

Derleme/Review

Toprak Verimliliği ve Bitki Gelişiminde Peyniraltı Suyu ve Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF)'un Önemi

Elvan OCAK¹

Semra DEMİR²

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü VAN

²Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü VAN

*e-posta: elvanocak@yyu.edu.tr Tel: +90 (432) 225 10 24 ; Faks: +90 (432) 225 16 24

Özet: Kaliteli toprak yapısını muhafaza etmek ve onu geliştirmek sürdürülebilir tarımın öncelikleri arasında yer almaktadır. Bu amaçla son yıllarda toprak yapısını güçlendirmek amacıyla organik maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Bitkilerin besin statülerini artırmak amacıyla uygulanan bu organik maddelerden biri de tarlalarda gübreleme amaçlı olarak peyniraltı suyunun sulama suyu veya püskürtme şeklinde kullanılmasıdır. Peyniraltı suyu gübreleme ve mikrobiyolojik gelişim açısından önemli olan N, P, K, S, Ca, Na, Mg, laktoz ve protein içermektedir. Gübreleme amaçlı olarak kullanıldığında sadece bitki gelişimini değil aynı zamanda topraktaki yararlı mikroorganizma popülasyonunu da teşvik etmektedir. Arbusküler Mikorhiza (AM) da toprak mikroorganizmaları ile bitkiler arasında görülen en yaygın mikorhizal ortaklıklardan biridir. Konukçu bitki, fungusla karbon bileşikleri sağlarken, fungus da bitkinin besin ve su alabilme kapasitesini artırmaktadır. Bu derlemede önemli toprak simbiyotlarından biri olan AMF ve simbiyotik yaşama destek veren peyniraltı suyunun özellikleri ve aralarındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arbusküler mikorhizal fungus (AMF), Bitki gelişimi, Peyniraltı suyu (PAS), Toprak verimliliği

Importance of Whey and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) in Soil Fertility and Plant Growth

Abstract

The building and maintenance of good soil structure are the objectives of sustainable agriculture. For this reason recently, a variety of organic substrates as manure has been used to improve soil structure. The use of whey or whey spraying as manure for fields is one of the strategy to enhance nutrient outflow to plants. The constituents of whey which are important for manuring and microbiologically growth are N, P, K, S, Ca, Na, Mg, lactose and proteins. It used for manuring purposes not only to encourage plant growth but may also increase useful microorganism population in the soil. Arbuscular mycorrhiza (AM) is one of the most widespread mycorrhizal associations between soil microorganisms and higher plants. The host plant provides the fungus with soluble carbon sources, and the fungus provides the host plant with an increased capacity to absorb water and nutrients from the soil. In this review properties of AMF is one of the major soil symbionts and whey is symbiotic associations support and relationship between the two were tried.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungus (AMF), Plant growth, Whey, Soil fertility

Giriş

Kaliteli bir toprak yapısı geliştirmek ve onu muhafaza etmek sürdürülebilir tarımın amaçları arasındadır. Sürdürülebilir tarıma duyulan ilgiden dolayı, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini teşvik etmek için, organik atıkların ilavesi gibi tarımsal uygulamalara ivme kazandırılmıştır (Sonnleitner ve ark. 2003a). Toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi, toprak neminin artmasını, toprak strüktürünün düzenlenmesini ve erozyona karşı toprak dayanıklılığını sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda toprak yapısını güçlendirmek için bazı organik substratlara yoğun ilgi gösterilmeye başlanmıştır (Lynch ve Bragg 1985; Tisdall ve ark. 1997; Sonnleitner ve ark. 2003b). Nitekim endüstriyel ülkelerde topraktaki besin döngüsünü muhafaza etmek ve atık maddeleri organik madde olarak toprağa kazandırmak yönünde yoğun çalışmalar yürütülmektedir (Kirchmann ve Ryan 2004). Toprağa eklenen bu organik maddeler

basit şekerlerden (glukoz ve sukroz), çok kompleks karbonhidratlar (selüloz, kitin ve nişasta) ve kompleks organik materyallere (saman, turba, kompost, gübre, atık çamur ve kentsel atıklar) kadar uzanan geniş bir dizi içinde yer almaktadır (Sonnleitner ve ark. 2003b). Bu bahsedilen organik maddelerin yanı sıra peynir altı suyu ve bitkisel yağlar da toprağa eklenen diğer organik materyaller arasında bulunmaktadır (Sonnleitner ve ark. 2003a).

Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF) doğal ve tarımsal ekosistemlerde yaygın olarak bulunan ve toprak rizosferindeki en fonksiyonel mikrobiyal simbiyotlardan biridir (Smith ve Read 2008). Bitki gelişimi ve dayanıklılığı açısından bitkiye önemli avantajlar sağlayan bu mikroorganizmalar toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısından etkilenmekte, söz konusu faktörler fungus gelişiminde de önemli roller oynamaktadırlar (Demir ve Özrenk 2009). Bu bağlamda konvansiyonel ve sürdürülebilir tarım sistemlerinde toprağa uygulanan organik veya sentetik materyaller, toprağın biyolojik yapısı ve aktivitesini büyük ölçüde yönlendirmektedirler.

Bu derlemede, bitki gelişimi ve toprak verimliliği açısından önemli rolleri bulunan peyniraltı suyu (PAS) ve AM funguslarının genel özellikleri, tarımsal ekosistemlerdeki konumları ve birlikte kullanılma olanakları hakkında genel bilgiler verilmektedir.

Peyniraltı suyu (PAS)

PAS'ın Özellikleri

Peyniraltı suyu, peynir yapımı sırasında sütün herhangi organik bir asit veya peynir mayası (rennet enzimi) ile pıhtılaştırılmasından ve süzme işlemi ile telemenin alınmasından sonra geriye kalan yeşilimsi sarı renkteki bir yan üründür. Peynir yapım yöntemlerine göre değişiklik göstermekle beraber, peynir yapımında kullanılan sütün yaklaşık % 70-90 kadarı peyniraltı suyuna geçmektedir (Demirci ve ark. 2000). Besin elementleri açısından oldukça zengin olan peyniraltı suyunun (Çizelge 1) Ülkemizde en basit değerlendirilme şekli lor yapımıdır ve işleme sonrası çok az miktarlarda elde edilir. Ayrıca birkaç modern işletmede ve belirli ölçekte kurutulmuş değerlendirilmektedir. Ancak bol miktarda elde edilen ve değerlendirme dışı kalan PAS çoğunlukla kanal ve akarsulara verilmek zorunda kalmaktadır.

Çizelge 1. Peyniraltı suyunun bileşimi (%) (Demirci ve ark. 2000)

İçerik	Rennet Enzimi (Maya) ile Yapılan	Asit ile Yapılan
Toplam Kuru Madde	6.4	6.5
Su	93.6	93.5
Yağ	0.05	0.04
Toplam Protein	0.55	0.55
NPN (Protein olmayan azot)	0.18	0.18
Laktoz	4.8	4.9
Mineral Madde	0.5	0.8

Peyniraltı suyu ısı işlem gördüğünde denatüre olan proteinlere serum (peyniraltı suyu) proteinleri denmektedir. Bir litre sütte bulunan ve peynir pıhtısının süzülmesinde direkt olarak PAS'a geçen önemli serum proteinleri ve miktarları şöyledir: β -laktoglobulin 3400 mg, α -laktalbumin (ALA) 1300 mg, serum albumin 400 mg, immoglobulin 810 mg, proteaz-pepton 800 mg, glokomakropeptit 600 mg, laktoferrin 100 mg, transferin 100 mg'dır (Tarakçı ve Küçüköner 2003). Görüldüğü üzere peyniraltı suyu besin içeriği, biyolojik değeri ve gıda fonksiyonelliği açısından önemli katkıları olan proteinler açısından da oldukça zengindir (Onwulata ve Huth 2008).

Besin elementleri açısından oldukça zengin olan peyniraltı suyunun (Çizelge 1) farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Bu kullanım alanları gıda sektöründen hayvan beslenmesine, plastik yapımından toprak gübrelenmesine kadar birbirinden oldukça geniş alanı kapsamaktadır (Sienkiewicz ve Riedel 1990; Zadow 1994).

