



## Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi

### Serada Biber Yetiştiriciliğinde Arbusküler Mikorhizal Fungus Kullanımının Bitki Gelişimi ve Verime Etkileri

Özlem Altuntaş<sup>1,\*</sup>, Kazım Abak<sup>2</sup>, H. Yıldız Daşgan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İnönü Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Malatya

<sup>2</sup>Lefke Avrupa Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Lefke, K.K.T.C.

<sup>3</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana

#### MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi 04 Haziran 2015

Kabul tarihi 20 Eylül 2015

Anahtar Kelimeler:

Mikoriza

Biber

Sera tarımı

Verim

Bitki gelişmesi

#### ÖZET

Ülkemizde seracılık, yıldan yıla gelişen, büyüyen, tarımın işgücü ve girdi yoğunluğu en yüksek sektörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak seralarda bitki artışı bırakmama, yüksek verim, uzun vegetasyon süresi ve yaz aylarında görülen hızlı organik madde kaybı sera topraklarının gübre gereksiniminin yükselmesine neden olmaktadır. Bu yüzden sera sebze yetiştiriciliğinde yoğun gübreleme yapılmaktadır. Ayrıca sera toprağının dezenfeksiyonu sırasında zararlıların yanında yararlı mikroorganizmalar da yok edilmektedir. Doğada, doğal olarak bulunan Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) olarak adlandırılan yararlı mikroorganizmalar, bitki kökleri ile simbiyotik formda yaşamlarını sürdürmekte ve toprakta bitki besin elementlerinin bitki tarafından alınımını kolaylaştırmaktadır. Günümüzde çevre bilinci geliştikçe üretimde doğal kaynakların kullanımı ön plana çıkmaktadır. Mikoriza gibi doğal kaynakların kullanımı ve değerlendirilmesi hem daha temiz bir çevre için hem de ekonomik nedenlerle önemlidir. Bu çalışmada; serada buharla sterilize edilerek, bünyesinde doğal olarak bulunan AMF'nin yok edildiği toprakta yetiştirilen bibere, 2 farklı AMF türü (*Glomus caledonium* ve *Glomus clarum*) 3 farklı şekilde uygulanmıştır (tohum ekimi zamanında bir kez, fide dikimi zamanında bir kez ve tohum ekimi zamanı ile fide dikim zamanında iki kez). Uygulamaların biberde bitki gelişimi, verim ve bitkinin beslenme durumu üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, serada yetiştiricilikte ortama AMF ilavesi bitki gelişmesi ve verimi olumlu yönde etkilemiştir. Verim birer kez uygulamalarda kontrole göre yaklaşık % 16 oranında bir artış sağlarken, iki kez uygulama yaklaşık %29 oranında arttırmıştır. Bitki gelişimi ve beslenme üzerine etkilerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

### The Effects of Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Plant Development and Yield in Pepper Growth in Greenhouses

#### ARTICLE INFO

Article history:

Received 04 June 2015

Accepted 20 August 2015

Keywords:

Mycorrhiza

Pepper

Greenhouse cultivation

Yield

Plant growth

#### ABSTRACT

In our country, the greenhouse growing from year to year and the greenhouse growth appears as the agriculture sector in which the labor and the input intensity are the highest. But cleaning of the greenhouse from the crop residues, high yield, long vegetation period and rapid lost of organic matter in the summer leads to an increase in the need for fertilization of greenhouse soils. For these reasons, in vegetable growth in greenhouses the fertilizers are used widely. Beside this, during the disinfection of the greenhouse soil, the useful microorganisms are obliterated besides the harmful organisms also. A natural microorganism, known as AMF sustains its life with plant roots in symbiotic form and in this way, it facilitates the absorption of nutrients from the soil by the plant. Nowadays, as the environmental awareness grows, the importance of usage of natural sources are increasing. The usage of natural sources such as AMF are vital for both a

\* Sorumlu yazar email: [ozlem.altuntas@inonu.edu.tr](mailto:ozlem.altuntas@inonu.edu.tr)

cleaner environment and economy. In this study, 2 different AMF (*Glomus calledonium* and *Glomus clarum*) are applied in 3 different way (once at the seed sowing time, once at seedling time and two times at seed sowing and at seedling time) to the pepper growth in the soil sterilized by steam in which the natural AMF is obliterated. The effects of these applications on plant development, yield and nutrition for pepper were researched. As a result, in greenhouses, the addition of AMF to the soil effects the plant development and yield positively. While the yield increased %16 with respect to the control in one time applications, it increases %29 in two times applications. The same results were obtained for plant development and nutrition.

