

Tarımsal Üretimde Mikorizanın Önemi

Ahmet ALMACA^{1*}

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa^{1*}

*İletişim: almaca@harran.edu.tr

Özet

Dünya'da hızlı nüfus artışına bağlı olarak gıda talebi de artmaktadır. Gıda talebinin yerine getirilmesi ancak tarımsal üretimde artış ile mümkün olmaktadır. Tarımsal üretimde en az girdi ile en fazla ürünün elde edilmesi amaç haline gelmiştir. Ancak son yıllarda buna ek olarak kaliteli, güvenilir ve sağlıklı ürünlerin elde edilmesi gündeme gelmiştir. Üretim aşamasında kimyasallardan çok organik yapıllı maddelerin kullanılması pek çok tüketicinin tercih nedeni olmuştur. Bu nedenle mikorizal mantarların tarımsal üretimde yerinin giderek artan bir öneme sahip olacağı düşünülmektedir. Mikorizanın, bitki beslenmesinde önemli bir yeri vardır, özellikle P ve Zn başta olmak üzere pek çok elementin bitkiye alınmasında etkilidir. Ekolojik tarımsal üretim için mikoriza üretimi önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza, besin elementleri, tarımsal üretim

The Importance of Mycorrhizae in Agricultural Production

Abstract

Depending on the rapid population growth on over the world food demand is increasing. The fulfillment of the demand for food can be supply by increasing the agricultural production. Agricultural production with minimal input in order to obtain maximum product has become the main aim. However, in recent years, in addition to high quality, safe and healthy products were raised to be obtained. Apart from Chemical application organic materials using has been choice by many consumers. Therefore, the location of mycorrhizal fungi in agricultural production is expected to be increasingly important. Mycorrhiza, has an important role in plant nutrition, particularly P and Zn mainly to the plant are effective in many elements. Mycorrhiza spore production is also important for ecological production.

Keywords: Mycorrhizae, plant nutrients, agricultural production

Giriş

Mikroorganizmalar ve bitkiler arasındaki simbiyotik yaşam oluşturan sistem, yani mikorizal yaşam hemen hemen bütün karasal bitkilerde mevcuttur. Çift çenekli bitkilerin % 83'ü, tek çenekli bitkilerin % 79'u ve açık tohumlu bitkilerin tümü mikorizalar ile ortak yaşam sürdürür. Bitki topluluklarının % 90'ının kök sistemleri mikoriza mantarı ile infekte edilmiştir (Ortaş ve Varma, 2007; Smith ve Read, 2008).

Bu simbiyotik yaşam gereği bitki mikorizaya enerji kaynağı olarak karbon

bileşikleri vermekte, buna karşılık mantar da bitkinin gereksinim duyduğu mineral besin elementleri ve su alımını sağlamaktadır. Konukçu bitki ile mikoriza arasındaki simbiyotik ilişki ekosistemdeki besin döngüsü yanında, bitki topluluklarının canlılığının devamını sağlamaktadırlar (Killham, 1995; Ortaş, 1997).

Mikorizanın Sınıflandırılması

Mikoriza sporlarının yapısı, bitkilerdeki infeksiyon şekilleri ile kök içindeki

morfolojik ve fizyolojik yapıları itibarıyla taksonomik yönden büyük farklılıklar göstermektedirler (Sieverding, 1991; Bagyaraj, 1991). Bu taksonomik farklılıklar aynı zamanda bitkilerin beslenme düzeyleri yönünden de farklılıklar göstermektedir. Kök içindeki morfolojik yapı yönünden genelde Ekto ve Endo mikoriza olarak iki büyük gruba ayrılmaktadırlar.

Endo-mikoriza, ekto-mikorizanın aksine kortekste hem hücreler arası boşlukta hem de hücre içi boşluklarda oluşmaktadır (Sieverding, 1991; Smith ve Read, 1997). Fungus kortekste geliştiği için ortamda lipidce zengin oval görünümlü yapılar oluşturulmaktadır ki bunlar "vesikül" olarak adlandırılır. Vesiküllerin dışarıdan alınan besin elementlerini depo ettiği ve gereksinime göre içeriye saldığı tahmin edilmektedir (Bagyaraj ve Manjunath, 1981; Marschner, 1995). Ayrıca hücre içlerinde ağaçların kök yapılarındaki dallanmayı andıran yapılar oluşmaktadır ki bu da "arbuskül" olarak adlandırılır (Marschner, 1995; Mosse, 1981). Mikorizanın arbusküller sayesinde dışarıdan sağladığı besin elementlerini bitki dokularına aktardığı düşünülmektedir. Endo-mikorizanın birçok türü olmasına rağmen en yaygın olanları vesiküller ve arbusküller oluşturmalarından dolayı bu grup mikoriza artık Arbusküller mikoriza (AM) olarak bilinmektedir (Simpson ve Daft, 1990; Ortaş ve ark., 1999). Arbuskül oluşturan mikorizal mantar türlerinin hepsinin vesikül oluşturmamaları nedeniyle arbusküller mikoriza deyimi daha çok kullanılmaya başlanmıştır.

