

MİKORİZA VE ARBUSKÜLER MİKORİZA BİTKİ SAĞLIĞI İLİŞKİLERİ

Ayhan YILDIZ¹

ÖZET

Yaklaşık yüzyıl önce, birçok biyolog tarafından bazı bitkilerin köklerinde yoğun bir şekilde bulunan fakat hastalık oluşturmamayan funguslar saptanmış ve 1885 yılında, bitki kökleri ile bazı toprak fungusları arasında kurulan bu ilişkiye “mikoriza” ismi verilmiştir. Mikorizal funguslar çok yaygın olarak bulunurlar ve bitki türlerinin çoğu yaşamlarını bunlarla birlikte sürdürürler. Mikorizal funguslar içinde arbusküler mikorizal funguslar (AMF) en büyük grubu oluşturur. Mikorizal funguslar kökler ile toprak arasında köprü görevi görürler ve topraktan köklere besin maddelerini taşırlar, mikorizosferde değişiklik, köklerde meydana gelen fizyolojik ve morfolojik değişiklikler ve rekabet gibi bir takım olaylar bitki gelişimine katkıda bulunur. Ayrıca mikorizal ilişkinin görüldüğü bitkiler toprak kaynaklı fungal patojenlere ve nematodlara karşı daha dayanıklı hale geldiğinden mücadelesi oldukça güç olan bu etmenlere karşı savaşmada çok önemli bir avantaj elde edilmektedir. Ancak, vesiküler arbusküler mikoriza ile ortak yaşam içinde bulunan bitkilerin daha iyi gelişmelerine bağlı olarak bazı obligat patojenlere karşı daha duyarlı hale geldikleri de ileri sürülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arbusküler mikoriza, bitki gelişimi, bitki hastalıkları

Mycorrhizae And Arbuscular Mycorrhizae Plant Health Interactions

ABSTRACT

Approximately a century ago, many biologists noticed the existence of non-pathogenic fungi in the roots of several plants. In 1885, the relationship between plant roots and some soil fungi was referred as "mycorrhizae". Mycorrhizae can be found almost everywhere and 90% of higher plant species co-exist with mycorrhizae. Arbuscular mycorrhizas are the most common mycorrhizal type. Mycorrhizal fungi form a bridge between the roots and the soil, gathering nutrients from the soil and giving them to the roots. Mycorrhizae also benefit plants by changing mycorrhizosphere, enhancing the structure of the soil, morphological and physiological changes in roots and competition of nutrition. In addition, plants that show mycorrhizae formation become more resistant against pathogens and nematodes thereby possessing tremendous advantage in protecting the plants against these agents which hardly controlled by other ways. However, it was suggested that Arbuscular Mycorrhizae (AMF) plants might become susceptible to some obligate pathogens due to their better development.

Key Words: Arbuscular mycorrhizae, plant growth, plant diseases

GİRİŞ

Mikorizal fungusların yeryüzünde kolonize oluşunun yaklaşık 1000 milyon yıl öncesine kadar gittiği tahmin edilmekte, bu andan itibaren mikorizal funguslar ile bitkiler arasında simbiyotik ilişkinin kurulmaya başlandığı, belki de bitkilerin yeryüzüne yayılmasında önemli rol oynadıkları düşünülmektedir (Smith ve Read, 2008). İlk bitkiler etkili bir şekilde fotosentez yapmalarına karşın kök sistemleri henüz gelişmemiş olduğundan mineral maddeleri ve suyu yeterince alamıyorlardı. Toprakta mükemmel bir adaptasyon sağlamış olan funguslar ise ihtiyaçları olan karbonu bitkilerin sentezlediği şeker ve aminoasit gibi bileşiklerden sağlıyorlardı. Zamanla bitkiler ile funguslar arasındaki bu ilişki çok yönlü olarak gelişerek, bazı funguslar saprofit, bazıları kök çürüklüğü ve solgunluğa neden olan patojenler haline gelirken, bir kısmı da “simbiosis”

denilen karşılıklı faydaya dayalı bir ilişki şeklinde gelişmiştir (Allen, 1991; Kendrick, 1992).

Yaklaşık yüzyıl önce, bir Alman olan orman fitopatoloğu Frank, bazı bitkilerin köklerinde yoğun bir şekilde bulunan, fakat hastalık oluşturmamayan funguslar saptamış ve bunlara 1885 yılında, fungus ile kök kelimesinin bileşimi olan (myko+rhiza) “mikoriza” ismini vermiştir. Bitkiler ile toprak mikroorganizmaları arasında görülen bu ortak yaşam biçimi bilinen diğer simbiyotik yaşam biçimleri arasında en yaygın, en önemli ve en ilginç olmakla beraber (Allen, 1991), ancak son yıllarda önem kazanmaya başlamış ve üzerinde yapılan çalışma sayısı da giderek artmıştır (Gai vd., 2006; Martin ve Slater, 2007).

Mikorizal funguslar hemen hemen her yerde bulunurlar ve yapılan son çalışmalar, bütün bitki türlerinin yaklaşık %80’i, familya düzeyinde

¹ Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Aydın

ise yaklaşık %92'si potansiyel olarak en az bir mikorizal fungusla simbiyotik ilişkide olduğunu göstermiştir (Smith ve Read, 2008). Bu ilişki içinde olan bitkilerde besin alınımını artırarak bitki gelişiminin olumlu etkileri vardır. Bitki hastalıklarının ve nematodların biyolojik mücadelesinde kullanılabilirler. Bazı mikorizal funguslar ağır metalleri tutabilirler, böylece bitkileri bu maddelerin toksik etkilerinden koruyabilirler. Çeşitli nedenlerle zarar görmüş ekosistemlerin yenilenmesine ve hava kirliliğinin bitkiler üzerine olan olumsuz etkilerinin azaltılmasına yardım edebilirler. Orkideler yaşamlarını sürdürmek için, mikoheterotrof bitkiler ise tohumlarının çimlenebilmesi ve fide tutumu için mikorizal ilişkiye ihtiyaç duyar. Bazı mikorizal fungusların üreme organları ise insanlar ve hayvanlar tarafından besin olarak tüketilebilir (Kothaması vd., 2001; Peterson vd, 2004). Yüksek toprak sıcaklığı, toprak tuzluluğu ve ekstrem pH değerlerinde gelişebildiklerinden mikorizal bitkiler şaşırtma sırasındaki şoku daha kolay atlatabilirler (Allen, 1991). Mikorizal bitkilerin toprak kaynaklı hastalıklara karşı olumlu etkileri olmasına karşılık, yeşil aksamda görülen obligat ve bazı obligat olmayan patojenlerin neden olduğu hastalık şiddetinin arttığı da belirtilmektedir (Dehne, 1982). Mikorizal bitkilerde, özellikle viral hastalıklarda, hem etmenin çoğalması, hem de viral hastalıklara

duyarlılığın arttığı bildirilmektedir. Bitkide besin maddesi alınımının artmasının yeşil aksamda görülen hastalıkların şiddetinde artışa neden olduğu, ancak tek neden bu olmadığı belirtilmektedir. Arbuskül bulunan hücrelerde metabolik aktivitenin yüksek olması nedeniyle virüs partiküllerinin çoğalmasını teşvik ettiği ifade edilmiştir. Ayrıca mikorizal bitkilerde fizyolojik faaliyetlerin artması virüs enfeksiyonlarını ve çoğalmasını teşvik etmektedir. Nükleik asit ve protein sentezinde görülen artışın da virüsün çoğalmasında ve bütün bitkide yayılmasına katkıda bulunabileceği belirtilmiştir. (Dehne, 1982; Linderman, 1996). Shaul vd. (1999) de yaptıkları çalışmada mikorizal tütün bitkilerinde TMV ve *Botrytis cinerea* enfeksiyonunun arttığını belirtmişlerdir. Buna mikorizal bitkilerdeki sitokinin ve diğer bazı hormonların konsantrasyonunda meydana gelen değişikliklerin neden olduğunu ifade etmişlerdir.

