

Nedim ÇETİNKAYA<sup>1</sup>  
Sami DURA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr.; Ege Üniversitesi, Ziraat  
Fakültesi Bitki Koruma Bölümü,  
Bornova, İzmir  
e-mail: nedim.cetinkaya@ege.edu.tr

<sup>2</sup> Zir. Yük. Müh. Dr.; Bioglobal Ltd. Şti.  
Antalya, Teknik Müdür

## Mısır Vejetatif Gelişimi ve Verimi Üzerinde Bir Endomikorizal Preparatın Etkileri

The effects of a endomycorrhizal preparate on yield and  
vegetative development of corn

Alınış (Received): 20.03.2009

Kabul tarihi (Accepted): 19.06.2009

### Anahtar Sözcükler:

Mısır, endomikoriza,  
kolonizasyon, verim

### Key Words:

Corn, endomycorrhiza,  
colonisation, yield

### ÖZET

**B**u çalışmada, tarla koşullarında mikorizal funguslar ile bitki kökleri arasındaki simbiyotik yaşamın mısır verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Denemeler tarımsal açıdan önemli yere sahip ait Arbüsküler Mikorizal Fungusları (AMF) bir karışım halinde içeren “Endo-Roots” ticari isimli bir preparat ile yürütülmüştür. Rutin gübrelemelerde, tarla koşulları da dikkate alınarak, mikorizal kolonizasyonun başarısı açısından ön koşullardan biri olan fosfor stresine yol açmayacak bir uygulama yapılmıştır.

Farklı dozda mikoriza uygulamaları sonucu mısır bitkisi yeşil aksam veriminde kontrole göre önemli bir farklılık saptanmaz iken, dane verimi mikoriza uygulamasından olumlu olarak etkilenmiştir. Koçan verimi ile ilgili parametrelerde de mikorizal simbiyoz sonucu olumlu artış kaydedilmiştir.

Endo-Roots uygulamaları ile köklerde fungal kolonizasyon yüzdesi 26-30 arasında belirlenirken, bu oranın bitkinin fosfor açlığı altında olması durumunda artış göstermesi mümkün görülmektedir. Sonuç olarak, bitki besin maddeleri eksikliği durumunda AMF'nin bitki verim ve kalite kriterleri ile bitki hastalıklarına dayanıklılık açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

### ABSTRACT

**I**n this study, the effects of symbiosis between plant roots and mycorrhizal fungi which is often present under natural conditions in the environment on corn yield and quality criteria were investigated. Experiments were conducted by using a mixture (trade name “Endo-Roots”) involving Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) which have significant importance in agricultural practices.

Routine fertilization which is one of the vital conditions in terms of a successful mycorrhizal colonization which do not cause phosphorus stress was applied by considering field conditions, as well.

Control and different dose mycorrhizal applications did not cause a significant difference in green mass yield of corn plants, while grain yield was positively influenced by mycorrhizal application. A positive increase was also observed in parameters concerning corn cob yield due to mycorrhizal symbiosis.

Fungal colonization which was found to be 26-30 % in the roots by “Endo-Roots1” applications, suggests that this ratio would even increase in the case of plants being under phosphorus deficiency. In case of shortage of plant nutrients, AMF is believed to have great contribution to plant yield and quality criteria and the resistance to the plant diseases.

## GİRİŞ

Mikorizal funguslar ile bitki kökleri arasındaki ortak yaşam (simbioz) doğal koşullarda sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Simbiyotik yaşam oluşturma yeteneğinde farklı kökenli çok sayıda fungus mevcut olup, bunlar içinde tarım açısından en önemli yere sahip olan Glomeromycota şubesine ait Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF) dir (Schussler et al., 2001). Arbusküler mikorizal simbiyotik yaşantı şekli tüm bitki aleminin % 80' ninden daha fazlasında ortaya çıkmaktadır (Newman and Reddell, 1987). AMF kök içinde ve kök dışında veya toprak içinde yoğun bir misel ağı oluşturmak üzere ekstraradikal misel (ERM) fazını oluşturur (Fitter and Moyersoen, 1996).