Ekto-mikoriza daha çok yüksek yapılı ağaçların köklerinde bulunmaktadır. Ekto-mikoriza hifleri korteksteki hücrelerarası boşlukları doldurmakta ve doldurulan

ortam "hartig ağı" olarak adlandırılan hifler oluşmaktadır (Sieverding, 1991). Kökün dış yüzeyinde ise "mantle" olarak adlandırılan kökçük görünümdeki çokça dallanmış hifler oluşmaktadır. Bu hifler kök tüylerinin yerini alarak onların işlerini üstlenmektedir. Bu kökçükler çevresini saran toprağa nüfuz ederek derinlerdeki besin elementlerinden yararlanmaktadırlar.

Mikoriza, Bitki Ve Toprak Etkileşimleri

Doğada doğal olarak bulunan Arbusküller mikoriza (AM) mantarı bitkinin besin elementi döngüsünün ön önemli kısmını oluşturmaktadır (Fitter ve ark., 2011). Bitkilerin büyümesi ve ortamdaki besin elementlerinden yararlanmaları mikorizanın bitki kökleri ile infeksiyonuna bağlıdır. Bazı bitkiler için mikoriza "olmazsa olmaz" sınıfına girip yaşamları tamamen mikorizanın var oluşuna bağlıdır (Sieverding, 1991; Declerck ve ark., 1995). Yeryüzündeki bitki topluluklarının % 95'i kadarı ki yaklaşık 240 000 bitki türü çoğunlukla *Endogenecea*'ya ait fikomiset (*phycomycetous*) toprak mantarlarıyla arbusküller mikorizal işbirliği oluştururlar (Koide ve Lu, 1992; Bonfante ve Perotto, 1995).

Buna karşılık bazı bitki familyaları (Brassicaceae, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Juncaceae ve Caryophyllaceae) hiçbir zaman mikorizayla infekte olmazlar veya nadiren infekte olurlar (Castillo ve ark., 2008).

Bitkilerin mikorizal simbiyozise bağımlılığı değişkenlik göstermektedir. Mikorizal bağımlılık çevre koşulları özellikle toprak fosfor verimliliği (Plenchette ve ark., 1983) ve bitki genlerine bağlıdır (Hetrick ve ark., 1995).

Plenchette ve ark. (1983) yaygın olarak yetiştirilen mikorizalı bitkiler arasında farklı mikorizal bağımlılık oranları bulmuşlardır. Havuç en yüksek bağımlılık indeksine sahip olurken, bunu sırasıyla bezelye, fasulye, bakla, kuşüzümü, biber, domates ve patates izlemiş, yulaf ve buğday ise sıralamada en düşük bağımlılık indeksi göstermiştir. Bunun yanında soğan, elma, çilek ve sorgum mikorizaya bağımlılığı iyi bilinen bitkilerdir.

Yapılan araştırmaların sonucunda bitkilerin mikorizaya bağımlılığının, bitki genetiğinden kaynaklandığı görüşüne varılmıştır (Kapulnik ve Kushnir, 1991). Rizosfer bölgesinde oluşan mikoriza fonksiyonunu birbirinden bağımsız iki farklı gen tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir (Duc ve ark., 1989). Bu genlerden bir tanesi mikoriza oluşumunu kontrol etmekte, diğeri ise mikorizadan yararlanmanın etkinliğini belirlemektedir.

Toprakta hareketliliği zayıf olan fosfor (P) gibi besin elementleri yetersiz olduğunda veya fikse edildikleri zaman bitki kökleri tarafından bitkinin gereksinimini karşılayacak oranda alınamamaktadırlar. Özellikle kök sistemi kalın olan bitki türleri oluşturdukları toplam kök yüzey alanları çok düşük olduğundan, bu tür bitkilerin büyüdükları toprak ortamı ile değindikleri toplam yüzey alanları da az olmaktadır (Marschner, 1995; Smith ve Read, 2008). Bunun doğal bir sonucu olarak bitkilere besin elementleri ve su yeterince sağlanamadığı durumlarda doğal gereksinimlerini karşılamak için bitkiler rizosfer pH'sının değiştirilmesi, kök salgıları, kök morfolojisi ve fizyolojisinde değişimler yaratması ve mikroorganizmalarla simbiyotik yaşam oluşturması gibi doğal adaptasyon

mekanizmaları gerçekleştirmişlerdir. Rodriguez ve ark (2011), yaptıkları çalışmada düşük P düzeylerinde AM mantarı ile aşılınmış bitkinin büyümesinin ve P içeriğinin arttığını bildirmişlerdir.

