

## **Bitki hastalık etmenleri ile biyolojik mücadelenin başarısını arttırmada mikoriza'nın rolü**

**Mehmet BİÇİCİ<sup>1</sup>**

**Role of mycorrhiza to enhance success on biological control of plant diseases**

**Abstract:** Mycorrhizal fungi, interactions between plant pathogens and mycorrhiza, principles of biological control of plant diseases, mechanisms of antagonistic microorganisms such as competition, induce resistance, lysis, hypovirulence and mutualism, mycorrhizal applications against plant diseases, base rules on mycorrhizal applications are discussed with many exercises in this review.

**Key words:** fungi, mycorrhiza, biocontrol

**Özet:** Bu derlemede mikorizal mantarlar, patojenler ve mikoriza arasındaki ilişki, biyolojik mücadelenin temel prensipleri, rekabet, konukçu dayanıklılığının uyarılması, lisiz, hipovirulens ve mutualizm gibi biyolojik mücadele mekanizmaları, bitki hastalıklarına karşı mikorizal uygulamalar, mikoriza uygulamalarında dikkat edilecek hususlar konusu detaylı olarak örneklerle tartışılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** fungus, mikoriza, biyolojik mücadele

### **Giriş**

Dünyanın hangi iklim bölgesi ve neresi olursa olsun; dağlar, ovalar, denizler, sulak alanlar, orman alanları, tarım alanları, çayır ve meralar, troposfer'in yeryüzüne bitişik ve özellikle temas eden katmanı ile bilhassa toprakların üst tabakaları çeşitli canlı türleriyle iskan edilmiş durumdadır. Hali hazırda, biyosfer denilen dünyanın bu alanlarında yaklaşık 1.7 milyon canlı türü olduğu bilinmektedir (Wong 2011). Bunlardan bitkiler ve mantarlar yaklaşık 500 milyon yıl önce okyanustan yeryüzündeki karalara ilk olarak dağılan canlılardır (Anonymous 2011a). Bu zamandan beri mantarlar, bitkiler ve bunlarla diğer tüm canlılar arasında karşılıklı ilişkiler, insanın müdahalelerine rağmen, bugünün flora ve faunasının var olmasında önemli katkılar sağlamıştır. Özellikle floranın evriminde mantarlardan mikorizal türlerin dahil olduğu Glomeromycota mensubu türler ile Basidiomycota ve az da olsa Ascomycota'ya dahil türler önemli rol oynamışlardır. Bu bakımdan, mantarların birçok aktivitesi yanında özellikle çürükçül beslenme biçimleri ile yerkürede besin döngüsünün devamını sağlamakta olmaları, yaşamın devamı için

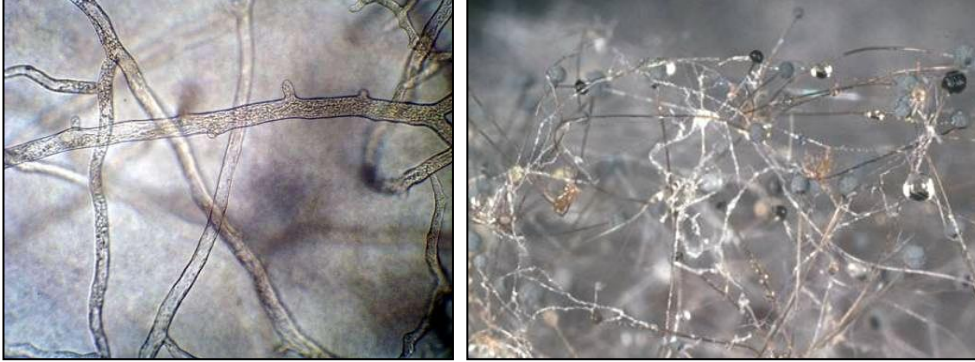
<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana  
Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: mbicici@cu.edu.tr  
Alınış (Received): 30.12.2011 Kabul ediliş (Accepted): 20.01.2012

çok önemlidir. Toprakta yaşayan mantar tipleri bitkilerin ve birlikte yaşayan hayvanların tiplerini belirlemiştir (Liang 2005). Mikorizal mantar çeşitliliği bitki çeşitliliğini, ekosistem varyabilitesini ve üretkenliğini belirler (Song et al. 2010). Kısaca, mantarların bitkilerle karşılıklı yarara dayanan bir beraberlik içinde yaşamaları yeryüzünde mevcut ekseri canlıların hayat bulmalarına büyük katkı sağlamıştır. Bu nasıl oluyor sorusuna cevap vermek için; mantarların özelliklerini, bitki kökü+mantar birlikteliği olan mikoriza'yı ve ayrıca konu itibarıyla biyolojik mücadeleyi açıklamada yarar vardır.

Mikoloji'nin konusunu oluşturan ve Türkçede mantar adı ile bilinen organizmalar önceleri ilkel bitkiler olarak görülmüştür (Müller & Loeffler 1976; Alexopoulos et al. 1996; Agrios 2005). Ancak, Whittaker (1969) mantarları ayrı bir "Fungi" alemine sınıflandırmıştır. Moleküler çalışmaların ilerlemesiyle Fungi adı altında tek bir alemde sınıflandırılan mantarların oldukça karmaşık, çok çeşitli ve filogenetik açıdan tek bir aleme yerleştirilemeyecek kadar farklı canlı gruplarını içerdiği ortaya konmuştur. Bu nedenle, canlıları 6 aleme ayıran sistem (Cavalier-Smith, 1988) esas alınarak, mikoloji kapsamına giren organizmalar; ipliksi büyüyen mantarlar, mayalar, küfler ve şapkalı mantarları içeren Fungi, su küflerinin dahil edildiği Stramenopila (Chromista) ve akışkan küflerin sınıflandırılmış olduğu Protista olarak üç ayrı aleme ayrılmıştır. Fungi alemi oluşturulan mantarların evrimsel yönden bitkilerden ziyade hayvanlara daha yakın akraba oldukları saptanmıştır (Carlile & Watkinson 1995). Çünkü Fungi'ye dahil mantarlar da hayvanlar gibi glikojen depolar ve biyopolimer'leri parçalayan hidrolitik enzimler salgırlar (Blackwell et al. 2009). Resmi olmasa da, Fungi alemine mensup mantarlar gerçek mantarlar, diğerleri ise mantar benzeri organizmalar olarak ifade edilmektedir.

Mantarlar ve benzeri organizmalar kök, gövde, yaprak ve çiçek gibi bir organ özelleşmesi göstermezler. Vücutları mikroskopik düzeyde çok ince, ekseri enine bölmeli veya bölmesiz, bol miktarda dallara ayrılan, ipliksi hif yığınlarından oluşan misel olarak bilinen yapılardan ibarettir (Şekil 1). Hifler ve bol miktarda oluşturulan hifsel dallar yaşanan habitatın içerdiği besin maddeleri ile temas kurabilmek için uç kısımlarından büyürler. Mayalar ise hücresel büyüyen ve vücutları tek hücreden ibaret olan mantarlardır. Ekseri Mantarlar hareketli olmasa da, Chytridiomycota'da, su küflerini içeren Oomycota ve akışkan küflerde hareketli dönemler mevcuttur. Mantarlar ışığa bağımlı olmayıp, karanlık çevrelerde de büyüebilirler. Eukaryotik yani gerçek çekirdekleri olan hücrelere sahiptirler. Klorofilden yoksun oldukları için karbonlu besinler sentezleyemez ve bu yüzden karbonlu besinleri diğer canlılardan temin ederler. Çoğunlukla sulu, yüksek nemli, aerobik ve 4-7 arası pH'ya sahip çevrelerde saprotrof, nekrotrof ve biyoptrof olarak beslenip yaşarlar. Besinlerini yiyerek değil de salgıladıkları enzimlerle suda eriyebilir hale getirdikten sonra emerek alırlar. Mantarlarda hücre duvarı kitin ve glukandan yapılmış olmasına karşın, Oomycota'da  $\beta$ -1,3- ve  $\beta$ -1,6-glukan ve selülozdan ibarettir. Mantarlar genellikle en uygun olarak oda sıcaklığında (22-24

°C) yaşasalar da, soğuk ve sıcak koşullara uyum sağlamış olanları mevcuttur. Sporlarla eşeyli ve eşeysiz olarak ürerler. Bitkiler ve hayvanlarda hastalıklara neden olurlar. Salgıladıkları zehirlerle bulaşık gıda ve yemler insan ve hayvanlar tarafından tüketildiğinde, bazen ölüme varan çeşitli ciddi rahatsızlıklara neden olurlar. Bunun yanında, fermentasyon olayındaki işlevleri ile insanların bira gibi içecekler hazırlamasında ve şarap yapımında yararlanılırlar. Ekmek ve pasta pişirmede kullanılır, ayrıca besin olarak tüketilirler. Bazı türler tarafından üretilen antibiyotikleri içeren ilaçlar bakteriyel hastalıkların tedavisinde çığır açmıştır. Organik asit ve çeşitli enzim üretiminde yararlanılırlar. Bilimsel çalışmalarda model organizmalar olarak kullanılmak suretiyle bilimsel keşiflere yol açmışlardır. Bitkiler ve algae'lerle ortak bir yaşam kurarak sırasıyla mikoriza ve liken oluştururlar. Böcek patojeni mantarların yanında mikoriza oluşumu ile bitkileri bazı kök patojenlerinden korumaları nedeniyle, bitki korumada biyolojik mücadele açısından önem kazanmışlardır. Bazı mantar türleri endofit olarak bitkileri kurağa toleranslı yapar, böcekler ve çayır-mera alanlarında otlayan hayvanlardan onları koruyabilirler. Mantarlar bu güne kadar saptanmış yaklaşık 72.000 tür ile yerkürenin sular dahil her tarafına dağılmış büyük bir çeşitliliğe sahip canlı grubudur (Alexopoulos et al. 1996; Anonymous 2009).



**Şekil 1.** In vitro ve in vivo'da gelişmiş mantar hifleri ve misel kitlesi.

**Figure 1.** Fungi hyphae and mycelia in-vitro and in-vivo (www.mycolog.com).

### **Mikorizal mantarlar**

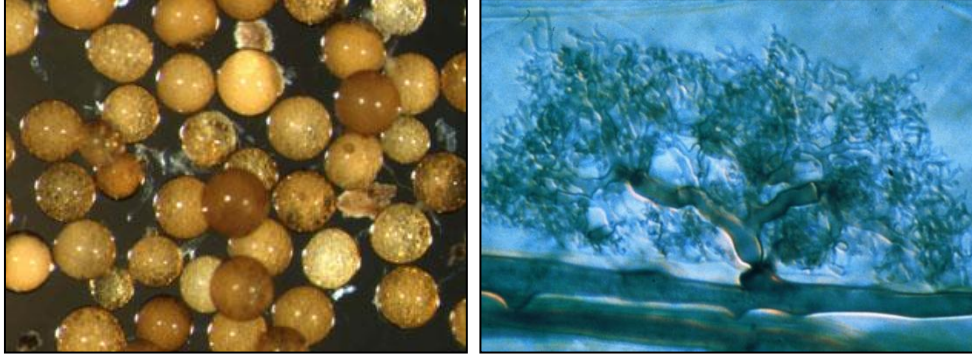
Mantar hifleri ile bitki kılcal köklerinin karşılıklı yarara dayalı mutual bir birlik oluşturarak yaşamalarına mikoriza, böyle bir yaşam biçimi oluşturan mantarlar için de mikorizal mantarlar denilmektedir. Bu ortak yaşamda bitki mantardan su ve besin maddeleri alırken, mantar bitkiden karbonlu bileşikler temin eder. Mikorizal mantarlar bitkilerin büyümesi, bitki koruma, toprak yapısı ve kalitesinde önemli aktivitelere sahiptir. Mikorizal bitkiler ekseri çok daha rekabetçi ve çevresel streslere daha iyi toleranslıdır. Mikorizal kök sistemleri bitki köklerinin absorptif alanlarını 10-1000 katı artırır. Bu yüzden topraktaki su ve mineral maddeleri

kullanmak için bitkilerin yeteneği büyük oranda takviye görür. Mikorizal mantarlar toprak içine P, Fe ve diğer alınması güç besinleri çözen güçlü kimyasallar salarlar. Mikorizal bitkiler kurak stresinden çok daha az etkilenirler. Bazı mikorizal kökler patojenlerin istilasına karşı fiziksel bir engel olarak iş gören bir mantoya sahiptirler. Mikorizal mantarların bazıları salgıladıkları antibiyotiklerle kök civarına ulaşabilmiş hastalık organizmalarını engellerler. Mikoriza ayrıca toprak yapısını düzeltir. Mikorizal mantar hifleri hümitik bileşikler ve organik yapışkan maddeler üreterek toprağı agregat'lar haline bağlar ve toprak porozitesini iyileştirirler. Sonuçta, toprak porozitesi ve toprak yapısı havalanma, toprak su hareketi, kök büyümesi ve dağılımını teşvik ederek bitkilerin büyümesini olumlu olarak etkiler. Bitkilerin tuzluluk ve ağır metallere artan toleransı, bitki yeşil aksamında beslenen böceklere karşı artan dayanıklılık ve bitkilerce başta P olmak üzere N, K ve Mg'u içeren makro besinlerin artan alınması diğer yararlarıdır. Toprak işleme, gübreleme, üst torağın giderilmesi, erozyon, yer hazırlığı, inşaat, fumigasyon, yerel olmayan bitkilerin istilasını, toprağın sıkışması, toprağı çıplak bırakma ve yüksek P gübrelemesi bu yararlı toprak mantarlarını azaltabilen veya elemine eden bazı faaliyetlerdir (Amaranthus 2001; 2004; Sylvia 2004; Comis 2007; Mahmood & Rizvi 2010).

Mikorizal birlikler bitki hastalıklarının biyolojik mücadelesinde ve bitkilerin büyüüp gelişmesinde rol alırlar. Mikorizal bitkilerin genel gümrahlığı onları hastalıklar nedeniyle sınırlı kök kaybına çok toleranslı kılar. Mikorizal mantarlar bitki köklerini habitat ve besin kaynağı olarak ele geçirmek için toprak kökenli patojen mantarlar ile rekabete girmek suretiyle biyolojik mücadeleyi gerçekleştirirler. Bu mantarlar patojen saldırılarından kökleri koruyan kitinase ve fitoaleksin'ler gibi doğal kimyasallar üretmek için kökleri ayrıca teşvik edilebilirler. Mikorizal köklerin yüzeyi ve civarındaki alanlar ayrıca patojenlere antagonistik olan mantar ve bakteriler içeren yararlı mikroorganizma birlikleri ve kaya fosfatı gibi eriyebilir besinler içerir (Traquair 1995).

Mikorizal mantarların bitki kılcal kökleriyle birlikteliğinde esas olarak endomikoriza ve ektomikoriza gibi iki ayrı tip mevcuttur. Endomikoriza durumunda mantar hifi, bitki kılcal kökünün kabuk hücreleri içine girerek orada ağaç benzeri bir dallanma gösterirken, hifin geri kalan kısmı kabuk dokusuna bitişik toprak içinde bir hifsel ağ oluşturur. Bitki kök hücresi içinde dallara ayrılarak ağaç benzeri "arbüskül" denen (Şekil 2) bir yapı oluşturdukları için endomikoriza'ya ayrıca "arbüsküler mikoriza" denir. Oysa ektomikoriza'da mantar hifleri bitki kılcal köklerinin kabuk dokusunu oluşturan hücreler arasına yerleşerek uzantıları ile kök yüzeyini manto gibi bir misel tabakası ile sarar. Kök yüzeyini kuşatan misel tabakasından bir kısım hifler ise endomikoriza da olduğu üzere köklere bitişik toprağın her tarafına yayılan bir ağ yapısı kurar. Ekseri ektomikorizal mantar türleri belli konukçu bitki türleriyle birlikler oluşturmaya meylederken, endomikorizal mantar türleri farklı konukçu bitki türlerinin yüzlercesi ile beraber olabilirler. Bu karakteristik nedeniyle binlerce ektomikorizal

ve ancak 200 kadar endomikorizal mantar türü belirlenmiştir (Bonello 2001). Mikoriza şimdiye kadar toprak biyolojisinin en fazla araştırılmış bir alanıdır (Amaranthus 2001).



**Şekil 2.** *Scutellospora castanea*'da sporlar ve bitki kök hücreleri içinde arbuskül görünümü.  
**Figure 2.** Conidium of *Scutellospora castanea* and arbuscular structure in plant root cells (Redecker 2008).

### Endomikorizal mantarlar

Endomikoriza oluşturan mantarlar Fungi aleminin Glomeromycota bölümü üyeleridir. Glomeromycota top anlamında Latince “glomus” ile şapkalı mantar anlamındaki Yunanca “mykes” kelimelerinden türetilmiştir. İplikli misel kitleleri topuna sahip olması nedeniyle, arbusküler (çalı-benzeri) genel cinse *Glomus* adı verilmiştir (Holt 2009). Glomeromycota en azından 600 ila 620 milyon yıl önceden tahmini bir orijin ile çok eski bir gruptur. Glomalean mantarların sporları ve hifleri Ordovician dönemde 460 milyon yıl yaşındaki kayalarda keşfedilmiştir. Böylece onlar belirlenmiş mantar fosilleri arasında tarih olarak en eskidir. Yine en eski arbuskülerler 400 milyon yıl önce yaşanmış Devonian döneminde ilk kara bitkilerinde bulunmuştur. Bu bulgular Glomeromycota'nın bitkiler tarafından karaların kolonize edilmesinin çok erken dönemleri esnasında mevcut olduklarını göstermektedir (Amaranthus 2004; Redecker 2008).