Arbusküler mikorizalar prensip olarak toprakta hareketsiz fosfat iyonlarının alımını fosfor tükenme bölgesinde bitki köklerini hızla çevreleyen ERM oluşumu ile arttırmaktadır (Sanders and Tinker, 1971; Koide, 1991; George et al., 1995; Smith and Read, 1997). Topraktan aldığı su ve besin maddelerinin bitkiye transfer etmesi karşılığı fungus konukçu bitkiden karbon alır. Simbiyotik yaşantının konukçu bitkiye diğer yararları yeşil aksamı yiyerek beslenen böceklere (Gange and West, 1994), kuraklığa (Auge et al., 1994), toprak patojenlerine (Newsham et al., 1995; Lingua et al., 2002; Pozo et al., 2002) karşı artan bir dayanıklılık ve tuzluluğa-ağır metallere yükselen tolerans olarak dikkat çekmektedir (Shetty et al., 1995; Diaz et al., 1996; Al-Karaki et al., 2001; Feng et al., 2002; Mohammad et al., 2003).

Makro besin maddeleri, fosfora ilave olarak azot, potasyum ve magnezyumun bitki tarafından alımında artış kaydedilmiştir (Smith and Read, 1997; Clark and Zeto, 2000; Hodge et al., 2001). Ayrıca bazı mikro besin maddelerinin alımında da artışlar ölçülmüştür (Gildon and Tinker, 1983; Faber et al., 1990; Kothari et al., 1991; Li et al., 1991; Azaizeh et al., 1995). Bunlara ek olarak mikorizal yaşam toprak agregat stabilitesini korumak açısından çok önemli bir görev üstlenmektedir (Tisdall and Oades, 1979; Tisdall, 1991; Degens et al., 1996).

Her ne kadar mikorizal yaşamın bitkiler lehine birçok yararları olsa da, fungusun bitkiye herhangi bir yarar sağlamaksızın bitkiden karbon alması durumunda bitkide verim kaybı yaşanabilmektedir (Lerat et al., 2003). Bu durum çok sıklıkla karşılaşılan bir durum olmamakla birlikte (Fitter, 2001) gerçekleştiği takdirde paraziter bir ilişkiden söz etmek mümkündür.

Kimyasal girdilerin oldukça sınırlı olduğu organik tarımda mikorizal uygulamalar değişik amaçlarla toprak, bitki ve su kaynaklarını koruyarak üretim yapma fırsatı sağlayan organizmalar olarak önerilmektedir (Gosling et al., 2006).

Bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucu bitki lehine birçok faydası belirlenmiş olan mikoriza uygulamasının silajlık mısırdaki verim ve kalite parametrelerine etkileri bu çalışma ile araştırılmıştır. Bunlara ilaveten yapılan toprak ve bitki analizleri ile mikoriza uygulamasının bitki besin maddeleri alımı açısından etkileri de bu çalışma kapsamında yer almıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın tarla denemeleri Manisa ili Salihli ilçesinde yer alan Tavas çiftliğinde, laboratuvar çalışmaları ise Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünde yürütülmüştür. Toprak ve bitki besin maddesi analizleri TSE EN-ISO 17025 laboratuvar yeterlilik belgesine sahip LabEN Tarımsal Analiz Laboratuvarı Altınova/ ANTALYA tarafından yapılmış ve elde edilen sonuçlar aynı laboratuvar tarafından yorumlanmıştır.

Çalışmanın ana materyalini: *Glomus intraradices*, *G. mosseae*, *G. aggregatum*, *G. clarum*, *G. monosporum*, *G. deserticola*, *G. brasilianum*, *G. etunicatum* ve *Gigaspora margarita* dan oluşan 9 AMF türü ve destekleyici besin karışımı içeren Endo Roots Soluble® mikoriza preparatı ve tek ürün yetiştiriciliği için önerilen Karella cinsi hibrit mısır çeşidi oluşturmuştur. Karella hibrit mısır çeşidi Fito tohumculuk, Endo Roots Soluble® (Novozymes) Bioglobal firmalarından temin edilmiştir

Deneme “tesadüf parselleri” deneme desenine göre 5 karakterli ve 3 tekerrürlü olmak üzere 1m X 5m boyutlarında toplam 15 adet deneme parselinde yürütülmüştür. Oluşturulan parsellere uygulamalar rastgele dağıtılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Denemeyi oluşturan uygulamalar ve kısaltmalar

Uygulama Dozları	Kısaltma
100 g/da (7900 propagül/da)	(M100)
150 g/da (11850 propagül/da)	(M150)
200 g/da (15800 propagül/da)	(M200)
250 g/da (19750 propagül/da)	(M250)
Kontrol	(K)

Uygulama öncesi her parselden toprak örneği alınarak bitki besin maddesi kapsamını belirlemeye yönelik analiz yapılmıştır. Ekim 70X20 cm mesafede yapılmıştır. Uygulamalar ise 24.05.2008’ de 2-4 yaprak döneminde, çizelge 1’de belirtilen dozlarda bitki kök bölgesine içirme yolu verilmiştir.