## 1. Giriş

Doğadaki en yaygın bitki-mikroorganizma ilişkisi mikoriza mantarları tarafından sağlanmaktadır. Mikoriza mantarları ekosistemdeki bitkilerin yaklaşık %95'inin köklerine infekte olabilmektedir. Mikorizal mantarlar çok miktarda hif üretimiyle bitki kök yüzey alanını arttırmakta ve kökten çok uzaklardaki besin elementlerini hifleri aracılığıyla alabilmekte ve bitkiye ulaştırabilmektedir (George ve ark. 1992; Marschner, 1993).

Bitki-mikoriza işbirliğinde; bitki mikorizal mantara (fotosentez ürünü) karbon, mikorizal mantar da bitkiye su ve besin elementi sağlamaktadır (Ortaş, 1998; Ted, 2002). Mikoriza aşılamanın bilinen en iyi faydası bitkinin büyümesini hızlandırmasıdır. Fakat mikorizanın tek ve asıl yararı bu değildir. Toprağın yapısını iyileştirmesi, bitkileri patojenlerden koruma, kuraklığa direnci yükseltme, bitkinin hayatta kalabilme yeteneğini artırma ve yararlı bitkisel hormonlara etki diğer önemli yararlarıdır (Ted, 2002).

Konvansiyonel tarımın yarattığı kirliliği önleme amacıyla çevreye zarar vermeden yeterli ürün elde etme anlayışı, ayrıca organik tarımda doğal kaynakların kullanımı çevre bilinci geliştikçe ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde toprak analizlerine dayandırılmayan bilinçsiz ve aşırı azot fosfor kullanımı söz konusudur. Tek yönlü ve aşırı gübre kullanımı hem dengesiz beslenmeye hem de topraktaki yararlı mikroorganizmaların inaktif hale geçmesine neden olmaktadır.

Bitkilerin topraktan kolay alınabilir besin elementleriyle gübrenmesi yerine toprakta mevcut olan bitki besin elementlerinden daha etkin şekilde faydalanmaları çevre sağlığı ve doğal kaynaklardan yararlanma yönünden daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

Tablo 1  
Denemede kullanılan toprağın özellerine ilişkin analiz sonuçları

Bünyesi	pH	Kireç (%)	Total tuz (%)	Organik madde (%)	Fosfor (%)	Potasyum (%)
Killi-tın	7.73	35.1	0.022	0.76	2.67	54

İki dönem devam eden çalışmada; ilkbahar dönemi yetiştiriciliği için tohumlar 23 Aralıkta ekilmiş, fideler serada kanaletlere 3 Martta dikilmiştir. Sonbahar yetiştiriciliği için tohumlar 23 Ağustosta ekilmiş, seraya 16 Ekimde dikilmiştir. Bitkilere verilecek besin çözeltisi

Ülkemizde seracılık; günden güne gelişen, büyüyen, tarımın işgücü ve girdi yoğunluğu en yüksek sektörü olarak karşımıza çıkmaktadır. 2014 yılı itibarıyla ülkemizde; cam sera varlığı 80 976 da, plastik sera varlığı 298 651 da olmak üzere toplam 379 627 da sera alanımız vardır (Tuik, 2014). Seralarda bitki artığı bırakmama, yüksek verim uzun vegetasyon süresi ve yaz aylarında görülen hızlı organik madde kaybı serada yoğun gübreleme nedenlerindedir. Ayrıca sera toprağının dezenfeksiyonu ya da solarizasyon sırasında zararlıların yanında yararlı mikroorganizmalarda yok edilmektedir. Dolayısıyla sera toprağında doğal AMF bulunmamaktadır. Gübre kaynaklarının sınırlı ve pahalı olması nedeniyle AMF gibi doğal kaynakların kullanımı ve değerlendirilmesi daha temiz bir çevre için hem de ekonomik nedenlerle önemlidir (Ortaş, 2003).