Ananevi olarak, glomeromycotan taksonomisi sporların morfolojisini esas alır. Hif üzerinde spor oluşum biçimi cins ve familyaları sınırlamada ve spor duvarının tabakalı yapısı türleri ayırmada önemlidir. Bazı türler hayli süslü bir spor yüzeyine sahiptir. Glomeromycota taksonomisi oldukça yenidir. 1974'e kadar, ekseri arbusküler mikorizal mantarlar (AMF) *Endogone* cinsi içine sınıflandırılmıştır. Ancak, 1974'de AMF *Endogone*'dan alınarak *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora* ve *Gigaspora* olarak 4 ayrı cins içine yerleştirilmiştir. Tüm AMF'ni dahil kılmak için Glomales takımı 1990'da kurulmuştur. Bu dönemde, iki cins *Scutellospora* ve *Entrophospora* ve üç familya (Glomaceae, Gigasporaceae ve Acaulosporaceae) belirlenmiştir. Bu familyalar spor oluşum biçimi ile karakterize edilmiş olup,

moleküler verilerle desteklenmiştir. Müteakiben iki yeni cins *Archaeospora* ve *Paraglomus* açıklanarak ayrı familyalara yerleştirilmiştir (Redecker 2008).

Hibbett et al. (2007), Glomeromycota'yı filogenetik açıdan moleküler düzeyde Fungi alemi mensubu bir bölüm olarak belirlemiş olup, buraya tek bir Glomeromycetes sınıfı ile Archeosporales (*Archeospora*, *Geosiphon*), Diversisporales (*Acaulospora*, *Diversispora*, *Gigaspora* ve *Pacispora*), Glomerales (*Glomus*) ve Paraglomerales (*Paraglomus*) olarak 4 takım ve 8 cins sınıflandırmıştır. Bazı taksonomistler buradaki *Pacispora*'yı hariç tutarak, bu cinslere *Sclerocystis*, *Entrophospora* ve *Scutellospora*'yı eklemiştir.

AMF hiflerini toprak ve bitki kökleri içine salar. Oluşan iplikli ağ iki yönlü besin hareketini teşvik ederek toprak besinlerinin ve suyun bitkiye hareket etmesini ve bitki fotosentez ürünlerinin mantar ağına akmasını sağlar. AMF toprakta her zaman mevcut olup; tahıllar, sebzeler, bahçe ürünlerini içeren bitkilerle ortak olarak yaşarlar. AMF obligat sembiyont olmaları nedeniyle, bitkilerle beraber bulunmaya muhtaç olup, fotobiyont bitki türlerinin yaklaşık %80'inde görülürler. Bu mantarlar intra- ve ekstraradikal sporlar, hifler, vesikül denen intrasellüler depo yapıları ve bazen ekstraradikal hifden dallanan yardımcı hücreler üretirler. İntraradikal AMF miseli bitki köklerinin kabuk hücreleri civarında ve hücreler içinde bir ağ oluşturur. Ekstraradikal AMF miseli kök sistemini saran toprak içine yayılarak toprağı iyice sarar, bitki kökleri için su ve besin alınmasını ıslah eder; P transportunu, kuraklık ve hastalığa dayanıklılığı artırır. Bu ortak yaşamda mantara yararlar bitkinin kabuk hücrelerine ve onları kuşatan toprağa yerleşmiş olan mantar ağına fotosentez ürünlerinin tedarik edilmesi suretiyle olur. Tüm su, besinler ve fotosentez ürünleri alış verişi bitki rizosferine ve bitki köklerine köprü olan mantar ağı yoluyla cereyan eder. Bitki kökleri AMF ile kolonize edildiğinde topraktan su ve besinlerin alınması için bitki köklerinin kapasitesi artar. Bu P, Zn ve Cu gibi toprakta çok hareketsiz olan toprak besinleriyle özellikle kanıtlanmıştır. AMF kolonizasyonu ile düzeltilen P beslenmesi tarımsal ürün bitkilerinin çoğunda gösterilmiştir. Yüksek P içeren toprak koşullarında, AMF'den bitkiler hemen hemen yararlanamaz ve symbiosis geçici olarak inhibe edilir. Symbiosis kurulması için bu gibi P uygulamalarını azaltma önerilir. Keten, mısır, sorgum, buğday, arpa, patates ve ayçiçeği gibi ürünler mikorizal beraberlikten yararlanabilirler. Crucifera, Brassicaceae, Chenopodiaceae ve Caryophyllaceae familyalarına dahil bazı ürün bitkileri AMF ile symbiosis oluşturamaz. Özellikle kanola bitkileri arbüsküler mikoriza oluşturamaz (Dalpe & Monreal 2004).

Glomeromycota karasal ekosistem fonksiyonu için elzemdir. Bu grubun üyeleri otsu bitkilerin ve tropikal ağaçların ekseriyetinin köklerinde hücre içi arbüsküler mikoriza oluştururlar. Bu tür sembiyosiste mantar ve konukçu bitkiden oluşan tarafların her ikisi de yarar sağlaması nedeniyle mutualistik olarak adlandırılır. Bunlar çok çekirdekli sporlara ve bölmesiz hiflere sahiptirler ve eşeyli üremeleri bilinmemektedir. Mutualistik sembiyontlar olarak, AMF hastalık belirtilerine neden olmaksızın bitki kökleri içinde büyüme yeteneğindedir. Bunlar kökü istila

ederek dış kabuk hücrelerini infekte eder ve genellikle kök hücrelerini dolduran arbusküller oluştururlar. Ancak, bu hücreler öldürülmez ve bitki hücre duvarı penetre olsa da hücre membranı aşamaz. Her iki sembiyontta ait hücre duvarlarının arbuskül dallarının yüzeyi boyunca kalınlıkları büyük oranda azalır. Böylece her iki sembiyont çok yakın bir temas kurar. Bu infeksiyon bitki ve mantar arasında besinlerin taşınması için çok yüksek bir yüzey alanına sahip absorptif bir yapı yaratır. Mantar kökten öteye birçok milimetrelerce uzanan ince ekstraradikal hifler üretir. Böylece bitki bu alanda genellikle az miktarda kök tüylerine sahip olmasına karşın, toprakla sıkı temas kurar (Traquair 1995; Redecker 2008).

Glomeromycotan mantarlar tabakalı duvarları olan oldukça büyük (40-800 µm) sporlar üretirler. Sporlar tekli olarak, kümeler halinde veya sporokarp denilen morfolojik olarak farklı meyve evleri içinde oluşturulur. Uygun koşullar altında glomeromycotan sporlar çimlenerek konukçu kökleri üzerinde appressoriumlar oluşturur ve yeni bir mikorizal sembiosis kurarlar. Yeni sporlar kök içinde veya dışında misel üzerinde oluşturulabilir. Sporlarla çoğalmaya ek olarak, Glomeromycota'nın birçok türü toprak içindeki hiflerle veya doğrudan komşu bir bitkinin kökünde barınan sembiyontlardan konukçu bitkileri kolonize edebilir. Onlar obligat sembiyont olduklarından, eğer bir sporun çimlenen hifi tarafından konukçu kökü bulunamaz ise, bir müddet sonra büyüme sona erer ve sitoplasma spor içine çekilir. Glomeromycotan türler sentetik yapay ortamlarda kültüre alınmadıkları için, bu mantarlar esas olarak serada saksı kültürlerinde yetiştirilen konukçu bitkiler üzerinde çoğaltılırlar. Açık saksı kültürlerinde üretilen sporlar steril değildir ve bu nedenle bakterilerin ve diğer mantarların bir çoğuna sığınak olurlar. Kültürler spor veya hif içeren toprak kullanılarak, morfolojik yönden tek bir türü temsil ettiği bilinen saflaştırılmış spordan veya tek spordan başlatılabilir. Saksı kültürü vasıtasıyla çoğaltmaya ek olarak, bir miktar glomeromycotan tür Petri kabında steril bir besin ortamında yetiştirilen bitki kökleri üzerinde kültüre alınabilir. Bu şekilde, kök organ kültürlerinde üretilen mantar kitlesi, genellikle diğer mikroorganizmaları içermediğinden, bazı moleküler biyolojik denemeler için yararlanılır. Ekseri tarımsal ürünler AMF'ye konukçuluk yapar. AMF bitki büyümesi, besin alınması ve hastalığa dayanıklılık üzerine olumlu etkilere sahiptir. Bu nedenlerle, AMF tarım için önemli bir potansiyel kaynak sağlar. İnce hifsel mikorizal ağ topraktaki fosfatı almada bitkilerin oldukça kalın köklerine ve kök tüylerine göre üstündür. Birçok türün serada konukçu bitkilerin geniş bir aralığını kolonize edebilmeleri nedeniyle, AMF'nin konukçu özelleşmesi çok düşük olarak görülür. İlginç olarak, bitkiler ekseri aynı kök içinde AMF türlerinin karışımı ile tipik olarak kolonize edilir. AMF bitki birliklerinin tür kompozisyonu üzerine özel bir etkiye sahiptir (Redecker 2008). Bu anlamda, Vander Heijden et al. (2003)'a göre, AMF bitki türlerinin birlikte var olmalarını ve toprak kaynaklarının bitki türleri arasında dağılımlarını belirlemiştir.

rDNA esaslı filogenetik ağaçlarda, Glomeromycota bölümü Ascomycota ve Basidiomycota'ya "sister" gruptur. Bu mantarlar arasında filogenetik ilişkileri

açıklamak için moleküler yöntemler kullanıldığından, bunların sınıflandırılması hızlı bir değişim içindedir. Moleküler çalışmalar, bu mantar bölümünde 150 kadar morfolojik olarak belirlenmiş tür çeşitliliği tahmin etmiş olup, ayrıca tahmini yeni türlerin büyük bir miktarını ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, bazı kaynaklarda glomeromycotan mantar türü sayısı 170 civarı olarak açıklanmıştır (Dalpe & Monreal 2004; Redecker 2008).

Kök kabuk hücreleri içine AMF penetrasyonundan yaklaşık iki gün sonra mantar hifinin tekrarlı olarak çatallara ayrılmasıyla arbusküller oluşmaya başlar. Arbusküller konukçu ve mantar arasında madde alış verişi yapılan yerdir. Vesiküller ise lipid ve sitoplasma içeren ve AMF'nin depo organı olarak iş gören kök kabuğu içindeki hifsel şişkinliklerdir. Bu yapılar intra- ve inter- sellüler olarak bulunabilir ve yaşlı köklerde ekseri kalın duvarlar geliştirirler. Bu kalın duvarlı yapılar ayrıca mantar propagulleri olarak iş görebilir. AMF kök yüzeyi civarında patojen enfeksiyonlarını bloklayan karmaşık hif ağı nedeniyle patojen kabul yerlerini azaltır, konukçu savunmasını teşvik ederek kök enfeksiyonlarını önleyebilir. Arbusküller mikorizal mantarlar *Glomus fasciculatum* ve *G. macrocarpum* ile elma fidanlarının inokulasyonu fitotoksik myxomycetes tarafından neden olunan elma yeniden dikim hastalığını bastırmıştır. AMF kök enfekte edici patojenik bakterilere karşı konukçu bitkiyi korur. Domateste *Pseudomonas syringae* nedeniyle oluşan zarar, bitkiler mikoriza tarafından iyi kolonize edildiğinde önemli olarak azaltılabilmektedir. Bu interaksiyonlarda ilgili mekanizmalar fiziksel koruma, kimyasal interaksiyonlar ve dolaylı etkileri içerir. Bitki patojenlerini dolaylı olarak bastırmak için AMF tarafından kullanılan diğer mekanizmalar çeşitlidir. Bunlar bitkiler için artan beslenme, artan lignifikasyon ile köklerde morfolojik değişiklikler, antifungal kitinase ve isoflavonoidler gibi bitki dokularının kimyasal yapısındaki değişimler, kök yüzeyi ve bitişik çevresinde tür kompozisyonundaki değişimler ve abiyotik stresin hafifletilmesini içerir (Pal & McSpaddeen Gardener 2006).

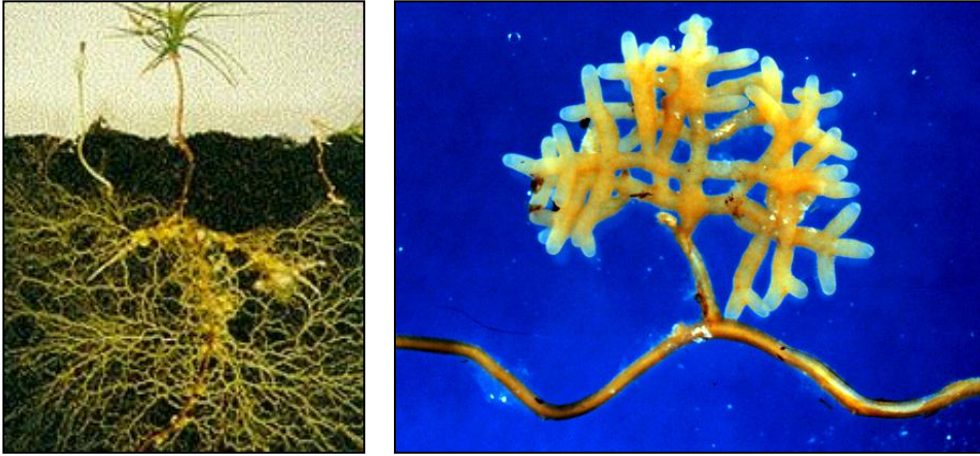
AMF bitki korumada ve hastalık yönetiminde yüksek potansiyeller olarak görülür. *Phytophthora*, *Rhizoctonia* ve *Fusarium* patojenleri tarafından neden olunan bitki hastalıklarına karşı AMF'nin potansiyel biyolojik mücadele elemanı olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, AMF ve biyolojik mücadele elemanları arasında sinerji olduğu kanıtlanmıştır. Bu interaksiyonlar bitkilerde kök salgıları, fitoaleksinler ve fenolik bileşiklerin üretimini teşvik eder. Böylece, AMF bitki ve toprak mikrobiyal aktivitesini etkiler. Mikorizal büyüme esnasında kitinase, glukonase, flavonoid biyosentezi ve fitoaleksinlerin üretimi için özellikle bitki savunma genlerinin aktivitesinde az da olsa bir artış gözlenmiştir. AMF tarafından üretilen bir glikoprotein olan "glomalin" toprak agregasyonunu teşvik etmektedir. Glomalin oluşumu ile toprakta stabil agregatlar üretilir, su filtrasyonunda düzelme sağlanır ve karbon alınması teşvik görülür. AMF'nin obligat biyotrofik doğası nedeniyle, yaşam döngüsünün her bir basamağı canlı bir bitki ile beraber olmayı



gereksinir. AMF çoğalması, spor üretimi ve çimlenmesi veya miselyum artışı toprak ve köklerde oluşur (Dalpe & Monreal 2004).

### Ektomikorizal mantarlar

Ektomikoriza mantarlar ve bitki kökleri arasında mutualistik bir beraberliktir. Bu tür birlikler bitki kökleri ve mantarın depo veya üreme yapılarıyla bağlantılı misellerden oluşan bir sistemdir. Ektotrofik birlikler veya kın mikorizaları olarak ayrıca bilinen ektomikorizal kökler bir manto ve Hartig ağın varlığıyla karakterize edilir. Ektomikorizal birlikler esas olarak bol humus içeren üst toprak tabakası içinde bulunan konukçulara ait ince kök uçlarında oluşturulur. Ektomikorizal mantarlar orman ekosisteminin biyokütlesine önemli katkılarda bulunabilirler. Mikorizal mantarların hifi toprak içine geniş olarak dağılmıştır ve çoğu ekosistemlerde besin alınması ve döngüsüne büyük bir katkıda bulunur. Ektomikorizalı ekseri bitki kökleri modifiye bir yan kök dallanmasına sahiptir (Şekil 3). Heterorhizi denilen bu dallanma biçimi uzun köklerin bir ağı ile desteklenen kısa mikorizal yan köklerden ibarettir.



