

İki Farklı Yetiştirme Döneminde Mikoriza ve Fosfor Uygulamalarının Dolmalık Biber Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Etkisi

Çağdaş AKPINAR^{1*}

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, 80760, Osmaniye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2783-397X>

*Sorumlu yazar: cagdasakpinar@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 08.07.2022

Kabul tarihi: 19.09.2022

Online Yayınlanma: 12.12.2022

Anahtar Kelimeler:

Dolmalık biber

Mikoriza

Fosfor

ÖZ

Bu çalışmada tarla koşullarında farklı mikoriza türleri aşılmasına ve fosfor (P) doz uygulamalarına bağlı olarak dolmalık biber bitkisinin gelişimi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemede mikoriza olarak *G. mosseae* ve *G. etunicatum* türleri, fosfor ise; fosforsuz (-P= 0 kg P₂O₅ ha⁻¹) ve fosforlu (+P= 80 kg P₂O₅ ha⁻¹) olarak uygulama yapılmıştır. Çalışma 1998 ve 1999 yıllarında iki yıl üst üste olacak şekilde yürütülmüştür. Bitkiler hasat edildikten sonra verim, bitki dokularında P ve çinko (Zn) konsantrasyonu ve mikorizal kök enfeksiyon analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; mikoriza ve P uygulamasının verime herhangi bir etkisi belirlenmez iken 1998 yılında mikoriza aşılması bitki P ve Zn konsantrasyonuna olumlu etki etmiştir. Her iki yıl yapılan çalışmada *G. mosseae* mikoriza türü ölçülen parametrelerde ön plana çıkmaktadır. P uygulamasının ise ölçülen parametreler üzerine herhangi bir etkisi bulunamamıştır.

The Effect of Mycorrhiza and Phosphorus Applications on the Growth and Nutrient Uptake of Bell Pepper Plant in Two Different Growing Periods

Research Article

Article History:

Received: 08.07.2022

Accepted: 19.09.2022

Published online: 12.12.2022

Keywords:

Bell pepper

Mycorrhiza

Phosphorous

ABSTRACT

In this study, in field conditions, it was aimed to determine the effect of inoculation of different mycorrhiza species on development of bell pepper plants which is depending on phosphorus dose applications. In the experiment, *G. mosseae* and *G. etunicatum* mycorrhiza species were inoculated with two phosphorus (P) doses (as non-phosphorus (-P= 0 kg P₂O₅ ha⁻¹) and (+P= 80 kg P₂O₅ ha⁻¹)) were applied. The study was carried out for two years in 1998 and 1999. After the plants were harvested, pepper yield, P and Zinc (Zn) concentrations in plant tissues and mycorrhizal root infection analyzes were done. According to the results obtained; While no effect of mycorrhizal inoculation and P application on yield was determined, exceeding mycorrhiza in 1988 had a positive effect on plant P and Zn concentrations. In both years, *G. mosseae* mycorrhiza species was found to be more effective. On the other hand, no significant effect of P application on yield and nutrient concentration were found.

To Cite: Akpınar Ç. İki Farklı Yetiştirme Döneminde Mikoriza ve Fosfor Uygulamalarının Dolmalık Biber Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(3): 1781-1790.

1. Giriş

Arbusküler mikoriza (AM), bitki kökleri ile mantar arasındaki en yaygın simbiyosis ilişki olarak kara bitki türlerinin yaklaşık %80'inden oluşmaktadır (Simith ve Read, 2008). AM çeşitli familyalardan başlıca tarımsal bitkiler dahil olmak üzere çoğu sebze bitkisi ile simbiyoz oluşturabilir:

Amaryllidaceae (soğan, pırasa, sarımsak), Apiaceae (havuç), Asteraceae (marul), Cucurbitaceae (salatalık), Fabaceae (fasulye ve bezelye) ve Solanaceae (domates, dolmalık biber) vb. Arbusküler mikoriza organik P bileşiklerinden hidrolize fosfatı almaya yardımcı olmak için tıpkı bitki köklerinden de bilindiği gibi (Koide ve Mosse, 2004) fosfatlar salgılayabilir (Joner ve ark., 2000; Koide ve Kabir, 2000).

