

VA-Mycorrhiza'nın Alkalin ve Asit Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimi ile Fosfor, Çinko, Demir, Bakır ve Manganez Konsantrasyonları Üzerine Etkisi*

Hesna ÖZCAN, Süleyman TABAN
Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 06110 Ankara - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 25.08.1999

Özet: Bu araştırmanın amacı, VA Mycorrhiza'nın alkalin ve asit reaksiyonlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin P, Zn, Fe, Cu ve Mn'dan yararlanmasını üzerine etkisini araştırmaktır. Bu amaçla, steril edilmiş alkalin ve asit toprakta mısır (*Zea mays* L. cv. Fanion) bitkisi yetiştirilerek serada kurulan denemede, tüm saksılara ekimden önce çözelti şeklinde 100 mg N g⁻¹ (üre gübresinden) ve 40 mg K g⁻¹ (K₂SO₄ gübresinden) uygulanmıştır. Fosfor uygulanacak saksılara 40 mg P g⁻¹ (TSP gübresinden), VA Mycorrhiza inoküle edilecek saksılara ise *Glomus etunicatum* ve *Glomus intraradices* türleri karışımı uygulanmıştır.

Mycorrhizal enfeksiyon yüzdesi alkalin reaksiyonlu toprakta % 48,3, asit reaksiyonlu toprakta ise % 68,3 olarak bulunmuştur. Mısır bitkisinin kuru ağırlığı VA Mycorrhiza ve fosfor uygulamasıyla kontrole göre her iki toprakta da artmıştır. Mısır bitkisinin fosfor konsantrasyonu VA Mycorrhiza uygulamasıyla kontrole göre alkalin toprakta değişmezken, asit toprakta artmıştır. Deneme bitkisinin çinko konsantrasyonu her iki toprakta da VA Mycorrhiza uygulamasıyla artmış, fosfor uygulamasıyla ise azalmıştır. Alkalin ve asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin demir konsantrasyonu üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmazken bakır ve manganez konsantrasyonları her iki toprakta da en fazla VA Mycorrhiza uygulamasında artmıştır.

Anahtar Sözcükler: VA-Mycorrhiza (*Glomus etunicatum* ve *Glomus intraradices*), mısır, P, Zn, Fe, Cu, Mn konsantrasyonları

Effects of VA-Mycorrhiza on Growth and Phosphorus, Zinc, Iron, Copper and Manganese Concentrations of Maize Grown in Acid and Alkaline Soils

Abstract: The aim of this study was to determine the effects of VA Mycorrhiza on P, Zn, Fe, Cu and Mn uptake by maize grown in alkaline and acid soils. For this purpose, maize was grown in sterilized alkaline and acid soils under greenhouse conditions by applying 100 µg N g⁻¹ (as urea) and 40 µg K g⁻¹ (as K₂SO₄) as solution to the soils. 40 µg P g⁻¹ (as TSP) was added to the pots that P was applied to, and a mixture of *Glomus etunicatum* and *Glomus intraradices* was inoculated to the pots that VA Mycorrhiza was applied to.

Application of VA Mycorrhiza and P increased the dry weight of maize in both soils with respect to the control. The mycorrhizal infection of roots was determined as 48.3 % and 68.3 % in alkaline and acid soils, respectively. Compared with the control, while inoculation with VA Mycorrhiza did not affect the P concentration of maize in alkaline soil, it increased the P concentration in acid soil. In contrast to P application, inoculation with VA Mycorrhiza increased the zinc concentration of maize in both soils. The Fe concentration was not affected by applying VA Mycorrhiza and P. On the other hand, inoculation with VA Mycorrhiza led to an increase in Cu and Mn concentrations of the experimental plant in both soils.

Key Words: VA-Mycorrhiza (*Glomus etunicatum* and *Glomus intraradices*), maize, P, Zn, Fe, Cu, Mn concentrations

Giriş

Tarım topraklarımızın toplam fosfor ve çinko miktarları genelde yüksek olmasına karşın, bitkiye yararlı fosfor kapsamı ülke genelinde yaklaşık % 66'sında (1), çinko kapsamı ise yaklaşık % 50 sinde (2) çok az ve az olarak bulunmuştur. Fosforlu ve çinkolu

gübre kullanımındaki olumsuzluklar, araştırmacıları alternatif yollar aramaya yöneltmiştir. Bu amaçla, pek çok ülkede fosforlu gübreye alternatif olarak topraktaki fosforu bitkiler için yararlı hale getirebilen Mycorrhizadan yararlanma olanakları üzerinde araştırmalara başlanmış ve çalışmalara hız verilmiştir.