MİKORİZA TİPLERİ VE DAĞILIMI

Mikorizal funguslar, konukçu bitkilere, toprak yapısı ve fiziksel çevreye bağlı olarak "Endomikoriza, Ektomikoriza, Erikoid, Monotropoid ve Orkide mikoriza" gibi farklı tiplere ayrılır (Şekil 1) (Allen, 1991). Mikoriza tiplerinin dağılımı, yükseklik ve enlem farklılıkları ile azot (N) ve fosfor (P) bulunabilirliğine bağlıdır.

Coğrafik Bölge ⇒	Yüksek Dağlar (Kuzey Böl.) ⇒		Tropik ya da Ilıman Bölgeler	
N ve P Durumu ⇒	Düşük N ve P bulunabilirliği ↓	Orta derecede veya mevsimlere bağlı P ve N bulunabilirliği ↓	Yüksek mineral madde ve N varlığı ↓	
Mikoriza Tipleri ⇒	Erikoid Mikoriza ↓	Ektomikoriza ↓	Arbusküler mikoriza ↓	
Bitki Örtüsü ⇒	Fundalık, çalılık bölgeler ↓	Ormanlar ↓	Yabancı otlar ve çim alanları ↓	
		Kozalaklılar ↓	Yaprağını Dökenler ↓	
Mikoriza Tipleri ⇒	↓	Erikoid veya Arbutoid ↓	Arbusküler mikoriza ↓	↓
Etki ⇒	Mikoriza organik N ve P transferi yapar ↓	Ektomikorizal Rizomorflar N ve P alıp depolarlar ↓	↓	Arbusküler mikoriza P alınımını artırır ↓
Bölgelerin Humus ve Mineral Madde Durumu ⇒	Humusca fakir bölgeler	Humusca fakir bölgeler	Humusca zengin Bölgeler	Mineral veya humusca zengin bölgeler

Şekil 1. Mikoriza tiplerinin ekolojik dağılımı (Allen, 1991).

Yükseklik ve enlem arttıkça humusça ve mineral maddece zengin toprak tipi yerini humusça fakir topraklara bırakır. Buna bağlı olarak konukçusuna inorganik besin maddelerini sağlayan arbusküler mikoriza yerini yüksek derecede organik besin maddelerinden yararlanma kapasitesine sahip Erikoid mikorizalara bırakır. Tropikal yağmur ormanlarında düşük rakımlı alanlardaki ağaçlarda AMF baskınken daha yükseklerde gelişen ve geçiş bölgelerde ise ektomikorizalar (EM) yaygındır. Ericaceae familyası bitkileri ve mikorizalar inorganik topraklarda da bulunabilir. Bir genelleme yapılacak olursa, toprak tipleri, iklim ve besin maddeleri gibi sınırlayıcı faktörler ile bitki tiplerine bağlı olarak mikorizaların etkililiği ve tipleri değişmektedir (Allen, 1991).

Ektomikorizal funguslar bitki köklerini misel örtüsü ile sarar ve hücreler arasında yayılır, endomikorizalar ise kortikal hücreleri penetre eder ve konukçuya özelleşme yoktur. Erikoid, monotropoid ve orkidede bulunan Mikorizal funguslar ise belirli konukçulara özelleşmişlerdir ve isimlerini konukçularından almışlardır (Şekil 2) (Smith ve Read, 2008). EM yaklaşık 2000 bitki türü ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Pinaceae (çam, ladin, köknar), Fagaceae (kayın, meşe), Myrtaceae (okalyptus) bunlardan bazılarıdır. Bu bitkilerin yaklaşık 5000 fungal partneri olduğu bilinmektedir. Ektomikoriza, AMF'ye göre daha çok konukçuya özelleşmiştir. Yaklaşık 2000 ektomikorizal bitki

türünün hemen hepsi ağaçsı ve çok yıllıktır. Bunların içinde Pinaceae familyası her yıl astronomik sayıda üretildiği ve dünyada geniş alanları kapladığı için en önemli familyadır (Kendrick, 1992).

Ektomikorizal funguslar Basidiomycota ve Ascomycota şubesi içinde, arbusküler mikorizal (AMF) fungusları ise daha önce Zygomycota içinde yer alırken, fosil türlerden elde edilen yeni bilgiler ve özellikle moleküler çalışmalarda sağlanan gelişmeler doğrultusunda ortaya konan phylojenetik farklılıklardan dolayı yeni oluşturulan Glomeromycota şubesi içinde yer almışlardır (Schubler *vd.*, 2001; Webster ve Weber 2007; Finley, 2005; Smith ve Read, 2008). Bu funguslar, %80'nin vesikül oluşturması nedeniyle, yakın zamana kadar Vesiküler-Arbusküler Mikoriza olarak ifade edilmiş ve bu tanımlama yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak günümüzde arbusküler mikoriza terimi yapısal farklılıklar göz ardı edilerek kullanılmaya başlanmıştır (Smith ve Read, 2008). Hemen her yerde bulunan ve birçok konukçusu olan arbusküler mikorizal funguslar (AMF), mikorizal funguslar içinde en büyük grubu oluştururlar ve birçok kültür bitkisi ile ortak yaşam içindedir. Yapılan çalışmalarla AMF üyesi yaklaşık 150 fungal tür tanımlanmış ve yaklaşık 200 bitki familyasında

	Arbusküler Mikoriza	Ektomikoriza	Ektendo mikoriza	Arbutoid mikoriza	Monotropoid mikoriza	Erikoid mikoriza	Orkide mikoriza
Fungi (bölmeli)	-	+	+	+	+	+	+
Fungi (bölmesiz)	+	-	-	-	-	-	-
İntraselüler Kolonizasyon	+	-	+	+	+	+	+
Fungal örtü	-	+	+/-	+/-	+	-	-
Hartig ağı	-	+	+	+	+	-	-
Klorofilsiz bitkiler	-(+)	-	-	-	+	-	+ ⁴
Fungi: Ait oldukları şube	Glomero ¹	Basidio/Asco ² (Glomero)	Basidio/Asco	Basidio	Basidio	Asco	Basidio
Konukçu bitki grupları	Bryo ³ Pterido Gymno Angio	Gymno Angio	Gymno Angio	Ericales	Monotropeoideae	Ericales Bryo	Orchidales

¹Glomero: Glomeromycota; ²Basidio: Basidiomycota, Asco: Ascomycota; ³Bryo: Bryophyta, Pterido: Pteridophytes, Gymno: Gymnosperm, Angio: Angiosperm; Bütün orkide türleri erken fide döneminde klorofilsiz, fakat olgunlaştığında ise çoğu klorofillidir.

Şekil 2. Oluşturdukları yapılara göre mikoriza tipleri (Smith ve Read, 2008).