Mikorizal hifler sayesinde toprak çözeltisinde bulunan besin elementlerinin alımı daha fazla artarak N ve K gibi hareketli durumdaki besin elementlerinin alımında mikorizanın az da olsa bir etkisi olmuştur (Bieleski, 1973). Aynı zamanda bitkilerin su alımına yardımcı olur. Bu direkt olmayan etki besin elementi ile birlikte gerçekleşir. Mikoriza mantarının toprakta bitkilerce alımı yavaş olan besin elementlerini özellikle de fosforu kontrollü koşullar altında 3-5 kat artırdığı seralarda yapılan denemelerle belirlenmiştir (Marschner 1995). Mikorizal funguslar, çok miktarda hif üreterek bitki kök yüzeyi alanını artırmakta ve köklerden çok uzak bölgelerde besin elementlerini bu hiflerin aracılığıyla alarak bitkinin üst organlarına taşımaktadır (Li ve ark.,1991; Hooker ve Atkinson, 1996). Etkin bir mikorizal kök enfeksiyonu gerçekleştirildiğinde AM mantarı infekte olduğu konukçu bitkiye başta fosfor (P), Bakır (Cu) ve çinko (Zn) olmak üzere birçok besin elementinin alınmasını sağlamaktadır (Cameron, 2010; Ortaş ve ark., 2011; Ortaş, 2012)

Mikoriza hifleri çok ince yapısı ile köklerin giremediği ince porlara girerek su ve besin elementlerinden yararlanabilmektedirler. Mikoriza ile infekte olmamış bitkiler kök bölgesinin 1 cm uzağındaki fosfordan yararlanabildiği halde, mikoriza ile infekte olmuş bitki kökleri hifleri aracılığı ile kökten 11 cm uzaktaki fosforu alabilmektedir (Li ve ark.,1991).

Mikoriza bitki köklerini diğer patojenik organizmalara karşı koruduğu gibi çevre

faktörlerinin yarattığı ağır metal toksisitesi ve tuzluluk gibi streslere karşı bitkiyi korur ve bitkinin direncini artırır (Smith ve Read, 2008). Yapılan bir araştırmada mikoriza aşılması turunç bitkisinin Ca, Mg ve Na içeriği mikorizasız bitkiye göre sırası ile % 41, % 36, ve % 150 oranında daha yüksek ölçülmüştür (Menge ve ark., 1978). Ayrıca mikorizal infeksiyon kirlenmiş veya dezenfekte edilmiş toprakların bitki bünyesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltabilir (Mosse, 1981). Mikoriza bitkinin kuraklığa karşı dayanıklılığını da artırabilir, bu artış ya direkt hifler aracılığı ile veya mikorizanın bitki fizyolojisi ve morfolojisi üzerinde yaptığı değişikliklerden kaynaklanan kök büyümesi veya kılcal kök oluşumu ile ilgilidir (Davies ve ark., 1992).

Aynı zamanda bitkilerin hastalıklara ve patojenik organizmalara karşı direncini de artırır (Graham, 1988). Mikoriza ile inoküle edilen domates bitkisinin *Fusarium oxysporum*'a karşı direnci artmıştır (Marschner, 1995). AM mantarının bitkinin hastalıklara dayanıklılığını (Dehne, 1979) ve kuraklığa toleransını (Nelsen ve Safir, 1982) geliştirmesi ve hareketliliği az olan besin elementlerinin alımını artırması nedeniyle AM mantarının bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılması yönünde artan bir ilgi mevcuttur. Bazı araştırmacılar bir mikoriza türü olan *G. fasciculatum*, turunçgillerde kök çürüklüğüne karşı az da olsa dayanımı artırdığını, buna karşılık avokado ve pamukta solgunluğu artırdığını gözlemlemişlerdir (Menge ve ark., 1982).

Şaşırtma öncesi fidelerin mikoriza ile inokulasyonu bitki gelişimini arttırarak, şaşırtma sırasındaki fide kaybını azaltır (Bierman ve Linderman, 1983; Menge ve ark., 1978). Mikoriza kullanımı ile seralarda yetiştirme süresince iyi koşullarda yetiştirilen fidelerin şaşırtma streslerine

daha toleranslı olacağını ve erkenciliği geliştireceği belirlenmiştir (Davies ve ark., 1992). Menge ve ark., (1978) bitkinin değişik aşamasında % P içeriğini incelemişler ve erken infekte olan bitkilerin şaşırtmadan sonra fosfor içeriğinin arttığı ve daha hızlı büyüdükleri görülmüştür.