Kontrol parsellerine rutin bakım işlemleri haricinde herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Çalışma alanına 14.06.2008 tarihinde damlama sulama sistemi döşenerek bu tarihten itibaren sulama ve gübreleme işlemleri başlanmıştır.

Daha sonra mısır bitkisinin tepe püskülü oluşturduğu dönemde, her parselden rastgele seçilmiş 20 bitkiden alınan yaprak örnekleri analiz edilmiştir.

Araştırmada 27.06.2008, 04.07.2008, 12.07.2008 tarihlerinde olmak üzere haftalık olarak mısır bitkisi püskül oluşturana kadar bitkilerde boy ölçümü yapılmıştır.

Hasat 22.10.2008 tarihinde yapılmıştır. Hasat sırasında kavuzlu koçanlar elle hasat edilerek parsel verim değerleri ölçülmüştür. Aynı şekilde parsellerde yer alan bitkiler toprak hizasından kesilerek sap ağırlıkları için aynı değerlendirilmeye alınmışlardır.

Hasat esnasında her parselden alınan 10 adet kavuzlu koçan ile daneli koçan ağırlığı, koçan boş ağırlığı, koçan boyu, koçan çapı, 1000 dane ağırlığı belirlenmiştir.

Hasat sonrası parsellerden rastgele seçilen 10 adet bitki bel küreği ile topraktan çıkarılarak kök örnekleri mikorizal kolonizasyonu belirlemek amacıyla alınmıştır. Örnek olarak alınan kökler yıkanmış ve olası bozulma-mikrobiyal gelişmeyi engellemek amacıyla AFA (Alkol Formaldehit Asetik Asit; V:V:V 90/5/5) çözeltisinde fikse edilmiştir.

Kolonizasyon *Gridline Intersection Method* (Giovanetti and Mosse, 1980’e göre) kullanılarak belirlenmiştir.

Elde edilen tüm değerlere SPSS for Windows Ver. 15.0.0. program paketi ile istatistiksel analiz uygulanmıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Mikoriza uygulaması öncesi yapılan toprak analizi ile makro ve mikro besin madde içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

Uygulama öncesi toprak besin maddesi kapsamı, total azot orta, alınabilir fosfor yetersiz, alınabilir potasyum ve kalsiyum yüksek, alınabilir magnezyum yeterli ve alınabilir demir yüksek olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. Uygulama öncesi toprak makro ve mikro besin maddeleri kapsamı

N (%)	Al. P (kg/da)	Al. K (kg/da)	Al. Ca (kg/da)	Al. Mg (kg/da)	Al. Fe (ppm)
0.104	5.49	360.0	1675	197.8	7.67

Uygulama sonrası mısır bitkilerinin tepe püskülü oluşturdukları fenolojik dönemde alınan yaprak örnekleri besin maddeleri kapsamı yönünde analiz edilmişlerdir. Kalsiyum hariç besin maddeleri kapsamı yönünden istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3).

Denemelerin yürütüldüğü parselleri temsil eden yaprak örnekleri besin maddesi kapsamı açısından, potasyum (%) az, diğer besin maddesi kapsamı yeterli olarak değerlendirilmiştir.

Bitki boyundaki olası farklılıkları belirlemeye yönelik olarak 27.06.2008 tarihinden itibaren birer hafta ara ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde, hem

Çizelge 3. Tepe püskülü dönemi yaprak makro ve mikro besin maddeleri kapsamı

Uygulama	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)
Kontrol	2.76 a*	0.311 a	1.33 a	0.528 a	0.186 a	177.2 a
100 g/da	2.98 a	0.334 a	1.45 a	0.546 a	0.174 a	183.2 a
150 g/da	2.73 a	0.306 a	1.34 a	0.799 b	0.158 a	180.2 a
200 g/da	2.67 a	0.305 a	1.30 a	0.530 a	0.165 a	243.7 a
250 g/da	2.76 a	0.313 a	1.37 a	0.510 a	0.170 a	168.3 a

\*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Duncan (0.05)'a göre istatistiksel olarak farklıdır.

