antalya, Turkey

<sup>3</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Akdeniz University, 07070 Antalya, Turkey

\*Corresponding author

### ARTICLE INFO

<sup>#</sup>This study was presented as an oral presentation at the 1<sup>st</sup> International Congress of the Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (Antalya, TURJAF 2019)

Research Article

Received : 20/11/2019

Accepted : 26/11/2019

Keywords:

*Capsicum annuum* L.  
*Glomus etunicatum*  
Mycorrhiza  
Pepper  
Water deficiency

### ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which are beneficial soil organisms, have an important role in the uptake of plant nutrients by roots and thus help to healthy plant growth. The aim of this study was to determine the effects of AMF inoculation on the development of water-deficiency applied pepper plants. In this study, Tesla F<sub>1</sub> pepper cultivars, *Glomus etunicatum* inoculated and without *Glomus etunicatum*, were exposed to four different irrigation regimes (25I, 50I, 75I, 100I). At the end of the experiment these plants were compared in terms of some vegetative and fruit properties. For this purpose, at the end of the trial; shoot length (cm), root length (cm), root spread (cm), number of leaves, leaf width and length (mm), stem diameter (mm), fruit width (mm), fruit length (mm), root and shoot weights (g), fruit pH, total soluble solid content and chlorophyll index were measured. P (phosphorus) and K (potassium) contents of leaves samples taken from plants were determined. As a result, it was determined that 75I irrigation regime gave the best results in terms of both plant growth and fruit properties in all mycorrhizal and non-mycorrhizal plants. It was also concluded that 75% irrigation level is sufficient for plant growth.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(4): 927-931, 2020

## Su Kısıtı Koşullarında Biber (*Capsicum annuum* L.) Bitkisinde Mikoriza Uygulamasının Vejetatif ve Generatif Gelişme Üzerinde Etkileri

### MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 20/11/2019

Kabul : 26/11/2019

Anahtar Kelimeler:

Biber  
*Capsicum annuum* L.  
*Glomus etunicatum*  
Mikoriza  
Su kısıtı

### ÖZ

Faydalı toprak organizmaları olan Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF), bitki besin elementlerinin bitki kökleri tarafından alınmada ve dolayısıyla sağlıklı bitki gelişiminde önemli bir role sahiptirler. Bu çalışmada toprağa eklenen *Glomus etunicatum*'un, su kısıtı uygulanan biber bitkilerinin gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, dört farklı sulama konusu (I<sub>25</sub>, I<sub>50</sub>, I<sub>75</sub>, I<sub>100</sub>) ve AMF uygulamasının Tesla F<sub>1</sub> biber çeşidinin bitki gelişimi ve bazı meyve özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla deneme sonunda; sürgün uzunluğu (cm), kök uzunluğu (cm), kök yayılımı (cm), yaprak sayısı (adet), yaprak genişliği (mm) ve uzunluğu (mm), gövde çapı (mm), meyve eni (mm), meyve uzunluğu (mm), kök ve sürgün ağırlıkları (g), meyve pH, meyvede kuru madde miktarı ve klorofil indeksi ölçümleri yapılmıştır. Bitkilerden alınan yapraklar örneklerinin P (fosfor) ve K (potasyum) içerikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda AMF uygulanan ve uygulanmayan bitkilerin tümünde I<sub>75</sub> sulama konusunun hem bitki gelişimi hem de meyve özellikleri açısından en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir. Ayrıca I<sub>75</sub> sulama konusunun bitki gelişimi için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

<sup>a</sup>[kamileonal@akdeniz.edu.tr](mailto:kamileonal@akdeniz.edu.tr)

<sup>b</sup><https://orcid.org/0000-0001-8184-8967>

<sup>c</sup>[zehrakurt\\_64@hotmail.com](mailto:zehrakurt_64@hotmail.com)

<sup>d</sup><https://orcid.org/0000-0003-4651-9919>

<sup>e</sup>[ssener@akdeniz.edu.tr](mailto:ssener@akdeniz.edu.tr)