PAS'ın Toprak Verimliliğine Etkisi

Besin içeriği açısından önemli bir sütünlük artığı olan peyniraltı suyu genellikle hiç işlem görmeden doğrudan alıcı su kaynağına verilmekte, bunun sonucunda da yaklaşık 40.000 BOD (Biochemical Oxygen Demand) düzeyinde bir kirlilik oluşmaktadır (Sienkiewicz ve Riedel 1990). Bu değer sınır değer olup, anaerobik arıtım gerektirecek kadar yüksek bir kirliliği tanımlamaktadır. Oysa ki çevre kirliliğine neden olmadan, herhangi bir masraf veya işlem yapmadan böylesine kompleks bir bileşimi değerlendirmenin farklı bir olanağı da bulunmaktadır. Bu da peyniraltı suyunun gübreleme amacıyla kullanılmasıdır (Watson 1978; Sienkiewicz ve Riedel 1990). Oldukça zengin bir sütünlük artığı olan peyniraltı suyu, yoğun besin maddesi içeriği ile hem toprağa besin takviyesi yapmakta hem de toprak strüktüründe agregatlaşmayı teşvik etmektedir (Sonnleitner ve ark. 2003 a,b).

A.B.D.'de yapılan bir çalışmada tarlaya atılan her 3 ton peynir altı suyunun bitkiye sağladığı besin maddeleri açısından 1 ton çiftlik gübresine eşdeğer olduğu hesaplanmış ve bu uygulamanın ekonomik olmakla birlikte toprağın yapısını da olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir. (Ryder 1980). Gillies (1974), tarlaya veya meraya verilen 1 ton peynir suyunun, toprağa 1.5 kg N, 0.4 kg P ve 1.5 kg K' un yanı sıra az miktarlarda da Na, Ca, Mg, ve Cl sağladığını ve dönüme 25 ton'a kadar peynir altı suyunun rahatlıkla kullanılabileceğini bildirmiştir. Polonya' da yapılan bir araştırmada hektara 1000-1500 m³ peynir altı suyunun püskürtülmesi veya bitkilerin 3000-7000 m³ dozunda sulanması ile üründe önemli artışların olduğu saptanmıştır (Sienkiewicz ve Riedel, 1990). Watson (1978), toprağa peynir altı suyu uygulamasının toprağın porozitesini (gözenekliliğini) artırmasının yanı sıra mısır bitkisinde ürün artışlarını da teşvik ettiğini ortaya koymuştur. Morris (1985) tarafından yapılan bir araştırmada ise, bir hektara verilen 4.5 ton peynir altı suyu ile toprağa hektara 68 kg N, 30 kg P, 70 kg K, 50 kg S, 53 kg Ca, 20 kg Na ve 5 kg Mg'nin ilave olduğu ortaya konulmuştur (Sienkiewicz ve Riedel 1990).

PAS'ın Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi

PAS üzerinde yapılan bazı çalışmalar peyniraltı suyunun mikrobiyal gelişim üzerinde etkili olduğunu ve bu olumlu etkinin toprağın mikrobiyal faunasına yansıtılabileceğini göstermektedir (Reddy ve ark. 1987, Özrenk ve ark. 2003). Peyniraltı suyunun bileşimi dikkate alındığında, bu üründe bulunan protein azotunun toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından % 30-60 oranında inorganik azota dönüştürüldüğü ve laktozun mikroorganizmalar için bir enerji kaynağı olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Ayrıca peynir altı suyunun gübreleme amacıyla kullanıldığında toprak strüktürünü, su tutma kapasitesini ve poroziteyi arttırdığı da belirtilmektedir (Sienkiewicz ve Riedel 1990). Ülkemizde Konar ve Arıoğlu (1987) tarafından yapılan çalışmada, peynir suyunun soya üretiminde gübre olarak kullanılabilmesi saptanmış ve peynir suyu kullanılan parsellerde *Rhizobium* bakterilerinden kaynaklanan nodül oluşumunun arttığı ifade edilmiştir. Ayrıca Özrenk ve ark. (2003) ve Demir ve Özrenk (2009) tarafından yapılan çalışmalarda düşük dozdaki peyniraltı suyu uygulamasının AM funguslarının kolonizasyonu ve sporulasyonu üzerinde olumlu etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