Mikoriza aşılamanın, tuz stresi altında biber bitkilerinin zar stabilitesini ve bitki büyümesini koruma yeteneğini arttırdığı ve bu durumun P beslenmesi ile ilgili olabileceği rapor edilmiştir (Beltrano ve ark., 2013). Mikoriza infeksiyonunun konukçu bitki üzerindeki en dramatik etkilerinden biri, esas olarak toprakta hareketliliği ve bitkiler tarafından alınabilirliği düşük olan fosforun alımındaki (Ortas, 2003) ve Zn'deki (Kothari ve ark., 1991; Ortas ve ark., 2001) artışıdır. Mikorizal mantarların mikorizal infeksiyon ile topraktan fosfatı alıp konukçu bitkinin köklerine aktarmasının yanında (Asimi ve ark., 1980), makro ve mikro besin elementleri alımında da bir artışa neden olmaktadır (George ve ark., 1995; Garg ve Chandel, 2010). AM aşılanmış biber bitkileri, aşılanmamış bitkilere kıyasla artan klorofil indeksi ve N, P, Fe ve Zn yaprak içeriğine sahip olduğu görülmüştür (Diaz Franco ve ark., 2013). Tanwar ve ark., (2013a,b), AM'nin (*G. mosseae* ve *Acaulospora laevis*) bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (*Pseudomonas fluorescens*) ile birlikte fide şaşırtması sırasında %50 azaltılmış dozda P gübresinin biberin genel büyüme ve verim performansını artırmak için uygulanmış ve sonuçların biber yetiştiriciliğinde P gübresinin sürdürülebilirliği açısından olumlu olduğu görülmüştür. Düşük toprak P konsantrasyonlarında patates (*Solanum tuberosum*) bitkileri, mikorizal olmayan bitkilere kıyasla AM (*G. intraradices*) ile aşılamadan sonra büyüme teşviki, daha yüksek kök / sürgün oranı, daha yüksek fosfor kullanım verimliliği ve daha düşük bir yaprak / yumru oranı ortaya çıkardığı tespit edilmiştir (Davies ve ark., 2005). Conversa ve ark. (2013) domates için biyogübre olarak seçilen AM'nin uygulanmasının, bitkinin P gübreleme ihtiyacını azaltırken yetiştiriciler için ürün karlılığını artırmak için yenilikçi bir eko-sürdürülebilir uygulamayı temsil edebileceğini belirtmişlerdir. Çok sayıda araştırma sonucu, AM'nin sadece bitki büyümesi üzerinde değil, aynı zamanda bitki kalitesi üzerinde de olumlu etkilerini doğrulamaktadır (Backhaus, 1983; Schnitzler, 1997; Feldmann et ark., 1999). P gübresinin yetersiz olduğu durumlarda mikorizal aşılamanın domates (Ortas ve ark., 2013; Rafique ve Ortas 2018), biber (Ortas ve ark., 2011a,b; Colla ve ark., 2015; Carballar-Hernandez ve ark., 2018) ve patlıcanın büyümesini arttırdığı bildirilmiştir. Bitkilerin mikorizal mantarlarla simbiyosisi, yüksek ürün verimi elde edilirken fosfatlı gübre tüketimi azaltılır (Silva ve ark., 2016).

Fosfor, ekili bitkilerin maksimum verimi için gerekli olan temel mineral makro besinlerden biridir. Başta fosfor olmak üzere temel bitki besin maddelerinin çoğu toprakta çözünmez halde kalmaktadır (Abd-Alla, 1994; Yadav ve Dadarwal, 1997). Fosforun tek başına toprak üstü kuru madde ve fizyolojik özellikleri artırmasına rağmen, mikorizal mantarlar, çok düşük fosfor koşullarında bile bitkilerin büyümesinin arttırılmasında önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Fosfor, bitki büyümesi için hayati öneme sahiptir ve bitkilerin ve biyo-zarların nükleik asit yapısının bir bileşenidir. Bu nedenle hücre bölünmesi ve doku gelişiminde önemlidir (Habibzadeh, 2013). Bitkiler fosfor alımını ve

hareketliliğini artırmak için bir dizi strateji geliştirmiştir, fosfor hücrelerin enerji metabolizmasında yer alır ve bitkilerde birincil ve ikincil metabolitlerin biyosentezi için gereklidir (Marschner, 1996).