<sup>f</sup><http://orcid.org/0000-0001-5335-9250>



## Giriş

Tarımsal üretimde su eksikliği toprak ve bitkilerin verim ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Tarım arazilerinin yaklaşık %45'inin sürekli kuraklığa maruz kalmaktadır. Bu durum, kuraklığın, tarımsal üretim ve verimliliği sınırlayan abiyotik streslerden biri haline gelmesine neden olmaktadır. Kullanılabilir su miktarının sınırlı oluşu nedeniyle, hızla artan nüfus baskısının yaratacağı gelecekteki gıda talebinin, kuraklığın etkilerini daha da ağırlaştıracağı düşünülmektedir (Somerville ve Briscoe 2001; Bot ve ark., 2000). Bitkinin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için topraktan yeterli suyu alamaması durumunda bitki strese girmekte, bu sürecin uzaması geri dönüşü olmayan hasarlanmalara ve ürün kayıplarına neden olmaktadır.

Günümüzde yapılan araştırmalar bitki besin elementlerinin bitki köklerinin yanı sıra çoğunlukla arbusküler mikorhizal fungus (AMF), olarak adlandırılan, simbiyotik yaşam şeklini benimseyen ve çok miktarda hif üreten mantar türleri tarafından alındığı saptanmıştır (Ortaş ve ark., 1999). AMF'nin bitki beslenme açısından önemi hiflerinden kaynaklanmaktadır. Bunlar kökten gelişerek kökün bir uzantısı olarak işlev görür ve kök tarafından alınamayan besin elementlerinin topraktan alınımını sağlarlar (Aydın, 2002). Mikoriza terimi, Yunanca mantar (mycos) ve kök (rhiza) kelimelerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Doğada angiospermlerin %80'inden fazlasında ve gynospermlerin hemen hemen tamamında mikoriza-bitki simbiyozisi bulunmaktadır. Birçok sebze türünün yer aldığı *Amaryllidaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Cucurbitaceae*, *Fabaceae* and *Solanaceae* familyalarının mikoriza bağımlı familyalar olduğu bilinmektedir. Fosil kanıtlar bitki-mikoriza ilişkisinin 460 milyon yıldan daha eski olduğunu ve bitkilerin toprak habitatını kullanmada mikorizaların önemli rol oynadığını göstermektedir. AMF, bitkilerin kök yüzeyini ve mineral madde alımını arttırmakta, ayrıca olumsuz toprak koşullarında ve kuraklık stresinde bitki gelişimine yardımcı olmaktadır (Amaranthus ve Simpson 2011; Baum ve ark., 2015; Barman ve ark., 2016).

Bu çalışmada, dünyada ve Türkiye'de önemli bir sebze türü olan biber (*Capsicum annum* L.) bitkisinin farklı sulama seviyelerindeki bitki gelişimi ve AMF uygulamasının kısıtlı sulama koşullarında biber bitkilerinin gelişimi üzerine olan etkileri belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu uygulama serasında (ısıtmasız cam sera) yürütülmüştür. Bitki materyali olarak Tesla F<sub>1</sub> dolmalık biber çeşidi kullanılmıştır. Araştırma plastik saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada saksılara yetiştirme ortamı olarak perlit ve torf karışımı doldurulmuştur. Fideler Mart 2019 tarihinde saksılara dikilmiştir. AMF materyali olarak *Glomus etunicatum* kullanılmıştır (2g/L). AMF fide dikimi zamanında uygulanmıştır. AMF uygulanmış ve uygulanmamış biber bitkilerinin farklı sulama seviyelerindeki bitki ve meyve gelişim özelliklerini

belirlemek amacıyla dört farklı sulama konusu (I<sub>25</sub>, I<sub>50</sub>, I<sub>75</sub>, I<sub>100</sub>) oluşturulmuştur. Kulama konuları, Kanber (2006)'dan uyarlanmıştır. Deneme başlangıcında hesaplanan tarla kapasitesi sonuçlarına göre sulama konuları ve oranlar belirlenmiştir. İlk hasat aşamasına gelinceye kadar hesaplanan sulama konularına göre kontrollü olarak sulamalar yapılmıştır. Ayrıca tüm sulama konuları için AMF uygulanmamış kontrol bitkileri ile karşılaştırma yapılmıştır.