**Şekil 3.** Bitki köklerinde gelişmiş ektomikoriza ve mikorizal ağın yeni fideleri sarması.

**Figure 3.** Roots of seedling surrounded by ectomycorrhiza and mycorrhizal mycelia (www.mycolog.com).

Heterorhizik kök sistemlerinde uzun ve kısa kökler yapıca önemli olarak benzer olsa da, kısa kökler uzun köklere oranla normalde çok daha yavaş olarak büyür. Mantarların çok çabuk kolonize olamamaları nedeniyle, kısa köklerin sınırlı büyümesi bir birlik oluşturmak için ektomikorizal mantara zaman tanımak açısından önemlidir. Ektomikorizal mantarların üreme yapıları şapkalı mantarlar, mercan mantarları, puf topları v.s. gibi epijeus mantarları ve truffle veya truffle benzeri hipojeal mantarlar gibi yeraltı yapılarını içerir. Ektomikorizal birlikler oluşturan ekseri mantarlar esas olarak Basidiomycetes'dir. Angiosperm ve çoğu

Gymnosperm'lerin yaklaşık olarak %10'u ile ektomikorizal birlikler oluşturan 6000 veya daha çok mantar türünün olduğu tahmin edilmektedir. Ektomikorizal birliklere sahip ağaçlar soğuk kuzey veya Alp bölgelerinde konifer ormanlarında ve ılıman veya Akdeniz bölgelerinde geniş yapraklı ormanların çoğunda başattır. Fakat onlar ayrıca tropik veya subtropik savana veya yağmur ormanları habitatlarında oluşurlar. Ekseri ektomikorizal konukçuların ağaçlar veya çalılardır, fakat bu birlikler Alp veya arktik yörelerde bulunan birkaç otsu bitki ile de oluşturulur. Bitkiler arasında tipik ektomikorizal birlikler oluşturan 22 kadar familya ve 76 cins listelenmiştir (Brundrett 1991). Avustralya'da ektomikoriza oluşturan Ascomycetes, Basidiomycetes ve Zygomycetes'e ait yaklaşık 660 mantar türünün varlığı açıklanmıştır. Egzotik okalıptüs plantasyonlarında mantarların çoğunun genç ağaçlara sahip bozulmuş habitatların tipik erken dönem mantarları olduğu ve bunların sık olarak *Pisolithus*, *Scleroderma* ve *Laccaria* cinslerini içerdiği bildirilmiştir (Brundrett & Bougher 1995).

Birçok ektomikorizal mantar bitki kılcal köklerinin dallanmasını teşvik eden bitki büyümesini ilerletici oksin, gibberellin, sitokinin ve etilen gibi hormonlar üretir. Bu nedenle, kök sisteminin absorptif kapasitesi, kök ve mantar dokusu arasında temas alanı artırılır. Dallanma biçimi ve besin kökü civarında mantar dokunun oluşturduğu bir kın veya manto ektomikoriza yapısını karakterize eder. Bu manto topraktaki miselden alınan besinler için bir depo dokusu olarak iş görür ve fiziksel olarak bazı patojenlerden ve kuraktan ince kökleri korur. Bu mantar ayrıca Hartig ağ deneni mantar dokusunun bir ağını oluşturmak için kökün kabuk dokuları arasına penetre olur. Besin alış verışı bu yoğun, çok yakın temas mekanı içinde oluşur. Buradan şekerler ve vitaminler mantar içine hareket ederken, su ve besinler bitkiye hareket eder. Konukçuya birincil yarar mantodan toprak içine uzanan mantarın yoğun olarak ürettiği hifler ile gerçekleşir. Bu hifler mikroskopik düzeyde çok ince olan bir çapa sahiptir ve bol miktarda dal oluşturmak suretiyle çoğalırlar. Böylece onlar konukçu köklerine oranla yüz bin kadar büyük toprak hacminden su ve besin maddeleri alabilirler. Toprağın miseloyal kolonizasyonu ektomikorizal mantarlar arasında farklıdır. Bazısı toprak içine yalnızca birkaç cm büyüyebilirken, diğerleri ektomikoriza'dan birçok metrelerce uzayabilir. Bazı mantarlar toprak ve organik maddeyi kuvvetli olarak bağlayan yoğun, keçemsi hifsel yığınlar üretir. Eğer bu misel beyaz veya parlak renkli ise, bu yoğun keçemsi hif tabakası üstteki organik tabaka biraz giderildiğinde kolayca görülebilir. Diğer mantarlar gözle görülmesi güç olan renksiz veya koyu misel üretir, fakat onların toprak içine büyümesi aynı şekilde yoğundur. Miselial bu ağ içinde eşeyli olayların vuku bulması sonucu şapkalı mantarlar ve truffle'ar oluşturulur. ABD'nin Pasifik Kuzeybatı bölgesinde ektomikorizal konukçular esas olarak Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae, Salicaceae ve Ericaceae familyalarından ağaçlardır. Bu bölgede binlerce mantar türü ektomikorizal olup, yalnızca Douglas-fir (köknar, *Pseudotsuga menziesii*) yaklaşık 2000 mantar türü ile beraber olarak yaşayabilir. Pasifik Kuzey batıda genel ve yaygın ektomikorizal mantarlardan iyi bilinen türler

*Cantharellus*, *Boletus*, *Lactarius*, *Tricholoma*, *Hydnum* ve *Ramaria* cinslerine dahildir. Biraz daha az olarak iyi bilinen ektomikorizal mantarların diğer büyük ve çeşitli grubu toprak yüzeyi veya artıklar altında meyve evleri üreten truffle'ardır. Halk arasında "keme" denen mantarlar bu gruba dahildir. Ektomikorizal mantarlar farklı konukçu türleriyle beraberlik kurmak için yeteneklerinde farklıdır. Bazı mantar türleri özel cinslere sınırlıdır. Örneğin, *Tuber gibbosum* (the Oregon White Truffle) yalnızca Douglas-fir ile beraberdir. Çoğu mantar yalnızca çam ve meşelerle birlik oluşturur. Diğerleri Pasifik Kuzeybatı boyunca birçok konukçu türüne sahiptir (Molina et al. 1993; Molina et al. 2001).

Tarafımızdan yönetilen bir tez çalışmasında, Tarsus Karabucak ormanlarında ektomikorizal mantarlar, tanımları ve populasyon yoğunlukları araştırılmıştır. Tarsus Karabucak ormanlarında ektomikorizal mantarlar olarak *Pisolithus* sp., *Scleroderma* sp., *Suillus* sp. *Rhizopogon* sp., *Lycoperdon* sp. ve *Russula* sp. cinslerinin bulunduğu tespit edilmiştir (Günay 2005).

Dünya florasının yaklaşık %10'unda oluşan ektomikoriza başlıca Pinaceae (çam, göknar, karaçam, ladin baldıran), Fagaceae (meşe, kestane, kayın), Betulaceae (kızılağaç, huş) Salicaceae (kavak, söğüt), Juglandaceae (Amerikan cevizi, pekan), Myrotaceae (okaliptüs) ve diğer bazı ağaçlarda görülür. Birçok mantar ektomikoriza oluşturucu olarak tanımlanmıştır. Bu mantarlardan çoğunun üreme yapıları veya meyve evleri olarak şapkalı mantarlar, puf topları, veya truffle üretirler. Bunlar meyve evlerinde rüzgarla, yağmurla ve memelilerle uzun mesafelere taşınabilen sporlar üretirler. Ektomikorizal kolonizasyon emici köklerin şeklini ve rengini değiştirir. Onlar çatallanarak dallara ayrılabilir, çok dallı veya diğer şekillerde olabilirler. Onların rengi siyah, kırmızı, sarı, kahverengi, beyaz veya bu renklerin karışımları olabilir (Marx 2001).

Ektomikoriza tropik alanlara oranla mevsimsel iklim değişikliklerinin olduğu dünyanın ılıman bölgelerinde çok yaygındır. En çok çalışılan çam (*Pinus*) ve kayın (*Fagus*) ektomikoriza'sıdır. Ancak, ektomikoriza 43 bitki familyasında 130 farklı cinste bildirilmiştir. Ektomikorizal olarak bildirilen mantarlar 45 Basidiomycete cinsini içermekte olup, bunun 10 tanesi Gasteromycetes'dir. Esas olarak yeraltında meyve evleri üreten 18 Ascomycetes cinsi (truffle), Endogonales takımına yerleştirilen *Endogone* cinsi ve spor üretmeyen ve bu nedenle tanımlı güç olan mantarlar ayrıca ektomikorizaldır (Carlile & Watkinson 1995).

Ektomikorizal mantarlar çeşitli orman çevrelerinde, yabani şapkalı mantarlar olarak genellikle tanımlanırlar. *Russula*, *Lactarius*, *Laccaria*, *Amanita*, *Boletus* ve *Tuber* veya *Cenococcum* (yalancı truffle) cinsleri hep ektomikoriza oluştururlar. Bunlar orman ağaçları köklerinin fakültatif sembiyontlarıdır, bunların kolonizasyonu çıplak gözle görülebilir. Bu mantarlar özel besin ortamlarında laboratuvarında kültüre alınabilir, sınırlı saprofitik yeteneğe sahiptir ve bitki kökleriyle beraber olarak yaşamayı tercih ederler (Traquair 1995).

Ektomikorizal mantarlar tarafından hastalık koruması antibiosis, mikorizal enfeksiyona tepki olarak bitki tarafından fungistatik bileşiklerin sentezi ve bitki

kökü civarında mantarsı mantonun fiziki bir engelini içeren çoklu mekanizmalarla olur. Ektomikorizal mantar *Pisolithus tinctorius* ile kum çamının inokulasyonu *Phytophthora cinnamomi* tarafından neden olunan hastalığı önlemiştir (Pal & McSpadden Gardener 2006).

Orman fidanlıklarında mikorizal inokulyon için doğal orman veya eski fidanlıklardan alınan toprakla aşılama, mikorizalı fideler dikme ve mikorizal mantarların saf kültürleri ile toprağı bulaştırma pratikleri uygulanır. Bu yöntemlerden mikoriza içeren toprak ile yeni mikoriza içermeyen toprakları aşılama orman pratiğinde en geneldir. Eğer bitkiler saksılarda yetiştiriliyor ise saksı karışımlarına %10-20 oranında mikorizalı bir toprak karıştırılır. Ayrıca mikorizasız fide yastıklarına mikorizalı canlı fideler dikilerek bitişikteki henüz gelişmekte olan fideler için inokulum sağlanabilir. Yine mikorizal mantarların saf kültürleri inokulum olarak kullanılabilir (Mikola 1973).

Ektomikorizal mantar *Pisolithus tinctorius* uygun olmayan dikim koşulları için idealdir. Uygun olmayan çoğu yerlerde dikim öncesi *P. tinctorius* ile fidelerin canlılık oranını arttırmak ve fide dönemini kısaltmak mümkündür. Çıplak köklü fidan üreten fidanlıklarda *P. tinctorius*'un miselial veya spor inokulumu tohum ekiminde veya daha önce fümige edilmiş tohum yatağına uygulanır. Saksı ürünleri yetiştiren fidanlıklarda bu inokulum saksılar doldurulmadan önce büyüme ortamına eklenir. Genelde, fide köklerinde ektomikorizal *P. tinctorius*'un erken kurulması için spor inokulumu miselial inokulum gibi etkin olmamaktadır. Burada başarısız inokulasyon kötü toprak koşulu, kültürel pratikler ve canlı olmayan inokulumla yüklenebilir.

Sistemik fungusit triadimefon *P. tinctorius* inokulumu ve doğal kaynaklardan ektomikoriza oluşumunu inhibe eder. Ektomikoriza gelişimine etkin esas toprak faktörü pH'dır. Altının yukarısında toprak pH'sı ektomikorizal gelişimi kuvvetli olarak inhibe eder. Büyüme dönemi esnasında dekarda yaklaşık 40 ppm'e kadar toprak P'u ve toplam 50 kg N uygulaması ektomikoriza'yı inhibe etmez. Sorgum, mısır, darı ve sorgum-sudan grass hibridi bir çayır olan sudex gibi ürün bitkileri toprakta ektomikorizal mantar popülasyonlarını arttırmak için ideal olarak uygundur. Yıllık bitkilerin olgunluğu ektomikorizal mantarların yaşam döngüsünün tamamlanması için elzem olarak görülür. Bu nedenle, örtü bitkilerinin olgunlaşmasına müsaade edilmelidir. Elde edilebilir toprak fosforu 75-100 ppm arasında sürdürülmelidir. Mikoriza olmaksızın P'un 50 ppm'den azı fide gelişimini önlerken, 100 ppm'den fazlası da ektomikorizal gelişmeyi inhibe eder (Cordell et al. 1989).

*Pisolithus*'un 34 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklarda çam fideleri üzerinde büyüebildiği ve ektomikoriza oluşturduğu, *Pisolithus* ile ektomikoriza oluşturmuş çam fidelerinin 40 °C'ye kadar yüksek toprak sıcaklıklarında gümrak şekilde büyüyerek yaşadıkları kanıtlanmıştır. *Pisolithus* meyve evlerinden toplanan sporlar ve bir vermikulit- turba yosun- besin substratı ile hazırlanan *Pisolithus*'un vejetatif inokulumunu içeren saf kültür fümige edilmiş fidanlık toprağına yapay olarak

bulaştırıldığında, her iki inokulum da başarılı sonuç vermiştir. Burada toprağı bulaştırmadan hemen önce etkin toprak fumigasyonu ve *Pisolithus*'un canlı inokulumu ile fideleri takviye yegane ön istek olarak görülür.

*Pisolithus*'un büyük hacimlerde canlı vejetatif inokulumunu üretmek için endüstriyel fermentasyon teknolojisi modifiye edilebilir. Sonuçlar çevresel koşulların, toprak tiplerinin, gübreleme rejimlerinin ve konvansiyonel ağaç fidanlıklarında tarımsal ilaç uygulamalarının geniş bir aralığı altında *Pisolithus*'un vejetatif inokulumu ile birçok ağaç türünde ektomikoriza oluşturabileceği kanıtlamıştır (Marx 2001).

### **Biyolojik mücadele ve mikoriza**

Biyolojik mücadele hastalık, zararlı ve yabancı otları diğer organizmalar ile baskılamayı içerir. Sadece bitki hastalıkları düşünüldüğünde, biyolojik mücadele hastalıkları bastırmak için mikrobiyal antagonistlerin kullanılmasından ibarettir. Patojeni bastıran organizma ise biyolojik mücadele elemanıdır. Ancak, organizmalar ve çevreleri arasında birçok değişkenin karşılıklı etkileşimi etkin biyolojik mücadeleye katkıda bulunabilecek çoklu interaksiyonlara yol açar. Bu nedenle, geniş anlamda biyolojik mücadele çeşitli kaynaklardan fermente veya ekstrakte edilmiş doğal ürünlerin kullanımını içerir. Bu gibi ürünler hedef zararlı veya patojen gibi konukçu üzerine çoklu etkilere sahip özel aktiviteli doğal maddelerin basit veya karmaşık karışımları olabilir. Bunlar canlı organizmaların aktivitelerini taklit edebilirken, cansız olanlar konukçu bitkiye sağlanan yarara göre "biyolojik pestisit" veya "biyolojik gübre" olarak ifade edilir. Biyolojik mücadele, dar anlamda, bir veya çok miktardaki patojenin aktivitesini ve popülasyonlarını bastırmak için ürün sistemine dışarıdan sokulan veya yerel canlı organizmaların amaçlı kullanımını ifade eder. Bitki hastalıklarını baskılamak için mikrobiyal inokulantların kullanımı böyledir. Veya genel baskılamaya katkıda bulunan yerel toprak ve bitkiyle beraber olan organizmaların kombine aktiviteleri için toprak yönetiminden ibaret olabilir. Çeşitli organizmalar değişik bitki patojenlerinin doğal antagonistleri olarak iş görebilirler. Patojen ve biyolojik mücadele elemanı arasında biyolojik mücadeleyi sonuçlandıran interaksiyonlar antibiosis, lisis, rekabet, konukçu dayanıklılığının uyarılması ve avlanmayı içerir (McSpadden Gardener & Fravel 2002; Pal & McSpaddeen Gardener 2006).

Pathogenesis ve biyolojik mücadele üzerine yapılan moleküler araştırmalar sonucu keşfedilen doğal ürünler ve kimyasal bileşikler "biorational pestisit"lerin gelişimine yol açmıştır. Bu ilaçlar çevre veya yararlı organizmalar üzerine yalnızca önemsiz düzeyde olumsuz bir etki olasılığı olan veya kötü etkiye sahip olmayan doğal orijinli tarım ilaçlarıdır. Biorational pestisitler biyokimyasal ve mikrobiyal hastalık ve zararlı mücadele elemanı olarak iki grup olup; feromonlar, hormonlar, doğal bitki büyüme düzenleyiciler ve enzimler birinci grubu ve bakteri, mantar, protozoa ve virüsler de mikroorganizmalar olarak ikinci grubu oluşturur. Bu

gruplara dahil edilen ilaçlar doğal olmalı veya eğer insan sentezlemişse doğal oluşanlara yapısal olarak eş olmalıdır. EPA insanlar, yabani yaşam ve çevreye büyük seçiciliğe ve önemli ölçüde düşük risklere sahip olan canlı ve çevre dostu biorational pestisitleri geleneksel tarım ilaçlarından daha farklı işlev biçimlerine sahip olarak görür (Williamson 1999). Biorational tarım ilaçlarına 21. yüzyılın tarım ilaçları da denmektedir ve belki de onlar Türkçe “doğal tarım ilaçları” sözcükleriyle daha iyi bir karşılık bulacaktır. Bu yazıda artık bu gibi ilaçlar için hep “doğal tarım ilacı” terimi kullanılacaktır.

Diğer yandan, biyolojik mücadele ekosisteme ve organizmal, hüresel ve moleküler seviyelerdeki biyolojik interaksionlara bağlı olup, ekseri fiziksel ve kimyasal mücadele yöntemlerine göre yönetimi çok karmaşıktır (Cook 1988). Bu nedenle başarı için yeterince bilgi ile birlikte ekolojik düşüncenin esas alınmasını gerektirir. Çünkü biyolojik mücadele konukçu, patojen, çevre ve antagonistleri içeren bir sistemde ekolojik ilişkilere bağlı olarak cereyan eder ve kimyasal mücadelede olduğu üzere kısa zamanda kesin bir sonuç veremez. Nitekim Baker et al. (1974), biyolojik mücadelenin patojeni tam olarak yok etmediğini fakat daha çok hastalık üretmek için onun miktar ve yeteneğini azalttığına değinmiştir.