Çizelge 4. Uygulamaların bitki boyu, dane ve sap verimi üzerine etkisi

Uygulama	Bitki Başına Yeşil Aksam Verim				
	Boy1 (cm)	Boy2 (cm)	Boy3 (cm)	Dane kg/bitki	Sap kg/bitki
Kontrol	142.7 a*	192.6 a	264.7 a	0.36 ab	0.40 a
100 g/da	149.5 a	206.1 a	274.7 a	0.32 a	0.37 a
150 g/da	138.5 a	193.4 a	268.4 a	0.38 b	0.42 a
200 g/da	148.8 a	191.6 a	268.4 a	0.39 b	0.39 a
250 g/da	150.5 a	200.6 a	272.4 a	0.38 b	0.40 a

\*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Duncan (0.05)'a göre istatistiksel olarak farklıdır.

Çizelge 5. Uygulamaların mısır koçan parametrelerine etkisi

Uygulama	Koçan Çapı (cm)	Koçan Boyu (cm)	Daneli Koçan Ağırlığı (g)	Boş Koçan Ağırlığı (g)
Kontrol	5.39 ab*	21.5 a	344.6 ab	42.5 a
100 g/da	5.52 b	23.2 b	380.5 b	46.9 ab
150 g/da	5.51 b	23.3 b	377.2 ab	48.4 b
200 g/da	5.28 a	22.8 ab	335.2 a	44.1 ab
250 g/da	5.46 ab	23.7 b	382.5 b	48.7 b

\*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Duncan (0.05)'a göre istatistiksel olarak farklıdır.

kontrole göre ve hem de farklı dozlar arasında her 3 ölçümde de istatistiki olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır (Çizelge 4).

Sap veriminde kontrol ile diğer uygulamalar arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Dane veriminde ise 100 g/da dozda uygulama diğer dozlara göre düşük etki göstermiştir.

Farklı propagül yoğunluğundaki mikoriza uygulamaları mısır koçan parametreleri üzerinde etkili olmuştur. Koçan çapı 100-150 g/da uygulama dozunda 200 g/da dozuna göre daha geniş ölçülmüştür. Yine aynı dozlarda koçan boyu kontrole göre daha uzun olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

Yine çizelge 5 incelendiğinde daneli koçan ağırlığı 100 g/da ve 250 g/da uygulamalarında 200 g/da inokulum yoğunluğuna göre

yüksek olarak belirlenmiştir. Boş koçan ağırlığı ise 150 g/da ve 250 g/da uygulamalarında kontrole göre daha ağır olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Uygulamaların mısır dane verimi üzerine etkisi

Uygulama	Dane Verimi	
	1000 Dane	HLT.(kg)
Kontrol	390 a*	86 a
100 g/da	397 a	87 a
150 g/da	407 a	86 a
200 g/da	403 a	89 a
250 g/da	393 a	85 a

\*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Duncan (0.05)'a göre istatistiksel olarak farklıdır.

Hektolitrede dane ve 1000 dane ağırlıkları arasında fark belirlenmemiştir (Çizelge 6).

Çizelge 7. Uygulamalar sonucu mısır köklerinde tespit edilen % mikorizal kolonizasyon

Uygulama	Kolonizasyon	
	% Kök Kol.	Ortalama
Kontrol	3.5	3.03 a
	0.0	
	5.6	
100 g/da	24.4	28.03 b
	32.6	
	27.1	
150 g/da	24.1	27.07 b
	27.0	
	30.1	
200 g/da	29.5	26.60 b
	27.2	
	23.1	
250 g/da	29.2	28.93 b
	31.2	
	26.4	

\* Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Duncan (0.05)'a göre istatistiksel olarak farklıdır.

Hasat sonrası mikoriza uygulamalarının etkinliğini belirlemek amacıyla yapılan kök kolonizasyonu değerlendirme çalışmalarında elde edilen sonuçlarda kontrole göre tüm uygulama dozları istatistiksel öneme sahip düzeyde fark göstermiştir. Mikoriza uygulama dozları arasında önemli bir fark belirlenmemiştir (Çizelge 7).

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Mikoriza uygulamaları öncesi yapılan toprak analizi sonuçları incelendiğinde mısır yetiştiriciliği için uygun toprak koşulları dikkat çekmektedir. Özellikle mikorizal kolonizasyonun gerçekleşmesini olumsuz etkileyebilecek bitki kök bölgesinde yeterli alınabilir fosfor varlığıdır (Menge et al., 1978; Amijee et al., 1989; Braunberger et al., 1991). Toprakta alınabilir fosfor varlığının yetersiz olması simbiyotik yaşantının kurulması açısından başlangıçta yarar sağlamasına rağmen 14.06.2008 tarihinde kurulan damla sulama sistemi ve deneme parselleri dahil tarladaki tüm bitkilerin bu yolla gübrenmesi sonucu toprakta alınabilir fosfor ve diğer bitki besin maddelerinin miktarını arttırmıştır. Bunun sonucunda toprakta damla sulama sistemi öncesi orta ve yetersiz olan azot ve fosfor değerlerinin

yeterli düzeye ulaştığı düşünülmektedir. Fosfor değerlerindeki artışa ayrıca simbiyotik ilişkinin de katkısı olduğu düşünülmektedir.