Deneme sonunda; toplam yaprak sayısı (adet), sürgün uzunluğu (cm), kök uzunluğu (mm), kök genişliği (mm), sürgün yaş ağırlığı (gr), kök yaş ağırlığı (gr), gövde çapı (mm), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), meyve eni (mm), meyve boyu (mm), meyve suda çözülebilir kuru maddesi, meyve pH'ı ve klorofil indeksi ölçülmüştür. Bitkilerden alınan yaprak örnekleri sırasıyla çeşme suyu ve saf su ile yıkanarak temizlenmiş ve kese kâğıdına konularak 65°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutulan yapraklar öğütülerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Kurutulmuş yaprak örnekleri Kjeldahl yöntemiyle (A.O.A.C 1980); HNO<sub>3</sub>+HClO<sub>4</sub> asit karışımı ile yaş yakılmış, yakılan örneklerde fosfor (P) analizi Vanado molibdo fosforik sarı renk metoduna (Kacar 1972) göre spektrofotometrede belirlenmiştir. Potasyum (K) analizleri ise alev fotometresi ile belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen veriler, bilgisayar ortamında SPSS 21.0 (Arbuckle 2012) istatistik paket programında değerlendirilmiş, ortamlar arasındaki farklılıkları belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biber bitkilerinin bazı bitki ve meyve gelişim özelliklerine AMF'nin etkileri araştırılmıştır. Bitkileri sürgün ve kök gelişimi açısından değerlendirmek amacıyla sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, kök genişliği, gövde çapı, kök yaş ağırlığı ve sürgün yaş ağırlığı incelenmiştir. Bu kriterlerin varyasyon analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kök yaş ağırlığı hariç tüm parametreler üzerinde hem farklı sulama konularının hem de AMF uygulamasının P<0,05 önem seviyesinde etkisi olduğu belirlenmiştir. Ancak tüm kriterler için sulama konuları ile AMF uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir interaksiyon tespit edilmemiştir. Benzer şekilde biberde Davies Jr ve ark (2002) yaprak, sürgün ve kök gelişimi, Pischl ve Barber (2017) ise toplam biyokütle ve kök/sürgün bakımından AMF uygulaması ile kuraklık arasında interaksiyon olmadığını bildirmişlerdir.

AMF uygulamasının farklı sulama konularının, sürgün ve kök özellikleri üzerine etkileri Tablo 2'de verilmiştir. Sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, gövde çapı ve kök yaş ağırlıkları bakımından en yüksek değerler I<sub>75</sub> sulama konusunda, AMF uygulanmış bitkilerden elde edilmiştir. Kök genişliği ve sürgün yaş ağırlığı açısından ise I<sub>100</sub> sulama konusunun değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak kök genişliği ve sürgün yaş ağırlıklarında I<sub>100</sub> ve I<sub>75</sub> sulama konusu sonuçları arasında istatistiksel olarak bir fark olmaması, I<sub>75</sub> konusunun yeterli olabileceğini ortaya koymaktadır.

Tablo 1. Biber bitkilerinin kök ve sürgün gelişim parametreleri için varyans analiz sonuçları

Table 1. Variance analysis results for root and shoot growth parameters of pepper plants

Varyasyon kaynağı	SU(cm)	KU (cm)	KG (mm)	GÇ (mm)	KYA (g)	SYA (g)
Sulama (S)	*	*	*	*	Ö.D.	*
AMF (M)	*	*	*	*	Ö.D.	*
S*M	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

Sürgün uzunluğu (SU), Kök uzunluğu (KU), Kök genişliği (KG), Gövde çapı (GÇ), Kök yaş ağırlığı (KYA), Sürgün yaş ağırlığı (SYA) ÖD: önemli değil \*Önemli P<0,05.