Domates genotiplerinin düşük fosfor içeriğine toleransını araştıran Coltman ve Kuo (1991), mikoriza inokulasyonunun tarla koşullarında domateslerin fosfor toleransını önemli ölçüde değiştirdiğini bildirmişlerdir. Domates mikoriza ile infekte edildiği zaman bitkinin fosfor içeriği ve verimi önemli ölçüde artmıştır (Al-Raddad, 1987).

Artan dozlarda uygulanan fosfor domates ve soğanda bitki toplam yaş ağırlığını ve gövde fosfor içeriğini arttırırken, kökün mikoriza infeksiyonunu azaltmıştır. Mikoriza inokulasyonu soğanın gövde fosfor içeriğini ve toplam yaş ağırlığını düşük fosfor uygulamalarında arttırmıştır (Waterer ve Coltman, 1989). Domates bitkilerinin kök derinliğine *G. mosseae*, *P. syringae* (Bakteriyel kara leke hastalığı etmeni) ve her ikisi inoküle edilmiş, *P. syringae* inokulasyonu bitki kuru maddesini azaltırken *G. mossea* ile *P. syringae* birlikte inoküle edildiğinde bitki kuru maddesi azalmamıştır. Mikoriza kök uzunluğu yüzdesi *P. syringae* tarafından etkilenmezken, *G. mosseae*'nin varlığı rizosferdeki *P. syringae* popülasyonunu azaltmıştır (Garcia-Garrido ve Ocampo, 1988).

Rubio ve ark. (1993), marulda ve domateste fide döneminde doğal mikorizanın etkisini incelemişlerdir ve iki doğal Glomus türünün bitkinin yaşama süresini, % kök infeksiyonunu olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir. Khaliel

ve Elkhider (1987) *G. mosseae* ile inoküle edilen domates bitkilerinin daha iyi geliştiğini ve yaprak sayısı, dallanma ve toplam meyve sayısının ise mikorizasız uygulamaya göre daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Mikoriza ile aşılana patlıcan bitkisi (*Solanum melongena* L.) bitki verimini ve meyve sayısını artırmış olup aynı zamanda özellikle de *G.etunicatum* ile inoküle edilen patlıcan bitkisinin verticillium hastalığına karşı bitkinin dayanıklılığını artırdığı ve hastalığın gelişmesini *Gigaspora margarita* sporuna karşı daha etkili olarak önlediği belirlenmiştir (Matsubara ve ark., 1995).

Khanizadeh ve ark. (1995), üç çilek çeşidinde üç farklı AM ve üç farklı seviyede fosfor uygulamasının meyve büyüklüğü, verim ve vegetatif gelişmeye etkisini incelemiş AM ve P gübrelemesinin çiçek açmayı veya çiçek sayısını, toplam verimi, meyve ağırlığını ve yaprak sayısını etkilemediği belirlemişlerdir. Almaca ve ark. (2013)'nin farklı fosfor dozlarında mikoriza çeşitlerinin tarla koşullarında biber bitkisi verimi ve gelişimine etkileri üzerine yaptıkları araştırmada, 20 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulamasında, tohum aşamasında mikoriza aşılama bitkilerin biber verimini % 5.4 ve %12.7 düzeyinde artırdığı, buna karşılık, şaşırtma sırasında yapılan yeniden aşılamanın ise, %6 ve %20.9 artırdığı belirlenmiştir.

Powell (1981), arpada mikoriza uygulamasının tohum verimi üzerine etkisini incelemiştir. Tohum ekiminden önce tohum yatağına *G. mosseae*, *G. fasciculatum* ve *Gigaspora margarita* karışımı veya doğal olarak mevcut olan mikoriza uygulanmıştır. İnoküle edilen fungus tohum verimini % 27, tohumdaki P içeriğini de % 35 arttırmıştır.

Danimarka koşullarında hıyarda yapılan bir araştırmada, mikoriza ile infekte edilmiş hıyar bitkilerinin infekte edilmemiş olanlara oranla topraktan daha fazla fosfor kaldırdıkları saptanmıştır (Erik ve Jakopsen, 1993).

McArther ve Knowles (1993), patatese (*Solanum tuberosum* L.) üç farklı arbusküler mikoriza ve farklı seviyelerde P uygulamışlar ve araştırma sonucunda P eksikliği bulunan, fosforsuz ve düşük fosforlu topraklarda AM fungusunun N, K, Mg, Fe ve Zn alımını artırdığı belirlenmiştir. Matsubara ve ark. (1994) Japonya'da 17 sebze bitkisi ve iki farklı mikoriza *G. etunicatum* ve *G. intraradices* ile yürüttüğü araştırmada mikorizanın bitkinin kuru madde verimini ve mikorizaya bağımlılığı artırdığını belirlemiştir.