Bu çalışmada; sterilize edilmiş toprakta ortama katılan mikoriza mantarının serada biber yetiştiriciliğinde bitki büyümesi, besin elementi alımı ve verime etkileri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait (12x30m) 360m<sup>2</sup> lik plastik serada yürütülmüştür. Bitki materyali olarak Balo F<sub>1</sub> (Rito A.Ş.) dolmalık biber çeşidi kullanılmıştır. Mikorizal fungus materyali olarak *Glomus caledonium* ve *Glomus clarum* uygulanmıştır. Araştırma plastik kanaletlerde (240x30x20 cm) gerçekleştirilmiştir. İçerisinde buharla sterilize edilmiş toprak bulunan kanaletlere 30 cm aralıklarla 8 bitki dikilmiştir. AMF ise; tohum ekimi zamanında (TE), fide dikimi zamanında (FD), hem tohum hem de fide dikim zamanında (TE+FD) uygulanmıştır. Bu uygulamaların yanında AMF uygulanmamış kontrol bitkileri ile karşılaştırma yapılmıştır.

için Morgan ve Lennard (2000) den yararlanılmıştır. Ayrıca sonbahar döneminde dikimden yaklaşık 1 ay sonra besin çözeltisindeki fosfor içeriği %30 oranında azaltılarak verilmiştir.

Denemede kullanılan toprak, buharla sterilize edilecek varsa bünyesindeki doğal AMF'nin yok edilmesi sağlanmıştır. Toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına ilişkin analiz sonuçları Tablo 1' de verilmiştir.

Denemeler bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmıştır. Ana parsellere AMF türleri (*Glomus caledonium*, *Glomus clarum* ve Kontrol) ve alt parsellere de uygulama zamanları (TE, FD, TE+FD) yerleştirilmiştir. Mikorizal fungus uygulamaları ise; tohum ekim döneminde tohum ekimi yapılan plastik küvetlere ekim yapılan sıralara 100 ml (1000 mikoriza sporu) inokulum dökülmüş her sıraya 33 adet tohum ekilmiştir (yaklaşık 33,33 mikoriza sporu/bitki). Mikoriza funguslarının bitki gelişmesi üzerine etkilerinin incelenmesi için dikimden 21.,63. ve 105. gün sonra bitkiler sökülerek kök uzunluğu, kök kuru ağırlığı, gövde uzunluğu, yeşil aksam kuru ağırlığı değerlerine bakılmıştır. Ayrıca

yapraklarda bitki besin içerikleri ve köklerde mikoriza infeksiyonu değerleri de belirlenmiştir. Toplam verim değerleri; ilkbahar döneminde toplam 10, sonbahar döneminde toplam 6 hasat üzerinden hesaplanmıştır. Sıcak dönemde haftada bir kez hasat yapılırken soğuk dönemlerde iki haftada bir yapılmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Kök uzunluğu

Her iki döneme ait kök uzunluğu değerleri Tablo 2'de sunulmuştur. Kök uzunluğu değerleri incelendiğinde; ilkbahar dönemine ait ilk ve son ölçüm tarihlerinde AMF uygulamalarının önemli bir fark meydana getirmediği, sadece ikinci ölçüm tarihi olan dikimden sonra 63. günde uygulama zamanlarının kontrole göre farkının istatistiksel olarak önemli çıktığı bulunmuştur.

Tablo 2

Her iki dönemde uygulama bitkilerinde saptanan kök uzunluğu değerleri (cm)

İlkbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clar.</i>	Ort.
TE	27.50	25.00	26.25	39.00	45.00	42.00 ab	58.00	54.00	56.00
FD	25.50	29.50	27.50	42.00	46.00	44.00 ab	63.00	52.00	57.50
TE+FD	24.00	29.00	26.50	45.00	44.00	44.50 a	57.00	63.00	60.00
Kont.	25.00	25.00	25.00	37.00	37.00	37.00 b	53.00	53.00	53.00
Ort.	25.50	27.13	26.31	40.75	43.00	41.88	57.75	55.50	56.63

D%5 (uyg. zamanı)= 7.50

Sonbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clar.</i>	Ort.
TE	20.50	19.50	20.00	24.50	26.00	25.25	29.00 b	35.00 ab	32.00
FD	19.50	19.00	19.25	26.00	24.00	25.00	30.00 ab	33.00 ab	31.50
TE+FD	18.00	21.50	19.75	26.50	27.50	27.00	38.00 a	33.00 ab	35.50
Kont.	19.50	19.50	19.50	24.00	24.00	24.00	28.50 b	28.50 b	28.50
Ort.	19.38	19.88	19.63	25.25	25.38	25.32	31.38	32.37	31.88