Tablo 2. Farklı sulama seviyelerinin ve mikoriza uygulamasının biber bitkilerinin kök ve sürgün gelişimi üzerine etkileri

Table 2. Effects of different irrigation levels and mycorrhiza application on root and shoot growth of pepper plants

AMF Uygulaması	Sulama Seviyesi	SU (cm)	KU (cm)	KG (mm)	GÇ (mm)	KYA (g)	SYA (g)
AMF+	I <sub>25</sub>	40,54 <sup>c</sup>	36,94 <sup>b</sup>	48,96 <sup>b</sup>	5,95 <sup>b</sup>	9,11	24,33 <sup>b</sup>
	I <sub>50</sub>	44,05 <sup>bc</sup>	39,17 <sup>ab</sup>	90,81 <sup>a</sup>	7,98 <sup>a</sup>	10,32	38,80 <sup>ab</sup>
	I <sub>75</sub>	50,45 <sup>a</sup>	42,41 <sup>a</sup>	94,26 <sup>a</sup>	9,26 <sup>a</sup>	11,50	47,42 <sup>a</sup>
	I <sub>100</sub>	49,00 <sup>ab</sup>	39,52 <sup>ab</sup>	98,99 <sup>a</sup>	8,54 <sup>a</sup>	10,10	48,33 <sup>a</sup>
AMF-	I <sub>25</sub>	36,67 <sup>b</sup>	32,13 <sup>b</sup>	51,90 <sup>b</sup>	5,50 <sup>b</sup>	7,14 <sup>b</sup>	20,47 <sup>b</sup>
	I <sub>50</sub>	41,16 <sup>ab</sup>	35,28 <sup>ab</sup>	80,02 <sup>a</sup>	7,60 <sup>a</sup>	9,33 <sup>a</sup>	22,05 <sup>b</sup>
	I <sub>75</sub>	44,67 <sup>a</sup>	39,66 <sup>a</sup>	86,17 <sup>a</sup>	8,05 <sup>a</sup>	10,40 <sup>a</sup>	32,28 <sup>ab</sup>
	I <sub>100</sub>	38,87 <sup>ab</sup>	38,29 <sup>a</sup>	79,99 <sup>a</sup>	7,92 <sup>a</sup>	9,08 <sup>a</sup>	39,63 <sup>a</sup>

Sürgün uzunluğu (SU), Kök uzunluğu (KU), Kök genişliği (KG), Gövde çapı (GÇ), Kök yaş ağırlığı (KYA), Sürgün yaş ağırlığı (SYA), İstatistiksel farklılıklar aynı sütunlarda farklı harflerle ifade edilmiştir (P<0,05).

Biber mikorizaya bağımlılık indeksi yüksek olan bir sebze türüdür (Beltrano ve ark., 2013). Bitkilerin AMF'li ve AMF'siz gelişim değerleri karşılaştırıldığında, sonuçları istatistiksel olarak önemli çıkmamış olanlarda dahil olmak üzere, AMF uygulanmış bitkilerden elde edilen verilerin daha yüksek ve bitki gelişiminin AMF uygulanmış bitkilerde daha iyi olduğu açıkça görülmektedir. Altuntaş ve ark (2016), AMF uygulama zamanlarının ve uygulama sayısının farklı etkiler gösterse de genel olarak biber bitkilerinin gelişimi üzerine olumlu etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacıların çalışması ile kıyaslandığında, bu çalışmada elde edilen I<sub>75</sub> sulama konusunda AMF uygulanmış bitkilere ait bulgular, yaklaşık olarak aynı zaman denk gelen 63. gün sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Thanuja ve ark (2002) üç AMF deneyerek, biber kök gelişimi üzerine olan olumlu etkilerini ortaya koymuşlardır. Tablo 2'de yer alan kök uzunluğu ve kök genişliği sonuçları da AMF uygulamasının biber bitkileri arasında meydana getirdiği farkı açıkça ortaya koymaktadır. Sürgün gelişiminde de benzer şekilde I<sub>75</sub> sulama konusu ve AMF uygulaması öne çıkmaktadır. Farklı AMF uygulamalarının, genotipe bağlı olarak bitki gelişimini arttırdığı birçok çalışma ile desteklenmektedir (Marulanda ve ark., 2003; Sensoy ve ark., 2007; İkiz ve ark., 2009).