### **Bitki patojenleriyle biyolojik mücadelenin esası**

Biyolojik mücadele belli bir çevrede bitki patojenlerine saldıran veya onlarla rekabet eden mevcut mikroorganizmalar muhafaza edilerek veya onların yaşama ve üremeleri için koşullar artırılarak başarılıdır. Patojenlere karşı olan bu tür organizmalar daha ziyade toprak kökenli hastalıkları sınırlamada önemlidir. Bu nedenle, onları olumsuz etkileyen pratiklerden sakınılarak bu organizmaların varlıkları sürdürülebilir. Ve toprağa organik madde ilavesi ile onlar artırılabilirler. Bitki patojenlerinin artırma ile biyolojik mücadelesi antagonistik türlerin kitle üretimini ve onları ürün sistemlerine ilave etmeyi esas alır. Aslında bu tür organizmalar düşük miktarlarda ürün sistemlerinde mevcut oldukları için, bu yaklaşım bir bakıma doğal düşman popülasyonlarının artırılmasıdır. Artırmanın amacı sistemde antagonistlerin miktarını artırmak veya dağılımını modifiye etmektir. Baskılayıcı toprak uygulamalarında olduğu gibi, bazı durumlarda böyle organizmalar bir habitattan alınarak diğerine taşınmak suretiyle artırma gerçekleştirilir. Bitki patolojisinde artırılan mikrobiyal etmenlerin aktivitesi onları sisteme sokma veya ilave etme anlamında “introduction” olarak adlandırılır. Ancak, sokulan organizmaların ilave edilmek istenen lokal ekosistemde genellikle az da olsa bulunmaları gerekir. Dünyanın diğer bölgelerinden olanların hiç denecek düzeyde mevcut oldukları yeni sistemlere sokulmaları güçtür. Antagonistlerin artırılması doğal olarak iki yaklaşımı içerir. Birincisi potansiyel enfeksiyon yerlerinde patojenlere antagonistik veya parazitik organizmaları doğrudan artırmadır. İkinci olarak patojen tarafından enfeksiyona karşı genel bitki

savunmalarını kışkırtan patojen olmayan organizmalarla bitkileri inokule etmek olup, enfeksiyona karşı bitki dayanıklılığını artırmadır (Anonymous 2011c).

Her bir mikrobiyal biyolojik mücadele sistemi yerli antagonistik flora ve fauna'dan yararlanmaya çalışır. Ek tür veya streynler ile etkinlik artırılabilir. Toprağa dışarıdan yapılan eklemeler yerel popülasyonları destekleyebilir. Bu amaç için lokal olarak adapte olmuş streynler düşünülmelidir. Antibiyotik üretebilme yeteneğinde farklı streynler biyolojik mücadelede başarı için daha avantajlı görülseler de, lokal koşullara adapte olmuş rekabetçiler kaynaklar için yarışmak ve patojenleri etkin şekilde önlemek için daha etkindir. Bitki kökleri ve hemen bitişikteki kök salgılarının sızmış bulunduğu toprağı içeren rizosfer besince zengin bir çevredir. Rizosfer periyodik kurumaya yönelik olsa da, burada nem durumu bitkilerin yer üstü yüzeylerine göre zaman ve mekan içinde çok daha devamlı olabilir. Rizosferde patojen popülasyonlarının artmasında mikrobiyal rekabet önem taşır. İlk olarak, daha önce kolonize edilmemiş taze bir kaynaktaki başlangıç kurulma esnasında rekabet olabilir. Yaşamak ve nihayetinde çoğalmak için mevcut sınırlı kaynaklar için rekabet daha da artar.

Mikroorganizmalar kolonizasyon veya müteakip rekabet evrelerinde r-stratejist veya K-stratejist olarak davranırlar. r-stratejist türler büyük bir üreme kapasitesine sahip olup, birçok spor ve üreme yapısı üretmek suretiyle, herhangi bir yeni elde edilebilir kaynağa ulaşabilirler. Bu türler etkin bir şekilde dağılır ve bozulmuş habitatlarda veya kolonize olmamış kaynakların varlığında kolayca kurulurlar. Onlar kolayca dekompoze olabilir organik madde veya kök salgılarının bulunduğu ve yaşam için başlangıç bir kaynak sağlamanın önemli olduğu bozulmuş yerlerde bulunurlar. r-stratejistlerin tersine, çok stabil durumlarda bulunan bazı türler mekan ve sınırlı kaynaklar için rekabet ederler. Bu organizmalar K-stratejistler olup dahil oldukları birlik olgunlaşır hayli kalabalıklaştığında çok başat olurlar. Çeşitli habitatlarda bitki patojenleri r- ve K-stratejist gibi karakteristiklerin değişik derecelerine sahiptirler. Ancak, patojenlerin tipi; ayrıca konukçu ve çevre ile belirlenen; latent dönemin uzunluğuna, spor üretim oranına, enfeksiyon dönemi uzunluğuna, inokulum etkinliğine ve başlangıç inokulumuna bağlıdır (Zadoks & Schein 1979). Bitki patojenleri r- ve K-stratejist olarak iki strateji paralelinde yayılırlar. Bu bakımdan başarılı bir biyolojik mücadele için hedef patojenin ekolojisini anlamak önemlidir.

Antagonistler de r-K stratejist olma ve diğer karakteristikler yönünden değişirler. Etkin bir biyolojik mücadele elemanının özellikleri iş yapabileceği alana bağlı olarak gelişir. Birçok tarımsal alanda bozulma sonucu ürün artıkları toprağa gömülür, toprak işleme veya ekim işleri mikroorganizmalar için sağlanabilir yeni kaynaklar ortaya çıkarır. Bu yüzden, asgari besin ve çevresel sınırlamaya sahip, hızlı büyüeyebilen ve yeni kaynakları çabucak kolonize edebilen, r-stratejist bir mücadele elemanı bulmak gerekir. Biyolojik mücadele elemanı bozulmuş çevrelerde iyi iş görmeli ve toprak içinde patojen inokulumuna yakın bitki yüzeylerinde veya enfeksiyon kaynağında sporlar gibi yaşayabilmelidir. r-stratejist

olan biyolojik mücadele elemanları patojen infeksiyon döngüsü başlamadan önce, konukçu ürün bitkisi ve patojen arasında interaksiyonların cereyan edebileceği habitatta yer almak suretiyle, koruyucu bir funguside yaklaşık olarak denk olur. İstila ederek konukçu bitkiye yerleşmiş bir patojene karşı, çok rekabetçi K-stratejist bir antagonist tür gerekecektir. Ayrıca, biyolojik mücadele elemanı özellikle kuru iklimlerde kullanım için abiyotik streslere toleranslı olmalıdır (Anonymous 2011c).

Böylece, bitki hastalıkları ile biyolojik mücadelede esas yaklaşımın antagonistlerden yararlanma olduğu anlaşılmaktadır. Burada "her şeyin bir zıddı vardır" veya "zıddını bulmak" deyişlerinde olduğu üzere, Türk insanının bir sorunun çözümünde zıtlıklardan yararlanılabileceği görüşünün çakıştığı açık olarak görülür. Gerçekten de, bitki hastalıkları ile biyolojik mücadelede patojene zıt olan antagonist organizmaları yönetme esastır. Bu amaç için patojene zıt antagonist mikroorganizmalar ile toprak veya bitkileri inokule etmeye (artırma) ve patojenin yaşamakta olduğu habitat bu tür arzulanan organizmalara müsait kılınmaya (muhafaza) çalışılır.

Toprak her gramında on binlerce propagul ile mikroflora yönünden çok zengindir. Ekseri topraklarda mikroorganizmaların büyümesi karbona sınırlıdır. Oysa bitki kökleri civarındaki rizosfer bölgesi bu durum için bir istisnadır. Rizosfer kökler tarafından salgılanan amino asitler, basit şekerler ve diğer bileşikler gibi kolayca metabolize karbon ve azot kaynakları içerir. Bu bölge mikrofloranın desteklenmesi için civar topraktan çok daha uygundur. Kök patojenleri ve bitki paraziti nematotlar kökler içinde veya üzerinde büyüyebilirler, fakat topraktaki çoğu mikroorganizma kaynak sınırlamaları nedeniyle dormant kalır. Herhangi bir uygun dönem ve fırsatı yakalamaya hazır toprakta birçok dormant organizma mevcuttur. Biyolojik mücadelede iş gören mekanizmalar olarak rekabet, konukçu dayanıklılığının uyarılması, lisiz, hipovirulens ve mutualizm gibi mekanizmalar Özaktan et al. (2010), tarafından dergimizin ilk sayısında anlatıldığından burada detaylı verilmemiştir.

### **Biyolojik mücadelede iş gören mekanizmalar**

**Rekabet:** Bazı ajanlar sınırlı kaynaklar için rekabetle iş görerek patojen popülasyonlarının büyümesini bastırırlar. Besin kaynakları için patojenler ve patojen olmayanlar arasındaki rekabet hastalık oluşumunu ve şiddetini sınırlama için önemlidir. Demir gibi hayati mikro besinler bu açıdan incelenmiştir. Fe toprak pH'sına bağlı olarak rizosferde fevkalade sınırlıdır. Yüksek düzeyde okside olmuş ve havalanan toprakta, demir suda (pH 7.4) erimeyen ve konsantrasyonu  $10^{-18}$  M kadar düşük olabilen ferric formda bulunur. Bu konsantrasyon genellikle  $10^{-6}$  M'a yaklaşan konsantrasyon gereksinen mikroorganizmaların büyümesini desteklemek için çok düşüktür. Böyle bir çevrede yaşamak için organizmalar mikro çevreden demir almak için yüksek affinite'ye sahip siderofor denilen demir bağlayıcı ligand'lar salgılar. Bitkiler ve mikroorganizmaların çoğu türü tarafından üretilen siderofor'lar bu iyonlara el koyar. Patojenik olmayan mikroorganizmalarca üretilen



yüksek olarak etkin sideroforlar topraktan Fe-3 iyonlarını giderebilirler. Böylece patojen sideroforları rekabet dışı kalır ve buradan patojen popülasyonlarının büyümesi sınırlanır. Bazı biyolojik mücadele elemanları sınırlı kaynakları önceden tüketmek yerine, doğrudan patojenlerin büyümesini inhibe eden antibiyotikler gibi antimikrobiyal maddeler üretimiyle yarışır. Ekseri mikroorganizmalar antibiyotik aktivitesine sahip bir veya çok bileşik üretir ve salgırlar. Antibiyotikler düşük konsantrasyonlarda diğer mikroorganizmalara zehir etkisi yapan veya onları öldürebilen mikrobiyal zehirlerdir. Bazen, mikroorganizmalar tarafından üretilen antibiyotikler bitki patojenlerini ve neden oldukları hastalıkları bastırırlar. Ancak, antibiyotiklerin biyolojik mücadele etkisi sonuçlandırabilmeleri için patojen yakınında yeterli miktarlarda üretilmeleri gerekir (Pal and McSpaden Gardener 2006; Anonymous 2011c).

Bitki patojenlerinin biyolojik mücadelesinde kullanılan türler ekseri rekabetçi antagonistlerdir. Bitki patojenlerini baskılamada antagonistleri azaltan pratiklerden sakınma veya onların büyümesini artırabilecek şekilde çevreyi değiştirme önemlidir. Ayrıca, toprağa bazı maddeler ekleme bu yararlı organizmaların popülasyonlarını artıracaktır. Patates uyuzu etmeni *Streptomyces scabies* mücadelesi için toprağa organik madde ilavesi buna bir örnektir. Toprağa karbon kaynaklarının eklenmesi *S. scabies*'in azalmasına yol açan genel mikrobiyal aktiviteyi artırır. Toprak organik maddesini artırma, ayrıca avokado'da *Phytophthora cinnamomi* mücadelesi için uygundur. Her yıl hektara 10 tondan fazla organik madde ilavesi bakterilerin miktarında genel artışlara yol açar. Böylece, *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Streptomyces* bu patojenin hif ve sporangium'larını eritir. Bazı topraklar antagonistik ve antibiyotik üretici bir floraya sahip olmaları nedeniyle doğal olarak hastalıklara karşı baskıcı görülür ve bu tür eklemelere gerek kalmaz. Topraklar buharla sterilize edildiklerinde baskılayıcı özelliklerini kaybederler. Bir miktar baskıcı toprağın diğer topraklara taşındığında baskılama yeteneğinin devam ettiği görülmüştür. Tüm bu olgular toprakların baskılayıcı yapısının açık olarak biyotik olduğunu kanıtlar.

Bitki hastalık organizmalarına karşı antagonistlerin artırılması genellikle değişik miktarlardaki inokulum ile inokulasyon yapılarak başarılır. Bu yolla patojen popülasyonunu sınırlandıracak antagonist popülasyonları kurulmaya çalışılır. Hastalıklara karşı koruma sağlamak için floranın şekillenmesinde bir yol toprakları veya tohumları mikrobiyal antagonistlerle inokule etmektir. Böylece antagonistler işlerinde başarılı olmak için, bitki yüzeylerini kolonize edebilmeli ve toprağın rekabetçi çevresinde canlılığını devam ettirebilmelidir. Tarla koşullarında bunu başarma yeteneği gösteren flora esas olarak *Trichoderma* spp. gibi mantarları ve bakteriler arasında *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp.'yi içerir. Kök hastalıkları antagonistleri olarak çok umut veren *Pseudomonas* türlerinden, özellikle *Pseudomonas fluorescens* ve *P. putida* başta gelir. Bu bakteriler siderofor'lar ve antibiyotikler üretirler (Anonymous 2011c).

**Konukçu dayanıklılığının uyarılması:** Bitkiler beraber oldukları mikroorganizmalar tarafından üretilen kimyasal uyarının bir çeşidine tepki verirler. Böyle uyarı patojenler tarafından infeksiyona karşı dayanıklılığı artıran biyokimyasal değişikliklerle konukçu bitki savunmalarını uyarabilir veya koşullandırabilir. Patojen olmayan bir organizma ile bitkinin karşılaşması bu tür dayanıklılık mekanizmalarını uyarabilir. Çapraz-koruma ve uyarılmış dayanıklılık mekanizmaları için bitkiler bazı patojenik olmayan veya mülayim olarak patojen mikroorganizmalara istenerek maruz bırakılır. Bu şekilde uygulanmış bitkiler patojen tarafından infeksiyona karşı bir miktar dayanıklılık kazanır. Konukçu savunmalarının uyarılması uyarının tipi ve kaynağına bağlı olarak doğada lokal veya sistemik olabilir. Uyarılmış bitki savunmaları hücre duvarı lignifikasyonu, dokuların suberifikasyonu, kitinase ve  $\beta$ -1,3- glukanase üretimi gibi genel savunmaları içerebilir. Bitkiler genellikle lignin benzeri polimerlerin ve yapısal proteinlerin biriktirilmesi ile hücre duvarlarının takviyesi, düşük moleküler ağırlıklı antimikrobiyal aktiviteye sahip pathogenesis'le ilgili proteinlerin (PR) biriktirilmesi ile patojenlere karşı tepkide bulunurlar. Böylece patojenlerce bitki hücrelerinin eritilmesi yoluyla infekte edilmesi çok güç olur. Uyarılan bitki savunmaları patojen infeksiyonunu sınırlar. Bu mekanizmalar hastalık gelişiminden önce patojenik olmayan mikroorganizmalar veya çevresel faktörlerle aktive edilebilmektedir. Bitkinin doğal dayanıklılık mekanizmaları bir kez aktive dildiğinde, uzun dönem artan bir savunma kapasitesi sürdürülür ve çoklu patojenlere karşı etki sağlanır (Pozo et al. 2002; Anonymous 2011c).

Bitki tarafından geliştirilen savunma kapasitesi sistemik kazanılmış dayanıklılık (SAR) veya uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) olarak adlandırılır. SAR patojen infeksiyonunu takiben üretilen ve tipik olarak pathogenesis ile ilgili (PR) proteinlerin ekspresiyon'una yol açan bir bileşik olan salicylic acid (SA) tarafından aracılık edilmektedir. PR proteinleri istila olmuş hücreleri eritmek için doğrudan iş görebilen, infeksiyonlara dayanıklılık için hücre duvarlarını takviye eden veya lokal hücre ölümünü uyarabilen bazı enzimleri içerir. ISR ise önce uyarılmış sistemik dayanıklılık olarak açıklanmış, bazı patojenik olmayan rizobakterilerle uygulamayı takiben bitkilerde üretilen jasmonic acid (JA) veya etilen ile aracılık edilir. İlginç olarak, SA ve JA'ya bağlı savunmalar mutual olarak antagonistik olabilir ve bazı bakteriyel patojenler SAR'ı yenmek için bu durumdan yararlanırlar. Bu nedenle, bitki hastalıkları ile mücadelede tarım ilaçlarının kullanımına karşı mikroorganizmalar tarafından bitki bağışıklığı sağlanması doğal, güvenli, etkin, kalıcı ve sürekli bir alternatif olabilir (Pal & McSpadden Gardener 2006).