ABD koşullarında değişik mikoriza türlerinin *Citrus volkameriana* ('Volkamer' lemon) çöğürünün gelişimine ve su alımına etkisi araştırılmış, düşük fosfor düzeylerinde bitkilerin mikoriza mantarlarına daha iyi tepki verdiği görülmüş ve yapılan çalışmaların mikorizanın turuncgil bitkilerinin gelişimine ve beslenmesine katkıda bulunduğunu göstermiştir (Fidelibus ve ark., 2000). Yüksek P uygulaması koşullarında turuncgil bitkisinin mikorizadan yararlanmadığı ve mikoriza oluşumunun azaldığı rapor edilmiştir (Graham ve ark., 1996; Ortaş ve ark., 2002a, b). Hooker ve Atkinson (1996) yaptıkları çalışmada mikoriza infeksiyonunun meyve ağaçlarının kök büyümesi ve dallanmasını teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Ortaş ve ark., (2002a)'nın Çukurova koşullarında yaptıkları araştırmada değişik mikoriza türlerinin turunc bitkisine tepkisi konusundaki

denemede *G. clarium*'un turunç bitkisi için en etkin mikoriza türü olduğu belirlenmiştir.

Kontrollü koşullarda yapılan denemeler mikorizal mantarla yapılan inokülasyonun turunç bitkisinin büyümesini ve besin elementleri alımını arttırdığını göstermiştir (Ortakçı ve ark., 1998; Ortaş ve ark; 2002 a ve b). Tuzlu koşullarda yetiştiricilikte mikoriza aşılması ile çinko uygulamalarının bitki gelişimini ve besin elementi alımını olumlu yönde etkileyebileceği kanısına varılmıştır (Sönmez ve ark., 2013).

Mikoriza, bitkinin iyi bir kök sistemi oluşturmasını teşvik ederek, gelişimlerinin daha iyi olmasını sağlamaktadır. Bunun yanında, bol ve kaliteli yaprak ve çiçeklere sahip olmasına yardımcı olmaktadır. Bunun sonucunda mikoriza ile daha iyi bir gelişme yapabilecek bitkilerin kullanılması ile hem fonksiyonel hem de estetik açıdan başarıya ulaşılmış olunacaktır (Pulatkan ve Var, 2010).

Tohum ekiminden sonra bitkilerin çimlenme ve büyüme durumları takip edilmiş ve bitkilerin yaprak klorofil değerleri çiçeklenme zamanına kadar ölçülmüştür. Buna göre mikoriza aşılmasının klorofil miktarı üzerine $P<0.05$, fosforlu gübre uygulamasının $P<0.01$ ve demirli gübre uygulamasının ise $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu; ayrıca mikoriza aşılması ile fosfor uygulaması arasında interaksiyon olduğu belirlenmiştir (Akay ve Karaarslan, 2012).

Yetiştirme ortamına ilave edilen mikoriza fungusunun bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesinde önemli artışlar sağladığı belirlenmiştir. Verimde kontrol uygulamasına göre % 42.2 artış gerçekleşmiştir (Öztekin ve Ece, 2014).

Organik havuç üretiminin %71'nin üretildiği Konya bölgesinde, denemede kullanılan mikrobiyal gübrelerin organik üretimde havucun kalite özelliklerine olumlu katkı sağladığı tespit edilmiştir (Kiracı ve ark., 2014).

Palta ve ark. (2010) tarafından, özellikle kurak ve yarı kurak alanlardaki meraların ıslah çalışmaları ile erozyonla mücadele için yapılan bitkilendirmelerde etkin olarak mikorizal aşılamanın gerektiği vurgulanmıştır. Demirözer ve Özgönen, (2013) Ülkemizde var olan mikorizal fungus türlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara hız verilmesinin ve bulunan yerli türlerin üretim sırasında ticari olarak kullanımını sağlayacak çalışmaların yapılmasının ülkemiz tarımsal üretimine katkılar sağlayacağını belirtmişlerdir.

Sonuç

Türkiye, farklı iklim ve toprak yapısına bağlı olarak farklı ekolojilere sahiptir. Bu nedenle zengin tarımsal bitki çeşitliliği içerdiğinden mikoriza kullanımı için uygun ortamlar bulunmaktadır. Özellikle de su ve rüzgâr erozyonuna açık olan coğrafyamızda mikoriza kullanımı iyi bir toprak tutucu olarak kullanılabilir. Tohum ekim aşamasında, fide ve fidan yetiştiriciliğinde başlangıçta mikoriza ile aşılama yapılması önemli bir tarım stratejisi olmalıdır. Sürdürülebilir ekolojik tarım ve çevre sağlığı açısından gübre tasarrufuna da katkıda bulunmasından dolayı bu durum göz ardı edilmemelidir.