200,000 kadar türde aktif olduğu belirlenmiştir (Kendrick, 1992; Smith ve Read, 2008). Ancak bazı önemli bitki türleri Brassicaceae (lahana, brokoli, hardal), Chenopodiaceae (ıspanak, pancar vs), Caryophyllaceae (karanfil) familyası üyeleri ile bazı *Lupinus* spp. mikorizal değildir (Sieverding, 1991).

MİKORİZAL FUNGUS İLE BİTKİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN KURULMASI

Mikorizal funguslar ile bitki kökleri arasında bir dizi karmaşık olay gerçekleşir. Kök salgıları toprakta bulunan sporların çimlenmesini ve gelişen hiflerin kendine yönelmesini teşvik eder ve bu sayede kök ile hifler arasında temas gerçekleşir. Bu karşılaşmadan sonra kök ile hif arasında oluşan kuvvetli bir adhezyon ile kök yüzeyine tutunan AMF, apresoryum oluşturarak kökü penetre eder ve kök dokusunda intersellüler veya intrasellüler olarak yayılır (Şekil 3) (Peterson ve Farguhar, 1994).

Genellikle tohumların çimlenmesi ve kök gelişimi için uygun koşullarda toprakta bulunan sporlar çimlenir. Çimlenen sporlar uygun bir konukçu kökü ile karşılaşmazsa birkaç gün ile birkaç hafta arasında enfeksiyon yeteneğini yitirir (Peterson ve Farguhar, 1994).

AMF birçok farklı bitki türünü enfekte edebilir ve konukçuya özelleşmiş tanıma ve

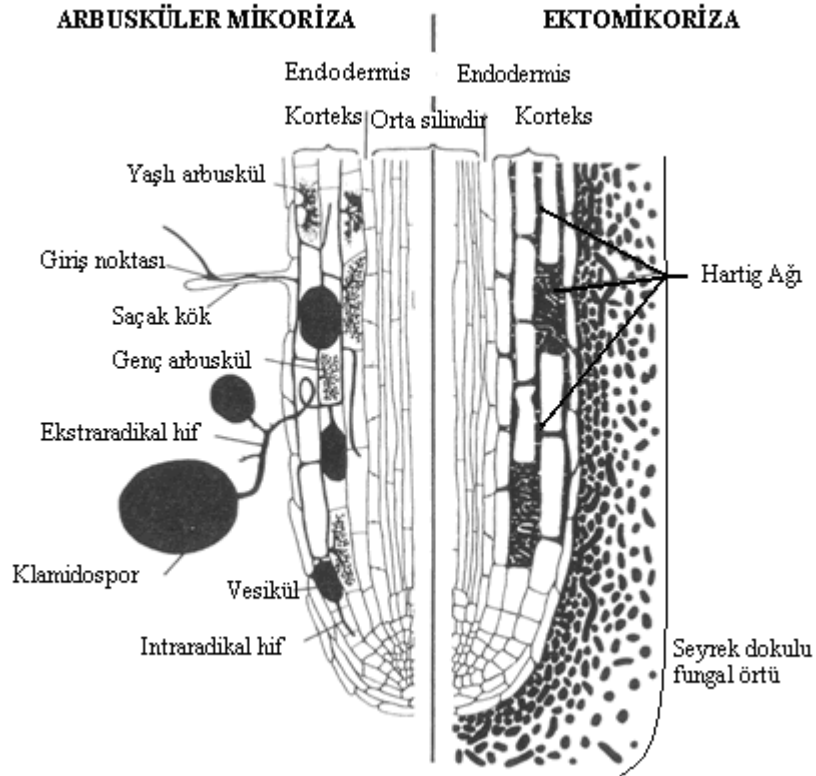
enfeksiyon mekanizması yoktur. Kökü penetre eden hif intersellüler ve intrasellüler olarak gelişir, fakat meristematik veya endodermik hücrelere girmez. Konukçu hücrelerini penetre eden hif, hücre içinde 2-5 gün gibi kısa bir süre sonra arbuskül denen emeç benzeri yüzeyi genişleyerek yoğun dallanmış yapıları oluşturur (Smith ve Read, 2008). Arbuskül oluşumu konukçu hücrede metabolik aktiviteyi arttırarak karşılıklı metabolit ve besin maddelerinin transferi gerçekleşir. Bu yapılar oluşumunu takip eden 4-15 gün içinde hücre tarafından sindirilir ve hücre normal fonksiyonlarına devam eder. Arbuskül oluşumu sırasında veya hemen sonra bazı AMF türleri intersellüler ve/veya intrasellüler olarak vesikül oluşturur. Bunlar lipit içerirler ve fungusun depo organlarıdır (Şekil 4). Bitkiden yeterli miktarda metabolit sağlanmadığı durumlarda bu depo maddeleri fungus tarafından kullanılır. Fungus kök içinde ve yüzeyinde yayılarak, gelişen kökü değişik noktalardan enfekte eder ve kökler yoğun bir şekilde inokule olduğunda lekelenmiş gibi görülür. Gelişen hif aynı zamanda rizosferde de yayılır. AMF aynı zamanda kök yüzeyinde ve toprakta yayılan ekstraradikal hif oluşturur, bu özellikle topraktan besin maddesi alınımı ve köke taşınımı açısından önemlidir (Sieverding, 1991; Peterson ve Farguhar, 1994).

İLİŞKİ SÜRECİ	MEKANİZMA
Topraktaki \leftarrow Fungal Hif \Rightarrow Kök	Kemotropizm
Kök yüzeyi ile hiflerin teması	Tanıma
Hiflerin adezyonu	Uyum
Hiflerdeki farklılaşmalar apresoryum oluşumu	Fungal yapıda değişiklikler
Hiflerin kök hücreleri veya hücreler arasına girişi	Enzimlerin üretimi
Hiflerdeki farklılaşma, AM funguslarda arbuskül, EM funguslarda Hartig Ağı ve Seyrek dokulu fungal örtü oluşumu	Fungal yapıda görülen değişiklikler
Kök hücrelerinde ve kök morfolojisinde değişiklikler	Hormon üretimi

↓

Mikorizal fungus ile bitki kökleri arasındaki besin alışverişi ilişkisinin kurulması

Şekil 3. Bitki ile fungus arasındaki mikorizal ilişkinin kurulması (Peterson ve Farguher,1994).



Şekil 4. Endo ve ektomikoriza'nın kökte oluşturdukları yapılar (Kendrick,1992).

Bitkinin kök ve kortikal hücrelerin etrafında gelişen, fakat hücreleri penetre etmeyen ektomikorizalar ise "Hartig Ağı" veya hiflerin kalınlaşarak kök yüzeyini sardığı "Seyrek Dokulu Fungal Örtü" oluşturur (Şekil 4). EM funguslar, kökün en dış tabakaları ile sınırlı kalabilir veya korteksten endodermise doğru oldukça yavaş yayılabilir. Kök hücrelerindeki ve kök morfolojisindeki farklılaşma ile besin alışverişi kurulmuş olur (Duchesne, 1996; Peterson ve Farguher, 1994; Peterson, *vd.*, 2004). Ayrıca seyrek dokulu fungal örtü su stresine karşı kökleri koruduğu gibi kökleri patojenlere karşı da korur. Hartig ağı ise besin alışverişini sağladığı gibi çözünebilir veya çözülmeyen karbonhidratları, lipitleri, fenolik bileşikler ve polyfosfatları bünyesinde barındırabilir (Peterson *vd.*, 2004). AMF genellikle kök yüzeyinde gelişen ekstraradikal miselyum üzerinde penetrasyondan 3-4 hafta sonra dinlenme sporları oluşturur. Bazı türlerde bu süre 6 aya kadar uzayabilir. Bu sporların büyüklükleri türe göre değişen 15-800 µm boyutları arasındadır.