D%5 (uyg. za. x mik.)= 8.34

Sonbahar dönemde ise ilk iki ölçüm döneminde uygulamalar arasında fark bulunmazken son ölçüm tarihinde uygulama biçimleri ve AMF türleri arasında %5 hata düzeyinde interaksyon önemli çıkmıştır. Buna göre *G. caledonium* AMF türünün iki kez uygulaması kök uzunluğu belirgin şekilde arttırmış bu uygulamayı *G. clarum* mikoriza türünün tüm uygulama biçimleri ile *G. caledonium*'un fide dikim zamanı aynı ve ara gurup içinde yer alarak izlemiş, en düşük kök uzunluğu ise *G. caledonium*'un tohum ekim zamanı ve kontrol uygulamalarında ölçülmüştür.

#### 3.2. Kök kuru ağırlığı

Tablo 3 incelendiğinde, AMF uygulamasının bitkilerin kök kuru ağırlığını olumlu yönde ve önemli düzeyde etkilediği göze çarpmaktadır. İlkbahar döneminde; tüm ölçüm tarihlerinde AMF uygulamaları kök

kuru ağırlığını istatistiksel olarak önemli düzeyde arttırmıştır. Son ölçüm tarihinde iki kez uygulama kontrole göre kök kuru ağırlığını %35, birer kez uygulamalar yaklaşık %23 arttırmıştır.

Sonbahar döneminde; ilk ölçümde uygulama biçimleri ve mikorizal fungus türleri arasında %1 hata düzeyinde interaksyon bulunmuştur. En iyi uygulama, *G. clarum*'un iki kez uygulaması olarak bulunmuştur. *G. clarum* fide dikim zamanı ve *G. caledonium* tohum ekim zamanı olarak bulunmuş, diğer uygulamalar birbirine yakın değerlerle ara grupta yer almıştır. İkinci ölçüm tarihinde en yüksek kök kuru ağırlığı sırasıyla; iki kez uygulama, kontrol, tohum ekim zamanı ve fide dikim zamanı olarak bulunmuştur. Son ölçüm tarihinde, iki kez uygulama kontrolden belirgin şekilde ayrılmış,

birer kez uygulamalar ara grupta değer almıştır. *G. clarum* diğer fungusu göre kök kuru ağırlığını daha fazla arttırmıştır.

### 3.3. Gövde uzunluğu

AMF uygulamalarının gövde uzunluğuna etkisi Tablo 4'te sunulmuştur. İlkbahar döneminde yapılan ilk ölçümde, uygulamalar arasında belirgin bir fark çıkmamıştır. İkinci ölçüm tarihinde uygulamalar arasında %5

hata düzeyinde interaksiyon çıkmıştır. En iyi uygulamalar sırasıyla; *G. caledonium* fide dikim dönemi, *G. caledonium* tohum ekimi + fide dikim dönemi ve *G. clarum* tohum ekimi + fide dikim dönemi olarak bulunmuş, *G. caledonium* tohum ekimi ve *G. clarum* fide dikim dönemi ara grupta yer alırken kontrol en sonda yer almıştır. Son ölçüm döneminde ise uygulamaların etkisi istatistik analiz sonuçlarına göre önemli bulunmamıştır.

Tablo 3

Her iki dönemde uygulama bitkilerinde saptanan kök kuru ağırlığı değerleri (g)

#### İlkbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clar.</i>	Ort.
TE	0.65	0.60	0.63 ab	13.30	13.40	13.35 b	42.80	40.00	41.40 b
FD	0.85	0.75	0.80 a	14.20	9.80	12.00 b	41.40	43.60	42.50 b
TE+FD	0.75	0.85	0.80 a	20.10	16.30	18.20 a	53.80	48.10	50.95 a
Kont.	0.55	0.55	0.55 b	6.00	6.00	6.00 c	32.90	32.90	32.90 c
Ort.	0.70	0.69	0.69	13.40 a	11.38 b	12.39	42.73	41.15	41.94
	D%5 (uyg. zamanı)= 0.23			D%1 (uyg. zamanı)= 4.36			D%1 (uyg. zamanı)= 5.64		
	D%5 (mikoriza)=Ö.D.			D%5 (mikoriza)=1.76			D%1 (mikoriza)=Ö.D.		

#### Sonbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clar.</i>	Ort.
TE	0.80 b	0.90 ab	0.85	3.90	5.05	4.48 ab	7.06	9.40	8.10 ab
FD	1.00 ab	0.70 b	0.85	3.35	3.45	3.40 b	7.66	10.30	8.98 ab
TE+FD	0.95 ab	1.45 a	1.20	4.80	5.25	5.03 a	8.66	11.15	9.91 a
Kont.	1.20 ab	1.20 ab	1.20	5.10	5.10	5.10 a	7.60	7.60	7.60 b
Ort.	0.99	1.06	1.03	4.29	4.71	4.50	7.68 b	9.61 a	8.65
	D%1 (uyg.za.x mik.)=0.57			D%1 (uyg. zamanı)= 1.25			D%1 (mikoriza)=Ö.D.		

Sonbahar döneminde ise; AMF türlerinin ve onların uygulama zamanlarının gövde uzunluğuna etkisi istatistik analiz sonuçlarına göre önemli düzeyde bulunmamıştır.

### 3.4. Yeşil aksam kuru ağırlığı

AMF uygulamalarının yeşil aksam kuru ağırlığına etkileri incelendiğinde (Tablo 5); İlkbahar döneminde ilk ölçüm tarihinde ve son ölçüm tarihinde istatistiksel önemde uygulamalar arasında fark bulunmazken 2. ölçüm tarihinde mikoriza türleri arasındaki fark önemsiz ancak uygulama zamanları arasındaki fark önemli bulunmuştur. Buna göre iki kez uygulama ve tohum ekim dönemi kontrolden farklı, fide dikim dönemi ise ara grupta yer almıştır.

Sonbahar döneminde ise; ilk ölçüm tarihinde uygulama zamanları bakımından fide dikim dönemi kontrole göre farklı bulunmuş, iki kez uygulama ve tohum ekim dönemi uygulaması ara grupta yer almıştır. Sonraki iki ölçümde de istatistiksel önemde uygulamalar arasında fark görülmemiştir.

### 3.5. Yapraklarda Bitki Besin İçerikleri

Tablo 6'da mikoriza türlerinin biber bitkilerinde bitki besin içeriklerine etkileri incelendiğinde; ilkbahar döneminde iki kez AMF uygulanmasının kontrole göre fosfor içeriğini %4 arttırdığı saptanmıştır. Potasyum içeriği incelendiğinde; uygulama zamanı bakımından iki kez uygulama diğer uygulamalardan belirgin şekilde farklı bulunmuştur. Aynı şekilde iki kez uygulama çinko içeriğini de önemli düzeyde arttırmıştır. Bu uygulama kontrole göre %22 düzeyinde bir artış sağlarken birer kez uygulamalar ortalama %11 artış sağlamıştır. Sonbahar döneminde besin çözeltilisinde %30 fosfor azaltılmış olarak verilmiş, AMF uygulamalarının etkisi belirgin görülmemiştir. Sadece çinko içeriği bakımından iki kez uygulama kontrolden belirgin şekilde farklı bulunmuştur.

### 3.6. Köklerde enfeksiyon oranı

İnfeksiyon oranlarında hem mikoriza türlerinin, hem de uygulama zamanlarının istatistik analiz sonuçlarına göre önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 7). En iyi enfeksiyon iki kez uygulamalarda görülmüş,

birer kez uygulamadan belirgin şekilde ayrılmıştır. Kontroldeki düşük oranda bulaşmanın sulama yoluyla olduğu düşünülmektedir. AMF türlerinden *G.clarum* diğer fungusa göre köklere daha iyi infekte olmuştur. Son-

bahar döneminde, mikoriza türleri arasında fark bulunmazken, uygulama zamanları bakımından iki kez uygulama en yüksek değeri almış birer kez uygulamalarda istatistiksel olarak aynı grup içinde yer alınmıştır.