Doğal mikoriza popülasyonları belirlenerek bölgelere uygun çeşitler izole edilerek çoğaltılmalı ve aşılama uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır. Türkiye gibi ekolojik tarıma elverişli ve potansiyel

ülkeler için doğal ve seçilmiş mikoriza kullanımı önemlidir.

Kaynaklar

- Almaca, A., Almaca, N. D., Söylemez, S. ve Ortaş, İ. 2013. The effects of mycorrhizal species and different doses of phosphorus on pepper (*Capsicum annuum* L.) yield and development under field conditions. *Journal of Food, Agriculture and Env.* Vol.11 (3&4): 647-651
- Akay, A. ve Karaarslan, E. 2012. Mikoriza Aşılantı Kudret Narı (*Momordica charantia*) Bitkisine Farklı Dozlarda Fosforlu Ve Demirli Gübre Uygulamasının Yaprak Klorofil İçeriğine Etkisi. *Iğdır Üniv. Fen Bilimleri Enst. Der.* 2(3): 103-108.
- Al-Raddad, A.M. 1987. Effect of Va Mycorrhizal Isolates on Growth of Tomato, Eggplant and Pepper in Field Soil. *Dirasat(Jordan)*,14:11,161-168.
- Bagyaraj, D.J., 1991. Ecology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae. *In:* D.K. Arora *Et Al.* (Eds.) *Handbook of Applied Mycology. Soil And Plants. Vol. 1.* Marcel Dekker. Usa,
- Bagyaraj, D. J. ve Manjunath, A. 1981. Influence of Soil Inoculation With Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Dissolving Bacterium (*Bacillus circulans*) on Plant Growth and 32p-Uptake. *Soil. Biol. Biochem* 13:105-108.
- Bieleski, R. L. 1973. Phosphate Pools, Phosphate Availability. *Ann. Rev Plant. Physiol* 24 :225-252.
- Bierman, B.J. ve Linderman, R.G. 1983. Increased Geranium Growth Using Pretransplant Inoculation with a Mycorrhizal Fungus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 118, 972- 976.
- Bonfante, P. ve Perotto, S. 1995. Tansley Review No.82. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting hostplants. *New Phytologist* 130,3-21.
- Cameron, D.D., 2010. Arbuscular Mycorrhizal Fungi as (Agro) Ecosystem Engineers. *Plant Soil* 333:1-5.
- Castillo, C., Astroza, I., Borie, F. ve Rubio, R. 2008. Effect of The Host and Non Host Crops on Arbuscular Mycorrhizal Propagules. *Revista De La Ciencia Del Suelo Y Nutricion Vegetal*, 8(1):37-54.
- Coltman, R.R. ve Kuo, W.H. 1991. Screening For Low Phosphorous Tolerance Among Tomato Strains. 'Development Plant Soil Science', Dordrecht: *Kluwer Academic Publishers*, Vol.45, 967-975.
- Davies, F. T., Potter, J. R. ve Linderman, R. G. 1992. Mycorrhiza and Repeated Drought Exposure Affect Drought Resistance and Extraradical Hyphae Development of Paper Plants Independent of Plant Size and Nutrient Content. *J. Plant Physiol.* 139, 289-294.
- Declerck S, Plenchette, C. ve Strullu D. G. 1995. Mycorrhizal Dependency of Banana (*Musa acuminata*, Aaa Group) Cultivar. *Plant And Soil* 176, 183-187.
- Dehne, H.W. ve Schonbeck, F. 1979. Untersuchungen Zum Einfluss Der Endotrophen Mykorrhiza Auf Pflanzenkrankheiten. II. Phenolstoffwechsel Und Lignifizierung. *Phytopathol. Z.*95, 210-216.
- Demirözer, O. ve Özgönen, H. 2013. Tarımsal Üretimde Arbusküler Mikorizal Funguslar, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6 (2): 9-15.
- Duc, G., Trouvelot, A., Gianinazzi-Pearson, V ve Gianinazzi, S. 1989. First report on non-mycorrhizal plant mutants (myc-) obtained in Pea (*Pisum sativum* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Plant Science.* 60, 215-222.
- Erik, J. J. ve Jakobsen, I. 1993. Organic Matter as a P Source of Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal Cucumber (*Cucumis sativus* L.). 9th North American Conference on