* Bu çalışma H. Özcan'ın Yüksek Lisans Tez Çalışmasının bir bölümünden özetlenmiştir.

Vesiküler - Arbüsküler Mycorrhiza (VAM) birçok mycorrhiza tipleri içerisinde en yaygın olanıdır. Bu mycorrhizanın oluşmasını sağlayan funguslar, pycomycetes sınıfına giren *Glomus* cinsi funguslar olup bu funguslar kültür bitkileri ile simbiyotik olarak yaşamaktadırlar. VA Mycorrhiza yaşamı için ihtiyacı olan karbonu ortak yaşadığı bitkilerden alırken (3) bitkinin gelişimi için mutlak gerekli olan başta fosfor olmak üzere Zn, Fe ve Cu gibi besin maddelerini ve suyu mycorrhizal hifleri aracılığıyla topraktan alarak bitkiye aktarmaktadır.

Glomus bitki kökünü enfekte ettikten sonra kök korteksi içerisinde hem hücreler arası boşlukta hem de hücre içi boşluklarda önce misel oluşturmakta ve daha sonra bu misellerden vesikül ve arbüsküller meydana gelmektedir. Vesiküller spor formuna dönüşerek fungusun soyunu sürdürmesine yardımcı olmakta ayrıca alınan besin elementlerini gerektiğinde kullanılmak üzere depo etmektedir. Hücre içerisinde oluşan arbüsküller ise besin maddelerini bitki dokularına aktarmaktadır. Sonuçta miseller yardımıyla topraktan bitki kökü içerisine taşınan besin maddeleri arbüsküllerden geçerek vesiküllerde depo edilmektedir (4, 5).

Yapılan araştırmalar sonucunda mycorrhizanın bitki beslenmesini geliştirmesinden dolayı bitki büyümesini de artırdığı gözlenmiştir. Mycorrhiza ile enfekte edilen bitkiler daha iyi büyümekte ve enfekte edilmeyen bitkilerle oranla bir kaç kat fazla P içermektedir.

Ülkemizde mycorrhiza ile ilgili araştırmalar yok denecek kadar az olmasına karşın, günümüzde konunun önemi daha iyi anlaşılmış ve bu konudaki araştırmalara hız verilmiştir.

Bu araştırmanın amacı; VA Mycorrhiza'nın alkalin ve asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gelişmesi ve mycorrhizal enfeksiyon ile P, Zn, Fe, Cu ve Mn konsantrasyonları üzerine etkisini araştırmaktır.

Materyal ve Metot

Araştırmada kullanılan alkalin reaksiyonlu toprak örneği A.Ü.Z.F. Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği Kule serisinden, asit reaksiyonlu toprak ise Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Araştırma Enstitüsü-Rize deneme bahçesinden Jackson (6) tarafından bildirilen ilkelere uygun olarak alınmıştır. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1 de toplu olarak verilmiştir.

Tablo 1. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Özellikler	Alkalin Toprak	Asit Toprak
Tekstür sınıfı	Kil	Killi tın
Tarla kapasitesi, %	24,44	15,23
PH, (1/2,5 suda)	8,24	6,10
Organik madde, %	1,47	0,27
CaCO ₃ , %	31,56	0,00
Toplam N, %	0,17	0,13
KDK, me/100 g	32,80	38,70
Bitkiye yararlı		
P, µg g ⁻¹	13,84	2,05
Zn, µg g ⁻¹	0,30	1,30
Fe, µg g ⁻¹	9,32	9,53
Cu, µg g ⁻¹	0,02	0,77
Mn, µg g ⁻¹	7,73	16,00

Denemede kullanılan alkalin reaksiyonlu toprak örneğinin tekstürü kil olup, organik madde miktarı az, kireç miktarı ise yüksektir (1). Bitkiye yararlı P miktarı yeterli (7) olan deneme toprağının bitkiye yararlı Zn miktarı çok az, Fe miktarı yüksek (8), Cu miktarı yetersiz, Mn miktarı ise yüksek düzeydedir (9). Asit tepkimeli toprak örneği ise killi tın tekstürlü olup organik madde miktarı çok azdır (1). Bitkiye yararlı P miktarı çok az (7), Zn, Fe, Cu ve Mn miktarları yüksek bulunmuştur (8, 9).