Tablo 4

Her iki dönemde uygulama bitkilerinde saptanan gövde uzunluğu değerleri (cm)

## İlkbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clar.</i>	Ort.
TE	18.50	17.50	18.00	41.00 <b>ab</b>	45.00 <b>a</b>	43.00	53.00	60.00	56.50
FD	17.50	16.50	17.00	47.00 <b>a</b>	40.50 <b>ab</b>	43.75	52.00	53.00	52.50
TE+FD	18.50	19.00	18.75	45.00 <b>a</b>	44.00 <b>a</b>	44.50	56.00	58.00	57.00
Kont.	17.50	17.50	17.50	35.00 <b>b</b>	35.00 <b>b</b>	35.00	51.00	51.00	51.00
Ort.	18.00	17.63	17.82	42.00	41.13	41.57	53.00	55.50	54.25
D%5 (uyg. zamanı)= Ö.D.			D%5 (uyg. za. x mik.)= 7.81			D%5 (uyg. zamanı)= Ö.D.			
D%5 (mikoriza)=Ö.D.						D%5 (mikoriza)=Ö.D.			

## Sonbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.cla.</i>	Ort.
TE	33.50	32.50	33.00	43.50	42.00	42.75	46.00	45.50	45.75
FD	31.00	34.00	32.50	45.50	43.50	44.50	47.00	50.00	48.50
TE+FD	31.50	35.50	33.50	46.00	45.00	45.50	47.50	49.00	48.25
Kont.	32.00	32.00	32.00	42.00	42.00	42.00	44.00	44.00	44.00
Ort.	32.00	33.50	32.75	44.25	43.13	43.69	46.13	47.13	46.63
D%1 (uyg.za.x mik.)=0.57			D%1 (uyg. zamanı)= 1.25			D%1 (mikoriza)=Ö.D.			

Tablo 5

Her iki dönemde uygulama bitkilerinde saptanan yeşil aksam kuru ağırlık değerleri (g)

## İlkbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clar.</i>	Ort.
TE	1.50	1.55	1.53	31.3	36.2	33.75	48.40 a	66.2	57.3
FD	1.75	1.60	1.68	32.2	24.2	28.20	52.6 ab	48.2	50.55
TE+FD	1.75	1.70	1.73	41.60	37.4	39.50	53.40 a	55.70	54.55
Kont.	1.40	1.40	1.40	19.20	19.20	19.20	38.20 b	38.20	38.20
Ort.	1.61	1.57	1.59	31.08	29.25	30.17	48.15	52.15	50.16
D%1 (uyg. zamanı)= 6.75			D%1 (mikoriza)=Ö.D						

## Sonbahar Dönemi

UYG	Dikimden sonra 21. Gün			Dikimden sonra 63. Gün			Dikimden sonra 105. Gün		
	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.clarum</i>	Ort.	<i>G.cal.</i>	<i>G.cla.</i>	Ort.
TE	5.54	5.37	5.46ab	22.8	19.10	20.96	30.40	38.46	34.43
FD	4.32	4.11	4.22b	16.15	18.5	17.33	35.83	37.53	36.78
TE+FD	4.97	5.95	5.47ab	21.8	23.45	22.63	39.49	37.96	38.71
Kont.	5.83	5.83	5.83a	18.30	18.30	18.30	36.83	36.83	36.83
Ort.	5.17	5.32	5.25	19.76	19.84	19.81	35.45	37.47	36.46
D%1 (uyg. zamanı)= 0.92			D%1 (mikoriza)=Ö.D						

Tablo 6

Her iki dönemde uygulama bitkilerinde saptanan bitki besin içerikleri

İlkbahar Dönemi

UYG	MİKORİZA TÜRÜ								
	<i>G. caledonium</i>			<i>G. clarum</i>			Ortalama		
	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)
TE	0.32	3.63	30.40	0.33	3.42	35.40	0.33 ab	3.53 b	32.90 ab
FD	0.33	3.50	31.75	0.34	3.74	35.80	0.34 ab	3.62 b	33.78 ab
TE+FD	0.36	3.31	36.80	0.36	3.44	38.50	0.36 a	3.73 b	37.65 a
Kont.	0.31	3.37	29.40	0.31	3.37	29.40	0.31 b	3.37 b	29.40 b
Ort.	0.33	3.70	32.09	0.34	3.74	34.78	0.34	3.72	33.09

D %5 (uyg.za.) = 0,04 (P), D %5 (uyg.za.) = 0,31 (K), D %5 (uyg.za.) = 6,65 (Zn)