Tüm bu literatür çalışmaları ışığı altında çalışmada; tarla koşullarında farklı mikoriza türleri aşılmasının ve fosfor doz uygulamalarına bağlı olarak dolmalık biber bitkisinin gelişimi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deneme, Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanında yer alan Menzilat toprak serisi üzerinde 1998 ve 1999 yıllarında 2 yıl süreyle kurulmuş olup, toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Birim	Toprak (0-20 cm)
pH	(1:1 H ₂ O)	7,30
Tekstür		Tın
Org. Madde		1,10
Tuz	%	0,06
Kireç		33,02
N (Toplam)		0,11
P	kg ha ⁻¹	71,70
K	mg kg ⁻¹	0,40
KDK	meq 100 g ⁻¹	30,40

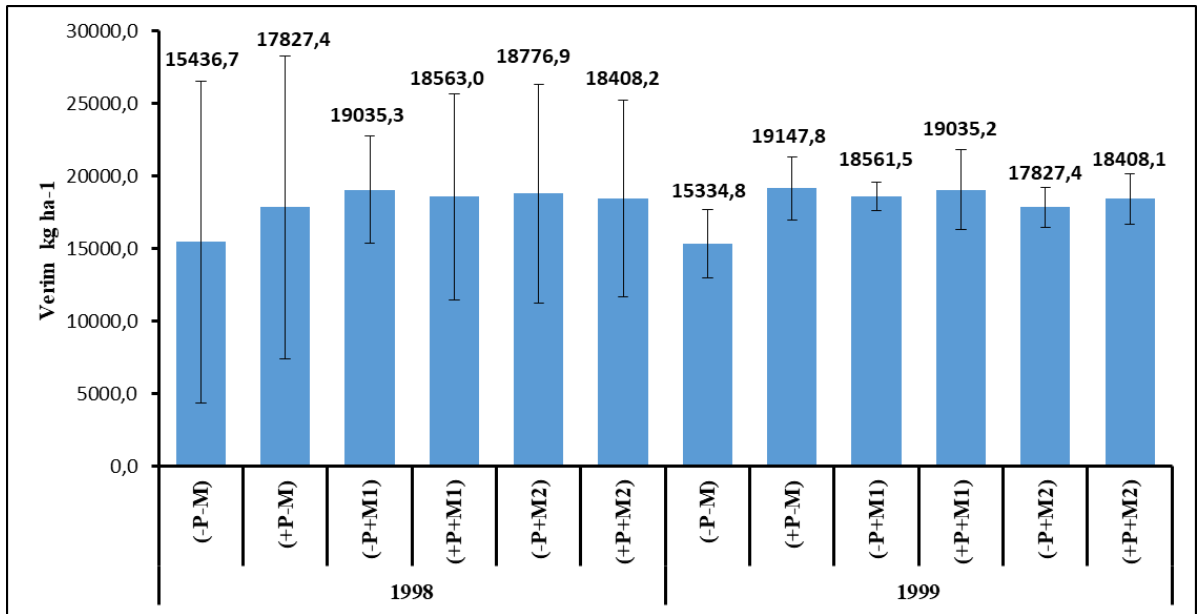
Deneme bitkisi olarak seçilen dolmalık biber tohumları 6:3:1 (kum, toprak ve hayvan gübresi) karışım ortamında tahta kasalarda çimlendirilmişlerdir. Daha sonra üç yaprak olarak çimlenmiş bitkicikler tüplere şaşırtılmıştır, sonrasında fideler dört yaprak olunca tüplerden tarlaya şaşırtılmışlardır. Mikorizalı fideler aynı harç ortamında tohum aşamasından itibaren mikorizalı olarak çoğaltılmışlardır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 2 mikoriza çeşidi (*G. mosseae* (M1) ve *G. etunicatum* (M2)) 3 fosfor dozu ve üç yinelemeli olarak kurulmuştur. Mikoriza 100 spor/fide olacak şekilde fidelerin kök bölgesine uygulanmıştır. Deneme fosforsuz (-P) kontrol (0 kg P₂O₅ ha⁻¹) ve fosforlu (+P) (80 kg P₂O₅ ha⁻¹) olarak yürütülmüştür. Fosfor kaynağı olarak Triple Süper Fosfat (TSP) gübresi uygulanmıştır. Dikim öncesi parsellere yaklaşık 100 kg N ha⁻¹ KNO₃ olarak serpmeye uygulanmıştır. Parsel boyutları 3 x 3 m= 9 m² olup parsel araları 2 m’dir. Bloklar arası mesafe ise 3 m olacak şekilde ayarlanmıştır.

