



*Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (2): 09-15, 2013*  
*ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, www.nobel.gen.tr*

## **Tarımsal Üretimde Arbusküler Mikorizal Funguslar**

Ozan DEMİRÖZER\* Hülya ÖZGÖNEN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü 32260 Isparta

**\*Sorumlu Yazar:**

**E-posta:** ozandemirozer@sdu.edu.tr

**Geliş Tarihi** : 19 Haziran 2012

**Kabul Tarihi** : 31 Temmuz 2012

### **Özet**

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla üretim sırasında geleneksel yöntemlere alternatif veya destekleyici uygulamaların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu derlemede, bir toprak simbiyont'u olarak bilinen arbusküler mikorizal fungusların genel özellikleri, yararları ve bitkilerde hastalık, zararlı, yabancıot ve abiyotik çevre etmenlerine karşı etkileri hakkında genel bilgiler verilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikoriza, hastalık, zararlı, dayanıklılık

## **Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agricultural Production**

### **Abstract**

In order to ensure the sustainability of agricultural production, alternate or supplemental applications is becoming increasingly common in during farming. In this review, some useful information about mycorrhizal fungi known as a soil symbiont including general characteristics, benefits and effects on plant diseases, pests, weeds and abiotic environmental factors.

**Keywords:** Mycorrhiza, disease, pest, resistance

## GİRİŞ

Tahmini yaşı yaklaşık olarak 4,6 milyar yıl olarak kabul edilen dünya gezegeninin üzerinde 6-7 milyon yıldır varlığını sürdürerek besin piramidinin en üst basamağında yer alan ve günümüzde neredeyse temel yaşam gayesi tüketmek haline gelen insan ırkının nüfusu bundan 350 yıl önce 500 milyon iken, şu an 6 milyar olduğu ve yaklaşık olarak 97 milyon bireyin her yıl aramıza katıldığı bilinmektedir [1]. İnsan nüfusunun bu hızlı ve kontrolsüz artışı, sonsuz sanılan doğal kaynaklar üzerinde baskıyı her geçen gün daha da artırmaktadır. Dünya üzerindeki birçok ülkede en temel sorun temiz su ve yeterli besinin bulunmaması olarak tanımlanmaktadır. Dünya üzerinde 1.02 milyar insanın yetersiz beslenme problemi yaşadığı bildirilmektedir [2]. Dünyada nüfus artışıyla birlikte, büyük miktarlarda besin ihtiyacı ortaya çıkmakta ve besin ihtiyacının çok büyük bir bölümü bitkisel ürünlere dayalı olan insan ırkının daha fazla tarımsal faaliyetlerde bulunmasına yol açmaktadır. Günümüze kadar temel besin ihtiyaçlarının büyük bölümünü tarımsal üretimden sağlayan insanoğlu üretim metotlarını modernize ederek, ürün miktarında sürekli artış sağlamıştır. Ancak, tarımsal üretimin modernizasyonu toprak işleme, pestisit ve kimyasal gübre kullanımı, yanlış sulama uygulamaları ve tarım alanlarındaki tek yönlü üretim gibi birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak, insanoğlunun yeterli ve kaliteli beslenmesi tehlikeye girmektedir. Artan dünya nüfusu ve tarım arazilerinin birçok nedenle özelliklerini yitirerek kullanılamaz hale gelmesi, tarımsal üretimde birim alandan en üst seviyede yararlanılmasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle üretimi artırmak amacıyla aşırı miktarlarda kullanılan bitki besin maddeleri, hastalık, yabancıot ve zararlılara karşı kullanılan pestisitler, doğrudan ve dolaylı yollarla çevre ve insan sağlığını her geçen gün daha da tehdit etmektedir.

Yaşanan bu olumsuzluklar, tarımsal üretim faaliyetleri hakkında pek de iyimser olmayan yorumlara neden olmaktadır. Tschamtker ve ark. [3] tarım faaliyetlerini, doğal habitatların ve buradaki canlı çeşitliliğinin ticari ve insan ihtiyaçlarına yönelik kalıcı hasarlar verilerek şekillendirilmesi olarak tanımlamaktadır. Üretim faaliyetleri sırasında çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşan en büyük tehdit kullanılan pestisitler ve temel bitki besleyicileri sebebiyle gerçekleşmektedir. Kullanılan bu kimyasallar, zamanla doğal yaşam üzerinde eko-toksik etkiler oluşturmaktadır. Bu materyaller ilk olarak yer altı temiz su kaynaklarını kirletmekte ve daha sonra denizlere ve okyanuslara ulaşarak buradaki canlıların yaşamları üzerinde tehdit oluşturmaktadır [4]. Tarım kaynaklı kirleticilerin birden çok organizmanın ölümüne yol açması veya yaşam alanlarını olumsuz etkilemesinin yanı sıra ekosistem üzerinde kalıcı bozulmalara yol açtıklarını da unutmamak gerekmektedir. Özellikle, fosfor ve azotun su kaynaklarında yavaş yavaş birikmesi sonucu sulak alanlarda ötrofikasyon meydana gelmektedir. Ötrofikasyon nedeniyle ise sulak alan ekosistemleri tahrip olarak burada yaşayan kuş, balık ve diğer canlıların sayısı azalmakta ya da yok olmaktadır [5]. Dünyanın çeşitli yerlerindeki araştırmacılar hastalık etmenleri ve zararlıların pestisitlere karşı direnç geliştirdiği, tarım ürünlerinde insan sağlığına zararlı kimyasal kalıntıların bulunmasına neden olduğu, bu kimyasalların memeli organizmalar ve doğal ekosistem üzerinde geri dönüşü çok zor olumsuzluklar yarattığını bildirmektedir [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Bütün bu olumsuzluklar doğal olarak zihinlerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliği hakkında soru işaretlerinin doğmasına neden olmakta ve üretim sırasında kullanılan geleneksel yöntemlerin ve materyallerin sorgulanmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Üretimde kullanılan materyal ve yöntemlerin birbirleri ile uyumluluğu, birbirlerini tamamlayıcı olup olmadıkları, diğer makro ve mikro organizmalarla

etkileşimleri, sorgulanması ve araştırılması gereken en önemli noktalar olarak düşünülmektedir.