Sonbahar Dönemi

UYG	MİKORİZA TÜRÜ								
	<i>G. caledonium</i>			<i>G. clarum</i>			Ortalama		
	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)
TE	0.29	3.85	37.60	0.28	3.63	39.10	0.29	3.74	38.35 ab
FD	0.27	3.84	45.70	0.26	3.24	40.83	0.27	3.54	43.27 ab
TE+FD	0.28	3.62	50.60	0.29	3.87	47.60	0.29	3.75	49.10 a
Kont.	0.27	3.46	36.50	0.27	3.46	36.50	0.27	3.46	36.50 b
Ort.	0.28	3.69	42.60	0.28	3.55	41.01	0.28	3.62	41.80

Tablo 7

Her iki dönemde uygulama bitkilerinin köklerinde infeksiyon oranı (%)

İlkbahar Dönemi				Sonbahar Dönemi			
UYG.	MİKORİZA TÜRÜ			UYG.	MİKORİZA TÜRÜ		
	<i>G. cale.</i>	<i>G. clarum</i>	Ortalama		<i>G. cale.</i>	<i>G. clarum</i>	Ortalama
TE	50.00	73.33	61.67 a	TE	36.67	46.67	38.33 b
FD	61.67	65.00	63.33 a	FD	25.00	25.00	25.00 b
TE + FD	80.00	85.00	82.50 a	TE + FD	76.67	83.33	75.83 a
Kont.	8.33	8.33	8.33 b	Kont.	6.67	6.67	6.67 b
Ort.	50.00	57.92	53.96	Ort.	36.25	40.42	38.33
D%1 (uyg.za.) = 35.09				D%1 (uyg. Za.) = 24.39			

Tablo 8

Her iki döneme ait toplam verim değerleri (g/bitki)

İlkbahar Dönemi				Sonbahar Dönemi			
UYG.	MİKORİZA TÜRÜ			UYG.	MİKORİZA TÜRÜ		
	<i>G. cale.</i>	<i>G. clarum</i>	Ortalama		<i>G. cale.</i>	<i>G. clarum</i>	Ortalama
TE	844.96	1016.17	930.57 ab	TE	846.17	849.33	847.75
FD	950.71	959.17	957.44 ab	FD	852.39	873.31	862.85
TE + FD	1063.58	1176.88	1120.23 a	TE + FD	888.38	1192.06	1040.22
Kont.	792.00	792.25	792.25 b	Kont.	713.63	713.63	713.63
Ort.	914.13	986.12	950.13	Ort.	825.14	907.08	866.11
D%1 (uyg.za.) = 264.13				D%1 (uyg. Za.) = 24.39			

### 3.7. Verim

Mikorizal fungus uygulamalarının toplam verime etkisi Tablo 8'de sunulmuştur. Biber için elverişli iklim koşullarının olduğu ilkbahar döneminde uygulama zamanlarının verim üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. En yüksek verim AMF türlerinin iki kez uygulanmasında bulunmuş, kontrolden belirgin şekilde ayrılmıştır. Birer kez uygulamalar ara grupta yer

almışlardır. Sonbahar dönemindeki verim sonuçları incelendiğinde ilkbahar dönemine göre düşük olup, uygulamalar arasında fark olsa da bu istatistiksel değerlendirilmede önemli bulunmamıştır.

### 3.8. Tartışma

İki farklı AMF türünün 3 değişik uygulama biçim ve zamanları, serada biber yetiştiriciliğinde verim açısından olumlu etki yapmıştır. Özellikle ilkbahar döneminde koşullar biber yetiştiriciliği için daha elverişli olduğundan bu dönemdeki etki daha belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Sonbahar döneminde soğuk nedeniyle ilk dönemdeki kadar belirgin sonuç vermemiştir. Ancak her iki dönemde de uygulamalar arasındaki farklılık birbirine paraleldir. Douds ve Reider (2003) biberde, Abdelhafez ve Abdel-Monsief (2006) kavun ve hıyarda, Ortaş (2012) biber, domates ve patlıcanda mikorizal fungus uygulamalarının verimi yükselttiğini belirtmişlerdir. En iyi uygulama biçimi olarak tohum ekim zamanı + fide dikim zamanı olmak üzere iki kez mikoriza uygulaması olarak belirlenmiştir. Toplam verim, ilkbahar döneminde; iki kez uygulama ile kontrole göre % 29, birer kez uygulamalar ile ortalama % 16 oranında artmıştır. Sonbahar döneminde ise; iki kez uygulama kontrole göre % 31, birer kez uygulamalar ise ortalama % 17 oranında artış sağlamıştır.