Gelişme dönemi boyunca el ile toplanan dolmalık biberler tartılarak hektara verim miktarları tespit edilmiştir. Dolmalık Biber bitkisinden alınan yaprak örnekleri ilk olarak musluk suyu ardından %0,1’lik HCl, ve tekrar musluk suyu ve en sonunda saf sudan geçirildikten sonra, 65 °C’de 48 saat süreyle kurutulmuş ve daha sonra agat değirmende öğütülmüştür. Yaprak örneklerinde P konsantrasyonları Murphy ve Riley (1962)’e göre kolorimetrik olarak spektrofotometre 882 nm’de belirlenmiştir. Zn konsantrasyonları ise Kacar ve İnal (2008)’e göre Atomik Absorbsiyon

Spektrofotometre cihazında (Shimadzu AA-7000) yapılmıştır. Kök temizleme ve boyama işlemi Koske ve Gemma (1989)'ya göre, mikorizal infeksiyon oranının belirlenmesi ise Giovenetti ve Mosse (1980)'e göre incelenmeye alınmıştır. Elde edilen veriler SPSS 20.0 for Windows paket programında ANOVA varyans analizi ve uygulamaların ortalamaları arasındaki farklılıklara göre Tukey test analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

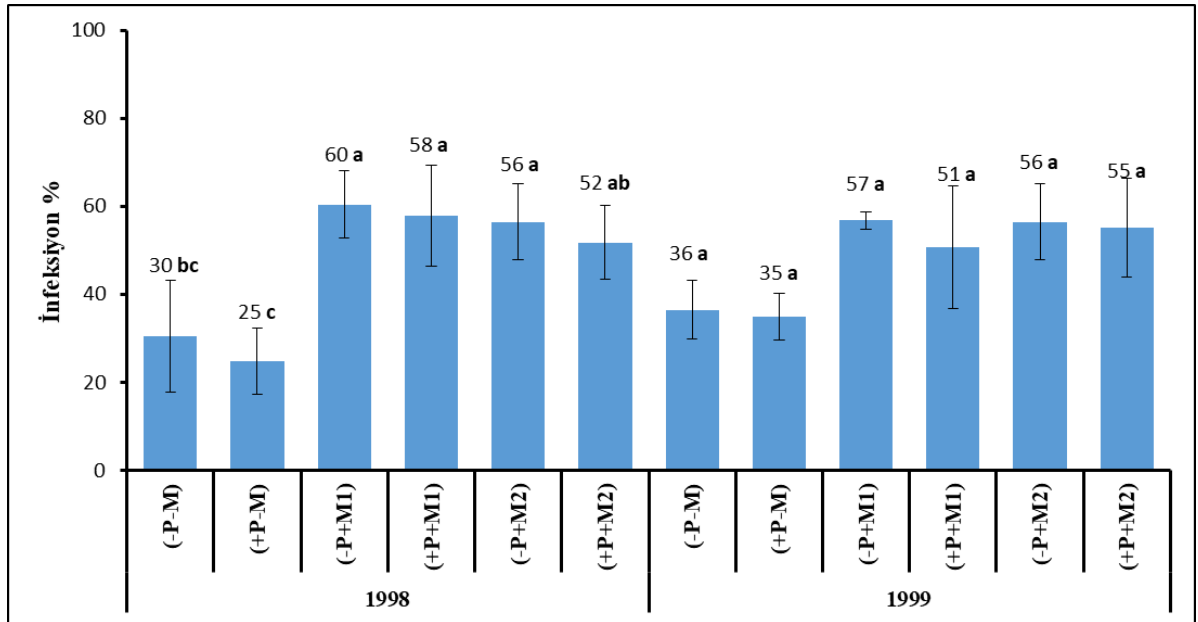
3. Bulgular ve Tartışma

Farklı mikoriza tür aşılması ve fosfor doz uygulamalarının dolmalık biber bitkisinin verim üzerine etkileri Şekil 1'de verilmiştir. Uygulamaların dolmalık biber bitkisinin verim üzerine olan etkisi incelendiğinde en yüksek verim 1998 yılında P uygulanmamış *G. mosseae* ile aşılanmış parsellerde $19035,3 \text{ kg ha}^{-1}$, 1999 yılında ise P uygulanmış ve mikoriza aşılanmamış parsellerde $19147,8 \text{ kg ha}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Her iki yılda da en düşük verim mikoriza ve fosfor uygulanmamış kontrol parsellerinde $15436,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ve $15334,8 \text{ kg ha}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Tablo 3'te de görüldüğü üzere hem mikoriza hem de fosfor uygulamasının dolmalık biberi bitkisinin verimi üzerine istatistiki olarak etki etmediği belirlenmiştir. Muhtemeldir ki tarla koşullarındaki doğal mikorizanın da etkisi ile uygulamalar arasındaki varyasyon farkının büyüklüğü istatistik önemliliği etkilemiştir. Benzer olarak yapılan çalışmada Rafique ve Ortaş'ın (2018) sonuçları tarla koşullarında P gübresi ve mikorizal aşılamanın biber ve patlıcan verimini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Biber (*Capsicum annuum*) bitkileri, AM ile aşılandıktan sonra büyüme artmış ve yüksek verim artışı göstermiştir (Hass ve ark., 1987). Sreenivasa (1994), AM ve organik uygulamaların biber bitkilerinin büyümesini ve verimini iyileştirdiğini bildirmiştir.