Biber bitkilerinin bazı yaprak ve meyve özellikleri üzerine sulama konularının ve AMF uygulamasının varyans analizi Tablo 3'te verilmiştir. Kök ve sürgün varyans analiz sonuçları ile benzer şekilde sulama seviyeleri ve AMF uygulaması arasında istatistiksel olarak önemli interaksiyon olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte meyve eni ve meyve boyu üzerine sadece sulama konularının, yaprak boyu üzerine sadece AMF uygulamasının ve yaprak sayısı, yaprak genişliği ve SÇKM üzerine her iki uygulamanın da P<0,05 düzeyinde etkisi olduğu belirlenmiştir. Meyve pH'sı ve klorofil indeksi üzerine ise her iki uygulamada istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

AMF uygulamasının kuraklık stresi koşullarında bitki gelişimini olumlu etkilediğine dair çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Marulanda ve ark., 2003; Aroca ve ark., 2008; Jezdinsky ve ark., 2012). Krishna (2018), *Glomus coronatum* inokule edilen farklı biber çeşitlerinde köklerle alınan suyun emiliminin arttığını ve AMF'nin bitki gelişimini teşvik ettiğini, ancak çeşitlerin duyarlılık düzeylerinin farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Diğer taraftan Davies Jr ve ark (2002) *Glomus albidum*, *Glomus claroides* ve *Glomus diaphanum* karışımı ve ayrıca *Glomus fasciculatum*'un saf izolatını kullanmışlar ve AMF uygulamasının kurak koşullarda su kullanım etkinliğini arttırmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada farklı sulama konularında AMF uygulamasının yaprak sayısı, yaprak uzunluğu ve klorofil indeksi üzerine istatistiksel olarak etkisi olmadığı belirlenmiştir. Meyve özelliklerinin sulama konularında artışa paralel olarak artış gösterdiği, kontrol grubu ile kıyaslandığı zaman AMF uygulanan bitkilerde meyve eni ve boyunun daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 4).

Biber bitkilerinin P (%) ve K (%) içerikleri, AMF uygulamasından bağımsız olarak su konularındaki azalmaya paralel bir şekilde düşüş göstermiştir (Şekil 1). AMF uygulanan bitkilerin hem P hem de K içerikleri uygulanmayanlara göre daha yüksek olurken, en yüksek içeriklere (%P: 0,27 AMF+, 0,24; %K: 9,07 AFM+, 7,47 AFM-) I<sub>100</sub> sulama konusunda ulaşmışlardır ve istatistiksel olarak P<0,05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Bitki gelişimi için mutlak gerekli elementlerden biri olan K, bitkini su dengesini sağlayarak kuraklık stresine toleransta etkili olmaktadır. Kuraklık stresi açısından önemli olan bir diğer element olan fosfor ise, potasyumun alınımına yardımcı olmakta, köklerin su alımını düzenleyerek bitkilerin su kullanım etkinliğini düzenlemektedir (Kacar ve Katkat 2010; Bolat ve Kara 2017). Kapoulas ve ark (2019), AMF (*Glomus intraradices*) kolonizasyonu ile biberde P içeriği arasında pozitif bir korelasyon olmasına rağmen, hem P hem de N içerikleri açısından uygulamalar