Kısmen kök uzunluğu ama en çok kök yoğunluğu fazla olduğu için kuru kök ağırlığı kontrol bitkilerinden daha yüksek bulunmuştur. Benzer sonuçları Rubio ve ark. (1994) domates ve maruldan, Aguilera Gomez ve ark. (1999) biberde, Zhao ve ark. (1997) baklagillerde elde etmişlerdir. AMF uygulamaları iyi bir kök gelişimini, ardından da iyi bir yeşil aksam gelişimini meydana getirmiş buna bağlı olarak da verim artışı sağlanmıştır. Al-Momany (1987) 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 AMF uygulaması ile arttığını bildirmişlerdir. Krishnaraj ve Sreenivasa (1992) Aguilera Gomez ve ark. (1999), biberde yaptıkları çalışmalarda da bu sonucu destekler nitelikte bulgular elde etmişlerdir. Besin elementi alımı her iki dönemde de 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.

Günümüz koşullarında doğal kaynaklardan yararlanmak çevre açısından önemlidir. Bu araştırmamızla doğrulanan mikorizal fungus gibi doğal bir kaynağın biber üretiminde kullanılması ile daha sağlıklı bitkiler yetiştirilmesi ve bu yolla aşırı gübrelemeden kaçınılması mümkündür. Özellikle solarizasyon ya da dezenfeksiyonla sera toprağında yok edilen yararlı mikroorganizmalardan AMF'nin tekrar toprağa uygulanması bitki gelişimini, besin elementi alımını ve verimini olumlu yönde etkilemiştir.

### 4. Teşekkür

Bu çalışmada kullandığımız mikorizalar Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ'tan temin edilmiştir. Kendisine bu çalışmaya yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ediyoruz.

### 5. Kaynaklar

- Abdelhafez AA, Abdel-Monsief RA (2006). Effects of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of cantaloupe and cucumber under different water regimes. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2(6):503-508.
- 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 (*Capsicum 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* 10:51-54.
- Al-Momany AR (1987). Effect of three vesicular arbuscular mycorrhizal isolates on growth of tomato, eggplant and pepper in a field soil. *Dirasat (jordan)* 14: 161-168.
- Douds DD, Reider C (2003). Inoculation with mycorrhizal fungi increases the yield of green peppers in a high P soil. *Biological Agriculture and Horticulture* 21: 91-102.
- George E, Haussler K, Kothari S, Li XL, Marschner H (1992). Contribution of Mycorrhizal Hyphae to Nutrient and Water Uptake of plants. In *Mycorrhizas in Ecosystems* (Eds) DJ Read, HD Lewis, AH Fitter and Alexandar. *C.A.B International*.
- 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(1-2):145-156.
- Krishnaraj PU, Sreenivasa MN (1992). Increased root colonization by boacteria due to inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus in Chilic (*Capsicum annuum*). *Zentrallblat fur Mikrobiologie* 147(1-2):131:133
- Marschner H (1993). Zinc Uptake from soils. In: *Zinc in soil and Plants*. *Kluwer Academic Publishers*.
- Morgan L, Lennard S (2000). *Hydroponic Capsicum Production*. *Casper Publication* Australia.
- 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 (1998). Workshop Kurs Notları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. 20-22 Mayıs, Adana.
- Ortaş İ (2003). Effect of selected mycorrhizal inoculation on phosphorus sustainability in steril and no sterile soils in the Harran Plain in South Anatolia. *Journal of Plant Nutrition* 26(1): 1-17.
- Ortaş İ (2012). The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. *Field Crops Research* 125: 35-48.
- Rubio HR, Uribe PR, Borie BF, Moraga PE, Contreas NA (1994). VA Mycorrhiza in Horticulture Infection Rate Lettuce and Tomato and its Incidence on Plant Growth. *Agricultura Tecnica (Chile)* 54(1):7-14.
- Ted J (2002). Mycorrhizae and Plant Community. <http://mycorrhiza.org>
- Anonim (2014). <http://tuik.gov.tr>.
- Waterer DR, Coltman RR (1989). Response of bell pepper to inoculation Timing Phosphorous and Water stress. *Scientia Horticulturae*, 24:4 688-690.
- 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.