Toprak Örneklerinin Sterilizasyonu: Ortamda bulunan ve VAM ile rekabete girebilecek olan mikroorganizmaların etkilerini elemine ederek VAM'in etkisini daha iyi görebilmek amacıyla, araştırmada kullanılan toprak örnekleri 121°C'de 1 atm basınç altında 2 saat süreyle sterilizasyona tabi tutulmuştur. Steril edilen topraklar, sera denemesinde kullanılmaya kadar ağızları kapalı polietilen torbalarda muhafaza edilmiştir.

Sera Denemesi: Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülen denemede saksılara, mutlak kuru toprak ilkesine göre 1000 g steril edilmiş toprak konulmuştur. Denemede fosfor uygulanacak saksılara, fosfor 40 µg g⁻¹ olacak şekilde TSP gübresinden uygulanmış ve toprakla iyice karıştırılmıştır. VA Mycorrhiza uygulanacak saksılara ise *Glomus etunicatum* ve *Glomus intraradices* (Prof.Dr. J. Morton, Department of Plant Patology, West Virginia University, USA'dan sağlanmıştır) karışımı uygulanmıştır. Ayrıca, tüm saksılara ekimden önce çözelti şeklinde üre gübresinden 100 µg N g⁻¹ ve K₂SO₄ gübresinden 40 µg K g⁻¹ verilmiştir.

Denemede her bir saksıya 3 adet mısır (*Zea mays* L.cv. fanion) tohumu ekilmiş ve çimlenmeden sonra saksılarda 2 adet bitki kalacak şekilde seyreltilmiştir. Gelişme süresince periyodik olarak fenolojik gözlemler yapılarak bitkinin gelişme durumu izlenmiştir. Bitkiler yaklaşık 8 haftalık gelişme sonunda toprak yüzeyinden kesilmek suretiyle hasat edilmiş, yıkanmış, kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (4:1) asit karışımı ile yaş yakılan bitki örneklerinde fosfor vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemiyle Shimadzu model UV 1201 spektrofotometresiyle (10), Zn, Fe, Cu ve Mn ise Philips model PU 9100 Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresiyle belirlenmiştir (11).

V A Mycorrhiza aşılması (inoculation): Kum-toprak karışımına sardırılmış olan *G. etinicum* ve *G. intraradices* karışımından 1000 spor g^{-1} olacak şekilde alınmış, saf su içerisinde çözülerek toprak yüzeyinden uygulanmış ve sulama yapılarak Mycorrhiza türleri karışımının kök bölgesine inmesi sağlanmıştır.

Mycorrhizal enfeksiyon yüzdesinin belirlenmesi: Taze bitki kök örnekleri 1 cm boyunda kesildikten sonra % 2,5'lük KOH çözeltisi ile su banyosunda kaynatılmış ve KOH'un tamamı % 1'lik HCl ile yıkandıktan sonra trypan blue boya çözeltisi ile boyanmıştır (12). Boyanan kök örneklerinden hazırlanan preparatlar Olympus Vanox mikroskopta incelenmiş ve enfeksiyon yüzdeleri Giovanetti ve Mosse (13) tarafından bildirildiği şekilde hesaplanmıştır. Deneme sonuçlarının istatistiki analizleri Düzgüneş'e (14) göre hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

VA Mycorrhizal Enfeksiyon Yüzdesi: Alkalın ve asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen mısır bitkisi kökleri V A Mycorrhiza ile enfekte olmuş ve topraklar arasında mycorrhizal enfeksiyon yüzdesi bakımından önemli