arasında bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Sensoy ve ark (2007)'da AMF (*Glomus intraradices* ve *Gigaspora margarita*) uygulamasının kök ve sürgünlerde P miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir yükselmeye neden olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bunu nedenini toprakta yeterli P olmasına bağlamışlardır. Nitekim Ortas ve ark (2001), yaptıkları araştırma sonucunda toprakta yeterli miktarda P ve çinko (Zn) olmadığı koşullarda, mikorizanın (*G. Mosseae* ve *G. etunicatum*) bitkilerin P ve Zn beslenmesinde önemli bir rol oynadığını saptamışlardır. Bu çalışmada sulama

seviyesinin artışına paralel olarak gerçekleşen P ve K artışının mikoriza aşılansız bitkilerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Al-Karaki (2017), tuz stresine maruz kalan biber bitkilerine mikoriza (*Glomus mosseae*) aşılansızın istatistiksel olarak P ve K içeriklerini arttırdığını saptamıştır. AMF uygulamasının biber bitkilerinin bitki besin elementi miktarlarını arttırdığı başka çalışmalarla da ortaya konmuştur ve P gübrelemesinin önemi üzerinde durulmuştur (Tanwar ve ark., 2013; Beltrano ve ark., 2013; Aissa ve ark., 2016; Selvakumar ve ark., 2018).

Tablo 3. Biber bitkilerinin yaprak ve meyve özellikleri için varyans analiz sonuçları  
Table 3. Variance analysis results for leaf and fruit characteristics of pepper plants

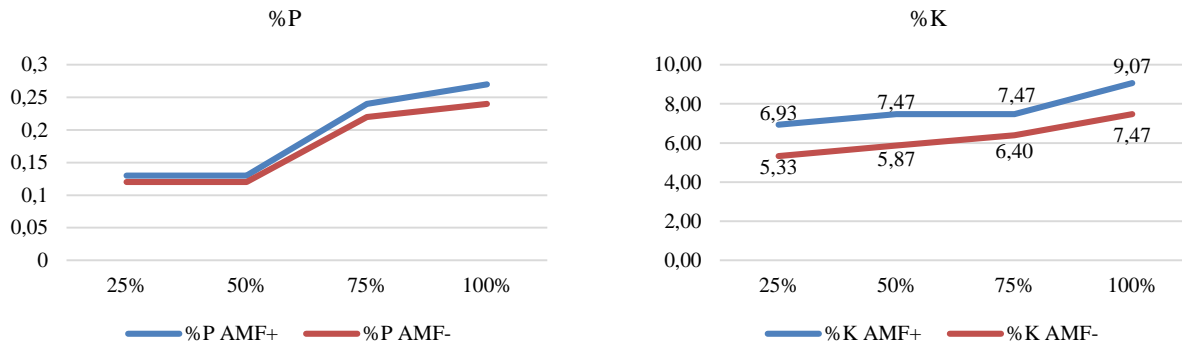
Varyasyon kaynağı	YS (adet)	YG (mm)	YU (mm)	ME (mm)	MB (mm)	pH	SÇKM	KI
Sulama (S)	*	*	Ö.D.	*	*	Ö.D.	*	Ö.D.
Mikoriza (M)	*	*	*	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	*	Ö.D.
S*M	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

YS: Yaprak sayısı, YG: Yaprak genişliği, YU: Yaprak uzunluğu, ME: Meyve eni, MB: Meyve boyu, pH: Meyvede pH değeri, SÇKM: Suda çözünebilir kuru madde, KI: Klorofil indeksi ÖD: önemli değil \* Önemli P<0.05.

Tablo 4. AMF ve farklı sulama seviyelerinin biber bitkisinde yaprak ve meyve özellikleri üzerine etkileri  
Table 4. Effects of AMF and different irrigation levels on leaf and fruit characteristics of pepper plant