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için seçilmesi gereken en doğru yolun, doğal hayat döngüsünde trofik besin düzeyleri içinde yer alan av-avcı, mutualist, parazitik veya simbiyotik yaşam stratejilerine sahip canlılar hakkında yeterli bilgi birikimi edinilerek bu bilgilerin pratikte tarımsal üretimle bütünleştirilmesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, trofik besin zinciri içerisinde seçilerek tarımsal üretim sırasında bitki besleme ve koruma amaçlı kullanılan canlı materyallerin de doğal yaşam alanları üzerinde oluşturdukları, doğrudan ya da dolaylı etkilerinin ve özellikle de bitki hastalık ve zararlıları ile etkileşimlerinin detaylı olarak ortaya çıkarılması gerekmektedir.

### Mikorizal Funguslar ve Genel Özellikleri

Günümüz modern tarımında, bitki yetiştirme teknikleri içerisinde değişik canlı gruplarının kullanımı giderek artış göstermektedir [13]. Bu canlı gruplarından, yeryüzündeki bitki örtüsünün yaklaşık %80'i ile ortak yaşam ilişkisi içerisinde olan ve toprak simbiyont'u olarak bilinen arbusküler mikorizal funguslar (AMF) giderek popüler bir hale gelmiştir [14, 15]. Toprağın çıplak gözle görülmeyen bu üyeleri keşiflerinin ardından üzerinde en fazla bilimsel araştırma yapılan yararlı mikroorganizmalar arasında yerini almıştır. Arbusküler mikorizal funguslar, toprakta var olan sporları aracılığıyla bitki köklerinden giriş yaparlar ve daha sonra kök yüzeyinde hifsel gelişimlerine devam ederler. AMF'lar beslenmeleri için gerekli olan karbonhidratları bitkilerden sağlarken, kök yüzeyinde kök ve fungustan oluşan hif kolonizasyonlarıyla köke geniş bir yüzey alanı sağlayarak kendilerine daha uzak mesafede bulunan su ve besin maddelerini bitki bünyesine alınmasına yardımcı olurlar [16, 17, 18, 19]. AMF'lar taksonomik olarak Zygomycetes sınıfı, Glomerales takımı, Glomeraceae familyasına bağlı olup, *Glomus* spp., *Acaulospora* spp., *Entrophospora* spp., *Gigaspora* spp., *Sclerocystis* spp. ve *Scutellospora* spp. türlerini kapsarlar. İlk olarak, 1959 yılında AMF'ların bitkilerin fosfor alımında etkili olduğunu saptanmış ve fosfor seviyesi düşük olan bir toprakta yapılan çalışmada, mikoriza kullanılmadan çimlendirmesi yapılan *Griselinia* bitkilerinde mikoriza kullanılanlara göre 3-5 kat daha fazla fosfor eksikliği belirtileri görülmüştür [20]. AMF'lar, salgıladıkları enzimlerle, birlikte yaşam sürdürdüğü bitkilerin fosfor (P), çinko (Zn) ve demir (Fe) gibi toprakta hareketliliği az olan besin elementlerini almalarını kolaylaştırırlar. Aynı zamanda, azot (N) ve magnezyum (Mg) gibi diğer makro ve mikro besin elementlerinin de bitki bünyesine alınmasında yardımcı oldukları bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda, AMF'ların bitkilerin kuraklık, aşırı tuzluluk ve topraktaki ağır metaller gibi abiyotik faktörlerden kaynaklanan olumsuzluklardan daha az etkilenmesini sağladıkları belirlenmiştir [21, 22, 23, 24, 25, 26].

Mikorizal fungusların hifleri sayesinde köklerdeki ince kolların uzunluklarının artmasını sağlayarak fosfor alımında avantaj sağladığı ve bunda da bitkinin fosfor gereksinim miktarının rol üstlendiği belirlenmiştir [27, 28, 29]. AMF'ların kolonize olduğu bitkilerin daha hızlı gelişmesi, başta fosfor olmak üzere diğer birçok makro ve mikro besin elementinin alımını sağlayan ekstra-radikal hifler sayesinde olmaktadır [13]. Topraktaki fosfat'ın, fosfat taşıyıcıları tarafından ekstra-radikal hiflerle alındığı ve sonrasında fosfat'ın polifosfat (poly-P)'ye ayrıştırılarak intra-radikal hifler tarafından protoplazmik akış yardımıyla intra-radikal hiflere taşındığı bilinmektedir [30, 31]. Sonuç olarak, poly-P'nin translokasyonu sırasında fosforlu bileşiklerin anahtar rol oynadığı düşünülmektedir [32]. AMF'ların tür özelliklerine bağlı olarak topraktaki fosforu köke yakın veya daha uzak mesafelerde arama yeteneğine sahip oldukları ve bu yüzden AMF uygulamalarında farklı türlerin bir arada kullanılmasının fosfor alımında bitkilere daha çok avantaj

sağladığı, ayrıca AMF kullanımının toprak yapısını korumada etkili olduğu bildirilmektedir [33, 34,35].

Doğal ekosistemde bitki kök sisteminin bir parçası haline gelen mikorizal fungusların toprakta diğer yararlı mikroorganizmalarla etkileşim halinde oldukları ve bitkilerde kök eksüdasyonunu artırarak kuru madde üretiminin yaklaşık %25 artmasını sağladıkları bilinmektedir. Bu yüzden, mikorizal funguslar bitki büyümesinin artmasında ve canlılığının korumasında rol alan önemli faktörlerden birisi olarak anılmaktadır [36]. Arbusküller mikorizal fungusların diğer mikroorganizmalarla olan ilişkileri üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, daha çok bitki patojenleriyle olan ilişkilerinin ve patojenlere karşı olan etkilerinin araştırıldığı görülmektedir. Araştırma sonuçlarında ise özellikle arbusküller mikorizal fungusların hastalık şiddetini azaltıcı etkileri ile ilgili bulgular dikkat çekmektedir [37, 38, 39, 40, 41].