**Lisiz (eritme):** Çeşitli organizmalar patojen büyümesi veya aktiviteleriyle karışabilen diğer metabolitler salgılar ve onları dışa salar. Birçok mikroorganizma kitin, proteinler, selüloz, hemiselüloz ve DNA dahil polimerik bileşiklerin geniş bir çeşidini hidrolize edebilen litik enzimler üretirler. Farklı mikroorganizmalar tarafından bu enzimlerin ekspresyon'u ve salgılanması doğrudan bitki patojenik aktivitelerin baskılanmasını sonuçlandırabilir. Örneğin *Serratia marcescens*

tarafından salgılanan kitinase *Sclerotium rolfsii*'nin mücadelesinde etkilidir. Ve bir  $\beta$ -1,3- glukana *Lysobacter enzymogenes*'in C3 kodlu izolatu biyolojik mücadele aktivitelerine önemli katkıda bulunur. Bu enzimler canlı organizmaların hücre duvarlarını zorlar veya eritirken, bitki artıklarını ve cansız organik maddeleri dekompoze ederler. *Lysobacter* ve *Myxobacteria* bol miktarda litik enzimler üretirler ve bazı izolatları bitki patojen mantarların bastırılmasında etkindirler (Pal & McSpadden Gardener 2006).

Bazı *Trichoderma* türleri patojenik mantarlara saldırarak patojenin lise olmasına yol açar. *Trichoderma* spp. mikoparazitler olarak *Rhizoctonia* ve *Sclerotium* patojenleri tarafından neden olunan hastalıklara karşı başarılı şekilde kullanılmaktadır. *Sclerotium rolfsii* toprakta sklerotlar oluşturarak uygun olmayan dönemleri yaşayan ve birçok ürün bitkisine saldıran bir patojendir.  $\beta$ -1,3- glukana, kitinase ve protease'lara sahip *T. harzianum* streynleri patojen hücrelerini istila ederek onları eritir. Bu şekilde patojenin hif ve sklerotları parazitlenir. *Trichoderma harzianum* otoklav edilmiş kepek veya tohum üzerinde geliştirilir ve bu materyal sonra toprak yüzeyine karıştırılır. Sklerotları parazitlediği bilinen diğer iki mantar *Coniothyrium minitans* ve *Sporidesmium sclerotivorum*'dur (Anonymous 2011c).

**Hipovirulens:** Kestane kanseri etmeni *Cryphonectria parasitica*'nın hipovirulent streynleri kullanılarak bu hastalık önlenmiştir. Patojenin bir miktar hipovirulent streyni bilinmektedir ve hipovirulent bir streyn ile infekteli ağaçları inokule etme azalan kanser büyüklüğüne ve gövde canlılığına yol açmıştır. İnfekteli ağaçlar arasına hektara 10 ağaç oranında inokule edilen hipovirulent streyn yayılarak, virulent streynlerle temasa gelmek suretiyle onlarla birleşir. Bu sırada patojeni infekte edici viral bir element virulent streyne aşılansmış olur. Bu yolla, aktif kanserler 10 yılda elemine edilebilmektedir.

**Mutualizm:** Bir şekilde bir araya gelmiş organizmalardan her bir türün yarar sağladığı, iki veya daha çok tür arasındaki beraberliktir. Bazen bitkiler ve mikorizal mantarlar arasındaki gibi yakın fiziksel ve biyokimyasal teması içeren zorunlu bir yaşam boyu interaksiyondur. Ancak onlar genellikle fakültatif ve fırsatçıdır. Bu tip mutualizm beslenmeyi iyileştirmek suretiyle konukçu bitkiyi takviye ve savunmalarını teşvik ederek biyolojik mücadeleye katkıda bulunabilir. Ektomikorizal mantarlar daha çok besin alınmasıyla ilgili olsalar da, onlar ayrıca kök hastalıklarını etkilerler. Onlar tam olarak kökleri kuşattıklarından toprağa erişen salgıların nitelik ve niceliğini değiştirirler. Sonuçta, mikorizalı kökler infektensiz köklere göre farklı bir rizosfere sahip olur. Örneğin, ektomikorizal bir mantar olan *Pisolithus tinctorius* okalıptus ağaçlarına saldıran *Phytophthora cinnamomi* gibi patojenler tarafından infeksiyona karşı bir engel olarak kalın sement bir kın oluşturur. Mikorizal mantarlar toprak kökenli hastalıklara karşı konukçu türlerinin büyük bir bölümü için birçok şekilde bitkilerin dayanıklılığını düzeltme özelliğine sahiptir. Bitki hastalıklarının mikoriza kullanımı ile mücadelesi artan bitki beslenmesi ile güçlü olarak etkilenir. Ayrıca, patojenler için kaynakların

az alınabildiği, köklerde ve kök dokularında fiziksel ve kimyasal değişiklikler, çevresel streslerin azalması ve kök civarında diğer yararlı toprak organizmalarının artan konsantrasyonları gibi diğer faktörler rol oynayabilir. Bu açıdan, mikorizal mantarlar *Glomus mosseae* ve *G. intraradices* bazı spesifik *Fusarium*, *Pythium* ve *Phytophthora* infeksiyonlarını önlemede etkindir. Çeşitli epifit ve endofit'ler biyolojik mücadeleye katkıda bulunabildikleri için, mikoriza'nın her yerde hazır ve nazır olması özel dikkate neden olmuştur. (Amaranthus 2001; Pal & McSpadden Gardener 2006).

Biyolojik mücadele aktiviteleri için bakteriyel ve fungal izolatlar test edildiğinde, bunlardan %1-10'nu in vitro'da patojenlerin büyümesini inhibe etmek için en azından bir miktar kapasite gösterir. Ancak, birkaç izolat çeşitli büyüme koşulları altında bitki hastalıklarını bastırabilir ve birkaçı da çoklu patojen taksalara karşı geniş aktivite spektrumuna sahiptir. Bununla beraber, yoğun olarak yürütülen testler ile ticari gelişim aşamasında birçok aday organizma elde edilmiştir. Birleşik Devletlerde EPA'ca ruhsatlandırılmış doğal tarım ilacı olarak başarılı şekilde ticarileştirilmiş ve hali hazırda pazarlanmakta olan mikrobiyal taksaların bazıları *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Streptomyces* cinslerine ait bakteriler ile *Ampelomyces*, *Candida*, *Coniothyrium* ve *Trichoderma* cinslerine ait mantarları içerir. Pazarda bu bakterilerle hazırlanmış 16 ve mantarlarla hazırlanmış 8 doğal tarım ilacı preparatı bulunmaktadır. Petri kaplarında inhibisyon zonları gözlenerek çok yararlı bakteriyel biyolojik mücadele ajanları bulunabilmektedir. Ancak bu yöntem parazitizm, uyarılmış bitki dayanıklılığı veya rekabetin bazı formları gibi diğer işlev biçimlerine sahip biyolojik mücadele ajanlarını tanımlayamaz. Parazitizm için biyolojik etkinlik belirleme yöntemleri parazitleri izole etmek için patojen propagullerini gömmeyi ve tekrar kazanmayı içerir. Rekabet için, yöntemler sterilize toprağı çabucak kolonize eden ve bu mekanı istila etmeye girişen diğer organizmaları dışlama yeteneğine sahip mikropları aramayı ve infeksiyon alanını kolonize eden mikropları aramayı kapsar (McSpadden Gardener & Fravel 2002).

### **Bitki hastalıklarına karşı mikorizal uygulamalar**

Bitki hastalıklarını önlemede tarımsal kimyasallara karşı biyolojik mücadelenin gelişimi çevre dostu bir alternatif olarak kabul edilir. Ekseri tarımsal ve orman ürün türlerinin kök sistemleri ile sembiyotik beraberlikler oluşturan mikorizal mantarlar potansiyel biyolojik koruyucu etmenler olarak önerilmektedir. Domates köklerinde *Phytophthora parasitica*'ya karşı lokal veya sistemik dayanıklılığı uyarmak için *Glomus mosseae* ve *G. intraradices* karşılaştırılmıştır. *Glomus mosseae* domates köklerinde *P. parasitica* tarafından üretilen hastalık simptomlarını azaltmış ve biyolojik korumanın lokal ve sistemik mekanizmaların bir kombinasyonu olduğu önerilmiştir. Bitki savunmasıyla ilgili enzimlerin biyokimyasal analizi oksidatif strese karşı hücreyi koruyucu bir enzim olan superoksit dismutase, hidrolitik

enzimler kitinase, kitosanase ve  $\beta$ -1,3 glukanase'ın yeni isoformlarının mikorizayla bağlantılı lokal olarak uyarıldığını göstermiştir. Mikorizal bitkilerin mikorizal olmayan köklerinde bazı isoformların aktivitesi sonucu sistemik değişiklikler ayrıca gözlenmiştir. Kök protein ekstraktlarının *Phytophthora* hücre duvarına karşı litik aktivite göstermesi *Phytophthora*'ya karşı domates dayanıklılığı üzerine mikorizal sembiyosisin sistemik bir etkisini ayrıca doğrulamıştır (Pozo et al. 2002).

Bonello (2001), rekreasyon alanlarında yapay mikorizal inokulumun bitki kurulmasını çok başarılı yaptığı veya inokule olmuş bitkilerin zamanla iyi büyüdüğü konusunda mevcut kanıt oldukça tutarsız olarak nitelemiştir. Çünkü kullanılan ticari preparatların tüketiciye erişmesinde kısmen canlı olmama olasılığı vardır. Belki de en büyük faktör park ve bahçelerdeki toprak koşulunun ticari bir miktar seçilmiş türle yapay inokulasyon için çok değişken olmasıdır. Ayrıca, mikorizal inokulasyonu takiben bitki büyümesi üzerine gözlenen kısa süreli olumlu bir etki ticari preparatlarda ekseri mevcut olan gübreler sonucu olabilir. Burada esas yapay inokulasyonun bitki büyümesine ve sağlığına olumlu veya nötr bir etkiye sahip olmasıdır. Mamafih, tüm durumlarda, yapay inokulasyonun bitkiye zararlı olması çok olası değildir. Hali hazır yürütülen araştırmalara göre organik toprak ilavelerinin, özellikle kopmpost yapılmış malçların eklenmesi, yapay inokulum eklenmesi bile rekreasyon bitkilerinin mikorizal durumlarını büyük oranda artıracaktır. Bu nedenle, şehir rekreasyon alanlarında toprak koşullarının düzeltilmesi mikorizal gelişimde en önemli faktördür.

Amaranthus (2001)'dan alınan aşağıdaki bilgiler golf alanlarında çim bitkileri, hastalık ve nematot yönetimi açısından oldukça önemlidir. Doğal alanlardaki topraklar mikorizal mantarlar dahil yararlı toprak canlıları ile doludur. Bu nedenle, mikorizal mantarlar golf alanlarında toprak ve çim bitkilerinin beslenme koşullarını düzelterek onların sağlığını ve gümrahlığını iyileştirmek için kullanılabilir. Ancak, golf alanlarında uygulanan birçok genel pratik toprağın mikoriza oluşturma kapasitesini bozabilecek niteliktedir. Örneğin, inşaat faaliyetleri, toprak işleme, üst toprağın giderilmesi, yer hazırlığı, tarım ilaçları ve kimyasal gübre kullanımı, sıkışma ve toprağı çıplak bırakma bu yararlı toprak mantarlarını elemine eden veya azaltabilen bazı faaliyetlerdir. Bu yüzden, çoğu insan yapımı rekreasyon alanlarında mikorizal mantarların çeşitli popülasyonları elemine edilmekte veya azaltılmaktadır.

Poaceae familyası çayır türleri beslenme ve büyüme açısından mikorizal kolonizasyondan büyük oranda yararlanırlar. Düşük P konsantrasyonlu toprakta mikorizal mantarlarla çayırların inokulasyonu daha büyük sürgün ve kök kitlesi üretmektedir. *Glomus intraradices* ile inokule edilmiş uzun dallı bentgrass (*Agrostis*) mikorizal olmayan türlere göre önemli ölçüde daha uzun süre kurak koşullara tolerans göstermiştir. Ayrıca inokule edilmiş mikorizal çim mikorizal olmayana oranla daha çabuk solgunluğu yenebilmiştir. Kuraklık süresince mikorizal çim mikorizal olmayana göre %29'dan fazla yüksek klorofil konsantrasyonu sürdürmüştür. Burada, büyük klorofil içeriği ve artan fotosentez

ürünü kurağa dayanıklılığı artırmıştır. Ekim zamanında mikorizal inokulasyon çim türlerinin kurulma oranını artırabilir. Mikorizal inokulantlar kurulmanın başında çim örtüsü yüzdesini iki katı yapmıştır.

Mikorizal bitkilerde patojen nematotların kök infeksiyonları, mikorizal olmayan bitkilere göre, genellikle daha az şiddetlidir. Çünkü burada nematot infeksiyonları ve ekseri nematod populasyonları azaltılmaktadır. Diğer bir mekanizma nematot infeksiyonları sonucu neden olunan verim kayıplarının mikorizal ilişki sonucu gizlenerek, çim bitkisi gümrahlığının düzeltilmesidir. Ayrıca, mikoriza tarafından kök salgılarındaki değişmeler nematot patojenlere karşı köklerin çekiciliğini değiştirebilir. Mikoriza tarafından inhibe edici maddelerin artan üretimi nematot populasyonunu ve yaşamını ayrıca etkileyebilir. Mikorizal mantar türleri *Glomus mosseae* ve *G. intraradices* parazitik nematotların negatif etkilerini önlemeye yardımcı olabilirler.

Golf alanlarının kurulması esnasında kum/torf karışımı ortam mikorizal inokulumdan genellikle yoksundur ve bu ortam için mikoriza yararlı olabilir. Mikorizal propaguller kök zonu içine karıştırılır. Mikorizal inokulum mikorizanın sağlıklı popülasyonları kurulana kadar birçok yıl bahar ve sonbaharda karıştırılmalıdır. Havalandırma esnasında mikorizal inokulumun karıştırılması inokule edilmese de toprakta mikorizal bir ağın gelişmesi için uygun bir yoldur. Doğal alanlar genellikle mikorizal mantar türlerinin bir miktarını içerir. Mikorizal türlerin oranları ve bolluğu herhangi bir karışıklığı takiben ekseri azalır. Golf çevrelerini karakterize eden toprak, iklim ve biyolojik koşulların çeşitliliği nedeniyle tek bir mikorizal mantarın tüm çim bitkilerine yararlı olması ve tüm koşullara adapte olması olası değildir. Çünkü tüm mikorizal mantarlar aynı kapasite ve toleransa sahip olamaz. Örneğin, çayırlarla beraber olan mikorizal mantarların tipleri ve aktiviteleri odunsu bitkilerle beraber olanlardan ekseri daha farklıdır. Toprak patojenlerini geciktiren antibiyotik üretimi için mikorizal mantarlar farklı yeteneklere sahiptir. Bunun gibi, bazı mikorizal mantarlar P ve Fe gibi minerallerin alınmasını kolaylaştıran enzimler üretirler. Diğer mikorizal mantarlar da azotun organik formlarını kabul edebilir. Birden fazla mikorizal tür içeren ticari mikoriza ürünleri seçme muhtemelen yalnızca bir tür ile sağlanamayan yararları sağlar. Sağlıklı canlı toprak ve çim bitkileri besinleri tutacak, toprak strüktürünü kuracak, stresi azaltacak ve hastalığı baskılayacaktır. İnşaat ve havalandırma programları içine mikorizal mantarları karıştırmak yalnızca çevreye yarar sağlamayıp, ayrıca çim örtüsünü, köklenmeyi, gübre kullanımını, hastalık ve kurağa dayanıklılığı düzelterek.

Diğer bir çalışma yine nematotlar ve mikoriza ile ilgilidir. Burada *Pratylenchus penetrans*'ın kök infeksiyonu ve çoğalmasının *Ammophila arenaria* (marram grass) bitkilerinin yerel AMF inokulumu ile inokulasyon sonucu önemli olarak azaltıldığı açıklanmıştır. AMF ile nematodun baskılanması lokal mekanizmalarla sağlanmıştır. AMF doğal sistemlerde köklerde beslenen nematotların mücadelesi için önemlidir. Ancak, kökte beslenen nematotlara karşı AMF ile koruma

sağlamada ürün ve nematot ile birlikte koevrime geçirmeyen AMF'nin ticari streynlerinin kullanılması bir olumsuzluk nedeni olabilmektedir. Çeşitli AMF taksaları arasındaki fonksiyonel farklılıklar nedeniyle, doğal birliklerde bulunan AMF çeşitliliği interaksyonlar açısından önemli olabilir. Kıyı kum kümelerinde AMF toplam olarak mikrobiyal biyokitlenin %30'unu oluşturur. Bu nedenle bu sistemlerde onlar önemli bir rol üstlenirler. AMF ile bitkileri koruma patojen mantar infeksiyonuna karşı fiziksel ve fizyolojik bitki tepkileriyle neden olunabilmektedir. Her iki organizma kökte beslenme yerleri için rekabet ettiğinde, AMF kökte beslenen nematotlar üzerine doğrudan baskıcı bir etkiye sahip olabilmektedir. Özellikle, bitkiler patojenler ve herbivore'lar saldırmadan önce mikorizal mantarlar ile kolonize olacak olursa, yalnızca etki elde edilebildiği ileri sürülmektedir. Kökte beslenen nematotları destekleyen mikorizal bitkilerin mikorizal uygulama sonucu beslenme ve sağlık durumları düzelmeye yönelmiştir. *A. arenaria*'nın kökleriye beraber olan AMF birlikleri *Glomus*-grup A'dan *Glomus* sp.'yi içeren iki denemede çok benzer sonuçlar elde edilmiştir. *Glomus* türleri AMF'nin diğer cinslerine oranla toprak karışıklığına çok daha dayanıklıdır. Bu nedenle, köklerde aranan AMF birlikleri deneysel koşullarda büyüyen yaşayabilen tarla inokulumunun bir bölümünü muhtemelen temsil eder. Karmaşık doğal AMF birlikleriyle bitkilerin interaksyonu ticari AMF inokulumu ile olandan muhtemelen daha zengindir. *A. arenaria*'nın rizosferinde *P. penetrans*'ı kontrol etmek için AMF'nin yeteneği doğal tarla koşullarında önemli olabilir (de la Pena et al. 2006).