- Mycorrhizae. University Of Guelph, Guelph, Canada.
- Fidelibus, M.W., Martin C.A., Wright G.C. ve Stutz J.C. 2000. Effect of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungal Communities on Growth of 'Volkamer' Lemon in Continually Moist or Periodically Dry Soil. *Scientia Horticulturae*. 84:127-140.
- Fitter, A.H., Helgason, T., Hodge, A., 2011. Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: implications for sustainable agriculture. *Trends Cell Biol* 25:68–72
- García-Garrido, J.M. ve Ocampo, J.A. 1988. Interaction between *Glomus mossea* and *Pseudomonas syringae* in tomato plants. *Anales-de-Edafología-Agrobiología*, 47:11-12, 1679-1685.
- Graham, J.H. 1988. Introduction of Mycorrhizal Fungi with Soilborne Plants and Other Organisms: an Introduction. *Phytopathology*. 73(3).365-366.
- Graham, J.H., Drouillard, D.L., Hodge, N.C. Topa, M.A., Rygielwicz, P.T. ve Cumming J.R. 1996. Carbon Economy of Sour Orange in Response to Different *Glomus* Spp. *Tree-Physiology*. 16: 1023-1029.
- Hetrick, B.A.D., Wilson, G.W.T., Gill, B.S., ve Cox, T.S. 1995. "Chromosome location of mycorrhizal responsive genes in wheat." *Canadian Journal of Botany* 73, no. 6, 891-897.
- Hooker, J. E. ve Atkinson, D. 1996. Arbuscular Mycorrhizal Fungi-Induced Alteration to Tree-Root Architecture and Longevity. *P. Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 159. 229-234.
- Kapulnik, Y. ve Kushnir, U. 1991. Growth Dependency of Wild, Primitive and Modern Cultivated Wheat Lines on Vesicular-Arbuscular. Mycorrhiza Fungi. *Euphytica* 56: (1) 27-36.
- Khaliel, A.S. ve Elkhider, K.A. 1987. Response of Tomato to Inoculation with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae. *Nordic Jour. of Botany*. 7: 215-218.
- Khanizadeh, S., Hamel, C., Kianmehr, H., Buszard, D., ve Smith, D.L. 1995. "Effect of three vesicular-arbuscular mycorrhizae species and phosphorus on reproductive and vegetative growth of three strawberry cultivars." *Journal of Plant Nutrition* 18, (6): 1073-1079.
- Killham, K. 1995. *Soil Ecology*. Cambridge University Press. Uk.
- Kiracı, S., Gönülal, E. ve Padem, H. 2014. Farklı Mikoriza Türlerinin Organik Havuç Yetiştiriciliğinde Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fak. Der.* 11(1) 106-113.
- Koide, R., T. ve Lu, X. 1992. Mycorrhizal Infection Of Wild Oats: Parental Effects on Offspring Nutrient Dynamics, Growth and Reproduction. in "Mycorrhizas in Ecosystems" (Eds. Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter, A.H. and Alexander, I.J.) Cab International, Wallingford, U.K. Pp. 55-58.
- Li, X. L., Marschner, H. ve George, E. 1991. Acquisition of phosphorus and copper by va-mycorrhizal hyphae and root to shoot transport in white clover. *Plant and Soil* 136, 49-57.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of High Plants. Second Edition. Academic Press London.
- Matsubara, Y., Harada, T. ve Yakuwa, T. 1994. Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation on Seedling Growth in Several Species of Vegetable Crops.. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 63(3): 619-628.
- Matsubara, Y., Harada, T. ve Yakuwa, T. 1995. Effect of Inoculum Density of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungal Spores and Addition of Carbonized Material to be Soil on Growth of Welshonion Seedlings. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 64(3): 549-554.
- Mcarther, D. A. J. ve Knowles, N. R. 1993. Influence of AM And Phosphorus Nutrition on Growth, Development