Mikoriza Uygulaması	Sulama Seviyesi	YS (adet)	YE (mm)	YU (mm)	ME (mm)	MB (mm)	pH	SÇKM	KI
Mikoriza+	I25	27,33	30,94 <sup>b</sup>	56,68	31,24 <sup>c</sup>	42,18 <sup>b</sup>	5,64 <sup>a</sup>	5,50 <sup>ab</sup>	93,00
	I50	33,00	32,69 <sup>b</sup>	60,71	56,25 <sup>b</sup>	46,76 <sup>ab</sup>	5,34 <sup>b</sup>	5,33 <sup>ab</sup>	93,66
	I75	41,32	56,66 <sup>a</sup>	70,19	77,99 <sup>a</sup>	69,69 <sup>ab</sup>	5,20 <sup>b</sup>	5,83 <sup>a</sup>	100,00
	I100	46,23	46,12 <sup>a</sup>	66,20	70,67 <sup>ab</sup>	74,23 <sup>a</sup>	5,16 <sup>b</sup>	5,00 <sup>b</sup>	102,00
Mikoriza-	I25	18,33 <sup>c</sup>	30,07 <sup>b</sup>	52,56	38,29 <sup>c</sup>	37,95 <sup>c</sup>	5,11	5,07	76,67
	I50	21,67 <sup>bc</sup>	30,31 <sup>b</sup>	54,08	59,05 <sup>b</sup>	51,54 <sup>b</sup>	5,21	4,83	98,33
	I75	33,33 <sup>a</sup>	41,11 <sup>a</sup>	57,06	75,05 <sup>a</sup>	66,35 <sup>a</sup>	5,38	5,06	107,33
	I100	25,34 <sup>b</sup>	41,12 <sup>a</sup>	56,61	64,97 <sup>b</sup>	60,02 <sup>ab</sup>	5,35	4,00	106,53

Yaprak sayısı (YS), Yaprak genişliği (YE), Yaprak boyu (YB), Meyve eni (ME), Meyve boyu (MB), Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), Klorofil indeksi (KI), İstatistiksel farklılıklar aynı sütunlarda farklı harflerle ifade edilmiştir (P<0,05).



Şekil 1. AMF uygulanan biber bitkilerinin potasyum ve fosfor miktarlarının sulama seviyelerine göre değişimi  
Figure 1. Variation of potassium and phosphorus levels according to irrigation levels of AMF-applied pepper plants

## Sonuç

AMF, kök yüzeyini ve bitki besin maddesi alım verimliliğini artırarak, bitkilerin gelişimine katkıda bulunmakta ve stres koşullarında gelişmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada AMF (*Glomus etunicatum*) uygulamasının kök ve sürgün gelişimini teşvik ettiği, P ve K alımı üzerine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca I<sub>75</sub> sulama konusunun, biber bitkilerinin gelişimi için yeterli olduğu, ancak AMF uygulaması ile bitkilerin daha iyi geliştiği belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda göz önüne alındığında, çeşide uygun AMF 930

tespiti önem taşımaktadır. Bitki gelişimi, su kullanım verimliliğini arttırmak ve sürdürülebilir tarım açısından AMF uygulamasının önemli olduğu düşünülmektedir.

## Kaynaklar

Aissa E, Mougou A, Khalfallah KK. 2016. Influence of mycorrhizal inoculation and source of phosphorus on growth and nutrient uptake of pepper (*Capsicum annuum* L.) in calcareous soil. Journal of New Sciences, 28.