($P < 0,05$) farklılık belirlenmiştir. Mısır kökünde mycorrhizal enfeksiyon, alkalın reaksiyonlu toprakta % 48,3, asit reaksiyonlu toprakta ise % 68,3 düzeyinde olmuştur. Alkalın reaksiyonlu toprakta yeter düzeyde bitkiye yarayışlı fosfor ($13,84 \mu\text{g P g}^{-1}$) bulunması nedeniyle VA Mycorrhizanın etkinliği, bitkiye yarayışlı fosfor miktarı çok az ($2,05 \mu\text{g P g}^{-1}$) olan asit reaksiyonlu toprağa oranla daha az olmuştur. Elde edilen bu bulgulara göre, ortamda yeter düzeyde bitkiye yarayışlı fosfor olduğunda mycorrhizal enfeksiyon yüzdesi azalmaktadır. Graham vd. (15) sudan otu ile yaptıkları denemede en yüksek mycorrhizal enfeksiyonun fosfor uygulanmayan bitki köklerinde olduğunu, fosfor uygulamasıyla mycorrhizal enfeksiyon yüzdesinin azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar tarafından bu durum, fosfor noksanlığında kökte indirgen şeker ve aminoasit oranının artmasıyla, VAM'ın yaşamı için gerekli olan karbonun kökte artması ve böylece VA Mycorrhizal enfeksiyon oranının da artması şeklinde açıklanmıştır. VA Mycorrhiza uygulanan domates bitkisi kökünde mycorrhizal enfeksiyon yüzdesi, uygulanan fosforlu gübrelerin çözünürlük derecesi ile ters orantılı olmuş ve çözünebilir fosfor kapsamı yüksek olan gübre uygulandığında mycorrhizal enfeksiyon en az düzeyde gerçekleşmiştir (16). Çözünebilir fosfor ilave edildiği zaman enfeksiyon oranı gerilemektedir (17). Benzer sonuçlar Bolan vd. (18), Bolan vd. (19), Baon vd. (20) tarafından yapılan çalışmalarla da elde edilmiştir.

Kuru ağırlık üzerine etkisi: Mısır bitkisinin kuru ağırlığı her iki toprakta da uygulama konularına bağlı olarak önemli ($P < 0,05$) miktarda artmıştır (Tablo 2). Mısır bitkisinin kuru ağırlığı üzerine VA Mycorrhizanın ve fosforlu gübrenin etkileri karşılaştırıldığında, alkalın toprakta fosfor, asit toprakta ise VA Mycorrhiza uygulamaları en fazla kuru ağırlık artışına neden olmuştur. Alkalın reaksiyonlu toprakta yeter miktarda bitkiye yarayışlı fosforun ($13,84 \mu\text{g P g}^{-1}$) bulunması VA

Uygulamalar	Alkalın Toprak		Asit Toprak	
	Kuru ağırlık	Artış, %	Kuru ağırlık	Artış, %
Kontrol	1,292 c	-	0,956 b	-
Fosfor	2,251 a	74,23	1,192 ab	24,67
V.A. Mycorrhiza Uygulamalar	1,580 b	22,29	1,437 a	50,31

* $P < 0,05$

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir, (Duncan testi, % 5).

Tablo 2. VA Mycorrhiza uygulamasının alkalın ve asit reaksiyonlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kuru ağırlığı (g saksı^{-1}) üzerine etkisi.

Mycorrhizanın gelişmesini olumsuz yönde etkilemiş ve kuru ağırlığı kontrole göre % 22,29 oranında artırmıştır. Fosfor uygulaması ise bitki kuru ağırlığını kontrole göre % 74,23 oranında artırmıştır. Azcon vd. (21) kireçli toprakta yaptığı denemede, VA Mycorrhizanın lavanta bitkisinde gövde kuru ağırlığını önemli oranda artırdığını belirlemişlerdir. Benzer sonuç Gür (22) tarafından da rapor edilmiştir.

Asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gövde kuru ağırlığı en fazla VA Mycorrhiza uygulaması ile artmış bunu fosfor uygulaması izlemiştir. VAM uygulaması ile kontrole göre sağlanan artış % 50,31 düzeyinde olmuştur. Bu durum, düşük düzeyde fosfor içeren topraklarda mycorrhizanın etkinliğinin daha fazla görülmesiyle açıklanabilir. Asit reaksiyonlu toprakta değişik bitkiler kullanılarak yapılan çalışmalarda da VA Mycorrhiza uygulanan bitkilerden elde edilen gövde kuru ağırlığının, mycorrhiza uygulanmayanlardan elde edilenlerden daha fazla olduğu belirlenmiştir (23, 24, 25, 26).