Şekil 1. Farklı mikoriza ve fosfor doz uygulamasının dolmalık biber bitkisinin verimi üzerine etkisi (kg ha^{-1})

Araştırmada mikoriza uygulamalarının dolmalık biber bitkisinin kök infeksiyonuna hem 1998 yılın da ($p < 0,001$), hem de 1999 yılında ($p < 0,030$), istatistiki olarak önemli derecede etki ettiği (Tablo 3), dolmalık biber bitkisine ait en yüksek kök infeksiyonu % 60 ile 1998 yılında *G. mosseae* ile aşılanmış ve P uygulanmamış parsellerde olduğu belirlenmiştir. 1999 yılında ise 1998 yılına paralel olarak %56 ile *G. mosseae* ile aşılanmış ve P uygulanmamış parsellerde tespit edilmiştir (Şekil 2). Mikoriza uygulanmamış parsellerde bitkilerde ölçülen düşük orandaki kök infeksiyonunun toprakta bulunan doğal mikorizaların varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ortas (2012) biber bitkisi üzerine yaptığı çalışmada mikoriza aşılmasının kök kolonizasyonunu önemli ölçüde etkilediğini ve kontrol bitki köklerinde %3-10 arasında kolonizasyonu, *G. etunicatum* aşılı bitkilerde %41-72 ve *G. mosseae* aşılı bitkilerde %30-75 arasında kök kolonizasyonu tespit etmiştir. Nedorost ve ark. (2014), altı AM mantar türünü biber bitkileri ile test etmiş ve optimum sulama seviyesinde maksimum verimle %45 kök kolonizasyonu gözlemlemiştir. *G. mosseae* aşılı biber bitkilerinde çeşitli büyüme parametrelerinde değişiklikler gözlenmiş ve mikorizal bağımlılık %48 oranında artmıştır (Latef ve He, 2014). *G. etunicatum* aşılı patlıcanlar, bitki büyüme parametrelerini ve kök kolonizasyonunu arttırmıştır (Matsubara ve ark., 1995).



Şekil 2. Farklı mikoriza ve fosfor doz uygulamasının dolmalık biber bitkisinin mikorizal kök infeksiyonuna etkisi (%)

Farklı AM uygulamalarının ve P doz uygulamasının dolmalık biber bitkisinin P konsantrasyonlarına olan etkisi incelendiğinde, uygulamalar arasında en yüksek % P konsantrasyonu % 0.24 P ile hem 1998 hem de 1999 yıllarında *G. mosseae* mikoriza türü aşılanmış ve P uygulanmamış parsellerde ölçülmüştür. Çoğu uygulamalarda P konsantrasyonu kritik düzeyi olan % 0.20'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir (Jones, 1998). En düşük P konsantrasyonu, 1998 yılında hiçbir uygulama yapılmamış kontrol bitkilerinde % 0.16 P olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Genel ortalamalar incelendiğinde 1998 ve 1999 yılları arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık bulunamamıştır. Bu durumun P'un pH'ya ve

topraklardaki yüksek kireç içeriğine bağlı olarak P'nin kısmen alınmaz forma dönüşmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan mikoriza aşılması 1998 yılında $p<0,001$ 1999 yılında ise $p<0,028$ oranında etki ettiği belirlenmiştir. Thompson ve ark. (2013) tarla koşullarında AM mantar aşılmasının P ve Zn beslenmesini iyileştirdiği genellemesi bulgumuzu desteklemektedir. Benzer şekilde Ortaş ve ark. (2019) yaptığı çalışmada, mikorizal aşılı yeşilbiber, dolmalık biber, patlıcan ve domates bitkilerinin yapraklarında gözlenen P konsantrasyonunun % 0,27 ile %0,33 arasında olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca Ortas (2012)'nin yaptığı çalışmada artan P ilavesi ve mikoriza aşılması bitki dokularındaki P konsantrasyonunu arttırdığı raporlamıştır.