Mikorizal funguslar ve bitki kökleri arasındaki simbiyotik ilişki ototrof konukçu ile heterotrof organizma arasındaki besin alışverişinin en güzel örneklerinden birisi olup doğadaki ekolojik dengeyi sağlamak için büyük katkılar sağlamaktadır. Kurulan ortak yaşam ilişkilerinden dikkat çeken noktalardan birisi ise, farklı cinslere ait mikorizal fungus türlerinin farklı familyalardaki bitki türlerine özelleşebildikleridir [19].

Doğada, mikorizal funguslar ekto ve endomikoriza olarak 2 genel gruba ayrılmaktadır. Endomikorizalar farklı familyalara ait bazı bitki türlerine özelleşmiştir [42]. Ektomikorizal funguslar, öncelikli olarak orman ağaçlarının bulunduğu alanlarda yaşarlar. Hifleri genellikle besleyici köklerin dışında bir kitle şeklindedir. Ektomikorizal funguslar kökü enfekte ederler, ancak sadece kortikal hücreler civarında, hücreler arası alanda ve orta lamel kısmında gelişerek hif ağı oluştururlar. Hifler ektomikorizal kökler üzerinde büyüyen fungusun rengine bağlı olarak beyaz, kahverengi, sarı veya siyah görünebilir [43].

Endomikorizal funguslar ise, bitki köklerinin hem iç hem de dış kısmında gelişebilme özelliğine sahiptir. Endomikoriza içerisinde bir alt tip olarak yer alan arbusküller mikorizal funguslar, bitki türlerine özelleşmiş simbiyotik yaşam ilişkileri olan funguslar arasında ilk sırada yer almaktadır. Bu grup mikorizal funguslar, kortekste hem hücreler arası hem de hücre içi boşluklarda gelişebilmektedir. Ayrıca, kökün dış yüzeyinde gevşek miseliyal büyüme gösterirler ve aynı zamanda içsel olarak "arbusküller" adı verilen özelleşmiş beslenme hifleri ve "vesikül" adı verilen lipitçe zengin oval görümlü şişkin besin deposu görevindeki yapılar oluşturarak kortikal hücreler içine doğru büyürler. Vesiküller, besin elementlerini depo eden yapılar olup gerektiği zamanda fungus ve bitki tarafından kullanılabilir [19].

Ektomikorizalarda kök civarında hifsel kitle her zaman bulunmayabilir. Ayrıca kök hücreleri içerisinde hifsel şişkinlikler bulunur. Gymnosperm ve Angiosperm ağaç veya çalılarla simbiyotik ilişki kurarlar; Asco ve Basidiomycotlara bağlı türleri kapsarlar. Diğer bir grup olan Monotropoid mikorizaların kök yüzeyinde hifsel bir kitle bulunur ve hücre içerisinde dallanmış haustorium oluştururlar. Bu grup sadece Monotropaceae familyasına ait bitkilerin köklerinde yaşar ve genelde Basidiomycota'lara bağlı fungus türlerini kapsarlar [19].

Arbutoid mikorizalar endo ve ektomikorizal türler arasında bir geçiş formu olup, hifleriyle bitkileri intraselüler olarak enfekte ederler ve kök civarında fungal bir kitle ve kök hücreleri içerisinde hifsel şişkinlikler meydana getirirler. Bu grupta yer alan türler, Ericaceae familyasına ait bazı bitkilerin köklerinde simbiyotik olarak yaşayan *Amanita* spp., *Boletus* spp., *Cortinarius* spp.'yi kapsarlar. Ericaceous bitkilerin ince köklerinde *Pezizella* sp. ve *Clavaria* sp. ise kök yüzeyinde ve içinde gelişen diğer Ericoid mikorizal funguslardır. Doğanın nadide bitkileri olan ve dünya genelinde ekonomik öneme sahip orkideler ile simbiyotik yaşayan Orchidoid mikorizal funguslar, orkidelerin çimlenmesinde özel öneme sahip olup *Ceratobasidium* sp., *Tulasnella* sp., *Sebacina* sp. gibi türleri içermektedir [44].

### Mikorizal Fungusların Arthropoda ile İlişkileri

Milyonlarca yıldır dünya üzerindeki varlıklarını korumayı başaran bitkiler, otçul ve etçil beslenme özelliklerine sahip canlılarla, diğer bitkilerle ve abiyotik etmenlerle sürekli olarak bir yaşam mücadelesi içerisinde. Birçok abiyotik ve biyotik etmenle olan bu var olma mücadelesi, bitkilerin evrimleşmelerini hızlandırmış ve maruz kalınan etmenlere karşı hayatta kalabilmek adına morfolojik (tüylülük, dikensi yapılar, daha kalın epidermis tabakası) ve kimyasal yapılarında (etilen, salisilik asit ve özellikle jasmonik asit) bazı değişiklikler meydana getirerek çeşitli savunma mekanizmaları ya da ortak yaşam stratejileri geliştirmişlerdir. Bitkilerde, dışardan gelen etkilere karşı devreye giren hormonal aktivite sonucunda salgılanan çeşitli metabolitler savunma mekanizmasında görev almaktadır [45, 46]. Bu savunma mekanizmaları ekosistemde bitkiler ve diğer canlılar arasında gerçekleşen olayların detaylı olarak anlaşılmasında yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, AMF'ların bitki savunma mekanizmasında doğrudan ya da dolaylı görev alan salisilik asit, jasmonat, uçucu terpenoidler, doğal yağlar, gulikozinolatların salgılanmasında etkili oldukları bildirilmiştir [47, 48, 49, 50].