Biyolojik değeri oldukça fazla olan PAS proteinlerinin insanlarda doğal ve modifiye edilmiş olarak antiviral etkilerinin olduğu birçok çalışma ile ortaya konulmuş olmakla beraber (Pan ve ark. 2006), külleme hastalıklarının ve bitki viruslarının kontrolünde de süte dayalı ürünlerin etkili olduğu tespit edilmiştir. Crips ve ark. (2006) bağlarda önemli zarara yol açan bağ küllemesi (*Uncinula necator*) hastalığına karşı peyniraltı suyu kullanıldığını ve hastalığın kontrolünde antimikrobiyal karakterli laktoferrin protein'in etkili olduğunu bulmuşlardır. Kabaklarda önemli bir külleme hastalığı etmeni olan *Podosphaera xanthii*'ye karşı tam yağlı ve yağsız süt uygulamalarının fungusit uygulamasına göre yaprak enfeksiyonlarını %50-70, meyve çürüklüğünü ise %40-50 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Ferrandino ve Smith 2007). Aynı hastalık etmeninin kabak ve hıyar bitkilerinde meydana getirdiği hastalık şiddetinin peyniraltı suyu uygulaması ile önemli oranda baskılandığı saptanmıştır (Bettiol ve ark. 2008). PAS'nun bitkilerde hastalık yapan virus hastalıklarına etkileri de incelenmiş; Abdelbacki ve ark. (2010) doğal ve modifiye edilmiş peynir altı suyu protein fraksiyonlarının (β -laktoglobulin, α -laktalbumin ve laktoferrin) domateslerde önemli viral hastalıklar arasında yer alan Domates Sarı Yaprak Kıvrıcılık Virus (*Tomato Yellow Leaf Curl Virus*=TYLCV)'unun kontrolünde etkili olduğunu bulmuşlardır.

Süt veya sütünlük artıklarının (peyniraltı suyu ve peyniraltı suyu proteinleri) yukarıda sözü edilen hastalık etmenlerine karşı etkili olabilmeleri farklı mekanizmalara bağlanmaktadır. Özellikle sütün oldukça heterojen bir yapıya sahip olması ve içerisinde yağ, protein, şeker, bioaktif iz elementleri, mineraller, enzimler ve vitaminler bulundurmasından dolayı süt bazlı uygulamalar aşağıdaki aksiyonlara direkt veya indirekt etkide bulunabilir (Bettiol 1999; Abdelbacki ve ark. 2010). Bunlar;

- Sütteki proteinlerin yaprak yüzeyindeki reseptörlere bağlanması ve böylelikle virüse bağlanacak reseptör kalmaması veya bunların azalmasıdır.
- Yaprak yüzeyinde pH'nın artması
- Patojene karşı etkili koruyucu bir bariyerin oluşturulması
- Antagonistik mikroorganizmaların yerleşmesi
- Sistemik dayanıklılığın teşvik edilmesi
- Biosit etkili bileşiklerin üretilmesi olarak sıralanabilir.

Peyniraltı suyunun toprak kökenli patojenlere etkisine (teşvik veya engelleme) yönelik olarak ülkemizde ve dünyada herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF)