Dolmalık biber bitkisinin çinko konsantrasyonu bakımından değerlendirildiğinde, 1998 yılında $34,1 \text{ mg kg}^{-1}$ Zn ile en yüksek *G. etnicatum* mikoriza türü ve P uygulanmayan parsellerde belirlenmiştir (Tablo 2). 1999 yılı incelendiğinde ise 37 mg kg^{-1} Zn ile *G. mosseae* mikoriza türü aşılınmış ve P uygulanmamış parsellerde belirlenmiştir. Zn konsantrasyonu genel ortalamalar bazında değerlendirildiğinde 1999 yılı da Zn konsantrasyonu 1988'e göre daha yüksek tespit edilmiştir. 1998 ve 1999 yılında P uygulaması Zn konsantrasyonuna istatistik olarak etki etmemiştir ($p<0,515$ - $p<0,919$). Fakat mikoriza uygulaması bitkilerin Zn konsantrasyonuna 1998 yılında $p<0,001$, 1999 yılında ise $p<0,030$ önemlilik düzeylerinde etki etmişlerdir. Elbon ve Whalen (2015), mikorizal aşılamanın tarla koşullarında P ve Zn alımının artmasına neden olduğunu bildirmiştir. Ortas ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, domates, biber ve patlıcanları aşılama için beş farklı AM mantar türü kullanmış; mikoriza aşılması P ve Zn alımını önemli ölçüde arttırırken, bitki biokütlesi de aşılınmamış fidelere kıyasla artmıştır.

Tablo 2. Farklı mikoriza ve fosfor doz uygulamasının dolmalık biber bitkisinin P ve Zn konsantrasyonlarına etkisi

Uygulama	P (%)	Zn (mg kg ⁻¹)
1998		
-P-M	0,16 ±0,00 ^b	22,0 ±1,9 ^b
+P-M	0,20 ±0,01 ^b	20,8 ±0,5 ^b
-P+M ₁	0,24 ±0,04 ^a	29,7 ±0,7 ^a
+P+M ₁	0,23 ±0,01 ^a	33,9 ±3,2 ^a
-P+M ₂	0,20 ±0,00 ^{ab}	34,1 ±2,5 ^a
+P+M ₂	0,21 ±0,01 ^a	32,8 ±0,7 ^a
1999		
-P-M	0,19 ±0,02 ^a	28,2 ±4,6 ^a
+P-M	0,21 ±0,02 ^a	29,4 ±4,1 ^a
-P+M ₁	0,24 ±0,04 ^a	37,0 ±8,3 ^a
+P+M ₁	0,22 ±0,01 ^a	36,7 ±8,3 ^a
-P+M ₂	0,18 ±0,01 ^a	36,0 ±4,0 ^a
+P+M ₂	0,19 ±0,01 ^a	36,0 ±3,2 ^a
1998 Ort.	0,21 ±0,01 ^A	28,9 ±1,6 ^B
1999 Ort.	0,20 ±0,02 ^A	33,9 ±5,4 ^A

*Örnekler üç verinin ortalamalarını temsil etmektedir. ± Standart hata $P<0,05$.

Aynı harfler uygulamalar arasında farklılık olmadığını, Büyük harfler ise yılların karşılaştırılmasını belirtmektedir.

Tablo 3. Mikoriza aşılması ve fosfor doz uygulaması altında farklı parametreler için varyans analizi F değerlerinin (olasılık) önemlilik düzeyleri

Uygulama	sd	Verim	P (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	İnfeksiyon (%)
1998					
P	1	0,895	0,104	0,515	0,355
Mikoriza	2	0,880	0,001	0,001	0,001
PXM	2	0,942	0,258	0,041	0,963
1999					
P	1	0,110	0,838	0,919	0,485
Mikoriza	2	0,425	0,028	0,063	0,030
PXM	2	0,293	0,368	0,975	0,879

4. Sonuç

1998 ve 1999 yıllarında tarla koşullarında yapılan denemede AM aşılması özellikle *G. mosseae* mikoriza türü aşılması ölçülen parametreler üzerindeki etkisi ile ön plana çıkmaktadır. Bu bölgenin topraklarının yüksek oranda kil, kireç içermesi ve ayrıca organik karbon ve besin maddelerince fakir olması nedeniyle çoğu bitki türünde P, Zn ve Fe vb. besin elementi noksanlıkları görülmektedir. AM aşılmasının kimyasal gübreler ile özellikle P'lu gübre uygulamalarıyla kombinasyonu, dolmalık biber bitkilerinin yetiştirilmesi için özellikle umut verici bir gelecek stratejisi olduğu ortaya çıkmıştır. Uygun P ve Zn gübre doz seçimi veya AM aşılmasının ve aşılama yöntemleri gibi tarımsal üretimde iyi tanımlanmış yöntemlerin geliştirilmesi, bahçecilik sistemlerinde AM'nin pratik uygulaması açısından gelecekteki önemli konuların başında olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmadaki değerli desteklerinden dolayı Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyesi sayın Prof. Dr. İbrahim Ortaş'a teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Abd-Alla MH. Phosphatases and the utilization of organic phosphorus by rhizobium leguminosarum biovar viceae. Applied Microbiology 1994; 18: 294-296.
- Asimi S., Gianinazzi-Pearson V., Gianinazzi S. Influence of increasing soil-phosphorus levels on interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and rhizobium in soybeans. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique 1980; 58: 2200–2205.