Bitkiler üzerinde baskı oluşturan makro ve mikroorganizmaların sayısı 1-3 milyon arasında tahmin edilmekte ve bu canlıların da büyük bir kısmını fitofag arthropodların oluşturduğu bilinmektedir [46]. AMF'ların bitkilerin beslenmelerine yardımcı olmalarının dışında, bitkilere sağladığı bir diğer avantajın da özellikle fitofag böceklerle karşı dayanıklılığı artırması olduğu bildirilmiştir [51]. Bu konuda yapılan çalışmalar, diğer araştırmacılara ışık tutarak farklı çalışmaların temelini oluşturmuş ve AMF'ların herbivorlar ve polinatörler üzerinde negatiften pozitif'e ya da nötral olarak geniş bir etki aralığına sahip olduğu bildirilmiştir [52, 53, 54]. Gange ve ark. [52] ise, konuya daha değişik bir açıdan yaklaşarak *Plantago lanceolata* bitkisi üzerindeki böcek yoğunluğunun mikoriza kolonizasyonuna etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, bitki üzerinde zararlı böcek popülasyonunun yoğun olması halinde mikoriza'nın bitki kütesinde herhangi bir etkisinin olmadığını ancak, zararlı böcek yoğunluğu herhangi bir uygulama ile düşürüldüğünde bitki üzerinde mikorizanın artı etkisinin olduğunu saptamıştır. Sonuç olarak, araştırmada kullanılan *Arctia caja* (Lepidoptera: Arctiidae)'nin bitki yeşil aksamalarında meydana getirdiği zararın mikoriza gelişimine olumsuz yansıdığı, mikoriza kolonizasyonunun yüksek olduğu durumlarda ise bitki kütesindeki artıştan dolayı böcek tarafından verilen zararın daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

AMF'ların köklerde kolonizasyon oluşturuyor olması, araştırmacıların kendilerine farklı soruları sormalarına neden olmaktadır. Currie ve ark. [55] AMF'ların bitki köklerinde beslenmeye adapte olmuş böcekler üzerindeki etkisi nedir? sorusuna yanıt aradığı çalışmada, *Trifolium repens*'i *Glomus fasciculatum* ve *G. mosseae*'in bireysel ve birlikte kullandıkları ortamlarda yetiştirmiş ve daha sonra, *T. repens*'in kök zararlısı olan *Sitona lepidus* larvaları bu bitkilere bulaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, her iki AMF'nin de larva gelişimini artırdığı ancak vücut ağırlıklarını etkilemediği saptanmıştır. Sadece tek bir mikoriza türü barındıran bitkilerde larvaların kökte beslenmesi sonucu yaprak biyo-kütlesinde azalma oluşurken, larval gelişimin en yüksek gerçekleştiği her iki mikorizayı da içeren bitkilerde herhangi bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Bu da, *G. fasciculatum* ve *G. mosseae*'nin aynı anda kullanımının *T. repens*'e zararlı larvalarına karşı bir tolerans sağladığını göstermiştir. AMF kullanımını sonucunda genellikle bitki biyo-kütlesinde meydana gelen artışın zararlı popülasyonlarına olan etkisini düşündürmektedir. Bu soruya yanıt arayan Hoffmann ve ark. [56] ise, *Phaseolus vulgaris*'i *G. mosseae* kullanarak yetiştirmiş ve bu simbiyotik ilişkinin *Tetranychus urticae* Koch (iki noktalı kırmızı örümcek) üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, *T. urticae* dişilerinin beslenmek ve yumurta bırakmak için

mikoriza ile yetiştirilen fasulyeleri kontroldeki fasulyelere göre daha çok tercih ettiği ve yumurtlama oranının da daha yüksek olduğunu saptamıştır. Mikorizalı bitkilerin, mikorizasızlara oranla *T. urticae* için daha uygun koşullar sağladığını bildirmiştir. Yine, mikorizal funguslar kullanılarak yapılan diğer birçok araştırmada, çiğneyici ya da bitki öz suyu ile beslenen arthropodların, mikorizal fungus ile aşılansız bitkiler üzerindeki beslenme ve gelişimlerinde artışların olduğu bildirilmiştir [57, 51, 58, 59].

### Mikorizal Fungusların Fungal ve Protist Bitki Hastalıklarına Etkisi

Bitkilerin kök sistemleri, farklı grup mikroorganizmaların gelişmesine yardımcı olur. Arbusküler mikorizal funguslar da bu mikroorganizmalar arasında yer almaktadır. AMF'lar kök eksüdasyon biçimini olumlu yönde değiştirir. Kitinolitik aktiviteyi teşvik ederek fotosentez-solunum eksikliğini giderir ve düzenler [60]. AMF aşılansız bitkiler toprak kökenli ve toprak üstü aksam hastalıklarına karşı farklı dayanıklılık mekanizmaları ile korunurlar. Patogenlerin dışlanması, bitki hücre duvarında lignifikasyon, rizosferde kök eksüdasyonu nedeniyle fosfat beslenmesinde meydana gelen değişiklikler ve inhibitör etkili düşük moleküler ağırlığa sahip bileşiklerin üretimi bu mekanizmalara örnek olarak gösterilebilir [36]. AMF'ların fungal hastalıklara karşı etkilerinin farklı bitki ve patojenler üzerinde araştırıldığı birçok çalışmada, hastalıkların etkisini azaltıcı, baskılayıcı, engelleyici veya artırıcı etkilerinin yanı sıra, bazı durumlarda herhangi bir etkilerinin olmadığı da saptanmıştır. Birden çok çalışmada AMF'ların, başta sebzeler olmak üzere önemli diğer kültür bitkilerinde de büyük ekonomik kayıpları oluşturan *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Verticillium* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. gibi toprak kökenli hastalıkların şiddetini azaltıcı etkiye sahip oldukları saptanmıştır [61, 62, 63, 64].

Arbusküler mikorizal funguslar sürgün ve yapraklarda hastalığa karşı dayanıklılığı sağlarlar. Yapılan çalışmalarda, bitkilerde mikorizal fungus aşılması yapıldığı durumlarda, mikorizalı bitkilerin mikorizalı olmayanlara göre yaprak patojenlerine karşı daha dayanıklı olduğu saptanmıştır. Örneğin, hıyar bitkilerinde yapılan çalışmada *Glomus mosseae* uygulaması sistemik dayanıklılığı teşvik ederek antraknoz enfeksiyon derecesi azaltmıştır [65]. Çeltikte *G. mosseae* ile inokulasyon sonrası gövde çürüklüğü (*Sclerotium oryzae*) ve kın yanıklığı (*R. solani*) hastalıklarına karşı dayanıklılık geliştiği belirlenmiştir [66].