Fosfor konsantrasyonu üzerine etkisi: Alkalin ve asit reaksiyonlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor konsantrasyonu uygulama konularına göre artmış ve bu artış istatistikî bakımdan önemli ($P < 0,01$) bulunmuştur (Tablo 3). Deneme bitkisinin fosfor konsantrasyonu en fazla fosfor uygulamasıyla artmıştır. Alkalin reaksiyonlu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor konsantrasyonu üzerine VA Mycorrhiza uygulamasının etkisi yeterince belirgin olmamıştır. Topraktaki yarıyıllık fosfor düzeyinin fazla olması VAM kolonizasyonunun toplam yüzdesinin, dolayısıyla misel kapsamının (27) ve arbusküllerin sayısının (28) azalmasına neden olmakta ve

bu durum sonucunda da, VAM hifleri aracılığıyla topraktan yeterince fosfor alıp bitkiye aktaramamaktadır.

Asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor konsantrasyonu üzerine VA Mycorrhizanın etkisi kontrole göre önemli bulunmamasına karşın (Duncan testi, % 1) fosfor içeriğini % 9,36 oranında artırmıştır. VA Mycorrhizanın fosforu, düşük fosfor konsantrasyonuna sahip toprak (bizim çalışmada kullandığımız asit reaksiyonlu toprak $2,05 \mu\text{g P g}^{-1}$ içermektedir) çözeltisinden normal köklere kıyasla daha etkin bir biçimde alabildiği yolunda bulgular vardır (18, 29, 30). Bu durum; a) VAM'in fosforu topraktan daha düşük bir eşik konsantrasyonda alabilmesi ve b) VAM'in fosforu toprak çözeltisinden, bitki köklerinden daha hızlı alabilmesi şeklinde açıklanmıştır (31).

Fosfor konsantrasyonunun tersine, her iki toprakta da yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor alımı (mg bitki^{-1}) hem fosfor hem de VA Mycorrhiza uygulamasıyla artmıştır (Tablo 3). VA Mycorrhiza uygulamasıyla mısır bitkisinin fosfor miktarı kontrole göre alkalin toprakta % 22,34, asit toprakta ise % 64,38 oranında artmıştır. Fosfor düzeyi düşük olan topraklarda mycorrhiza ile enjekte edilmiş bitkilerin, mycorrhiza ile enjekte edilmemiş bitkilere oranla topraktan daha fazla fosfor aldığı belirlenmiştir (32, 33).

Çinko konsantrasyonu üzerine etkisi: PxZn interaksyonu sonucu, fosfor uygulamasıyla alkalin ve asit reaksiyonlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko konsantrasyonu kontrole göre alkalin toprakta % 10,04, asit toprakta ise % 13,77 oranında azalmıştır (Tablo 4). VA Mycorrhiza uygulaması ise her iki toprakta da mısır bitkisinin Zn konsantrasyonunu kontrole göre artırmıştır.

Tablo 3. VA Mycorrhiza uygulamasının alkalin ve asit reaksiyonlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor konsantrasyonu ve alımı üzerine etkisi.

Uygulamalar	Alkalin Toprak				Asit Toprak			
	P, %	Artış, %	P, mg bitki^{-1}	Artış, %	P, %	Artış, %	P, mg bitki^{-1}	Artış, %
Kontrol	0,097b	-	125,3	-	0,096 b	-	91,8	-
Fosfor	0,167a	72,16	375,9	200,00	0,121 a	26,04	144,2	57,08
V.A. Mycorrhiza	0,097b	0,00	153,3	22,34	0,105 b	9,36	150,9	64,38
Uygulamalar	**							

** $P < 0,01$

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir, (Duncan testi,%1)

Uygulamalar	Alkalin Toprak				Asit Toprak			
	Zn, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %	Fe, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %	Zn, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %	Fe, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %
Kontrol	8,30 ab	-	100,3	-	41,86 a	-	170,6	-
Fosfor	7,46 b	-10,04	121,4	21,06	36,10 b	-13,77	160,8	-5,74
V.A. Mycorrhiza	9,30 a	12,05	146,5	46,06	44,06 a	5,25	138,9	-18,58
Uygulamalar	*		öd		**		öd	

*P < 0,05, ** P < 0,01, öd: önemli değil

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, % 5 ve % 1)

Tablo 4. VA Mycorrhiza uygulamasının alkalin ve asit reaksiyonlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko ve demir içeriği üzerine etkisi.