- and Mineral Nutrition of Potato. *Plant Physiol.* 102:771-782.
- Menge, J. A., Johnson, E.L. V. ve Platt R. G. 1978. Mycorrhizal Dependency of Several Citrus Cultivars Under Three Nutrient Regimes. *New Phytol.*, 81:553-559.
- Menge, J.A., Jarrell, W.M., Labonauskas, C.K., Ojala, J.C., Huzar,C., Johnson, E.L.V., ve Sibert, D. 1982. Predicting Mycorrhizal Dependency of Trojer Citrange on *Glomus Fasciculatus* in California Citrus Soils and Nursery Mixes. *Soil Science Society Of America Journal.* 46(4),762-768.
- Mosse, B. 1981. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Research For Tropical Agriculture. Research Bulletin. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. 82p.
- Nelsen, C.E. ve Safir, G.R. 1982. Increased Drought Tolerance of Mycorrhizal Onion Plants Caused by Improved Phosphorus Nutrition. *Planta*, 154:407-413.
- Ortakçı, D., Ortaş, İ., ve Ercan, S. 1998. Değişik Mikoriza Türünün Turunç Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementi Alımı Üzerine Etkileri. *M. Şefik Yeşilsoy International Symposium On Arid Region Soil.* Menemen-İzmir-Turkey.
- Ortaş, İ. ve Varma, A. 2007. Field Trials of Bioinoculants. Chapter 26. In: Modern Tools and Techniques. (Eds. Oelmüller R and Varma A) Springer-Verlag, Germany 11: 397-413.
- Ortaş, İ. 1997. Determination of the Extent of Rhizosphere Soil. *Communication Soil Science and Plant Analysis.* 28 (19-20) 1767-1776.
- Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S. ve Köse, Ö. 1999. Mikoriza Sporlarının Üretilmesi ve Tarımda Kullanım Olanaklarının İrdelenmesi. *Doğa Dergisi*, Sayı 4: 959-968.
- Ortaş, İ., Ortakçı, D., ve Kaya, Z. 2002a. Various Mycorrhizal Fungi Propagated on Different Hosts Have Different Effect on Citrus Growth and Nutrient Uptake. *Communication Soil Science And Plant Analyses.* 33(1 ve 2) 259-272.
- Ortaş, İ., Ortakçı, D., Kaya, Z., Çınar, A., Önelge, N. 2002b. Mycorrhizal Dependency of Sour Orange in Relation to Phosphorus and Zinc Nutrition. *J. Plant Nutrition* 25, 6: 1269-1279
- 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.
- Ortaş, İ., Sarı, N., Akpınar, Ç., ve Yetisir, H. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *scientia horticulturae*, 128:92-98.
- Öztekin, G.B. ve Ece, M. 2014. Sera Domates Yetiştiriciliğinde Symbion AM (*Glomus fasciculatum*) İnokulasyonunun Bitki Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 1(1): 35-42
- Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara, Ö. ve Şensoy, H., 2010. Arbüsküler mikorizal funguslar, bitki ve toprakla ilişkileri, mera ıslahındaki önemleri; Bartın Orman Fak. Dergisi, Cilt:12, Sayı:18,87-98.
- Plenchette, C., Furlan, V. ve Fortin, J. A. 1983. Response of Endomycorrhizal Plants Grown in a Calcinatyed Montmorillonite Clay to Different Levels of Soluble Phosphorus. I. Effect on Growth and Mycorrhizal Development. *Can.J.Bot.*61,1377-1383.
- Powel, C.L. 1981. Effect of Inoculum Rate on Mycorrhizal Growth Responses in Pot-Grown Onion. *Plant and Soil*, 92, 387-397.
- Pulatkan, M. ve Var, M., 2010. Ormancılık ve Peyzaj Mimarlığında Mikoriza Açılı Fidanların Kullanımı ve Faydaları. III.

- Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi
Cilt IV sayfa 1431-1438.
- Rubio, H. R. Uribe, P. R. Borie, B. F. Moraga, P. E. ve Contreras, N. A. 1993. VA Mychorriza in Horticulture. Infection Rate in Lettuce and Tomato and Its Incidence on Plant Growth. *Agriculture-Tecnica*, 54(1), 7-14.
- Rodriguez-Romero, A.S., Azcon, R. ve Jaizme-Vega, M.D. 2011. Early Mycorrhization of Two Tropical Crops, Papaya (*Carica Papaya* L.) and Pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.], Reduces The Necessity of P Fertilization During The Nursery Stage. *Fruits*,66(1):3-10.
- Sieverding, E. 1991.Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. *Technical Co-Operation-Federal Republic of Germany*.
- Simpson, D. ve Daft. M. J. 1990. Spore Production and Mycorrhizal Development in Various Tropical Crop Hosts Indicted with *Glomus Clarum*. *Plant and Soil*. 121. 171-178.
- Smith, S. ve Read, D. J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press. London.
- Smith, S., Read, D.J., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, Third Edition (Hardcover). Academic Pres is an imprint of Elsevier, NewYork, 800 p.
- Sönmez, F., Çığ, F., Erman, M. ve Tüfenkçi, Ş. 2013. Çinko, Tuz ve Mikoriza Uygulamalarının Mısırın Gelişimi ile P ve Zn Alımına Etkisi. *YYÜ. Tar. Bil. Derg.*, 23(1): 1-9
- Waterer, D.R. ve Coltman, R.R. 1989. Response of Mycorrhizal Bell Pepper to Inoculation Timing, Phosphorous and Water Stress. *Hortscience* 24:4, 688-690.