### Mikorizal Fungusların Bakteriyel Hastalıklara Etkisi

Arbusküler mikorizal funguslar ve bakteriler arasındaki ilişki ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak, bir arbusküler mikorizal fungus olan *G. mosseae*'nin domateste *Erwinia caratovora*'ya karşı bitkileri koruduğu ve bakterilerin rizosferde azaldığı bildirilmiştir [67]. Yapılan diğer bir çalışmada, *G. mosseae* ile aşılansız domates bitkilerinde *Pseudomonas syringae* zararının önemli derecede azaldığı saptanmıştır [68].

### Mikorizal Fungusların Bitki Virüs Hastalıklarına Etkisi

Viral hastalıklarla ilgili yapılan çalışmalarda, mikorizal konukçu bitkilerde özellikle endofitin arbusküler döneminde hastalık yoğunluğunun arttığı bildirilmiştir. Arbusküllerin bulunduğu konukçu hücrelerin stoplazmasında yüksek metabolik aktivite virüslerin çoğalması için oldukça uygun bir ortam oluşturmaktadır. Konukçu hücreler içerisindeki yüksek fosfat, yüksek nükleik asit ve protein konsantrasyonu virüslerin çoğalmasında ve viral enfeksiyonun artmasında önemli rol oynadığı saptanmıştır [69].

Domates mikorizal funguslarla simbiyotik interaksyona girebilen bir bitkidir ve aynı zamanda pek çok virüs hastalığına konukçuluk etmektedir. Miozzi ve ark. [70] *G. mosseae* tarafından mikorizal kolonizasyonun transkriptomik ve hormon

düzeyinde yapılan analizler ile domates noktalı leke solgunluk virüsü (TSWV) enfeksiyonunun domates bitkilerinde etkilerini araştırmışlardır. TSWV ile enfekteli mikorizal domates arbusküler mikorizal fungusun kök kolonizasyonu bitkinin topraküstü aksamında virüs tarafından teşvik edilen gen ifadesini sınırlamıştır. Virüs tarafından teşvik edilen savunma tepkisi ve hormon sinyalinde görev alan ifadesi artan genler mikorizal bitkilerde oluşmamıştır. Buna karşın primer metabolizmada rol oynayan virüs tepkili ifadesi azalan genler mikorizal bitkilerde bastırılmamıştır. AMF fungus varlığı viral enfeksiyona tepki olarak oluşan absisik asit birikimini sınırlamıştır. Mikorizal olan ve olmayan bitkilerde yapılan moleküler analizler sonucunda virüs konsantrasyonunda veya simptom şiddetinde bir farklılık gözlenmediği bildirilmiştir.

Nemec ve Myhre [71]'nin yaptığı bir çalışmada turuncu anacı köklerine *G. etunicatum* aşılması mikorizal enfeksiyonun trizeyanın enfeksiyonunu azaltmadığı saptanmıştır.

### Mikorizal Fungusların Yabancıotlara Etkisi

Agro-ekosistem içerisinde kültür bitkileri ve yabancıotlar arasında sürekli bir rekabet söz konusudur. Tarım alanlarında yabancıot popülasyonlarının yüksek olduğu durumlarda, ekonomik kayıplar gerçekleşmekte ve mücadeleye gerek duyulmaktadır. Ancak, yabancıotların ekonomik zarar eşliğinin altındaki popülasyon seviyelerinde, diğer yararlı mikroorganizmalarla olan ilişkileri nedeniyle üretim alanlarına yararlar sağladığı bildirilmektedir [72]. Yabancıotlar, kök sistemine kolonize olan mikorizal fungusların çeşitliliğini ve yoğunluğunu artırarak tarımsal üretime katkıda bulunurken aynı zamanda, AMF taksalarının ekosistem içerisinde de devamlılığını sağlamaktadır. Bunlara ek olarak, AMF türlerinin bazı yabancıot türlerinde bitki gelişimini teşvik ederek popülasyon dinamiğini artırdığı, sorun olan bazı yabancı otların da popülasyonlarını azalttığı bildirilmiştir [73]. Yapılan çalışmalarda, konukçu yabancıotların sistemden uzaklaştırılması ile AMF çeşitliliğinin, yoğunluk ve fonksiyonunun azaldığı ve ürün gelişmesinde faydalı etkilerinin yeterince gerçekleşmediği saptanmıştır [74, 75]. Sonuç olarak, agro-ekosistemin önemli bir parçası olan yabancıotlar ile mikorizal funguslar arasında sürekli bir etkileşim söz konusudur ve yabancıot mücadele kararında daha dikkatli olunmasının gerekliliği de bir kez daha ön plana çıkmaktadır. Bilindiği gibi, tarımsal üretimde yabancıot kontrolü yaygın olarak herbisitler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Üretim sırasında kullanılan her kimyasalda olduğu gibi herbisitlerde de uygulama sonrası özellikle toprakta düşük konsantrasyonlarda olsa da kalıntılar oluşmaktadır. Nedumpara ve ark [76], arbusküler mikorizal fungusların topraktaki herbisitlerin yabancıotlar tarafından alınımı kolaylaştırdığını bildirmiştir. Soya yetiştirilen bir alanda mikorizal fungus aşılansız ve aşılansız bitkilerin toprakta düşük miktarda bulunan atrazin (0,01 mg kg<sup>-1</sup> toprak) rezidüyal etkisini araştırdıkları çalışmada, mikorizal kolonizasyona sahip soya bitkilerinin atrazin rezidüyal etkisine diğerlerine oranla daha fazla maruz kaldığı ve bu bitkilerin zarar gördüğünü bildirmiştir. *Glomus* türlerinin hiflerinin topraktan doğrudan atrazin etkili maddeli herbisitlerin parçalanma sonrası açığa çıkan karbon kalıntılarını uzaklaştırıp mısır bitkisine taşıdığı bildirilmiştir. Bu durumun arbusküler mikoriza inokulum yoğunluğunun mikorizal bitkilerin ve yabancı ot türlerinin atrazin kalıntısına karşı duyarlılığını belirlemede önemli olduğunu gösteren bir saptama olduğu düşünülmektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Geleneksel tarım uygulamalarında, üretim alanlarına, yapılan müdahalelerin günümüze kadar beraberinde getirdiği birçok olumsuzluk, üretim esnasında kullanılacak yöntem ve materyallerin seçimlerinde daha değişik yollar denenmesini sağlamaktadır. Doğal yaşamın bir parçası olan AMF'ların,