Kontrole göre çinko konsantrasyonundaki artış çinkoca yoksul ($0,3 \mu\text{g Zn g}^{-1}$) ve kireççe zengin (% 31,56) olan alkalin toprakta daha fazla olmuştur. Ancak bu artış, bitkinin normal gelişebilmesi için yeter düzey olan $20 \mu\text{g Zn g}^{-1}$ in (34) çok altında olmuş ve hemen hemen noksanlık düzeyine ($< 10 \mu\text{g Zn g}^{-1}$) yaklaşmıştır. Değişik bitkilerle yapılan çalışmalarda da VA Mycorrhiza uygulanan bitkilerin çinko konsantrasyonunun VA Mycorrhiza uygulanmayan bitkilere oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (23, 24, 25, 35, 36, 37, 38).

Demir konsantrasyonu üzerine etkisi: Mısır bitkisinin demir konsantrasyonu fosfor ve VA Mycorrhiza uygulamasıyla alkalin toprakta artarken, asit toprakta azalmıştır (Tablo 4). Ancak, uygulamalara bağlı olarak deneme bitkisinin demir konsantrasyonundaki değişimler istatistiki bakımdan önemli bulunmamasına karşın, alkalin toprakta VA Mycorrhiza uygulamasının deneme bitkisinin demir konsantrasyonunu kontrole göre % 46,06, fosfor uygulamasına göre ise % 20,65 oranında artırması üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Bakır konsantrasyonu üzerine etkisi: Mısır bitkisinin bakır konsantrasyonu üzerine uygulamaların etkileri

alkalin toprakta önemsiz, asit toprakta önemli ($p < 0,01$) olmuş ve asit toprakta VA Mycorrhiza uygulaması deneme bitkisinin bakır konsantrasyonunu kontrole göre % 66,14 oranında artırmıştır (Tablo 5). Değişik bitkilerle yapılan çalışmalarda topraktan bakırın VA Mycorrhiza hifleri tarafından alınıp bitkiye aktarıldığını, dolayısıyla gövde Cu konsantrasyonunun Mycorrhiza uygulanmayan bitkilere oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir (24, 39, 40, 41).

Mangan Konsantrasyonu üzerine etkisi: Mısır bitkisinin mangan konsantrasyonu VA Mycorrhiza uygulamasıyla her iki toprakta da artmış ve bu artışlar önemli (alkalin toprak için $P < 0,01$, asit toprak için $P < 0,05$) bulunmuştur (Tablo 5). VA Mycorrhizanın mangan alımı üzerine etkili olup olmadığına dair bulgulara rastlanılmamasına karşın, bu çalışmada VA Mycorrhiza uygulamasının mısır bitkisi gövdesinin mangan alımını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Sonuçta; mycorrhizal enfeksiyon asit toprakta yetiştirilen mısır bitkisi kökünde daha fazla olmuş ve buna bağlı olarak da kuru madde miktarında sağlanan artış asit toprakta yetiştirilen bitkide daha fazla bulunmuştur. Asit

Uygulamalar	Alkalin Toprak				Asit Toprak			
	Cu, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %	Mn, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %	Cu, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %	Mn, $\mu\text{g g}^{-1}$	Artış, %
Kontrol	13,76	-	97,80 b	-	8,46 b	-	356,90 b	-
Fosfor	11,96	-13,07	98,10 b	0,31	8,56 b	1,18	427,10 a	19,67
V.A. Mycorrhiza	14,06	2,18	118,27a	20,93	14,06 a	66,14	447,33 a	25,34
Uygulamalar		öd		**	**			*