Fungus bu sporlar aracılığıyla canlılığını toprakta birkaç yıl koruyabilirler (Sieverding, 1991).

ARBUSKÜLER MİKORİZA OLUŞUMUNUN BİTKİ SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Bitki ile simbiyotik ilişkiye giren AMF bitki kökünde morfolojik olarak önemli bir değişikliğe neden olmaz. Ancak konukçu bitki dokularında gelişim düzenleyici maddelerin oranlarında, fotosentez ürünlerinde artış ve bu ürünlerin sürgün ve köklere paylaşımı gibi fizyolojik olaylarda ve topraktan mineral madde alınımında, kök hücrelerinde biyokimyasal değişimlere neden olur. Bu olaylar membran permeabilitesini ve dolayısıyla kök salgılarının nitelik ve niceliğini etkiler ve rizosferdeki mikrobiyal popülasyonun değişimini teşvik eder. Ayrıca besin ve enfeksiyon noktası açısından rekabet eder. Bu olaylardan biri veya birkaçında görülen değişim bitkinin daha sağlıklı olmasına,

stres koşullarına ve bitki hastalıklarına karşı direncinin artmasına ve hastalıkların etkisinin azalmasına neden olur (Linderman, 1996).

Besin maddesi alınımına etki: Arbusküler mikorizaların kök hastalıklarının azaltılmasında bilinen en açık etkisi, besin maddesi özellikle fosfor ve mineral madde alınımını artırarak bitkinin sağlıklı gelişmesini dolayısıyla hastalıklara direncini arttırmasıdır (Linderman, 1996). Kök gelişimi, köklerin absorpsiyon kapasitesinin artması sonucunda besin ve su alınımını, köklerde hücre yenilenmesini etkiler. Fosfor dışında, azot (N), kalsiyum (Ca), bakır (Cu), mangan (Mn), kükürt (S) ve çinko (Zn) gibi diğer besin maddelerinin alınımını sağlar (Sieverding, 1991; Ortaş, 2002).

Morfolojik yapıda değişiklik: Arbusküler mikorizal fungusların kolonize olduğu köklerde gözle görülür fazla bir morfolojik değişiklik olmaz. Bazı bitkilerde, mikorizal köklerde fungusun kolonize olduğu kısımlarda sararma ve endodermiste kalınlaşma görülebilir (Linderman, 1988). AMF inokule edilmiş domates ve hıyar bitkilerinin köklerinde ligninifikasyonun artması ile *F.o.fsp. lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans.'ın neden olduğu *Fusarium solgunluğunu* azalttığı saptanmıştır (Dehne ve Schonbeck, 1979).

Bitki dokularındaki kimyasal bileşiklerde değişiklikler: Mikorizal fungusların hastalıklara karşı etkileri düşünüldüğünde, üzerinde en çok durulan konu mikorizal fungusların kökü penetre etmesinden sonra, köklerde tepki olarak arginin, isoflavonoidler gibi bileşiklerin (Caron, 1989) ve sitokin ve gibberellin gibi hormonların üretiminde artış olduğudur (Muchovej, 2001). Ayrıca bitki köklerinde anti fungal kitinaz enzimi konsantrasyonunda da artış olduğu belirtilmiştir. Nitekim kitinaz enzimi ve arginin birikimi *Thielaviopsis* sp. gibi bazı patojenlerin sporulasyonunu engellediği saptanmıştır (Linderman, 1996). Yapılan bir başka çalışmada; AMF'nin (*Glomus intraradices*) soya fasulyesi köklerinde bazı fitoaleksinin oranını arttırdığı ve bu bileşiklerin antimikrobiyal özellikleri nedeni ile mikorizosferinde patojenlerin gelişimi için uygun olmayan koşullar oluşturduğu saptanmıştır (Morandi vd.,1984). Ayrıca mikorizal börülce ve soya fasulyesinde fitoaleksinin benzeri isoflavonoid bileşenlerinde artış olduğu, bu benzeri maddelerin hastalıkların bulunma oranını ve hastalık şiddetini etkilediği belirtilmiştir. Gerçekten de mikorizal bitkilerin fitoaleksinin bileşiklerindeki artışın, solgunluk hastalıklarına karşı ortaya koydukları direncin en önemli nedenlerinden biri olduğu belirtilmiştir (Sundaesan vd., 1992).

Abiotik stres koşullarına direnç:

Arbusküler mikorizal funguslarının oluşturdukları ekstraradikal hiflerin toprakta yayılarak, toprakta bağlı bulunan P, Cu ve Zn gibi besin maddelerini absorbe eder ve köke taşırlar. Azot gibi nispeten hareketli besin maddelerini de tutarak fakir topraklarda besin maddesi stresinin ortaya çıkmasını önler. Ekstraradikal hifler topraktaki suyu absorbe ederek susuzluğa karşı bitki direncini arttırır. Ayrıca toprak tuzluğuna ve ağır metallere mikorizal bitkiler daha dayanıklıdır (Linderman, 1996; Schafer ve Schoeneberger, 1996; Türkmen vd., 2008). Alkali ve asit topraklarda mikorizalı mısır bitkilerin de Cc, Zn ve Mn alınımının arttığı, kök kolonizasyon oranının asit topraklarda alkalilere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Özcan ve Taban, 2000).

Mikorizosferdeki mikrobiyal etkileşim:

Mikorizal fungus inokule edilmiş bitkilerin mikorizosferi, inokule edilmemiş bitkilere göre farklılık gösterir. Mikorizal bitkilerin mikorizosferindeki bakteri popülasyonu fazladır. Ayrıca bu fungusların toprakta yayılan ekstraradikal hiflerinin salgıladıkları organik maddeler diğer toprak mikroorganizmaları için besin oluşturur. Mikorizal hiflerin toprak mikroorganizmaları ile olan bu ilişkisi sonucu oluşan yapışkan maddeler toprak partiküllerini bir arada tutarak toprak strüktürünü iyileştirir, dolaylı olarak toprak mikroorganizmaları için uygun bir ortam oluşur. Topraktaki toplam bakteri, N bağlayan bakteri ve P çözen bakteri ve aktinomiset popülasyonunu olumlu yönde etkiler (Fitter ve Garbaye, 1994; Andrade, 1998). Ayrıca bitki gelişimini ve sağlığını etkileyen çok sayıdaki toprak mikroorganizmalarından bazılarının AMF ile ikili inokulasyon içinde olumlu etki göstermesinden yola çıkarak, soğan mikorizosferinden izole edilen bazı antagonist bakteriler ile AMF ilişkisi araştırılmıştır. Yapılan saksı çalışmalarında soğan bitkileri, *G. intraradices*, antagonist bakteri, *G. intraradices* + antagonist bakteri ile inokule edilmiş ve kontrol ile karşılaştırılmıştır. Özellikle *G. intraradices* + antagonist ile inokule edilen soğan bitkilerinin gelişiminin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu saksı toprakları sulandırılarak daha önceden *Pythium irregulare* ile inokule edilmiş aslanagözü bitkilerinin saksılarını inokule etmek için kullanılmıştır. Kök çürüklüğü, AMF, antagonist ve özellikle *G. intraradices* +antagonist bakteri inokule edilen saksılarda baskı altına alınmıştır (Linderman vd.,1996).