bitkilerin hastalık, zararlı ve yabancıotlarla olan mücadelesinde ve özellikle bitki beslenmesine yaptıkları pozitif etkileri yapılan bilimsel çalışmalarla her geçen gün biraz daha aydınlatılmakta ve bu nedenle tarımsal üretim sırasında kullanımları giderek artmaktadır [13]. AMF'lar bitkilere topraktan besin elementlerinin alımında kolaylık sağlamaları, hastalık, zararlı ve yabancıotlara karşı avantajlar sunuyor olmaları ve toprak yapısını iyileştirmeleri gibi olumlu yanları sayesinde organik tarım vb. gibi çevreci üretim sistemleri için bir ümit kaynağı olmakta ve geleneksel tarım sistemlerinden daha kolayca üretim sistemine adapte edilebilmektedir.

Üretim sırasında kullanılması planlanan AMF'ların, bitki türlerine özelleşebildikleri unutulmadan tür seçimlerinin doğru ve ürün rotasyonunun da buna göre yapılması gerekmektedir [77]. Bitki beslenmesine olan katkılarıyla ön plana çıkan AMF'ların kullanımı sırasında bitkilerin diğer hastalık, zararlı ve yabancıotlarla olan ilişkileri göz önünde bulundurulmalı ve bitkileri, dış etkenler karşısında hassas hale getirecek aşırı uygulamalardan kaçınılmalıdır. AMF kullanılan üretim alanlarında özellikle fungal hastalıklara karşı uygulanan fungusitlerin AMF'lara olan yan etkileri nedeniyle fungusit uygulamalarında daha spesifik preparatların tercih edilmesi tavsiye edilmektedir [78].

Özellikle, 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 sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

[1] Çamurcu H. 2005. Dünya Nüfus Artışı ve Getirdiği Sorunlar. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8 (13): 87-105.

[2] Anonim 2009. More People Than Ever Are Victims of Hunger. Pres Release, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 4p.

[3] Tscharrntke T, Steffan-Dewenter I, Kruess A, Thies C. 2002. Contribution of Small Habitat Fragments to Conservation of Insect Communities of Grassland-Cropland Landscapes. Ecological Application, 354-363.

[4] Moss B. 2008. Water Pollution by Agriculture. Phil. Transactions of the Royal Society B, 363: 659-666.

[5] Anonim 2002. Eutrophication and Health. WHO, 32p.,Luxembourg.

[6] Roberts TR. 1984. Non-Extractable Pesticide Residues in Soils and Plants. Pure & Applied Chemistry, 56(7): 945-956.

[7] Holland PT, Hamilton D, Ohlin B, Skidmore MW. 1994. Effects of Storage and Processing on Pesticide Residues in Plant Products (Technical Report). Pure & Applied Chemistry, 66(2): 335-356.

[8] Milles CJ, Pfeuffer RJ. 1997. Pesticides in Canals of South Florida. Architecture Environment Contamination Toxicology, 32: 337-345.

[9] Albanis TA, Hela DG, Sakellarides TM, Konstantinou IK. 1998. Monitoring of Pesticide Residues and Their Metabolites in Surface and Underground Waters of Imathia (N. Greece) by Means Of Solidphase Extraction Disks and Gas Chromatography. Journal of Chromatography A. 823: 59-67.

[10] Cardwell EE, Ouyang Y, Salse J. 1998. Insecticide Resistance and Esterase Enzyme Variation in the California Red Scale (Homoptera: Diaspididae). Journal of Economic Entomology, 91(4): 812-819.

[11] Cardwell EE, Ouyang Y, Striggow RA, Christiansen JA, Black CS. 2004. Role of Esterase Enzymes in Monitoring for Resistance of California Red Scale, *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae), to Organophosphate and Carbamate Insecticides. Journal of Economic Entomology, 97(2): 606-613.

[12] Rastrelli L, Totaro K, Simone FD. 2002. Determination of Organophosphorus Pesticide Residues in Cilento (Campania, Italy) Virgin Olive Oil by Capillary Gas Chromatography. Food Chemistry (79): 303-305.

[13] Koide RT, Mosse B. 2004. A History of Research on Arbuscular Mycorrhiza. Mycorrhiza, 14: 145-163.

[14] Schüssler A, Schwarzott D, Walker C. 2001. A New Fungal Phylum, The Glomeromycota: Phylogeny and Evolution. Mycological Research. 105: 1413-1421.

[15] Wang B, Qiu YL. 2006. Phylogenetic Distribution and Evolution of Mycorrhizas in Land Plants. Mycorrhiza, 16: 299-363.

[16] Allen M. 1993. Mycorrhizal Functioning: An Integrative Plant-Fungal Process. 1st Edition ISBN-10, 0412018918, Chapman and Hall. 534 pp.

[17] Harrison M, 1997. The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis: An Underground Association. Trends in Plant Science. 2: 54-60.

[18] Harrison M, 1998. Development of The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. Current Opinion in Plant Biology. 1: 360-365.

[19] Smith SE, Read DJ. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. 3th Ed. ISBN-10: 0123705266, Academic Press, 800 pp.

[20] Baylis GTS. 1959. Effect Of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas on Growth of *Griselinia littoralis* (Cornaceae). New Phytologist. 58 (3): 274-278.

[21] Auge RM, Duan X, Ebel RC, Stodola AJW. 1994. Nonhydraulic Signalling of Soil Drying in Mycorrhizal Maize. Planta, 193: 74-82.

[22] Gahoonia TS, Nielsen NE 2004 a. Barley Genotypes With Long Root Hairs Sustain High Grain Yields in Low-P Field. Plant, Cell and Environment. 262: 55-62.