Mikorhiza; bitki kökleri ile bazı funguslar arasında sürekli bir şekilde mutualistik simbiyotik yaşamın oluşmasına denir (Bethlenfalvai 1992; Pflieger ve Linderman 1994; Hodge 2000; Quilambo 2003; Strack ve ark. 2003). İki ana grup, endomikorhizalar ve ektomikorhizalardan, oluşurlar. Mikorhiza kelime anlamı olarak Mycor-rhiza=mantar-kök anlamına gelmektedir. Mikorhiza terimi ilk kez, 1885 yılında Bernhard Frank tarafından, odunsu bitkilerin köklerinde özel yapıların tanımlanması üzerine kullanılmış, daha sonra bu yapıların ektomikorhiza grubuna ait oldukları anlaşılmıştır. Kısa bir süre sonra, Frank 1887'de endomikorhiza ve ektomikorhizalar arasındaki farkları tanımlamıştır (Strack ve ark. 2003; Koide ve Mosse 2004). Bu yapıların tespitinden sonra ve halen süren çalışmalar ile karasal bitkilerin %90'ının mikorhizal ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Mikorhizal funguslar 7 farklı grupta bitkilerle simbiyotik bir ilişki kurarlar. Bunlar; Arbusküler Mikorhiza, Ektomikorhiza, Ektendomikorhiza, Erikoid Mikorhiza, Arbutoid Mikorhiza, Orkid Mikorhiza, Monotropoid Mikorhiza gruplarıdır (Hodge 2000; Strack ve ark. 2003).

Bu gruplar içinde Arbusküler Mikorhizal Fungus'lar (AMF) en eski ve en büyük grubu oluştururlar. Bu grup simbiyotik ilişki, kara bitkilerinin %80'inde görülebilir. AMF'lar da konukçu seçicilikleri yok denecek kadar az olmasına rağmen, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae* ve *Urticaceae* familyaları üyesi bitki türlerinde mikorhizal kolonizasyon oluşmaz. AMF simbiyozisi, *Zygomycota* şubesi *Glomales* takımında bulunan *Glomus*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Acaulospora* ve *Entrophosphora* cinslerine bağlı 150 türden fazla fungus tarafından oluşturulmaktadır (Linderman 1988; Hodge 2000; Quilambo 2003; Strack ve ark. 2003). Günümüzde AMF'ler, çölden tropik yağmur ormanlarına, akuatik çevrelerden, yoğun tuzlu ve sodalı topraklara kadar çok geniş bir yelpazedeki çevre koşullarında varlıkları tespit edilmiştir. (Quilambo 2003; Strack ve ark. 2003).

Mikorhizal birliktelik genellikle bir mutualistik simbiyozistir. Çünkü partnerler arasında ilişkinin kurulabilmesi; konukçu bitkinin, fungal miselyumlar yoluyla mineral besin elementlerini ve suyu almasına, fungusun da konukçunun fotosentetik ürünlerinden faydalanmasına önemli düzeyde bağlıdır (Demir 1998; Strack ve ark. 2003; Johansson ve ark. 2004).

AMF'lerin Bitki Beslenmesine Etkisi

Arbusküler Mikorhizal funguslar bitkinin kök gelişimini arttırdığı gibi dışsal hüfleri vasıtasıyla konukçu bitki köklerinin etki alanını da genişletir (Demir 1998; Johansson ve ark. 2004).Yalnız bu artış bile bitkinin su ve bazı maddelerin bitkiye taşınmasına önemli oranda katkıda bulunur. AMF'ler başta P olmak üzere Cu, Zn, amonyum, S, Ca, K, Fe, Mg, Mn, Cl, Br ve N gibi mineral besin elementlerinin bitkiye alınımını etkileyebilmektedir (Moser ve Haselwandter 1975; Linderman 1988; Ergül 1998). (Moser ve Haselwandter 1975; Linderman 1988; Ergül 1998). Simbiyozisin bitkinin, kuraklık, tuzluluk, pH, toprak yapısı, ağır metal veya toksisite gibi çevresel ve kültürel stres faktörlerine karşı bitkinin direncini arttırdığı tespit edilmiştir (Sylvia ve Williams 1992; Linderman 1988; Ergül 1998; Strack ve ark. 2003; Johansson ve ark. 2004).

AMF'lerin Bitki Hastalıklarına Etkisi

Bitki patojenlerine karşı korunmada AMF simbiyozisinin kullanılma olanakları üzerine çalışmalar 1970'ler de başlanmasına rağmen mekanizmaların hakkında halen çok az şey bilinmektedir (Azcón-Aguilar ve Barea 1996).