Bitkiler patojenler tarafından saldırılmış bitkilerce salgılanan kimyasal sinyallere tepkide bulunarak patojen ve herbivora karşı kendilerini savunabilirler. Böyle sinyallerin hava yoluyla taşınabildiği iyi bilinmektedir. Ayrıca, birçok bitkinin köklerini birbirine bağlayan yeraltı genel mikorizal ağı yoluyla bitkiler bir diğeri ile beraberlik kurarlar. Böylece, domateste genel mikorizal ağın sağlıklı bitkiler ve infekteli bitkiler arasında bitkiden bitkiye haberleşmeye aracılık ettiği belirlenmiştir. Domates bitkileri ile *Glomus mosseae* hifleri arasında genel mikorizal ağın kurulmasından sonra, patojen *Alternaria solani* ile "donor" bitkilerin inokulasyonu sağlıklı olan civardaki "alıcı" bitkilerde savunma enzimleri varsayılan peroksidase, polifenol oksidase, kitinase,  $\beta$ -1,3-glukanase, fenilalanin ammonia-lyase ve lipoksigenase aktiviteleri ve hastalığa dayanıklılıkta artışlara yol açmıştır. Genel mikorizal ağ infekte olmamış "alıcı" bitkileri *A. solani* ile kapışan "donor" bitkilere bağladığında, altı savunma ile ilgili geni ayrıca aktive etmiştir. Bu bulgu genel mikorizal ağın yeraltında bitkiden bitkiye iletişim sağlamak suretiyle hastalığa dayanıklılık ve uyarılmış savunma sinyallerinin sağlıklı ve patojenle infekteli komşu bitkiler arasında taşınabileceğini yansıtmaktadır. Bu şekilde, sağlam bitkilerin saldırıdan önce kendi savunmalarını aktive etmek için, genel mikorizal ağ aracılığıyla, patojenle cebelleşen komşu bitkilerden savunma sinyallerine kulak misafiri olabilecekleri önerilmektedir. Burada, mikoriza yalnızca *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* tarafından

neden olunan toprak kökenli hastalığa karşı domates dayanıklılığını artırmakla kalmayıp, ayrıca nekrotrof mantar *Alternaria solani* tarafından neden olunan yeşil aksam hastalığına karşı da dayanıklılığı artırmaktadır. Çünkü mikorizal simbiyoz karasal ekosistemlerin iş görmesi için elzem yeraltı ağı halinde anahtar bir faktördür. Mikorizal mantar çeşitliliği bitki çeşitliliğini, ekosistem varyabilitesini ve üretkenliğini belirler. Arbuskular mikorizada konukçuya özelleşme olmadığı için, mikorizal mantar miseli bir bitkinin kökünden diğerine genel mikorizal ağı oluşturmak için uzanabilir. Genel mikorizal ağ aynı veya farklı hifin farklı dallarının miselial bir ağ oluşturmak için anastomosis ile birleşmesi sonucu kurulabilir. Farklı bitki türleri genel mikorizal ağ yoluyla birbirlerine bağlanabilir. Bozulmamış kıyı çayırlarında geniş olarak dağılmış bir tanımlanmamış *Glomus* türünün tek bir miselyumu en az 10 m uzunluğundaki bir alanı kaplayabilmiştir. Besinler bu ağ ile bitkiden bitkiye taşınmaktadır (Song et. al. 2010).

Açıklanan bu ilginç bulgular paralelinde diğer benzeri örnekler de mevcuttur. Örneğin, Amaranthus (2004)'a göre, bitkiler büyüdükleri çevreye göre güneş ışığı olarak fikse ettikleri net enerjinin % 80 veya daha çoğunu yerin altındaki olaylara çevirebilirler. Bu enerjinin birazı büyüyen köke gider; fakat yüksek bir oran mikorizal mantarlar ve diğer toprak organizmalarını beslemek için kullanılır. Bu bitki için kaybedilen enerji değildir. Tersine, kök bölgesinde yaşayan toprak canlıları, besin döngüsü, patojenler, toprak havalanması ve topraktan su alınması üzerine etkilerle kurulmak için bitkilerin yeteneğini büyük miktarda etkiler. Yine, Molina et al. (2001) bir ekosistem açısından, mikoriza yararlarının zaman ve mekan içinde çok ötelere uzanabildiğine değinmektedir. Buna göre, besin döngüsü olaylarına katılmaya ek olarak, mikorizal mantarlar bitki birliği gelişimi ve bu birliğin çabucak zenginleşmesi için bitkiler arasında bağlar oluşturur. Genel bir mantarla bağlandıklarında, karbon içeren fotosentez ürünleri donör bir bitkiden alıcı bir bitkiye hareket edebilir. Yine, tarla koşullarında bir karbon akımı ağı donör bir bitkiden gizli alıcı bir bitkiye mikorizal mantar bağlarıyla hareket edebilir. Böylece, bitkiler paylaşılan mikorizal bir mantar ağı aracılığı ile donör bitkilerden kısmen bazı gıdalar alırlar.

*Glomus mosseae* ve *Scutellospora* sp. gibi iki lokal mikorizal mantar türü ve sokulmuş tür *Gigaspora margarita* ile sera denemelerinde domatesin bazı büyüme parametreleri ve kolonizasyon yeteneği araştırılmıştır. *G. mosseae* bitki büyümesinin 7. haftasında bitki yüksekliğini, sürgün kuru ağırlığını ve çiçek miktarını kontrol bitkiye göre sırasıyla % 60, 135 ve 58 oranında önemli ölçüde artırmıştır. *G. mosseae* kök kuru ağırlığı (% 40), kök uçları (% 120), kök uzunluğu (% 83), kök yüzey alanı (% 106) ve kök hacmi (% 59) gibi kök yapılarını değiştirerek besin emilmesini artırabilir ve bitki büyümesini başarılı kılabilir. *G. mosseae* lokal çevresel koşullara adapte olarak sokulan tür *G. margarita*'dan farklı olarak lokal kök kolonizasyonu (% 300) ve çok spor miktarı (% 300) sonuçlandırmıştır. AMF'nin bakteriyel solgunluk hastalığını inhibe ettiğini açıklamak için; besin alınması, biyokimyasal değişiklikler ve kök morfolojik



değişmeleri gibi üç mekanizma araştırılmıştır. *G. mosseae* kolonizasyonundan sonra domates sürgünlerinde N (% 41), P (133), K (% 49), Fe (% 44) ve Zn (% 33) konsantrasyonları artmıştır. Bu AMF tarafından üretilen hifsel ağın sürgünlerce besin alınmasının artırmasına bağlanmıştır. *G. mosseae* uygulamasında kök morfolojik karakterleri tüm diğer uygulamalara göre önemli olarak değişmiştir. SEM ve TEM görüntüleri AMF'nin kök kabuk hücrelerini ve kök yapısını modifiye ederek bitkinin enfeksiyona karşı koyabileceğini kanıtlamıştır. Hastalık simptomları *G. mosseae*+*R. solanacearum* uygulamalı bitkilerde görülmemiştir. AMF ile yoğun kolonizasyon sonucu domates yapraklarında fotosentez ve bitki büyümesi artışı için nedenin klorofil (a) ve klorofil (b)'nin yüksek konsantrasyonu olmuştur. Ch.a ve Ch.b *G. mosseae* uygulanmış bitkilerde diğer uygulamalara göre önemli olarak yüksek bulunmuştur. *G. mosseae* bakteriyel solgunluk enfeksiyonunu asgariye indirebilen hifsel ağ ile bitkileri donattığı için bir biyolojik koruma etmeni olarak kullanılabilir. Sağlıklı, çok miktarda, temiz *G. mosseae* sporları üretimi diğer bir sera denemesinde hedef olmuştur. Elde edilen sonuçlar ürünlerin hasat tarihi ve tipinin AMF spor üretiminde kritik bir rol oynadığını göstermiştir. Mısır *G. mosseae* sporulasyonu (167 spor/10g toprak) için en uygun konukçu olmuştur. AMF kitle üretiminde konukçu türü, çevresel koşullar, toprak tipi, besin rejimi, saksı büyüklüğü, inokulum miktarı ve birincil inokulumun kaynağı gibi birçok önemli faktör dikkate alınmalıdır. *R. solanacearum* mücadelesinde *G. mosseae* ile pre-inokulasyonlu ve pre-inokulasyonsuz farklı kök salgılarının etkileri ve *G. mosseae* ve *R. solanacearum* arasında dolaylı interaksyonları araştırmak için in vitro denemeler yürütülmüştür. Genelde, domates ve mısır bitkilerinden kök salgıları *G. mosseae* sporları çimlenmesine etkileri farklı olmuştur. Spor çimlenmesi miktarı kültüre alınmış sporların artan orijinal miktarıyla artmış ve bakteriyel patojenden üretilen uçucu bileşiklerin sporların çimlenmesini inhibe etmediği görülmüştür. Bu çalışma sonuçları lokal AMF türlerinin sokulan türlerle karşılaştırıldığında bitki büyümesini destekleme ve artırmaya çok yetkin olduklarını teyit etmiştir. *G. mosseae* sera koşullarında *R. solanacearum* bakteriyel solgunluk etmenini toplamda kontrol etme yeteneğinde olmuştur (Monther 2009).

Yönetimimizde yürütülen bir yüksek lisans tezi çalışmasında domateste *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* kök ve kök boğazı çürüklüğüne karşı iki ticari organik tarım ilacı (*Trichoderma harzianum* ve *Bacillus subtilis*) ve bir mikorizal preparat (*Glomus intraradices*) ile iki ayrı saksı denemesi yürütülmüştür. Fide dikiminde saksılara biyolojik preparatlar uygulanmış, domates fideleri 1. denemede dikim esnasında ve 2. denemede 4 hafta sonra patojenle inokule edilmiştir. Her iki denemede 6 hafta sonra domates bitkileri yüzde enfekteli bitki esasından değerlendirilmiştir. İkinci denemede kontrol bitkilere göre %88.9 etki ile en iyi sonuç *Trichoderma*+ mikoriza uygulamasından elde edilmiştir (Orhan 2011). Diğer bir tez çalışmamızda domateste bitki büyümesi ve *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* solgunluğuna karşı salisilik asit ve *Glomus etunicatus* kullanılmıştır. Mikoriza uygulaması patojenle enfekteli ve enfekteli olmayan

domates bitkilerinde sürgün kuru ağırlığı, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğunu artırmıştır. Mikorizal kolonizasyon kontrol ve enfekteli domateslerde sırasıyla %62.3 ve %53.2 olmuştur. Ancak, *G. etunicatum*'un salisilik asit ile kombine haldeki patojenle infekteli ve kontrol bitkilerinde kök kolonizasyonu önemli oranda azalmıştır. Sonuç olarak *G. etunicatum*'un domateslerde bitki gelişimi, verim ve *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*'ye karşı kullanılabileceği belirlenmiştir. Salisilik asit uygulaması mikorizal mantarın kök kolonizasyonuna olumsuz etkide bulunmuştur.

Rizosferin ve biyolojik mücadele elemanlarının önemli üyeleri olan arbusküler mikorizal mantarlar *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum* ve *Rhizobium leguminosarum* biovar *phseoli*'nin *Sclerotinia sclerotiorum* ve fasulye pathosistemi üzerine etkileri araştırılmıştır. İki biyolojik mücadele elemanının kolonizasyonu ve nodülasyon karşılıklı interaksiyonlar nedeniyle Ss'ye etkide farklılıklar göstermiştir. Rlp nodülasyonu özellikle üçlü inokulasyonda ve ayrıca AMF kolonizasyonu Ss+AMF uygulamasında kontrol AMF'ye göre önemli olarak azalmıştır. AMF ve Rlp'nin tek inokulasyon uygulaması hastalık şiddetini %10.3-24.1 oranında azaltmıştır. Tekli biyolojik mücadele elemanı inokulasyonu ikili (AMF+Rlp) inokulasyonlara göre çok daha etkin olmuştur. Fasulyede morfolojik parametreler dikkate alındığında, tüm morfolojik parametre değerleri patojen izolatının mevcut olduğu uygulamalarda azalmıştır. Buna karşın, tüm biyolojik mücadele elemanları kontrollara göre uygulama yapılmış bitkilerde toplam N ve P içeriğini artırmıştır (Aysan & Demir 2009).

Doku kültüründe çoğaltılmış "Edabariz" ve "Gisela 5" kiraz anaç bitkicikleri dış koşullara adapte olma ve kurulma evresinde beslenme ve büyümeleri üzerine AMF'nin etkisi konulu bu çalışmada; *Glomus clarum*, *G. caledonium*, *G. etunicatum*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, bu türlerin karışımı ve yerel mikoriza ile üç farklı substrat karışımı inokule edilmiştir. Tüm bitkicikler şaşırtmada canlılıklarını sürdürerek 16 hafta sonra mikorizal olanlar olmayanlara göre daha çok besin alımı yapmıştır. İnokule edilmiş kiraz bitkiciklerinin kökleri AMF ile ağır olarak kolonize olmuştur. in vitro ve ex vivo kültürden şaşırtma esnasında mikorizal inokulasyon büyüme tepkilerini uyarabilmiştir. Mikorizal kiraz anaçları kontrollara göre sağlıklı ve yüksek Zn ve P içermiştir. *G. mosseae* en etkin AMF türü olurken, yerel AMF ayrıca bitki büyümesini ve besin alınmasını artırmıştır. Gisela 5 anaç Edabariz'e göre önemli düzeyde P ve Zn içeriklerine sahip olmuştur. AMF inokulasyonlarının doku kültürü ile üretilen kiraz bitkiciklerinin büyüme ve gelişmelerini artırarak kiraz anaç üretimini iyileştirmede yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır (Aka-Kaçar et al. 2010).

### **Mikoriza uygulamalarında dikkat edilecek hususlar**

Küçük ölçekli AMF inokulum üretimi 1980'lerde ve müteakiben büyük ölçekli üretim 1990'larda başlatılmıştır. Şimdilerde birçok kurum AMF inokulumunu ticarileştirmiş olup resmi olarak ruhsat almıştır. Pazarda satılan inokulum turba,

kompost, vermikulit, perlit, kum ve kolonize olmuş kök parçaları, sporlar ve ipliksi ağların dağılmış bulunduğu şişirilmiş kil gibi karışık materyallerden yapılan granül maddeler halindedir. Ekseri bu kök parçacıkları, sporlar ve hifsel ağlar mikroskopik büyüklükte oldukları için çıplak gözle fark edilemezler. Ticari inokulumda birden çok AMF türünün bir karışımını bulundurma esas eğilimdir. Ticari inokulum için en sık kullanılan AMF türleri tipik olarak *Glomus intraradices*'dir. İn vivo ve in vitro'da çoğalmaya iyi adapte olmuş bu tür konukçu bitkilerin büyük bir bölümünü kolonize edebilir, uzun süreli depolamada canlılığını sürdürebilir ve dünyanın tümüne coğrafik olarak dağılmıştır. Bu karakteristikler *G. intraradices*'i ticari inokulum için mükemmel bir aday yapar. Esas olarak, *Glomus* türlerine fakat ayrıca *Gigaspora*, *Scutellospora* ve *Acaulospora* cinslerine ait diğer birçok AMF, ticari inokulum üretimi için tedrici olarak kullanılmaktadır. AMF bazen bitki koruma ve bitkisel üretim için potansiyel olarak iyi bir inokulum kurmak amacıyla, büyümeyi teşvik eden bakteriler ve ektomikorizal mantarlarla bir karışım haline getirilir.