[23] Gahoonia TS, Nielsen NE. 2004 b. Root Traits As Tools For Creating Phosphorus Efficient Crop Varieties. Plant, Cell and Environment. 260: 47-57.

[24] Galvez L, Douds DD, Drinkwater LE, Wagoner P. 2001. Effect of Tillage and Farming System Upon VAM Fungus Populations and Mycorrhizas and Nutrient Uptake of Maize. Plant and Soil. 228: 299-308.

[25] Hildebrandt U, Regvar M, Bothe H. 2007. Arbuscular Mycorrhiza and Heavy Metal Tolerance. Phytochemistry. 68: 139-146.

[26] Sannazzaro AI, Echeverria M, Alberto EO, Ruiz OA, Menendez AB. 2007. Modulation of Polyamine Balance in Lotus Glaber by Salinity and Arbuscular Mycorrhiza. Plant Physiology and Biochemistry. 45: 39-46.

[27] Baylis GTS. 1970. Root Hairs and Phycomycetous Mycorrhizas in Phosphorus-Deficient Soil. Plant Soil. 33: 713-716.

[28] Baylis GTS. 1972. Fungi, Phosphorus and The Evolution of Root Systems. Search, 3: 257-259.

[29] Koide RT. 1991. Nutrient Supply, Nutrient Demand and Plant Response to Mycorrhizal Infection. New Phytologist. 117: 365-386.

[30] Cox GC, Moran KJ, Sanders F, Nockolds C, Tinker PB. 1980. Translocation and Transfer Of Nutrients in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. III. Polyphosphate Granules and Phosphorus Translocation. New Phytologist. 84: 649-659.

[31] Harrison MJ, Van Buuren ML. 1995. A Phosphate Transporter From the Mycorrhizal Fungus *Glomus versiforme*. Nature. 378: 626-629.

[32] Solaiman MZ, Ezawa T, Kojima T, Saito M. 1999. Polyphosphates in Intraradical and Extraradical Hyphae of an Arbuscular Mycorrhizal Fungus, *Gigaspora margarita*. Applied and Environmental Microbiology. 65 (12): 5604-5606.

[33] Tisdall JM, 1991. Fungal Hyphae and Structural Stability of Soil. Australian Journal of Soil Research. 29: 729-743.

[34] Jakobsen I, Abbott LK, Robson AD. 1992. External Hyphae of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated

With *Trifolium Subterraneum* L. 1. Spread of Hyphae and Phosphorus Inflow Into Roots. *New Phytologist*. 120: 371-380.

[35] Degens BP, Sparling GP, Abbott LK. 1996. Increasing the Length of Hyphae in ASandy Soil Increases the Amount of Water-Stable Aggregates. *Applied Soil Ecology*. 3: 149-159.

[36] Sharma AK, Johri BN, Gianinazzi S. 1992. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae in Relation to Plant Disease. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 8 (6): 559-563.

[37] Schenck 1981. Can Mycorrhizae Control Root Disease? *Plant Disease*. 65: 230-234.

[38] Wyss P, Boller TH, Wiemken A. 1992. Testing The Effect of Biological Control Agents on The Formation of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza. *Plant and Soil*. 147: 159-162.

[39] Whipps JM. 2001. Microbial Interactions and Biocontrol in The Rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 52 (1): 487-51.

[40] Özgönen H, Erkilic A. 2007. Growth Enhancement and Phytophthora Blight (*Phytophthora capsici* Leonian) Control by Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation in Pepper. *Crop Protection*. 26 (11): 1682-1688.

[41] Özgönen H, 2011. Arbüsküler Mikorizal Fungusların Pamukta Bitki Gelişimine ve *Verticillium* Solgunluğu (*Verticillium dahliae* Kleb.) Üzerine Etkileri. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15 (3): 171-177.

[42] Francis R, Read DJ. 1994. The Contribution of Mycorrhizal Fungi to Determination of Plant Community Structure (11-25). A.D. Robson, L.K. Abbott, N. Malajczuk, Kluwer (Editors). 'In: Management of Mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry'. Academic Publishers. London. 238 pp.

[43] Molina R, Massicotte H, Trappe JM. 1992. Specificity Phenomena in Mycorrhizal Symbioses: Community-Ecological Consequences and Practical Implications. In: Allen MF (Ed) *Mycorrhizal Functioning, An Integrative Plant-Fungal Process*. Chapman & Hall, New York, 357-418pp.

[44] Bidartondo MI, Bruns TD. 2001. Extreme Specificity In Epiparasitic Monotropeoideae (Ericaceae): Widespread Phylogenetic and Geographical Structure. *Molecular Ecology Resources*, 10: 2285-2295.

[45] Jansen JJ, Allwood JW, Marsden-Edwards E, Van der Putten WH, Goodacre R, Van Dam NM. 2009. Metabolomic Analysis of The Interaction Between Plants And Herbivores. *Metabolomics*. 5: 150-161.

[46] Johnson MTJ. 2011. Evolutionary Ecology of Plant Defences Against Herbivores. *Functional Ecology*. 25: 305-311.

[47] Khaosaad T, Vierheilig H, Nell M, Zitterl-Eglseer K, Novak J. 2006. Arbuscular Mycorrhiza Alter The Concentration of Essential Oils in *Oregano* (*Origanum* sp., Lamiaceae). *Mycorrhiza*. 16: 443-446.

[48] Akiyama K, Hayashi H. 2002. Arbuscular Mycorrhizal Fungus Promoted Accumulation of Two New Triterpenoids in Cucumber Roots. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 66: 762-769.

[49] Rapparin F, Llusia J, Penuelas J. 2008. Effect of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Colonization on Terpene Emission and Content of *Artemisia annua* L. *Plant Biology*. 10: 108-122.

[50] Fontana A, Reichelt M, Hempel S, Gershenzon J, Unsicker SB. 2009. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Direct and Indirect Defense Metabolites of *Plantago lanceolata* L. *Journal of Chemical Ecology*. 35: 833-843.