Bitki ile simbiyotik ilişkiye giren AMF, bitkiye penetrasyon yaptıktan sonra bitkide önemli fizyolojik değişikliklere yol açmakta ve bu durum bitkilerin hastalık etmenlerine karşı davranışlarını da etkilemektedir. Obligat ve fakültatif patojenler mikorhizalı bitkilerin yeşil aksamına uygulandıklarında bitkilerin daha şiddetle hastalanmalarına yol açmaktadırlar. Virus, pas ve külleme gibi obligat patojenlerle, yeşil aksamda hastalık yapan bazı fakültatif patojenler mikorhizalı bitkilerde daha etkili olabilmektedir. Bu duyarlılık artışı şu mekanizmalarla açıklanmaktadır:

- Mikorhizal yaşama sahip bitkilerin daha iyi beslenmesi, gelişimin artması ve bunların sonucu fizyolojik uyarımların artması nedeniyle, yeşil aksamlarında şiddetli hastalık belirtileri meydana gelmektedir
- “Bitki için iyi olan, obligat patojen için de iyidir” kuralından yola çıkarak, besin elementi eksik topraklarda mikorhizalı bitkilerin besin alınımını artırması hastalık görünümünde artışlara yol açabilmektedir (Davis ve ark. 1979).
- Özellikle virus enfeksiyonu ve yoğunluğundaki artış bitkiye artan oranda fosfor verilmesiyle korelasyon halindedir. Fosfor’un virusların yapı taşı olan nükleik asitler ve enerjice zengin bileşiklerdeki rolü dikkate alınarak stimule edilmiş protein sentezinin bu olaya yardım ettiği ifade edilmektedir (Dehne 1982).

AM fungusları rizosfer bölgesinin önemli komponentlerinden birisi olması ve bitkiler üzerinde de oldukça etkili olmalarından dolayı, kök hastalıklarının ve kök nematod hastalıklarının şiddetini ve görünümünü de etkilemektedirler. Literatür’ün büyük bir çoğunluğunda fungal patojenlerin neden olduğu toprak kaynaklı hastalıkların AM fungusları tarafından azaltıldığı ifade edilmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 2. Bazı fungal patojenlere karşı etkinliği belirlenmiş AMF türleri ve konukçuları (Demir ve Akköprü 2007)

Patojen	Konukçu Bitki	AMF
<i>Aphanomyces euteiches</i>	Bezelye	<i>Glomus intraradices</i>
<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>chrysanthemi</i>	Havuç	<i>G. intraradices</i>
<i>F.o. f.sp. cucumerinum</i>	Hıyar	<i>G. mosseae</i>
<i>F. o. f.sp. radialis-lycopercici</i>	Domates	<i>G. intraradices</i>
<i>F. solani</i>	Fasulye	<i>G. mosseae</i>
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Kavun	<i>G. intraradices</i>
<i>Phytophthora fragariae</i>	Çilek	<i>G. fasciculatum</i> & <i>G. etunicatum</i>
<i>P. nicotianae</i>	Domates	<i>G. mosseae</i>
<i>P. parastica</i>	Domates	<i>G. intraradices</i>
<i>P. parastica</i>	Domates	<i>G. mosseae</i>
<i>P. parastica</i>	Domates	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Gigaspora roseae</i>
<i>Pythium ultimum</i>	Soğan	<i>G. intraradices</i>
<i>P. ultimum</i>	Biber	<i>G. intraradices</i>
<i>Rhizoctonia solani</i>	Fasulye	<i>G. intraradices</i>
<i>R. solani</i>	Patates	<i>G. etunicatum</i> , <i>G. intraradices</i>
<i>V. dahliae</i>	Patlıcan	<i>G. etunicatum</i> , <i>Gigaspora margarita</i>
<i>V. dahliae</i>	Patlıcan	<i>G. intraradices</i>
<i>Verticillium albo-atrum</i>	Domates	<i>G. mosseae</i> & <i>G. caledonium</i>