Arbusküler mikoriza sporlarından izole edilen *Pseudomonas* sp. ve *Corynebacterium* sp.'nin

Glomus versiforme sporlarının çimlenmesini teşvik ettiği ifade edilmiştir (Mayo vd., 1986). *Medicago sativa* ve *Lotus corniculatus* üzerine bitki gelişimini teşvik eden rizobiyum bakterisi *Pseudomonas putida* (R25) ve *G. intraradices*'in etkisinin değerlendirildiği çalışmada rizobiyum bakterisinin her iki bitki türünde de mikoriza gelişimini teşvik ettiği belirtilmiştir (Staley vd., 1991). Walley ve Germida (1997) da yaptıkları çalışmada *Pseudomonas cepacia* (R55 ve R85), *P. auruginosa* (R80), *P. fluorescens* (R92) *P. putida* (R104) ve *G. clarum*' un bitki gelişimi üzerine etkisi ve kendi aralarındaki etkileşimini inceledikleri çalışmada, bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu, ancak *P. cepacia* (R85) ve *P. putida* (R104)'nın ürettikleri uçucu olmayan maddeler nedeniyle *G. clarum* sporlarının çimlenmesini engellediği belirtilmiştir. AMF sporlarından izole edilen *Pseudomonas* spp., *Arthrobacter* sp. ve *Stenotrophomonas* sp.'nin mikorizal funguslarla ikili inokulasyonlarının AMF kolonizasyon yüzdesini arttırdığı gibi, *Pseudomonas* spp. ile ikili inokulasyon sonucunda patatesten *Erwinia carotovora*, *Phytophthora infestans* ve *Verticillium dahliae* enfeksiyonunu engellediği saptanmıştır. Ayrıca ürettikleri proteaz, indolasetik asit, siderefor üretimi ve P çözme özellikleri ile AMF'nin hastalıkları önlemede katkı sağladıkları ifade edilmiştir (Bharadwaj vd., 2008).

Bazı Toprak Kaynaklı Patojenlere Etki

Arbusküler mikorizal fungus (AMF)'un hastalığın gelişimini engellediği, artırdığı veya etkilemediği yönünde farklı sonuçlar elde edilmiş birçok çalışma vardır. Ancak bu çalışmaların çoğunda elde edilen bulgular mikorizal fungusların özellikle toprak kaynaklı patojenlere karşı biyolojik mücadelede kullanılabileceğini destekler niteliktedir. Ancak etkili bir simbiyot-patojen ilişkisi kurmak için bu karmaşık mekanizmanın iyi anlaşılması gerekmektedir (Smith ve Read, 2008). Mikorizal fungus-konukçu-patojen ilişkisinin incelendiği bir çalışmada domateste, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL)'ye karşı *Glomus intraradices*'in etkisi değerlendirilmiş, *G. intraradices*, FORL'nin kök kolonizasyonunu, popülasyonunu ve kök nekrozlarını önemli oranda azalttığı saptanmıştır (Caron vd., 1986). *Glomus* spp.'nin *Glomus mosseae* ve *G. fasciculatum*'u da içeren 7 izolatu, domateste *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL) enfeksiyonunu %65'e varan oranda, biber (*Capsicum frutescens*)'de solgunluğa neden olan *F. o. f.sp. vasinfectum* enfeksiyonunu %96 oranında azalttığı saptanmıştır (Al-Momany ve Al-Raddad, 1988). Özgönen (2001) yaptığı çalışmada *Glomus etunicatum*'un domates

bitkisinin gelişimini teşvik ederken, salisilik asit ile birlikte kullanıldığında *G. etunicatum*'un kökte kolonizasyonunu engellediği ve *G. etunicatum*'un FOL'ye karşı mücadelede kullanılabileceği belirtilmiştir. Bir başka çalışmada Floresant *Pseudomonas* (FP) izolatu ile *Glomus intraradices* gerek tek ve gerekse ikili inokulasyonlarının bitki gelişimi ve hastalığa dayanıklılığın artırılması açısından etkili olabileceği sonucuna varılmıştır (Akköprü vd., 2005; Akköprü ve Demir, 2005).

Glomus leptotichum, *Gigaspora margarita* ve *Acaulospora morrowae* ile inokule edilen domates bitkilerinin, *Rhizoctonia solani* enfeksiyonuna karşı daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Cassiolta ve De-Melo, 1991). *Glomus* sp., *R. solani* ve *R.solani+Glomus* sp., ile inokule edilen mısır bitkilerinde, steril koşullarda *R. solani*' nin neden olduğu hastalıklı bitki oranı %67, *Glomus+R.solani* uygulamasında ise %33, tarla koşullarında ise tek başına *R.solani* %33, *Glomus+R.solani* ise %8 olmuştur (Ilag vd., 1987). Hıyar fidelerinde de *R. solani* ve *Pythium splendens*'in neden olduğu çökertene oldukça etkili olduğu, *Pseudomonas solanacearum*'un neden olduğu bakteriyel solgunluğun ise düzeyini düşürdüğü görülmüştür (Kobayashi, 1990). Bayözen ve Yıldız (2008) çilekte sorun olan *R. solani*'ye karşı *Glomus aggregatum*, *G. clarum*, *G. deserticola*, *G. intraradices*, *G. monosporus*, *G. mosseae*, *Gigaspora margarita*, and *Paraglomus brasilianum* türlerinden oluşan mikorizal preparatın etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında mikorizal bitkilerin gelişimlerinin daha iyi olduğunu ve mikorizal bitkilerde *R.solani*'nin neden olduğu hastalık şiddetinin önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır.

Afek vd., (1990) yaptığı çalışmada, önceden fumige edilmiş topraklarda, *G. intraradices* ile inokule edilmiş pamuk, soğan ve biber bitkilerinde *Pythium ultimum*'un önemli oranda baskı altına alındığını saptamışlardır. Bir başka çalışmada mikorizalı *Tagetes petula* bitkilerinin köklerinde *P. ultimum*'un kolonizasyon oranının az olduğu, bu bitkilerde dayanıklılık mekanizmasının daha hızlı bir şekilde teşvik edildiği ifade edilmiştir (Arnaud vd.,1994). *Glomus intraradices* ile inokule edilen biber bitkilerinde P içeriğinin arttığı ve bunun da biber bitkilerinin fizyolojik performansını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Demir, 2004)

G. mosseae ile önceden inokule edilmiş domates bitkilerinin köklerinde *Phytophthora nicotiana* var. *parasitica* neden olduğu zararın düşük olduğu görülmüştür (Cordier vd., 1996; Trotta vd., 1996). *G. mosseae* ve *P. n. var. parasitica*'nın ikili

inokulasyonlarında ise genellikle patojen ile *G. mosseae*'nin kökün farklı kısımlarında buldukları, ancak birlikte aynı kısımlarında bulunabildiği de gözlenmiştir. Patojenin arbuskül bulunan hücrelerin etrafında bulunmasına rağmen hücreleri nekroze edemediği ve zayıf bir gelişme gösterdiği saptanmıştır. Mikorizal bitkilerin kök korteksinde patojenin kolonizasyonunun önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır (Cordier vd., 1996).