Tepe püskülü döneminde alınan yaprak örnekleri uygulamaların mısır bitkilerinde makro besin madde kapsamı açısından bir fark oluşturmadığını göstermektedir.

Bu durum önceki paragrafta belirtilen düşüncemizi desteklemektedir. Yeterli ve dengeli gübrenmiş bitkilerde mikorizal kolonizasyonun yeterince oluşmaması ve sonucunda simbiyotik ilişki kurmaya yönelik uygulamaların etkisinin gözlemlenmesi mümkün olamamaktadır. Mikro besin maddeleri açısından da belirtilen sebeplerden dolayı istatistiksel açıdan 150 gr/da uygulama dozu haricinde kontrole göre bir fark gözlenmemiştir. Bu durum Çizelge 7'de verilen düşük kolonizasyon oranları ile de uyumaktadır. Demir (2002) tarafından yapılan çalışmada, sebze köklerinde daha yüksek oranda kolonizasyon değerlerine ulaşılmasının mümkün olduğu belirtilmektedir.

Mikoriza uygulamaları bitkinin yeşil aksam, boy ve sap verimine yönelik olumlu etki göstermez iken, bitki başına dane verimi 150 gr/da ve üstü dozlarda artış göstermiştir. Yeşil aksam verimine etkisi belirlenemeyen uygulamaların diğer önemli bir parametre olan dane verimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, zayıf kolonizasyona rağmen bitki lehine durum gözlenmiştir.

Silajlık mısırdaki önemli olan koçan çapı, koçan boyu, daneli koçan ağırlığı ve boş koçan ağırlığı kontrole göre artış göstermiştir. 100, 150 ve 250 gr/da dozlarda uygulanan mikoriza preparatı kontrol ve 200 gr/da dozuna göre etkili bulunmuştur. Mikoriza uygulamaları sonucu mısır 1000 dane ağırlığı ve hektolitrede ağırlık açısından bir fark belirlenmemiştir.

Uygulamalar sonucu mikorizal kolonizasyon kontrole göre önemli bir artış göstermiştir. Fakat beklenen düzeyde değerlere ulaşılamamıştır. Uygulama dozları arasında bir fark kaydedilememiştir. Kontrol bitkilerinde de çok

düşük düzeyde kolonizasyon belirlenmiştir. Bu durum özellikle topraktan endomikoriza türlerinin izolasyonu için tuzak bitki olarak kullanılan mısır için normal bir durumdur.

Sonuç olarak düşük kolonizasyona neden olan rutin gübreleme işlemine rağmen, mısı-

rın doğrudan verim parametreleri içinde yer alan dane verimi ve koçan ölçüleri mikoriza uygulaması ile artış göstermiştir. Diğer verim kriterlerinde ise yetersiz kolonizasyon sonucu önemli bir farklılık saptanamamıştır.