*P < 0,05, ** P < 0,01, öd: önemli değil

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, % 5 ve % 1)

Tablo 5. VA Mycorrhiza uygulamasının alkalin ve asit reaksiyonlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır ve mangan içeriği üzerine etkisi.

tepkimli toprakta yetiştirilen deneme bitkisinin fosfor, çinko, demir ve mangan konsantrasyonlarının, alkalin toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor, çinko, demir ve mangan konsantrasyonlarından daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Fosfor ve çinko yoksul topraklarda, bitkinin anılan besin maddelerinden yararlanmalarında VA Mycorrhiza uygulamasının faydalı ve yerinde bir uygulama olduğu ve bu konudaki çalışmalara hız verilmesinin yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

1. Anonymous. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:151, Teknik Yayınlar No:T-59, Ankara,1988.
2. Eyüboğlu, F., Kurucu, N., Talaz, S., Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Mikroelement Bakımından Genel Durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü 620/A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu, 1995.
3. Jakobsen, I., Rosendahl, L., Carbon Flow in to Soil and External Hyphae from Roots of Mycorrhizal Cucumber Plants. New Phytol., 115, 77-83,1990.
4. Gür, K., Toprak Biyolojisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:10, Konya,1987.
5. Allen, M.F., The Ecology of Mycorrhizae. The University Press, Cambridge. Great Britain P. 184, 1991.
6. Jackson, M.L., Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng.Cliffs., U.S.A.,1962.
7. Fao, Micronutrient Assessment at The Country Level: An International Study, Fao Soils Bulletin by Mikko Sillanpaa, Rowe, 1990.
8. Lindsay, W.L., Norvell, W.A., Development of DTPA Micronutrient Soil Test., Soil Sci. Am. Proc., 35:600-602, 1969.
9. Follett, R.H., Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. Ph. D. Dissertation Colo. State Univ. 133p, 1969.
10. Kacar, B., Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:453, Uygulama Klavuzu:155, A.Ü. Basımevi, Ankara,1972.
11. Anonymous, Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometer, Perkin Elmer Catalogue, Norwalk, Connecticut, U.S.A, 1973.
12. Phillips, J.M., Hayman, D.S., Improved Procedures for Cleaning Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment. Trans. Br. Mycol. Soc. 55, 158-160, 1970.
13. Giovannetti, M., Mosse, B., An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. New Phytol., 84:489-500,1980.
14. Düzgüneş, O., Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metotları. E.Ü. Matbaası, İzmir,1963.
15. Graham, R.D., Anderson, G.D., Ascher, J.S., Absorption of Copper by Wheat, Rye and Some Hybrid Genotypes, J. Plant Nutr. 3, 679-686, 1981.
16. Daft, M.J., Nicolson, T.H., Effect of Endogane Mycorrhiza on Plant Growth. New Phytol., 65, 343-350,1966.
17. Menge, J.A., Labanauskas, C.K., Johnson, E.L.V., Pratt R.G., Partial Substitution of Mycorrhizal Fungi for Phosphorus Fertilization in the Greenhouse Culture of Citrus. Soil Sci. Soc. Am. J., 42, 926-930, 1978.
18. Bolan, N.S., Robson, A.D., Barrow, N.J., Aylmore, L.A.G., Specific Activity of Phosphorus in Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal Plants in Relation to the Availability of Phosphorus to Plants. Soil Biol. Biochem., 16:299-304, 1984.
19. Bolan, N.S., Robson, A.D., Barrow N.J., Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza on the Availability of Iron Phosphates to Plants. Plant and Soil, 99:401-410, 1987.
20. Baon, J.B., Smith, S.E., Alston, A.M., Wheeler, R.D., Phosphorus Efficiency of Three Cereals as Related to Indigenous Mycorrhizal Infection. Aust. J. Agric. Res., 43, 1-15,1992.
21. Azcon, R., El-Atrach, F., Barea, J.M. Influence of Mycorrhiza vs Soluble Phosphate on Growth Nodulation and N₂ Fixation (15N) in Alfalfa under Different Levels of Water Potential. Biol. Fertil. Soils, 7:28-31,1976.
22. Gür, K. 1976. Vesiküler-Arbasküler (VA) Mikorizanın Erzurum Kan Killi Tını ve Palandöken Çakıllı Tınında Yetiştirilen Soğan Bitkisinin Gelişmesi ve Fosfor Alımı Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Z. Dergisi, Cilt:7, Sayı:3,1981.
23. Bagyaraj, D.J., Sreeramulu, K.R., Preinoculation with VA Mycorrhiza Improves Growth and Yield of Chilli Transplanted in the Field and Saves Phosphatic Fertilizer. Plant And Soil, 69, 375-381, Netherlands, 1982.
24. Manjunath, A., Habte, M., Development of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection and the Uptake of Immobile Nutrients in Leucaena Leucocephala. Plant And Soil, 106, 97-103, Netherlands, 1988.
25. Faber, B.A., Zasoski, R.J., Burau, R.G., Uriu, K., Zinc Uptake by Corn as Affected by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae. Plant and Soil, 129, 121-130, Netherlands, 1990.
26. Lambert, D.H., Weidensual, T.C., Element Uptake by Mycorrhizal Soybean from Sewage Sludge-Treated Soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 55:393-398,1991.
27. Abbott, L.K., Robson, A.D., De Boer, G., The Effect of Phosphorus on the Formation of Hyphae in Soil by the Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus. *Glomus Fasciculatum*. New Phytol., 97,437-446, 1984.