Phytophthora parasitica ve *Glomus fasciculatum* ile enfekte edilmiş turuncgil fidelerinin kökleri sadece *P. parasitica* ile enfekte edilmiş olanlara nazaran daha sağlıklı olduğu ve bitki ağırlığının arttığı, hastalık etmeninin propagül sayısının daha düşük olduğu kaydedilmiştir (Davis ve Menge, 1980).

Pamukta *Verticillium* solgunluğu üzerine, *G. fasciculatum* ve toprak fosforunun etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; yüksek fosfor dozunda bitki gelişimi artmakla beraber AMF oluşumunun engellendiği ve buna paralel olarak da *Verticillium* solgunluğunun arttığı belirtilmiştir. Ancak düşük fosfor dozunda *G. fasciculatum* ile inokule edilmiş bitkiler *V. dahliae*'den etkilenmediği belirtilmiştir (Davis vd., 1979).

Benzer bir çalışmada *G. versiforme* ve *G. mosseae* patlicanın gelişimini teşvik ettiği ancak sadece *G. versiforme*'nin, *V. dahliae*'nin oluşturduğu enfeksiyonun etkisini hafiflettiği gözlenmiştir (ShuLin vd., 1997). Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise; AMF'in patlican-*V. dahliae* ve kavun *Macrophomina phaseolina* inokulasyonundan önce simbiyot ile inokule edilen bitkilerde hastalık şiddetini sırasıyla %41 ve %58 oranında azalttığı, ayrıca patojenlerin inokulum oluşturma yeteneklerinin de kısıtlanmış olduğu saptanmıştır (Demir, 1998). Liu (2005) *Glomus mosseae*, *Glomus versiforme*, *Sclerocystis sinuosa* türlerinden oluşan mikorizal fungusların pamukta *Verticillium dahliae*'ya etkilerini incelediği çalışmasında pamuk bitkilerinin hastalığa karşı toleranslarının arttığı ve hastalık indeksinin düştüğü belirtilmiştir. Ayrıca mikorizal fungusların topraktaki mikrosklerotların çimlenme oranını azalttığı da belirtilmiştir. Çalışmada *Glomus versiforme*'nin hastalığa karşı en etkili tür olduğu saptanmıştır.

Meksika'da soğanda *Sclerotia cepivorum*'un gelişimine *Glomus* sp. ile inokulasyonun tarla koşullarında etkisi incelendiğinde mikorizal bitkilerde *S.cepivorum*'un varlığına rağmen %22'lik ürün artışının sağlandığı kaydedilmiştir (Torres-Barragan vd., 1996). *Linum usitatissimum*, *G. intraradices* ve *Oidium lini* arasındaki interaksiyonların incelendiği çalışmada, patojenin aktivitesi ve sporulasyon oranı mikorizal bitkilerde,

olmayanlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Mikorizal bitkilerde patojen aktivitesi yüksek olmasına rağmen, sağlıklı sürgün uçlarındaki sükröz içeriği ve mildiyözü bitki kısımlarındaki CO₂ asimilasyonu gibi aktivitelerin, mikorizal olmayan bitkilere oranla daha az zarar gördüğü belirtilmiştir (Dugassa ve Schönbeck, 1996). İlbaş ve Şahin (2005) de *Glomus fasciculatus*'un soya fasulyesinde P ihtiyacını azalttığını, bitki gelişimini ve verimi olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Genel olarak bakıldığında AMF birçok kültür bitkisi ile ilişki içindedir ve bu ilişki içinde etkililiği ancak çevre koşulları, konukçu ve simbiyotik bağları olarak değişebilir.

Nematodlara Karşı Etki

Arbusküller mikorizal fungusların nematodların neden olduğu hastalık şiddetini azalttığına yönelik pek çok çalışma vardır. Genellikle mikorizalı bitkilerde ortaya çıkan hastalık belirtilerinde azalma ile birlikte, oluşan gal sayısında, nematod veya yumurta/kök oranında azalma gibi nematod popülasyonunda bir düşüş görülmektedir. Ancak bu olayın mekanizması tam olarak aydınlatılmış değildir (Sieverding, 1991).

Glomus fasciculatum'un arbuskül ve vesikülleri bulunan domates köklerinde *Meloidogyne incognita* neden olduğu gal oluşumunun (Neelima vd., 1991), *G. fasciculatum* ile önceden inokule edilen domates (cv. Pisa Rubby) köklerinde *Meloidogyne javanica* popülasyonunun önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır (Singh vd., 1990). Sera koşullarında yürütülen çalışmada *Gigaspora margarita* ve *Glomus etunicatum*'un yer fıstığının gelişimini teşvik ettiği, *Meloidogyne arenaria*'ya karşı toleransının arttığı kaydedilmiştir. Buna karşın artan fosfor oranı yer fıstığını nematoda daha duyarlı hale getirerek, yumurta üretimi gr/kök ve gal oluşumunu arttırdığı belirtilmiştir (Carling vd., 1996). Morandi (1987) mikorizal bitkilerde glyceollin konsantrasyonunun artışı ile *M. incognita*'nın patojenisitesinin azaldığı kaydedilmiş olmasına karşın, enfeksiyonunun gal gelişimine etkisi saptanamamıştır.

Bazı çalışmalarda ise nematodların neden olduğu hastalık şiddetini arttırdığı belirtilmiştir. Elde edilen bu farklı sonuçlar nematod türü, mikorizal fungusun türü ve inokulasyon zamanı ile kökteki kolonizasyon oranı ile ilişkili olabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca mikorizalı bitkilerin kök salgılarının kompozisyonundaki değişikliklerin köklerin nematodları çekmesini etkileyebileceği de belirtilmektedir (Linderman, 1996).

SONUÇ

Bitki-patojen ilişkisi içinde koruyucu rolünü üstlenen arbusküler mikorizalar en yaygın görülen mikoriza tipidir. Çok sayıda bitki ile simbiyotik ilişki içinde olan arbusküler mikorizalar obligat funguslardır. Bitki ile fungus arasındaki bu simbiyotik ilişki kurulduğu andan itibaren bitkide gerçekleşen ve değişen fizyolojik ve morfolojik olaylardan biri ya da birkaçı, bitkinin gelişimini, stres koşullarına ve hastalıklara dayanıklılığını arttırmaktan sorumlu olabilir. Ancak bu simbiyotik ilişkiyi anlamak için yapılan çok sayıda çalışmaya rağmen henüz tam olarak aydınlanmış da değildir (Linderman, 1996). Günümüzde pestisit ve aşırı gübre kullanımının olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmaların önem kazanması ile birlikte organik tarıma yönelik çalışmalar da ağırlık kazanmıştır. Bu nedenle hem besin maddesi alınmasına etkileri, hem de toprak kaynaklı hastalıklara karşı etkileri nedeniyle sürdürülebilir tarım uygulamaları içinde kullanımı üzerine çalışmalar her geçen gün yoğunlaşmakta (Harier ve Watson, 2004; Ortaş, 1997; Gosling, 2006), ve preparat haline getirilerek kullanıma sunulan ticari uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Mikorizal ilişkinin hastalık ve zararlılara karşı bitki direncini arttırdığına ilişkin araştırmalar ile birlikte, günümüzde su kaynaklarının azalması veya sulanabilir alanların artması ile mikorizanın bitki su kullanım verimliliğine olan katkısı ciddi olarak araştırılması gereken konulardan biridir. Ayrıca toprak strüktürü veya diğer yapısal bozukluklardan dolayı oluşan ve günümüzün önemli sorunlarından biri olan su ve rüzgar erozyonuna karşı mikorizanın ne derecede etkili olabileceği incelenmelidir (Ortaş, 1997). Ülkemizde mikoriza ile ilgili araştırmalar çok yeni olup, son yıllarda bu konu üzerinde gittikçe artan oranda araştırma projeleri yürütülmeye ve elde edilen endemik mikorizal fungus türlerinin pratiğe aktarılmasına yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Özellikle toprak kaynaklı hastalıklarla mücadelenin güç ve pahalı oluşu nedeniyle pratikte kullanılacak endemik türlerin saptanması ve tarıma kazandırılması gerekmektedir. Elde edilen türlerin, uygulama kolaylığı nedeniyle, özellikle mikorizal fide ve fidan üretiminde kullanılması ülkemiz tarımına önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca dünyada ticari preparat haline getirilmiş mikorizal formülasyonlarda pratikte kullanılmaktadır. Ancak bütün bunların yanı sıra, toprakta mevcut mikorizal fungus popülasyonunu olumsuz etkileyecek tarımsal uygulamalardan kaçınmak için gübreleme, pestisitler, toprak işleme, nadas gibi tarımsal faaliyetlerin bitki-simbiont-patojen ilişkisine etkileri