Mantar propagulleri büyüme ortamlarından ekstrakte edilmeyi takiben konsantre edilerek torf, kum, vermikulit veya şişirilmiş kil gibi kariyerlerle karıştırılmak suretiyle hemen ve kolay kullanılan bir inokulum sağlanmış olur. Ürünler her hacim inokulumda aktif mantar propagullerinin belli bir miktarını içeren toz formunda hazırlanır. Bahçe bitkileri kullanımı için daha ziyade sıvı inokulum geliştirilmiştir. AMF açısından konukçu bitki veya ürüne kolonize olma ve özel çevresel büyüme koşullarına iyi adapte olmuş yüksek performanslı mikorizal mantar streynlerini seçme ticari inokulum kalitesini düzeltebilir. AMF inokulum üretiminde karşılaşılan güçlük sporların hemen dormansiye girmesi ve çimlenme oranlarının fevkalade azalmasıdır. Dormansiyi kırmak için soğuk-sıcak uygulaması kullanılabilir. Bu açıdan bazı engeller ve düzenlemeler söz konusudur. Bunlar müteakip ifadelerle açıklanmaya çalışılmıştır. İlk olarak, fosforlu gübrelerin fiyatına göre AMF inokulumunun fiyatı yüksektir. İkincisi, saksı kültürlerinde üretilen inokulum tam olarak dış mikroorganizmalardan arı değildir. Kolonize kökler doğrudan kariyerlere karıştırıldığında, dezenfekte edici bir kimyasalın hafif bir solüsyonu ile inokulumun etkinliğine dokunmaksızın yüzey sterilizasyonu yapılabilir. Ayrıca inokulum hazırlanırken temiz aletlerle çalışılması önerilir. Üçüncü de, mikorizal preparatın inokulum yapımcıları tarafından açıklanan mantar türü ve kök kolonizasyon seviyesi gibi özelliklere sahip olup olmadığının bilinmesidir. Son olarak, mikorizal inokulumun ticarileştirilmesi ve ruhsatlandırılması tarım bakanlıklarında yürütülür ve genellikle o ülkenin gübre yasasına tabidir. Kanada'da mikorizal inokulum toprak eki olarak düşünülür ve bu ürünler "gübrelerden gayri toprağın fiziksel koşulunun iyileştirilmesine veya bitki büyümesine ve ürün üretmeye yardım için hazırlanır veya satılır". ABD'de AMF inokulumunun ruhsatlandırılması mikorizal ürünün aktivitesine bağlı olarak gübre veya tarımsal ilaç sektörüne girebilir. Ekseri ülkelerde mikorizal mantarlar insan ve hayvan sağlığı için zararlı düşünülmez (Dalpe & Monreal 2004).

Mikorizal preparatlar, formülasyonları, uygulanmaları ve seçilmeleri ile ilgili olarak Lester (2009)'in açıklamaları oldukça değerlidir. Bu hususları bilerek uygulanması düşünülen mikorizal ürünleri seçmek ve satın almak başarı için elzemdir. Bu nedenle aşağıdaki Lester'in bilgilerini iyi değerlendirmek gerekir.

Böceklerin, hastalıkların ve yabancı otların biyolojik mücadelesi için ticari olarak sağlanabilen mantar, bakteri, virüs ve protozoa'nın birçok türü vardır. Bu türler ile hazırlanmış bazı ticari ürünler çeşitli organizmaların karışımlarını içerir. Diğer yandan, mikoriza toprak kökenli hastalıkların mücadelesinde yardımcı olur ve bitkiler için elde edilemeyen toprak besinlerini alınabilir yapar. Örtülü alanlarda mikoriza sterilize edilmiş topraklara sokulmalı ve güçlü sterilize edicilerin kullanılması, su altında kalmış toprakların oksijence düşük olması ve aşırı gübreleme yüzünden kayıplar nedeniyle bu işlem tekrarlanmalıdır. Mikoriza IPM ve organik ürün üretim programlarda iyi çalışır. Serada yetiştirilen ürünler, domates ve diğer sebzelerin üretim ve korunmasında özellikle inokulantlar olarak mikorizal mantarların kullanımı için büyük potansiyel vardır. Eğer mikoriza bitkileri hastalıklardan korumak amacıyla kullanılıyorsa infeksiyonlardan önce onu uygulamak en iyidir. Bu durumda mikoriza çok geç uygulanacak olursa sonuçlar memnun edici olmaz. Mikoriza mucize bir mücadele aracı değildir, fakat özel kullanım ve gerçekçi beklentilerle hastalıklarla mücadelede yarar sağlanabilir.

Saksıda yetiştirilen bitkiler için granül veya sıvı formülasyonlar kökle mikoriza temasa gelecek şekilde dikim çukuruna doğrudan uygulanmalıdır. Bitkiler büyüdükçe yapılan tekrarlı uygulamalarda toprak ıslatılarak uygulama yapılabilir. Yığın granül formülasyon bir çorap veya benzeri içine konulabilir ve organizmaların salınması ve aktive olmaları için bir süre suda ıslatılır. Bu sıvı sonra mevsim ilerledikçe toprağı ıslatılarak kullanılır. Birçok ticari saksı karışımları içine mikoriza karıştırılmıştır. Büyüme ortamlarına granül mikoriza şaşırtma öncesi toprağı karıştırılabilir veya granül bir gübre gibi şaşırtma sonrası toprak yüzeyine uygulanır. Mikorizal mantarların sterilize topraklara karıştırılması patojenleri rekabet dışı bırakan yararlı mikroorganizmaların popülasyonlarını yeniden kazanmak için özellikle önemlidir. Mikoriza aerobik olsa da, çeltik gibi anaerobik veya oksijence noksan çevrelerde büyüebilir, fakat popülasyonları bu çevrelerde büyük oranda azalır. Böylece çok uzun zaman ortamları su ile doyurmak doğru olmaz.

Çıplak köklü bitkiler daha önceden aktive edilmiş mikorizal mantar içeren solüsyonlar içine daldırılabilir. "Teabag" formülasyon normal bir poşet çayı gibi suda ıslatılabilir ve solüsyon ıslatma için kullanılır. Granüller daldırma solüsyonu için kullanılacak su içinde birkaç saat tutularak ayrıca çözülür. Mikoriza, özellikle *Glomus* sp. bir günde birçok kez geçiş yapan dönüşümlü besin solüsyonu yoluyla kum kültürü içine verilebilir. Basitçe, etiketine göre mikoriza ile besin tankı inokule edilir. Mikoriza testere talaşı torbalarına karıştırılabilir. Torba dışına bitkiler çıkmadan önce 48 saat besin solüsyonu ile bu torbalar ön ıslatmaya tabi

tutulmalıdır. Fideler alışık olunduğu üzere önceden içine mikoriza karıştırılmış veya mikorizal kök kesiminin hemen yakınına konmuş talaş içine şaşırtılır.

Tohumlar ekim zamanı mikoriza ile doğrudan temasa gelecek şekilde tohum yatağına konulabilir. Bu *Pythium* ve *Phytophthora* gibi kök patojenlerine karşı koruma için genç köklerin erken kolonize olmasını sağlar. Ancak, mikoriza'nın tohuma uygulanabilen veya bir tohum uygulaması olarak kullanılan herhangi bir mantar ilacı ile uyumlu olduğundan emin olmak gerekir. Mikoriza besin kaynağı olarak karbona gereksinim duyar. Konsantre bir organik madde olan humic asitler toprakta mikoriza eki olarak ekseri kullanılır. Bazı üreticiler bu amaçla şeker kullanır ki bu da patojeni destekleyebileceğinden doğru olmaz. Ortamın yüzeyine birkaç ayda bu uygulamaları tekrarlamak bu tür yararlı mantarların devamına yardım edecektir. Kökler beyaz mikorizal mantar ile %40-80 arasında bir örtüye sahipse o zaman bitkileri korumak için sağlıklı bir populasyon mevcut demektir.

Bu gün için pazarda birçok mikorizal ürün vardır. Mikorizal ürünleri satın alırken gereken bazı özelliklere dikkat etmek gerekir. Birinci olarak, formülasyon stabil olmalıdır. Çoğu ürün şimdi tozlar ve sıvılar halinde pazarlanmaktadır. Bir mikorizal ürün de biyolojik olarak parçalanabilen "teabag" şeklinde toz olarak pazarlanmaktadır. Bu toz dormansiden çıkmak için neme gerek duyan diğer mantar yapıları ve streynleri içerir. Mikorizanın kuru formülasyonları için raf ömrü 2 yıl genel olmasa da, tipik olarak 16-18 aydır. Buzdolabı veya özel işlem gerektiren ürünler tercih edilmemelidir. Buzdolabı isteyen ürünler ıslanabilir ve etkinliği satın alınmadan önce azalabilir. Stabil ürünler sıvı, granül veya "teabag" formülasyonlar halindedir. İkinci olarak, birkaç mikoriza türü içeren kombine ürünler tercih edilmelidir. Tek bir mikoriza türüne göre birden fazla türün karışımını içeren bir mikorizal ürün çok patojene karşı ekseri koruma verecektir. Çünkü bir tür etkinliğini kaybetmeye başlarken diğeri korumayı uzatabildiğinden, mikorizanın birçok türü uzun dönem mücadele için kombine edilebilmektedir. Ayrıca, ekto- ve endomikoriza'nın bir karışımına sahip ürünler tarımsal ürünlerin geniş bir bölümüne uygulanabilir. Üçüncü olarak etiket üzerinde ürün içindeki sporların veya koloni oluşturan birimlerin (CFUs) miktarına bakılmalıdır. Yüksek miktar içerenler bitkilere daha çok mantar propagülü inokule eder. Dördüncü olarak raf ömrü önemlidir. Uzun bir raf ömrü ürünün uzun zaman canlı ve aktif olduğunu garanti eder. Beşinci, ürün ne kadar zamandır pazardadır. Zayıf performanslı ürünleri firmalar uzun zaman pazarlayamayacaktır. Altıncı olarak ürünlerin hangi sıcaklıklarda iş göreceğine bakılmalıdır. Mikorizal mantarlar ekstrem sıcaklıklara dayanamaz, yavaşlar veya ölürlür. Son olarak, mikorizal ürün organik olarak ruhsatlı mıdır? Böyle ürünler insana zarar verici patojenler içermez, GDO veya sentetik olarak üretilmiş maddeler içermezler.

Mikoriza üreten AgBio, Ink. Firmasınca (Anonymous 2011b) açıklanmış olan müteakip bilgiler ayrıca bu konuda bilinmesi gereken hususlar olarak çok önemlidir. Mikoriza çimlenen ve kökü infekte eden yalnızca bir spordan oluşabilir, fakat onun kök sisteminin önemli bir bölümüne yayılması için mantar açısından

uzun bir zaman alabilir. Bu nedenle kolonizasyon olayını hızlandırmak için çoklu infeksiyon yerleri başlatmak iyidir. Gereken inokulum kök sisteminin büyüklüğüne ve yaşına bağlıdır. Topraktaki mikorizal mantar oldukça az olabilir ve yeni bitki köklerinden bir miktar uzağa yerleşik olabilir, böylece bir zaman için mikoriza'nın oluşumu gecikir. Hemen mikoriza oluşumu bitki için iyi gelir. Arbüsküler mikoriza oldukça az konukçu özelleşmesi gösterir, fakat bazı türler veya streynler diğerlerine oranla bazı topraklarda daha iyi iş görürler, böylece bitki tepkisi büyük olabilir. Bunun için mantar toprak pH'sı, organik madde içeriği vs. açısından uygulanan toprakla iyi uyumlu olmalıdır.

Bitkilerin yeşil aksamına uygulanan tarım ilaçları mikorizal oluşuma veya işlev üzerine herhangi bir ters etkiye sahip değildir. Toprağa uygulanan bazı mantar ilaçları mikoriza'yı inhibe etmez, toprak fumigantları mikorizal mantarları öldürebilir. Fosforlu gübrelerin yüksek oranları mikoriza oluşmasını inhibe eder; gübrelerin organik formları inorganik, eriyebilir gübrelere oranla mikoriza üzerine az inhibe edici etkiye sahip görülürler.

Mikorizal mantarlar kompost bitki kökleri içermeksizin kompostlarda bulunmazlar. Eğer kompost mikrobiyal aktiviteden ısınacak olursa o zaman mikorizal mantarlar öldürülebilir. Bazı kompostlar mikorizal mantar ile uyumlu olabilirken, diğerleri mikorizal mantarları inhibe edebilen yüksek tuz veya besin içeriğine sahip olabilir. Arbüsküler mikoriza'nın sporları bitki köklerinin yokluğunda birçok yıl yaşayabilir veya yüksek düzeyde dayanıklıdır. Kökler yakına geldiğinde onlar çimlenir ve kökleri kolonize ederler. Mikorizal mantarlar infekte olabilir köklerle hemen temas haline getirilmelidir, kurulmuş bitkilerin inokule olabilecekleri olası değildir. Ayrıca, kurulmuş bitkiler muhtemelen mikorizal mantarları kazanmışlardır ve inokulum ekleme etkin olmayacaktır. Eğer bitkiler mikoriza yokluğunda yaşamak için zorlanıyorsa, o zaman kök sistemi içine inokulumun sıvı süspansiyonlarını ıslatmak veya inokulumu injekte etme yararlı olabilir.

Fümige toprakların AMF ile kolonize olması uzun bir zaman alabilir. AMF sporları büyüktür ve hava yoluyla taşınmazlar. Ancak, onlar toz veya toprak hareketi halinde civarda veya toprak taşıyan su içinde hareket edebilir veya fümigasyon seviyesinin aşağısından fümige toprak içine yukarıya çıkabilirler. Ekseri tüm tarımsal ürün bitkileri arbüsküler mikoriza oluşturabilir, fakat bazıları diğerlerine göre mikorizaya çok daha fazla bağımlıdır. Yüksek düzeyde bağımlı bitkiler eğer doğal inokulum yeterli miktarda mevcut değilse; toprak patojenleri, yabancı otları veya böcekleri öldürmek için fümige edildiğinde veya bitkiler mikorizal inokulumun bulunmadığı topraksız ortamlarda yetiştirildiklerinde inokule edilmeyi gereksinirler. Yol kesmeleri, maden alanları, yüksek düzeyde aşınmış veya tuzlu topraklar veya çok besin noksanlığı olan topraklar veya kuraktan strese girmiş alanlar gibi yüksek biçimde bozulmuş alanlar inokule edilmeli veya oralarda yetiştirilecek bitkiler önceden inokule edilmelidir.

Bir başka ticari kurumun mikorizal ürünü için tanıtım amaçlı verdiği bilgiler ile burada konuya devam edilmektedir. Mikoriza bitki fizyolojisinde, mineral beslenmede, su alınmasında, hormon üretiminde ve hastalığa dayanıklılıkta önemli ve olumlu bir rol oynar. Fungisitlerle fumigasyon, uzun nadas dönemleri, sık toprak işleme, tarla tesviyesi ve toprak kaybı, asit ve amonyak esaslı gübreler kullanılması gibi kültürel pratikler toprakta mikoriza'nın azalmasına katkıda bulunabilir. Bu ürün içindeki mikorizal mantarlar P, S, Ca, Zn, ve Cu gibi hayati bitki besinlerinin artan absorpsiyonu ve translokasyonunu sağlar. O Kök patojenleri ve nematolara karşı fiziksel bir engel oluşturur. Kurak, yüksek tuzluluk ve ağır metal konsantrasyonları gibi çevresel strese artan tolerans, artan bitki büyümesi ve gümrahlığı sağlar. Toprak partiküllerinin aggregasyonu sonucu toprağı stabilize eder. Bu fima ürünü mikorizal mantarların 6 yeni türünü içermektedir. Bunlar: *Glomus intraradices* (endo) otlar, çayırlar ve succulent'ler; *G. mosseae* (endo) odunsu çok yıllıklar, *Pisolithus tinctorius* (ecto) meşe, nut'lar ve konifer'ler; *Scleroderma* (ecto) tüm ağaçlar ve çalılar; *Laccaria bicolor* (ecto) geniş konukçu aralığı gibi konukçuları kolonize etme yeteneğindedirler. Mikorizal bu ürün toprağı doğrudan uygulanabilir ve doğrudan ekim çukuru 5-15 cm derinlikte karıştırılır. Bu ürünün ayrıca "teabag" formülasyonu şaşırtmada kullanılır (Anonymous 2008).

## Sonuç

Mantarlar klorofilden yoksun oldukları için karbonlu besinler sentezleyemez ve bu yüzden karbonlu besinleri diğer canlılardan temin ederler. Özellikle ölü organik artıklardan karbonlu besin sağlarken yerkürede besin döngüsünü devam ettirirler. Karbonlu ve diğer bazı besinleri canlı bitki ve hayvanlardan temin ettiklerinde onları hastalandırır. Bu besinleri elde etmek için bitkilerle mutual olarak beraberlikler kurduklarında, kendileri beslendiği gibi sağladıkları yararlarla biyosferi oluşturan bitkiler ve hayvan topluluklarını belirlerler. İşte bu aktivite mikoriza'dır. Bitki kılcal kökleriyle esas olarak beraber olan endomikoriza ve ektomikoriza gibi iki tip mikoriza vardır. Endomikoriza daha ziyade Glomeromycota ve ektomikoriza da Basidiomycota üyesi mantarlarca oluşturulur. Mikoriza ayrıca toprak yapısını düzeltir. Mikorizal mantar hifleri humik bileşikler ve organik yapışkan maddeler üreterek, toprağı agregat'lar haline bağlamak suretiyle, toprak yapısını ve toprak porozitesini iyileştirirler. Bu tür mantar ve bitki birlikteliği bitkilerin tuzluluk ve ağır metallere artan toleransına, bitki yeşil aksamında beslenen böceklere karşı artan dayanıklılığa ve bitkilerce başta P olmak üzere, Zn, Fe, N, K ve Mg'u içeren besinlerin artan alınmasına yol açar. Ayrıca, mikorizal birlikler bitki hastalıklarının biyolojik mücadelesinde ve bitkilerin büyüüp gelişmesinde rol oynarlar. Mikorizal mantarlar bitki köklerini habitat ve besin kaynağı olarak ele geçirmek için toprak kökenli patojen mantarlar ile rekabete girmek suretiyle biyolojik mücadeleyi gerçekleştirirler. Patojenlere karşı

kök yüzeyini bir manto gibi sararak fiziksel bir engel oluştururlar. Ayrıca bitki savunmalarını uyarmak suretiyle bitkilerin patojenlere karşı dayanıklılık mekanizmaları geliştirmelerine öncülük ederler. Bu nedenlerle mikorizal mantarlar karasal ekosistem fonksiyonu ve bunun devamı için elzemdir.