- Altuntaş Ö, Abak K, Daşgan HY. 2016. Serada Biber Yetiştiriciliğinde Arbusküler Mikorhizal Fungus Kullanımının Bitki Gelişimi ve Verime Etkileri. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 2 (2): 144-151.
- Amaranthus M, Simpson L. 2011. A Plant Evolution Revolution. ACRES, The Voice of Eco-Agriculture, 1-4.
- A.O.A.C 1980. Official Methods of Analysis. 13 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
- Arbuckle JL. 2012. IBM SPSS Amos 21 user's guide. Amos Development Corporation.
- Aroca R, Verniery P, Ruiz-Lozano JM. 2008. Mycorrhizal and non-mycorrhizal *Lactuca sativa* plants exhibit contrasting responses to exogenous ABA during drought stress and recovery. Journal of Experimental Botany, 59: 2029–2041.
- Aydın A. 2002. Mycorrhiza and Functions. Ministry of Agriculture and Rural Affairs Publication. Erdemli-MERSİN.
- Barman J, Samanta A, Saha B, Datta S. 2016. Mycorrhiza. Resonance, 21(12): 1093-1104.
- Baum C, El-Tohamy W, Gruda N. 2015. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. Scientia Horticulturae, 187: 131-141.
- Beltrano J, Ruscitti M, Arango MC, Ronco M. 2013. Effects of arbuscular mycorrhiza inoculation on plant growth, biological and physiological parameters and mineral nutrition in pepper grown under different salinity and p levels. Journal of soil science and plant nutrition, 13(1): 123-141.
- Bot AJ, Nachtergaele FO, Young A. 2000. Land resource potential and constraints at regional and country levels. World Soil Resources Reports 90. Land and Water Development Division, FAO, Rome. ISBN 92-5-104429-5.
- Davies Jr FT, Olalde-Portugal V, Aguilera-Gomez L, Alvarado MJ, Ferrera-Cerrato RC, Boutton TW. 2002. Alleviation of drought stress of Chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis) with arbuscular mycorrhiza indigenous to Mexico. Scientia Horticulturae, 92(3-4): 347-359.
- İkiz O, Abak K, Daşgan HY, Ortaş I. 2009. Effects Of Mycorrhizal Inoculation In Soilless Culture On Pepper Plant Growth. Acta Horticulturae, 807, 533–540. doi:10.17660/actahortic.2009.807.78
- Jezdinsky A, Vojtiskova J, Slezak K, Petrikova K, Pokluda R. 2012. Effect of drought stress and *Glomus* inoculation on selected physiological processes of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. cv 'Slavy'). Acta Universitatis Agriculturae Silviculturae Mendelianae Brunensis 60: 69–76.
- Kacar B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitkianalizleri. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara 646 ss.
- Kanber R. 2006. Irrigation. Cukurova University Publications. A-52, 530 pp.
- Kapoulas N, Ilić ZS, Koukounaras A, Ipsilantis I. 2019. Application Of Arbuscular Mycorrhizal Inoculum in Greenhouse Soil With Manure Induced Salinity for Organic Pepper Production. Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus, 18(1): 129-139.
- Krishna MSR. 2018. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters morphological and biochemical indices in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under drought stress. International Journal of Green Pharmacy (IJGP), 12(02).
- Marulanda A, Azcón R, Ruiz-Lozano JM. 2003. Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* L. plants under drought stress. Physiologia Plantarum, 119. 526–533.
- Ortaş İ, Ergün B, Ortakçı D, Ercan S, Köse Ö. 1999. Spores of Mycorrhiza Production Techniques and Possibilities of Use in Agriculture. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 959–968.
- Ortas I, Kaya Z, Çakmak I. 2001. Influence of arbuscular mycorrhizae inoculation on growth of maize and green pepper plants in phosphorus- and zinc-deficient soil. In: Horst W.J. et al. (eds) Plant Nutrition. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 92. Springer, Dordrecht.
- Pischl PH, Barber NA. 2016. Plant responses to arbuscular mycorrhizae under elevated temperature and drought. Journal of Plant Ecology, 10(4). 692-701.
- Selvakumar G, Yi PH, Lee SE, Shagol CC, Han SG, Sa T, Chung BN. 2018. Effects of Long-Term Subcultured Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Red Pepper Plant Growth and Soil Glomalin Content. Mycobiology, 46(2): 122-128.
- Sensoy S, Demir S, Turkmen O, Erdinc C, Savur OB. 2007. Responses of some different pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. Scientia Horticulturae, 113(1): 92-95.
- Somerville C, Briscoe J. 2001. Genetic engineering and water. Science, 292: 2217.
- Tanwar A, Aggarwal A, Kadian N, Gupta, A. 2013. Arbuscular mycorrhizal inoculation and super phosphate application influence plant growth and yield of *Capsicum annuum*. Journal of soil science and plant nutrition, 13(1): 55-66.