dikkate alınarak, topraktaki popülasyonu arttıracak uygun tarımsal uygulamalar seçilmelidir.

LİTERATÜR

- Afek,U., J.A. Menge, and E.L.V. Johnson, 1990. Effect of *Pythium ultimum* and metalaxyl Treatments on Root Length and Mikorizal Colonization of Cotton, onion and Pepper. *Pland Dis.*, 74:1177-120.
- Akköprü A., S. Demir ve H. Özaktan, 2005. Farklı Fluoresant Pseudomonas (FP) İzolatları ve Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF) *Glomus intraradices*'in Domates'teki Bazı Morfolojik Parametrelere ve Fusarium Solgunluğuna (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Sacc) Syd. Et Hans.) Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 15(2): 131-138
- Akköprü, A. and S. Demir, 2005. Biological Control of Fusarium Wilt in Tomato Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by AMF *Glomus intraradices* and some Rhizobacteria. *J. Phytopathology* 153, 544-550
- Allen, F. M. 1991. The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge University Press. 184 pp.
- Al-Momany, A. and A. Al-Raddad, 1988. Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae on Fusarium Wilt of Tomato and Pepper. *Alexandria-Journal-of-Agricultural-Research*.33:1,249-261.
- Andrade, G., Mihara, K.L., Linderman R.G. and Bethelenfalvay, G.J. 1998. Soil aggregation status and rhizobacteria in the mycorrhizosphere. *Plant and Soil* 2002:89-96
- Arnaud-St.M. C. Hamel, M. Caron, and J.A.Fortin, 1994. Inhibition of *Pythium ultimum* in Roots and Growth Substrate of Mikorizal *Tagetes petula* Colonized With *Glomus intraradices*. *Can.Jour. Plant Pathol.*, 16:187-194.
- Bayözen, A. and A. Yıldız, 2008. Determination of Mycorrhizae Interactions and Pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Kühn Isolated from Strawberry and *Xanthium strumarium*. *Turk J Biol.* 32
- Bharadwaj, D.P., P.O. Lundquist and S. Alstrom, 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal spore-associated bacteria affect mycorrhizal colonization, plant growth and potato pathogens. *Soil Biology & Biochemistry* 40, 2494-2501
- Carling, D.E., R.W.Roncadori, and R.S.Hussey, 1996. Interactions of Arbuscular Mycorrhizae, *Meloidogyne arenaria*, and Phosphorus Fertilization on Peanut. *Mycorrhizae*. 6:1, 9-13.
- Caron, M. 1989. Potential use of mycorrhizae in control of soil-borne diseases. *Canad J Plant Pathol* 11:177-179.
- Caron, M., J.A. Fortin, and C.Richard, 1986. Effect of Phosphorus Concentration and *Glomus intraradices* on Fusarium Crown and Root Rot of Tomatoes. *Phytopathology*, 76:942-946

- Caron, M., J.A.Fortin, and C.Richard, 1985. Influence of Substrate on The Interactions of *Glomus intraradices* and *Fusarium oxysporum* f.sp.*lycopersici* on Tomatoes. *Plant and Soil*, 87:233-236
- Cassiolta, AMR. and I.S.De-Melo,1991. Interaction Between *Rhizoctonia solani* and Vesicular-Arbuscular Mikorizal Fungi in Tomato. *Summa-Phytopathologica*. 17:3-4, 195-200
- Cordier,C., V. Gianinazzi-Pearson, and S. Gianinazzi, 1996. Colonization patterns of root tissues by *Phytophthora nicotianae* var *parasitica* related to reduce disease in mycorrhizal tomato. *Plant Soil* 185, 223-232
- Davis, R.M., and J.A.Menge, 1980. Influence of *Glomus fasciculatum* and Soil Phosphorus or *Phytophthora* Root Rot of Citrus. *Phytopathology*, 70:447-452.
- Davis, R.M., J.A.Menge, and D.C. Erwin, 1979. Influence of *Glomus fasciculatum* and Soil Phosphorus on *Andrticillium* Wilt of Cotton. *Phytopathology*, (69): 453-456.
- Dehne, H.W. and F.Schonbeck, 1979. Untersuchungen Zum Einfluss der Endotrophen Mycorrhiza auf Pflanzenkrankheiten. LI.Phenolstoffwechsel und Lignifizierung. *Phytopath.Z.* 95: 210-216
- Dehne, H.W., 1982. Interactions Between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi And Plant Pathogens. *Phytopathology*, (72): 1115-1119.
- Demir, S. 2004. Influence of Arbuscular Mycorrhiza on Some Physiological Growth Parameters of Pepper. *Turk J Biol* 28, 85-90.
- Demir, S.,1998. Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbuscüler Mikorhiza (AMF) Oluşumu And Bunun Bitki Gelişimi And Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Bornova, İzmir.114s.
- Duchesne, L.C. 1996. Role of Ectomikorizal Fungi in Biocontrol. In: *Mycorrhiza and Plant Health*. Ed. Pfleger, F.L. and Linderman R.G. Symposium Series, APS Press, 27-47p
- Dugassa, G.D. and F.Schönbeck, 1996. Physiology and Assimilate Allocation in Triplicate System, Host Plant, Arbuscular Mycorrhizae (AM) and Biotrohic Pathogen. First International Conferance On Mycorrhizae, California.
- Finley, R.D. 2005. Mycorrhizal symbiosis: myths, misconceptions, new perspectives and future research priorities. *Mycologist*, 19 (3), 90-95
- Fitter, A.H. and J.Garbaye, 1994. Interactions Between Mikorizal Fungi and Other soil Organizm. *Plant and soil*, Vol:159, No:1,p:123-133
- Gai, J. P., P.Christie, G.Feng, X. L.Li, 2006. Twenty years of research on community composition and Species distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in China: a review. *Mycorrhiza* 16: 229–239
- Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass, G.D. Bending, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 17-35.
- Harier, L.A. and C.A. Watson, 2004. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. *Pest Manag Sci* 60:149–157
- Ilag, L.L., A.M.Rosales and T.W.Mew, 1987. Effect of *Glomus* sp. on *Rhizoctonia* Infection in Selected Crops. Proceedings of the 7th North American Conference on Mycorrhizae, 201. May 3-8, Gainessville, FL USA.
- İlbaş, A.I. and S. Şahin, 2005. *Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 55: 287-292
- Kendrick, B., 1992. *The Fifth Kingdom*. Mycologia Publications. 379 pp.
- Kobayashi, N., 1990. Biological Control of Soilborne Diseases With AMF Fungi and Charcoal Compost. *The Biological Control of Plant Diseases. Proceedings of The International Seminar “Biological of Plant Diseases and Virus Andctors” Held in Tsukuba, Japan*. Ed. By: Komada, H., K. Kiritani, J.Bay-petersen,. 1991. 153-160.
- Kothamasi, D., C.K.Ramesh, and C.R Babu,. 2001. Arbuscular mycorrhizae in Plant survival strategies. *Tropical Ecology* 42(1):1-13.
- Linderman, R.G., 1996. Role of VAM fungi in Biocontrol. In: *Mycorrhizae and Plant Health*. Ed. Pfleger, F.L. and Linderman R.G. Symposium Series, APS Press, 1-25 p
- Linderman, R.G.,1988., VA (Vesicular- Arbuscular) Mycorrhizal Symbiosis. *ISI Atlas of Science, Animal and Plant Sciences Section* 1:183-188
- Linderman,R.G., J.L.Marrow and E.A.Davis, 1996. Contribution of Microbial Associates of VA Mycorrhizae Effects on Plant Growth and Health. *First International Conferance On Mycorrhizae, California*.
- Liu, R.J. 1995. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungion verticillium wilt of cotton. *Mycorrhiza*, 5:293-297.
- Martin, F. and H.Slater, 2007. An evolving host for mycorrhizal research. *New Phytologist*, Volume 174, Number 2, April 2007 , pp. 225-228(4)
- Mayo, K., R.E.Davis, and J.Motta, 1986. Stimulation of germination of spores of *Glomus versiforme* by spore-associated bacteria. *Mycologia* 78, 426-431.
- Morandi, D., 1987. VA Mycorrhizae, Nematodes, Phosphorus and Phytoalexins on Soybean. *Proceedings of the 7th North American Conferance on Mycorrhizae*, 212. May 3-8, Gainessville, FL USA.
- Morandi, D., J.A. Bailey and P.A.Gianinazzi, 1984. *Physiol. Pl. Pathol.* 24,357-364.
- Muchovej, R.M. 2001. Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops. *University of Florida, Extension Instude of Food Agricultural Sciences, SS-AGR-170*.
- Neelima, M., S.Mamta, S.Geeta, K.G. Mukerji, N.Mittal, M Sharma, and G., Saxena, 1991. Effect of VA Mycorrhizae on Gall Formation in Tomato Roots. *Plant-Cell-Incompatibility-Newsletter*. No.23,39-43