Biyolojik mücadele hastalık organizması patojen, konukçu ürün bitkisi, antagonist mikroorganizma ve çevre arasında cereyan eden karşılıklı ilişkiler sonucu bitki hastalıklarının baskılanmasıdır. Biyolojik mücadele esas olarak doğada kendiliğinden veya insanlarca kasıtlı olarak patojen, konukçu, antagonist ve çevrenin maniple edilmesi sonucu başarılıdır. Bu amaçla ürün bitkileri rizosfer ve filozferinde mikrobiyal antagonistlerin artırılması ve ayrıca muhafazası için çalışılır. Bitki çevresinin dışarıdan yapılacak ilavelerle antagonistlerce zenginleştirilmesi için daha ziyade lokal olarak adapte olmuş streynler kullanılmalıdır. Antibiyotik üretebilme yeteneğinde farklı streynler biyolojik mücadelede başarı için daha avantajlı olarak görülebilseler de, lokal koşullara adapte olmuş rekabetçiler kaynaklar için yarışmak ve patojenleri etkin şekilde önlemek için daha etkindirler.

Çeşitli habitatlarda bitki patojenleri r- ve K-stratejist olmanın değişik derecelerine sahiptirler. Antagonistler de r-K stratejist olma ve diğer karakteristikler yönünden değişirler. Bazı etmenler sınırlı kaynaklar için rekabetle iş görerek patojen popülasyonlarının büyümesini bastırır, hastalık oluşumunu veya şiddetini azaltırlar. Bitki patojenlerini baskılamada antagonistleri azaltan pratiklerden sakınma veya onların büyümesini artırabilecek şekilde çevreyi değiştirme önemlidir. Hastalıklara karşı koruma sağlamak için floranın şekillenmesinde bir yol toprakları veya tohumları mikrobiyal antagonistlerle inokule etmektir. Ayrıca, bazı mikroorganizmalarla bitkilerin inokulasyonu bitkilerde patojenlere karşı dayanıklılık mekanizmalarını uyarabilir. Bitkilerde patojenlere karşı doğal dayanıklılık mekanizmaları bir kez aktive dildiğinde, uzun dönem artan bir savunma kapasitesi sürdürülür ve çoklu patojenlere karşı etki sağlanır. Biyolojik mücadelede yararlı mikroorganizmaların bitki patojenlerini baskılamasında hipovirülens, lisis ve mutualizm gibi diğer mekanizmalar iş görür.

Mutualizm bir şekilde bir araya gelmiş organizmalardan her bir türün yarar sağladığı iki veya daha çok tür arasındaki beraberliktir. Bazen bitkiler ve mikorizal mantarlar arasındaki gibi, mutualizm yakın fiziksel ve biyokimyasal teması içeren zorunlu yaşam boyu bir interaksiyondur. Bu tip mutualizm beslenmeyi iyileştirmek suretiyle konukçu bitkiyi takviye ve savunmalarını teşvik ederek biyolojik mücadeleye katkıda bulunabilir. Ektomikorizal mantarlar daha çok besin alınmasıyla ilgili olsalar da, tam olarak kökleri kuşattıklarından toprağa erişen salguların nitelik ve niceliğini değiştirerek mikorizalı kökler farklı bir rizosfere sahip olur. Bu durum rizosferde yararlı mikroorganizma popülasyonlarını destekleyebilir. Mikorizal mantarlar toprak kökenli hastalıklara karşı konukçu türlerinin büyük bir bölümü için birçok şekilde bitki dayanıklılığını düzeltebilmektedir. Patojenler için kaynakların azaltılması, kök dokularında



fiziksel ve kimyasal değişim ile bitki için çevresel streslerin azalması gibi diğer mikorizal kazanımlar nematotlar dahil patojenlere karşı iş görmektedir.

Bitki hastalıklarıyla mücadelede kimyasal mücadelenin çevre yönünden sakıncaları nedeniyle, alternatif bir mücadele yöntemi olarak biyolojik mücadelenin her geçen gün yaygınlaşması, mikorizal uygulamaların önemini artırmaktadır. Bu nedenle özellikle son on yılda bitki hastalıklarıyla biyolojik mücadelede kullanılmak üzere mikorizal mantarlarla hazırlanmış birçok doğal tarım ilacı piyasaya çıkmıştır. Tüm diğer yöntemlerde olduğu üzere bunların kullanımında bitki hastalıkları konusunu yeterince bilmek gerekir. Aksi takdirde söz konusu mikorizal preparatlar her şey değildir. Çünkü hedef bitki hastalığı ve nedeni patojen organizmayı baskılayabilecek mikorizal ilaç bazı özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca, biyolojik mücadelenin ekolojik bir olay olarak zaman alacağı, patojen ve hastalığın kökünü kazıma yerine onu baskılayabilme şeklinde iş görebileceği ve daha ziyade hastalıklardan korunma şeklinde başarı sağlanabileceği akılda tutulmalıdır. Bu esaslardan hareketle, biyolojik mücadele elemanı olarak hastalıklara karşı kullanılacak mikorizal mantarlar daha ziyade yerel mikrobiyal popülasyonlar içinden seçilmiş olmalı veya geniş bir coğrafyaya dağılmış olarak bulunanlar tercih edilmelidir. Mikorizal preparatlar daha ziyade patojen enfeksiyon yapmadan önce; ekim, dikim döneminde tohuma, toprağa veya fideye uygulanmalıdır. Bitkiler geliştikten sonra yapılacak uygulamalarda, daha ziyade K-stratejist'ler gibi yüksek düzeyde rekabetçi tür içerenler tercih edilmelidir. Bu amaç için tüm mikorizal mantar türleri aynı kapasite ve toleransa sahip değildir. Genelde, *Glomus* türleri en yaygın kullanılan AMF olsa da; endo- ve ektomikorizal türleri birlikte içeren, birden fazla mikorizal türe sahip ticari mikorizal ürünleri seçilmelidir. Böylece, bir tür ile sağlanamayan bir miktar yarar daha elde edilebilir. Bazı mikoriza tipleri için toprak pH'sı ve toprak organik maddesi önemli olduğundan, uygulama için bu gibi toprak özellikleri ile mikorizal mantarın uyumlu olup olmadığına bakılmalıdır. Mikoriza özellikle IPM ve organik ürün üretimi ile azaltılmış toprak işleme yapılan sistemlerde ve bazı ürün bitkisi türleriyle iyi çalışır. Uygulamalarda mikorizal mantar propagullerinin kolonize olabileceği köklerle doğrudan temasa gelmeleri için yeterince inokulum kullanılmalıdır. Toprak fümigantları mikorizal mantarları öldürebilmekte ve sık toprak işleme mikoriza oluşmasını inhibe edebilmektedir. Bu yüzden mikorizal mantarlar dahil yararlı mikroorganizma popülasyonlarının gelişimi fümigasyondan ve toprak işlemeden sonra mikorizal uygulamalar ile teşvik edilmelidir. Yüksek fosforlu gübre kullanımı ayrıca mikoriza oluşumunu önleyebildiğinden, rizosferde mikorizal birliklerin devamı için aşırı P'lu gübre uygulaması yapılmamalıdır. Arbüsküler mikoriza'nın sporları bitki köklerinin yokluğunda birçok yıl yaşayabilir veya yüksek düzeyde dayanıklıdır. Mikorizanın kuru formülasyonları 2 yıl genel olmasa da tipik raf ömürleri 16-18 ay kadardır. Buzdolabı veya özel işlem gerektiren mikorizal ürünler ıslanabilecekleri ve etkinlikleri satın alınmadan önce azalabileceği nedeniyle tercih edilmemelidir.

## Kaynaklar

- Agrios G. N. 2005. Plant Pathology (5th edition). Elsevier Academic Press, Burlington, Madison, USA, 922 pp.
- Aka-Kaçar Y., Ç. Akpınar, A. Agar, Y. Yalçın-Mendi, S. Serçe & I. Ortaş 2010. The effect of mycorrhizas in nutrient uptake and biomass of cherry rootstocks during acclimatization. *Romanian Biotechnological Letters*, 15 (3): 5246-5250.
- Alexopoulos C. J., C. W. Mims & M. Blackwell 1996. Introductory Mycology (4th edition). John Wiley & Sons, New York.
- Amaranthus M. P. 2001. Biological Tool Improves Establishment, Growth, Disease and Drought Resistance of Golf Turf Grasses. <http://www.htpa.org> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Amaranthus M. P. 2004. Mycorrhizal Management-A Look Beneath the Surface at Plant Establishment and Growth. <http://www.fungi.com> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Anonymous 2008. Mycormax Plant Starter Safergo (Mycorrhizal fungus) <http://www.jhbiotech.com> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Anonymous, 2009. <http://en.wikipedia.org/wiki/Fungus>. (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2011)
- Anonymous, 2011a. Life on Earth-Organism. <http://en.wikipedia.org> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Anonymous 2011b. Mycorrhizae-Frequently Asked Questions. Mycorrhizae FAQ-AgBio, Inc. <http://www.agbio-inc.com>(Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- Anonymous 2011c. Biological Control of Plant Pathogens. <http://www.apsnet.org> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Aysan E. & S. Demir 2009. Using arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium leguminosarum* Biovar *phaseoli* against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Pathology Journal*, 8: 74-78.
- Baker K. F., R. J. Cook & S. D. Garrett 1974. Biological Control of Plant Pathogens. W. H. Freeman & Company, San Francisco, 433 pp.
- Blackwell M., R. Vilgalys, T. Y. James & J. W. Taylor 2009. Fungi. Eumycota: Mushrooms, Sac Fungi, Yeasts, Moulds, Rusts, Smuts, etc. The Tree of Life Web Project. <http://tolweb.org> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Bonello P. 2001. Mycorrhizas in the Urban Landscape. Ohio State University Extension <http://ohioline.osu.edu> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Brundrett M. 1991. Ectomycorrhizae. CSIRO Forestry and Forest Products. <http://www.ffp.csiro.au> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Brundrett M. & N. Bougher 1995. Ectomycorrhizal Associates of Eucalypts. CSIRO Forestry and Forest Products. <http://www.ffp.csiro.au> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Carlile M. J. & S. C. Watkinson 1995. The Fungi. Academic Press, New York, 482 pp.
- Cavalier-Smith T. 1988. A Revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews*, 73: 203-266.
- Comis D. 2007. Glomalin-Soil's Superglue. USDA, ARS. <http://www.ars.usda.gov> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2011).
- Cook R. J. 1988. Biological control and holistic plant-health care in agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 3 (2-3): 51-62.
- Cordell C. E., R. L. Anderson, W. H. Hoffard, T. D. Landis, R. S. Jr. Smith & H. V. Toko 1989. Mycorrhizae-Benefits and Practical Application in Forest Tree Nurseries. Forest

- Nurseries Pests. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agricultural Handbook. No: 680, 184 p.
- Dalpe Y. & M. Monreal 2004. Arbuscular mycorrhiza inoculum to support sustainable cropping systems. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2004-0301-09-RV.
- De la Pena E., S. R. Echeverria, W. H. van der Putten, H. Freitas & M. Moens 2006. Mechanism of control root-feeding nematodes by mycorrhizal fungi in the dune grass *Ammophila arenaria*. *New Phytologist*, 169: 828-840.
- Günay İ. 2005. Tarsus Karabucak ormanlarındaki okaliptüs ve fıstık çamlarının köklerinde mutualistik olarak yaşayan ektomikorizal fungusların belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 41 s.
- Hibbett D. S., M. Binder, J. F. Bischoff, M. Blackwell, P. F. Cannon, O. E. Eriksson, S. Huhndorf, T. James, P. M. Kirk, R. Lücking, T. Lumbsch, F. Lutzoni, P. B. Matheny, D. J. McLaughlin, M. J. Powell, S. Redhead, C. L. Schoch, J. W. Spatafora, J. A. Stalpers, R. Vilgalys, M. C. Aime, A. Aptroot, R. Bauer, D. Begerow, G. L. Benny, L. A. Castlebury, P. W. Crous, Y.-C. Dai, W. Gams, D. M. Geiser, G. W. Griffith, C. Gueidan, D. L. Hawksworth, G. Hestmark, K. Hosaka, R. A. Humber, K. Hyde, J. E. Ironside, U. Kõljalg, C. P. Kurtzman, K.-H. Larsson, R. Lichtwardt, J. Longcore, J. Miądlikowska, A. Miller, J.-M. Moncalvo, S. Mozley-Standridge, F. Oberwinkler, J. Sugiyama, R. G. Thorn, L. Tibell, W. A. Untereiner, C. Walker, Z. Wang, A. Weir, M. Weiß, M. M. White, K. Winka, Y. J. Yao & N. Zhang 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research*, 111: 509-547.
- Holt J. R. 2009. Systematic Biology-Fungi. Course Syllabus. Susquehanna University, Pennsylvania, USA. <http://comenius.susqu.edu> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- Lester D. 2009. Buying and Applying Mycorrhizal Fungi. Maximum Yield-Indoor Gardening: <http://www.maximumyield.com> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- Liang B. 2005. The Fungi Kingdom: Common Characteristics of Fungi. <http://www.wisc-online.com> (Erişim tarihi: 18 Aralık 2011).
- Mahmood I. & R. Rizvi 2010. Mycorrhiza and organic farming. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9: 241-248.
- Marx D. H. 2001. The Prize Lecture: Part I of II- Pt Ectomycorrhizal fungi. Forest application of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. <http://www.planthealthcare.co.uk> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- McSpadden Gardener B. B. & D. R. Fravel 2002. Biological Control of Plant Pathogens: Research, Commercialization and Application in the USA. Online. *Plant Health Progress* doi: 10.1094/PHP-2002-0510-01-RV.
- Mikola P. 1973. Application of Mycorrhizal Symbiosis in Forestry Practicals. In *Ectomycorrhizae* (eds: G. C. Marks and T.T. Kozlowski), Academic Press, New York, 383-411 pp.
- Molina R., T. O'Dell, D. Luoma, M. Amaranthus, M. Castellano & K. Russel 1993. Biology, Ecology and Social Aspects of Wild Edible Mushrooms in the Forests of the Pacific Northwest: A Preface to Managing Commercial Harvest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-309. Portland, OR: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 42 p.
- Molina R., D. Pilz, J. Smith, S. Dunham, T. Dreisbach, T. O'Dell & M. Castellano 2001. Conservation and Management of Forest Fungi in the Pacific Northwestern United States: an Integrated Ecosystem Approach. Pp. 10-63. In: *Fungal Conservations-Issues*

- and Solutions. Eds. D. Moore, M. M. Nauta, S. E. Evans & M. Rotheroe, Cambridge University Press, Cambridge UK.
- Monther M. T. 2009. Mechanisms involved in the biological control of tomato bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* using arbuscular mycorrhizal fungi. Ph. D. Thesis, Universiti Putra, Malaysia.
- Müller E. & W. Loeffler 1976. Mycology: An Outline for Science and Medical Students. Georg Thieme Publishers Stuttgart, 305 pp.
- Orhan İ. 2011. İki Ticari Biyofungisit ve Bir Mikorizal Reparlat'ın Domateste *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *radicis-lycopersici* J. S. Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına Etkinliği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 47 s.
- Özgönen, H., 1998. Domateste *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*'nin neden olduğu *Fusarium* solgunluğuna karşı salisilik asidin ve endomikorizal fungus *Glomus etunicatus*'un kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 42 s.
- Pal K. K. & B. B. McSpadden Gardener 2006. Biological Control of Plant Pathogens. *The Plant Health Instructor*, 1117-02.
- Pozo M. J., C. Cordier, E. Dumas-Gaudot, S. Gianinazzi, J. M. Barea & C. Azcon-Aguilar 2002. Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defense responses to *Phytophthora* infection in tomato plants. *Journal of Experimental Botany*, 53 (368): 525-534.
- Redecker D. 2008. Glomeromycota. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Relative (s). The Tree of Life Web Project. <http://tolweb.org> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- Song Y. Y., R. S. Zeng, J. F. Xu, J. Li, X. Shen & W. G. Yihdego 2010. Interplant communication of tomato plants through underground common mycorrhizal Networks. *PLoS One*. 13; 5(10): 13324.
- Sylvia D. M. 1999. Mycorrhizal Symbiosis. In: Principles and Applications of Soil Microbiology. Eds. D. M. Sylvia, J. J. Fuhrmann, P. G. Hartel, and D. A. Zuberer, Prentice Hall, N. J. USA.
- Traquair J. 1995. Frequently Asked Questions about Fungi and Mycorrhizae. Fungi and Mycorrhizae FAQs. <http://lists.ibiblio.org> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- Vander Heijden M. G. A., A. Wiemken & I. R. Sanders 2003. Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plants. *New Phytologist*, 157: 569-578.
- Whittaker R. H. 1969. New concepts of kingdoms of organisms. *Science*, 163: 150-160.
- Williamson R. C. 1999. Biorational Pesticides: What are they anyway? Alternative Emerge for Chemical Products. Golf Course Management- Golf Course Superintendents of America. <http://archive.lib.msu.edu> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- Wong G. J. 2011. Introduction to Botany 135: Magical Mushrooms and Mystical Molds. University of Hawai, Botany 135 Syllabus. <http://www.botany.hawaii.edu> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011).
- Zadoks J. C. & R. D. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford University Press, New York, 427 pp.