[51] Gange AC, West HM. 1994. Interactions Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Foliar-Feeding Insects in *Plantago lanceolata* L. *New Phytologist*. 128: 79-87.

[52] Gange AC, Bower E, Brown VK. 2002. Differential Effects of Insect Herbivory on Arbuscular Mycorrhizal Colonization. *Oecologia*. 131: 103-112.

[53] Gange AC, Brown VK, Aplin DM. 2003. Multitrophic Links Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Insect Parasitoids. *Ecology Letters*. 6: 1051-1055.

[54] Gange AC, Smith AK. 2005. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Visitation Rates of Pollinating Insects. *Ecological Entomology*. 30: 600-606.

[55] Currie AF, Murray PJ, Gange AC. 2011. Is a specialist root-feeding insect affected by arbuscular mycorrhizal fungi? *Applied Soil Ecology*. 47: 77-83.

[56] Hoffmann D, Vierheilig H, Riegler P, Schausberger P. 2009. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Increases Host Plant Acceptance and Population Growth Rates of The Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae*. *Oecologia*. 158: 663-671.

[57] Rabin LB, Pacovsky RS. 1985. Reduced Larva Growth of Two Lepidoptera (Noctuidae) on Excised Leaves of Soybean Infected With A Mycorrhizal Fungus. *Journal of Economic Entomology*. 78: 1358-1363.

[58] Borowicz VA. 1997. A Fungal Root Symbiont Modifies Plant Resistance to An Insect Herbivore. *Oecologia*. 112: 534-542.

[59] Goverde M., Van der Heijden MGA, Wiemken A, Sanders IR, Erhardt A. 2000. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Life History Traits of A Lepidopteran Herbivore. *Oecologia*. 125: 362-369.

[60] Toljander JF, Lindahl BD, Paul LR, Elfstrand M, Finlay RD. 2007. Influence of Arbuscular Mycorrhizal Mycelial Exudates on Soil Bacterial Growth and Community Structure. *Fems Microbiology Ecology*. 61: 295-304.

[61] St-Arnaud M, Hamel C, Caron M, Fortin JA. 1994. Inhibition of *Pythium ultimum* Root Sand Growth Substrate of Mycorrhizal *Tagetes Patula* Colonized With *Glomus intraradices*. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 16: 187-194.

[62] Vigo C, Norman JR, Hooker JE. 2000. Biocontrol of the Pathogen *Phytophthora parasitica* by Arbuscular Mycorrhizal Fungi is A Consequence of Effects on Infection Loci. *Plant Pathology*. 49: 509-514.

[63] Karagiannidis N, Bletsos F, Stavropoulos N. 2002. Effect of *Verticillium* Wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and Mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on Root Colonization, Growth and Nutrient Uptake in Tomato and Eggplant Seedlings. *Scientia Horticulturae*. 94: 145-156.

[64] Whipps JM. 2004. Prospects and Limitations for Mycorrhizas in Biocontrol of Root Pathogens. *Canadian Journal of Botany*. 82: 1198-1227.

[65] Chandanie WA, Kubota M, Hyakumachi M. 2006. Interactions Between Plant Growth Promoting Fungi and Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus mosseae* and Induction of Systemic Resistance To Anthracnose Disease In Cucumber. *Plant and Soil*. 286 (1-2): 209-217.

[66] Mukerji KG. 1996. *Handbook of Vegetation Science: Concept in Mycorrhizal Research*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, 374pp.

[67] Garcia-Garrido JM, Ocampo JA. 1988. Interaction Between *Glomus mosseae* and *Erwinia carotovora* and Its Effects on the Growth of Tomato Plants. *New Phytologist* 110 (4): 551-555.

[68] Garcia-Garrido JM, Ocampo JA. 1989. Effect of VA Mycorrhizal Infection of Tomato on Damage Caused by *Pseudomonas syringae*. *Soil Biology & Biochemistry*. 21 (1): 165-167.

[69] Xavier LYC, Boyetchko SM. 2003. Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Disease Control. In: *Fungal Biotechnology In Agricultural, Food, And Environmental Applications*, (Editors), Dilip K. Arora, Paul D. Bridge, Deepak Bhatnagar ISBN: 978-0-8247-4770-1, Crc Press, New York, 700 pp.

[70] Miozzi L, Catoni M, Fiorilli V, Mullineaux PM, Accotto GP, Lanfranco L. 2011. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Limits Foliar Transcriptional Responses to Viral Infection and Favors Long-Term Virus Accumulation. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 24(12): 1562-72.

[71] Nemeš S, Myhre D. 1984. Virus-Glomus Etunicatum Interactions in Rootstocks. *Plant Disease*. 68: 311-314.

[72] Jordan NR, Vatovec CM. 2004. Agroecological Benefits From Weeds. In: Inderjit (Ed.). Weed Ecology and Management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 517 pp.

[73] Vatovec C, Jordan N, Huerd S. 2005. Responsiveness of Certain Agronomic Weed Species to Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Renewable Agriculture and Food Systems. 20 (3): 181-189.

[74] Feldmann F, Boyle C. 1999. Weed-Mediated Stability of Arbuscular Mycorrhizal Effectiveness in Maize Monocultures. Journal of Applied Botany. 73: 1-5.

[75] Kabir Z, Koide RT. 2000. The Effect of Dandelion or Acover Crop on Mycorrhiza Inoculum Potential, Soil Aggregation and Yield of Maize. Agriculture, Ecosystems and Environment. 78: 167-174.

[76] Nedumpara MJ, Moorman TB, Jayachandran K. 1999. Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus (*Glomus epigaeus*) on Herbicide Uptake by Roots. Biology and Fertility of Soils. 30: 75-82.

[77] Gosling P, Hodge A, Goodlass G, Bending GD. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems and Environment. 113: 17-35.

[78] Campagnac E, Sahraoui ALH, Debiante D, Fontaine J, Laruelle F, Garçon G, Verdin A, Durand R, Shirali P, Ferjani AG. 2010. Arbuscular Mycorrhiza Partially Protect Chicory Roots Against Oxidative Stress Induced by Two Fungicides, Fenpropimorph and Fenhexamid. Mycorrhiza 20: 167-178.