## KAYNAKLAR

- Al-Karaki, G.N., Hammad, R., Rusan, M., 2001. Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza* 11, 43–47.
- Amijee, F., Tinker, P.B., Stribley, D. P., 1989. The development of endomycorrhizal root systems. VII. A detailed study of effects of soil phosphorus on colonization, *New Phytol.* 111:435-446.
- Auge, R.M., Duan, X., Ebel, R.C., Stodola, A.J.W., 1994. Nonhydraulic signalling of soil drying in mycorrhizal maize. *Planta* 193, 74–82.
- Azaizeh, H.A., Marschner, H., Romheld, V., Wittenmayer, L., 1995. Effects of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and other soil microorganisms on growth, mineral nutrient acquisition and root exudation of soil-grown maize plants. *Mycorrhiza* 5, 321–327.
- Braunberger, P.G., Millers, M.H., Peterson, R.L., 1991. Effect of phosphorus nutrition on morphological characteristics of vesicular arbuscular mycorrhizal colonization of maize, *New Phytol.* 119:107-113.
- Clark, R.B., Zeto, S.K., 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *J. Plant Nutr.* 23, 867–902.
- Degens, B.P., Sparling, G.P., Abbott, L.K., 1996. Increasing the length of hyphae in a sandy soil increases the amount of water-stable aggregates. *Appl. Soil Ecol.* 3, 149–159.
- Demir, S., 2002. Mikorhizal Fungus *Glomus intraradices* (Schenck & Smith)'in Bazı Sebze Bitkilerinin Köklerinde Kolonizasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 12(1):53-57
- Diaz, G., AzconAguilar, C., Honrubia, M., 1996. Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Zn and Pb) uptake and growth of *Lygeum spartum* and *Anthyllis cytisoides*. *Plant Soil* 180, 241–249.
- Hodge, A., Campbell, C.D., Fitter, A.H., 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature* 413, 297–299
- Faber, B.A., Zasoski, R.J., Burau, R.G., Uriu, K., 1990. Zinc uptake by corn as affected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Plant Soil* 129, 121–130.
- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., Tang, C., Rengel, Z., 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12, 185–190.
- Fitter, A.H., 2001. Specificity links and networks in the control of diversity in plant and microbial communities. In: Press, M.C., Huntly, N.J., Levin, S. (Eds.), *Ecology, Achievement and Challenge*. Blackwell, Oxford, UK, pp. 95–114.
- Fitter, A.H., Moyersoen, B., 1996. Evolutionary trends in root-microbe symbioses. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 351, 1367–1375.
- Gange, A.C., West, H.M., 1994. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and foliar-feeding insects in *Plantago lanceolata* L. *New Phytol.* 128, 79–87.
- George, E., Marschner, H., Jakobsen, I., 1995. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. *Crit. Rev. Biotech.* 15, 257–270.
- Gildon, A., Tinker, P.B., 1983. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal infections and heavy metals in plants. II. The effects of infection on uptake of copper. *New Phytol.* 95, 263–268.
- Giovanetti, M., Mosse B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots, *New Phytol.* 84:489-500.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., Bending G. D., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113 (2006) 17–35.
- Koide, R., 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant-response to mycorrhizal infection. *New Phytol.* 117, 365–386.
- Kothari, S.K., Marschner, H., Romheld, V., 1991. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in calcareous soil. *Plant Soil* 131, 177–185.

- Lerat, S., Lapointe, L., Piche, Y., Vierheilig, H., 2003. Variable carbon-sink strength of different *Glomus mosseae* strains colonizing barley roots. *Can. J. Bot.* 81, 886–889.
- Li, X.L., Marschner, H., George, E., 1991. Acquisition of phosphorus and copper by VA-mycorrhizal hyphae and root-to-shoot transport in white clover. *Plant Soil* 136, 49–57.
- Lingua, G., D'Agostino, G., Massa, N., Antosiano, M., Berta, G., 2002. Mycorrhiza-induced differential response to a yellows disease in tomato. *Mycorrhiza* 12, 191–198.
- Menge, J. A., Steirle, D., Bagyaraj, D.J., Johnson, E L.V., Leonard, R. T., 1978. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infections, *New Phytol.* 80:575-578.
- Mohammad, M.J., Malkawi, H.I., Shibli, R., 2003. Effects of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. *J. Plant Nutr.* 26, 125–137.
- Newman, E.I. and P. Reddell, 1987. The distribution of mycorrhizas among the families of vascular plants. *New Phytol.* 106, 745–751.
- Newsham, K.K., Fitter, A.H., Watkinson, A.R., 1995. Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Trends Ecol. Evol.* 10, 407–411.
- Pozo, M.J., Cordier, C., Dumas-Gaudot, E., Gianinazzi, S., Barea, J.M., Azcón-Aguilar, C., 2002. Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to *Phytophthora* infection in tomato plants. *J. Exp. Bot.* 53, 525–534.
- Sanders, F.E., Tinker, P.B., 1971. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. *Nature* 233, 278–279.
- Schussler, A., Schwarzott, D. and C. Walker, 2001. A new fungal phylum, The Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105, 1413–1421.
- Shetty, K.G., Hetrick, B.A.D., Schwab, A.P., 1995. Effects of mycorrhizae and fertilizer amendments on zinc tolerance of plants. *Environ. Pollut.* 88, 307–314.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London.
- Tisdall, J.M., 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. *Aust. J. Soil Res.* 29, 729–743.
- Tisdall, J.M., Oades, J.M., 1979. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. *Aust. J. Soil Res.* 17, 429–441.