- Backhaus GF. Influence of vesicular–arbuscular mycorrhiza on generative development of *Heliotropium* and *Fuchsia*. *Gartenbauwiss* 1983; 48: 197–201.
- Beltrano J., Ruscitti M., Arango MC., Ronco M. 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 Plant Nutrition and Soil Science* 2013; 13: 123–141.
- Carballar-Hernandez S., Hernandez-Cuevas LV., Montano NM., Ferrera-Cerrato R., Alarcon A. Species composition of native arbuscular mycorrhizal fungal consortia influences growth and nutrition of poblano pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Applied Soil Ecology* 2018; 130:50–58.
- Colla G., Rouphael Y., Di Mattia E., El-Nakhel C., Cardarelli M. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2015; 95(8): 1706–1715.
- Conversa G., Lazzizzera C., Bonasia A., Elia A. Yield and phosphorus uptake of a processing tomato crop grown at different phosphorus levels in a calcareous soil as affected by mycorrhizal inoculation under field conditions. *Biology and Fertility of Soils* 2013; 49: 691–703.
- Davies FT., Calderón CM., Huaman Z. Influence of arbuscular mycorrhiza indigenous to Peru and a flavonoid on growth, yield, and leaf elemental concentration of ‘Yungay’ potatoes. *Horticultural Science* 2005; 40: 381–385.
- Diaz Franco A., Alvarado Carrillo M., Ortiz Chairez F., Grageda Cabrera O. Plant nutrition and fruit quality of pepper associated with arbuscular mycorrhizal in greenhouse. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2013; 4: 315–321.
- Elbon A., Whalen JK. Phosphorus supply to vegetable crops from arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Biological Agriculture & Horticulture* 2015; 31(2): 73–90.
- Feldmann F., Hutter I., Niemann P., Weritz J., Grotkass C., Boyle C. Integration of the mycorrhizal technology into plant production process of medicinal and ornamental plants as well as commercialisation. In: Backhaus, G.F., Feldmann, F. (Eds.), *Arbuscular Mycorrhiza in Plant Production: Examples and Perspectives for Practical Application*. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, vol. 363. Biologische Bundesanstalt, Berlin-Dahlem 1999; 6–38.
- Garg N., Chandel S. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 2010; 30: 581–599.
- George E., Marschner H., Jakobsen I. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. *Critical Reviews in Biotechnology* 1995; 15: 257–270.
- Giovanetti M., Mosse B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhiza in roots. *New Phytologist* 1980; 84: 489–500.