28. Smith, S.E., Gianinazzi-Pearson, V., Physiological Interactions between Symbionts in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39:221-244, 1988.
29. Harley, J.L., Smith, S.E., *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, 1983.
30. Tinker, P.B., Gildon, A., Mycorrhizal Fungi and Iron Uptake. Pp.21-32. In: D.A. Robb and W.S. Pierpoint (Eds.), *Metals and Micronutrients. Uptake and Utilization by Plants*. Academic Press, London, 1983.
31. Mosse, B., Hayman, D.S., Arnold, D.J., Plant Growth Responses to Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. V. Phosphate Uptake By Three Plant Species from P-Deficient Soils Labelled With ³²P. *New Phytol.*, 72:809-815, 1973.
32. Gianinazzi, S., Gianinazzi-Pearson, V., The Physiology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Roots. *Plant and Soil*, 71, 197-209, 1983.
33. Harley, J.L., *The Biology Of Mycorrhiza*. 2 nd Edition. Vol. 1. Leonard Hill Publ., 334 P., London, 1969.
34. Boehle, J.Jr., Lindsay, W.L., Micronutrients. The Fertilizer Shoe-Nails. Part 6. In *The Limelight - Zinc*. Fertilizer Solutions 13(1):6, 1969.
35. Gilmore, A.E., The Influence of Endotrophic Mycorrhizae on Growth of Peach Seedlings. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 96, 3-37, 1971.
36. Benson, N.R., Covey, Jr. R.P., Response of Apple Seedlings to Zinc Fertilization and Mycorrhizal Inoculation. *Hort.Sci.* 11, 252-253, 1976.
37. Cooper, K.M. and Tinker, P.B., Translocation and Transfer of Nutrients in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. IV. Effect On Environmental Variables on Movement of Phosphorus. *New Phytol.* 88, 327-329, 1981.
38. Kothari, S.K., Marschner, H., Römheld, V., Direct and Indirect Effects of VA Mycorrhizal Fungi and Rhizosphere Microorganisms on Acquisition of Mineral Nutrients by Maize (*Zea Mays* L) in a Calcareous Soil., *New Phytol.*, 116, 637-645, 1990.
39. Cooper, K.M., Tinker, P.B., Translocation and Transfer of Nutrients in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. IV. Uptake and Translocation of Phosphorus, Zinc and Sulphur. *New Phytol.* 81, 43-52, 1978.
40. Pacovksy, R.S., Micronutrient Uptake and Distributon in Mycorrhizal or Phosphorus Fertilized Soybean. *Plant And Soil* 95, 379-388, 1986.
41. Li, X., Marschner, H., George, E., Acquisition of Phosphorus and Copper by VA Mycorrhizal Hyphae and Root-To-Shoot Transport in White Clover. *Plant And Soil*, 136:49-57, Netherlands, 1991.