- Ortaş, İ. 1997. Mikoriza nedir? TÜBİTAK dergisi. Şubat 1997 sayı 351. Ankara.
- Ortaş, İ. 2002. Do Plants Depend on Mycorrhizae In Terms of Nutrient Requirement? International Conference On Sustainable Land Use And Management. Çanakkale
- Özcan, H. ve S. Taban, 2000. VA-Mycorrhiza'nın Alkalın ve Asit Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimi ile Fosfor, Çinko, Demir, Bakır ve Mangan Konsantrasyonlar Üzerine Etkisi. Turk J Biol 24, 629-635
- Özğönen, H., M. Biçici and A. Erkılıç. 2001. The Effect of Salicylic Acid and Endomycorrhizal Fungus *Glomus etunicatum* on Plant Development of Tomatoes and Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Turk J Agric For 25 25-29.
- Peterson, R.L. and M.L.Farguher, 1994. Mycorrhizas-Integrated Development Between Roots and Fungi. Mycologia Publications. 379 pp.
- Peterson, R.L., H.B. Massicotte, L.H.Melville, 2004 Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology (Paperback). NRC Research Pres.CABI Publishing.173pp Ottawa
- Schafer, S.R. and M.M Schoeneberger, 1996. Air Pollution and Ecosystem Health: The Mycorrhizal Connection In: Mycorrhiza and Plant Health. In: Mycorrhizae and Plant Health. Ed. Pflieger, F.L. and Linderman R.G. Symposium Series, APS Press, 153-188 p
- Schubler, A., D. Schwarzott and C. Walker, 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and Evolution. *Mycol. Res.* 105 (12) : 1413±1421
- Shaul, O., S.Galili, H. Volpin, I.Ginzberg, Y.Elad, I.Chet, and Y.Kapulnik, 1999. Mycorrhiza-Induced Changes in Disease Severity and PR Protein Expression in Tobacco Leaves. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, Vol. 12, No. 11, pp. 1000–1007
- ShuLin, Li., S.Zhao, L.Zhao, SL.Li, SJ.Zhao, and LZ.Zhao, 1997. Effects of VA Mycorrhizae on The Growth of Eggplant And Cucumber An Control of Diseases. *Acta-Phytophylacica-Sinca.* 24:2,117-120.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany 372 pp
- Singh, Y.P., R.S.Singh, and K.Sitaramaiah, 1990. Mechanism of Resistance of Mikorizal Tomato Against Root-Knot Nematode. Trends in Mikorizal Research. Proceedings of The National Coference on Mycorrhizae, Held at Haryana Agricultural Uniandrsity. Ed. By:Jalali, B.L. and H.Chand,1990. 96-97 p.
- Smith, S. E., and D. J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, Third Edition (Hardcover). Academic Pres is an imprint of Elsevier, NewYork, 800p
- Staley, T.E., E.G. Lawrence, and E.L. Nance, 1992. Influence of a plant growth-promoting pseudomonad and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on alfalfa and birdsfoot trefoil growth and nodulation. *Biol Fertil Soils*, 14:175-180
- Sundaresan, P., N. U. Raja, and P. Gunasekaran, 1993. Induction and accumulation of phytoalexins in cowpea roots infected with a mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* and their resistance to *Fusarium* wilt disease *J. Biosci.*, Vol. 18, Number 2, June 1993, pp 291–301
- Torres-Barragan,A., E.Zavaleta-Mejia, C.Gonzales-Chaandz, R.Ferrera-Cerrato,1996. The Use of Arbuscular Mycorrhizae to Control Onion White Rot (*Sclerotia cepivorum* Berk) Under Field Conditions. *Mycorrhizae*, 6:4, 253-257.
- Trotta, A., G.C. Varese, E. Gnavi, A. Fusconi, S. Sampb and G. Berta, 1996. Interactions between the soilborne root pathogen *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in tomato plants. *Plant and Soil* 185: 199-209.
- Türkmen, O., S.Şensoy, S. Demir, and C.Erdinç, 2008. Effects of two different AMF species on growth and nutrient content of pepper seedlings grown under moderate salt stres. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (4), pp. 392-396
- Walley, F.L. and J.J. Germida, 1997. Response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to interactions between *Pseudomonas* species and *Glomus clarum* NT 4. *Biol Fertil Soils* (1997) 24:365–371
- Webster, J. and R.W.S.Weber, 2007. Introduction to Fungi. Cambridge University Press. 875pp.

Geliş Tarihi : 02.01.2009

Kabul Tarihi : 16.04.2009