- Habibzadeh Y., Pirzad A., Zardashti MR., Jalilian J., Eini O. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on seed and protein yield under water-deficit stress in mungbean. *Agronomy Journal* 2013; 105: 79–84.
- Hass JH., Bar-Yosef B., Krikun J., Barak R., Markovitz T., Kramer S. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus infection and phosphorus fertilization to overcome pepper stunting after methyl bromide fumigation. *Agronomy Journal* 1987; 79: 905–910.
- Joner EJ., Ravnskov S., Jakobsen I. Arbuscular mycorrhizal phosphate transport under monoxenic conditions using radio-labeled inorganic and organic phosphate. *Biotechnology Letters* 2000; 22: 1705–1708.
- Jones B. *Plant nutrition Manual*. Crc Press. London 1998.
- Kacar B., İnal A. *Plant analysis*. Nobel Pres. 2008; 1241-891
- Koide RT., Kabir Z. Extraradical hyphae of the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* can hydrolyze organic phosphate. *New Phytologist* 2000; 148: 511–517.
- Koide RT., Mosse B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza* 2004; 14: 145–163.
- Koske RE., Gemma JN. A modified procedure for staining roots to detect va-mycorrhizas. *Mycological Research* 1989; 92: 486-488.
- Kothari SK., Marschner H., Romheld V. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. *Plant and Soil* 1991; 131: 177–185.
- Latef A., He CX. Does inoculation with *glomus mosseae* improve salt tolerance in pepper plants? *Journal of Plant Growth Regulation* 2014; 33(3): 644–653.
- Marschner H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press 1996; 889
- Matsubara Y., Tamura H., Harada T. Growth enhancement and verticillium wilt control by vesicular arbuscular mycorrhizal fungus inoculation in eggplant. *Engei Gakkai Zasshi* 1995; 64(3): 555–561.
- Murphy J., Riley JP. A Modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 1962; 27: 31-36.
- Nedorost L., Vojtiskova J., Pokluda R. Influence of watering regime and mycorrhizal inoculation on growth and nutrient uptake of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae* 2014; 559–564.
- Ortas I. Do maize and pepper plants depend on mycorrhizae in terms of phosphorus and zinc uptake? *Journal of Plant Nutrition* 2012; 35: 1639–1656.
- Ortas I. Effect of selected mycorrhizal inoculation on phosphorus sustainability in sterile and non-sterile soils in the Harran Plain in South Anatolia. *Journal of Plant Nutrition* 2003; 26: 1–17.
- Ortas I., Iqbal T., Yucel YC. Mycorrhizae enhances horticultural plant yield and nutrient uptake under phosphorus deficient field soil condition. *Journal of Plant Nutrition* 2019; 1–13.
- Ortas I., Kaya K., Cakmak I. Influence of va-mycorrhiza inoculation on growth of maize and green pepper plants in phosphorus and zinc deficient soils. In: *Plant Nutrition- Food Security and*

- Sustainability of Agro-Ecosystems, eds. W. Horst, M. K. Schenk, A. Burkert, N. Claassen, H. Flessa, W. B. Frommer, Heiner E. Goldbach, H.-W. Olf, V. Romheld, B. Sattelmacher, U. Schmidhalter, S. Schubert, N. von Wiren, and L. Wittenmayer, 2001; 632–633. Berlin: Springer.
- Ortas I., Sari N., Akpinar C., Yetisir H. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae* 2011a; 128(2): 92–98.
- Ortas I., Sari N., Akpinar C., Yetisir H. Screening mycorrhizae species for increased growth and P and Zn uptake in eggplant (*solanum melongena* L.) grown under greenhouse conditions. *European Journal of Horticultural Science* 2011b; 76(3): 116–123.
- Ortas I., Sari N., Akpinar C., Yetisir H. Selection of arbuscular mycorrhizal fungi species for tomato seedling growth, mycorrhizal dependency and nutrient uptake. *European Journal of Horticultural Science* 2013; 78(5): 209–218.
- Rafique M., Ortas I. Nutrient uptake-modification of different plant species in Mediterranean climate by arbuscular mycorrhizal fungi. *European Journal of Horticultural Science* 2018; 83(2): 65–71.
- Schnitzler WH. Growth of tomatoes in substrates with and without mycorrhiza. In: 50th Anniversary of Horticultural University Studies and 85th Anniversary of Mendelium Foundation in Lednice na Morave, 9–12 Sept, 1997; 234–238, 97.
- Silva E., Pinheiro da VFF., Gomes PFM., Filho JMT., Da Silva J. Ness. RLL. Development and mycorrhizal colonisation in embauba seedlings fertilised with natural phosphates and organic material. *Revista Ciencia Agronomica* 2016; 47(2): 256–263.
- Smith SE., Read D. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London 2008.
- Sreenivasa MN. VA mycorrhiza in conjunction with organic amendments improve growth and yield of chili. *Environment and Ecology* 1994;12: 312–314.
- Tanwar A., Aggarwal A., Kadian N., Gupta A. Arbuscular mycorrhizal inoculation and super phosphate application influence plant growth and yield of *Capsicum annum*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 2013a; 13: 55–66.
- Tanwar A., Aggarwal A., Kaushish S., Chauhan S. Interactive effects of AM fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth and yield of broccoli. *Plant Protection Science* 2013b; 49: 137–145.
- Thompson JP., Clewett TG., Fiske ML. Field inoculation with arbuscular-mycorrhizal fungi overcomes phosphorus and zinc deficiencies of linseed (*Linum usitatissimum*) in a vertisol subject to long-fallow disorder. *Plant and Soil* 2013; 371(1/2): 117–137.
- Yadav KS., Dadarwal KR. Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms. In: *Biotechnological Approaches in Soil Microorganisms for Sustainable Crop Production*. Dadarwal, R. K. ed., Scientific Publishers, Jodhpur, India. 1997; 293-308.