Mikorhizal fungusların toprak kaynaklı kök patojenlerine karşı etkinliğinin araştırıldığı çalışmaları kapsamlı bir şekilde derleyen, Schönbeck (1980); Dehne (1982); Linderman (1988); Caron (1989); Azcon-Aguilar ve Barea (1996); Demir ve Akköprü (2007); AMF’ların toprak kökenli patojenlerin sebep oldukları zararları azaltabileceğini ve farklı AMF’un farklı koşullarda eşit olmayan düzeyde bitki köklerinin toleransını veya dayanıklılığını arttırabileceğini belirtmişlerdir. AMF’ların bütün koşullar altında patojenlere karşı etkili olamayacağını, biyolojik savaş etkinliğinin başarısının, patojen saldırısından önce simbiyosisin oluşmasına, topraktaki patojenlerin yoğunluğuna ve virulensliğine bağlı olduğu belirtmişlerdir. Azcon-Aguilar ve Barea (1996) kök patojenlerinin kontrolünde AMF birlikteliğinin etki mekanizmalarını ana hatları ile şu gruplara ayırmışlardır.

- 1- *Konukçu bitkinin besin durumunu geliştirerek*; AMF’nin simbiyosis yoluyla besin alınımı arttırarak daha kuvvetli bitki oluşumu sağlanmış olacağı böylece, bitkinin patojen saldırılarına karşı daha dayanıklı veya toleranslı hale geleceği belirtilmiştir.
- 2- *Kök Zararlarının telafi edilebilmesi*; patojenlerin sebep olduğu kök biyomasının veya fonksiyonlarının kayıplarının telafisi ile patojen saldırılarında konukçunun toleranslığını arttırdığı ifade edilmiştir.

- 3- *Konukçunun fotosentetik ürünleri için rekabet*; AMF ve patojen gelişmelerini sağlayabilmeleri için gerekli enerjiyi konukçunun fotosentetik ürünlerinden sağlarlar. Bu alandaki rekabetin, patojenleri baskılamada etkili olacağı düşünülmektedir.
- 4- *Enfeksiyon veya kolonizasyon bölgesi için rekabet*; AMF kök kortikal hücreleri ve konukçu dokuları için patojenlerle rekabete girebilir. Fakat bu mekanizmanın konukçunun korunmasında ki etkisi henüz tam olarak netliğe kavuşturulamamıştır.
- 5- *Kök sistemindeki anatomik ve morfolojik değişimler*; Mikorhizal kolonizasyonun, önemli düzeyde kök morfolojisindeki değişimleri uyardığı belirlenmiştir. Özellikle meristematik aktivite, çekirdekteki aktivite ve kök dallanmasının artması, patojenin enfeksiyon oluşturmasını ve rizosfer interaksyonlarını etkileyebilir.
- 6- *Mikorizosferdeki mikrobiyal değişim*; AMF simbiyozisinin, konukçu fizyolojisinin değişimine neden olduğu, buna paralel olarak kök eksudatlarının kalite veya kantitesinde de farklılıkların meydana geldiği belirtilmiştir. Bu aktivitenin rizosferdeki mikrobiyal popülasyonun kompozisyonunu da etkilediği tespit edilmiştir.
- 7- *Bitki savunma mekanizmalarının aktivasyonu*; AMF kolonizasyonu ile konukçu bitkide hormon ve enzim aktivitelerinde artış gözlenmektedir. Özellikle ilk dönemlerde bu aktivasyonun en üst noktaya ulaştığı belirtilmektedir. Fakat bu aktivasyonun etkisi ve mekanizmaları henüz netliğe kavuşturulamamıştır.

PAS – AMF İlişkisi

Yukarıda da ifade edildiği üzere, peyniraltı suyu mikrobiyal gelişim üzerinde de etkilidir. Genel olarak PAS'ın toprak üstünde bitkinin yeşil aksamındaki patojenlere karşı engelleyici bir etkisi bulunurken, toprakta bulunan simbiyot mikroorganizma popülasyonu üzerinde teşvik edici etkileri bulunmaktadır (Reddy ve ark. 1987, Özrenk ve ark. 2003). Peynir altı suyunun bileşimi dikkate alındığında, bu üründe bulunan protein azotunun toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından % 30-60 oranında inorganik azota dönüştürüldüğü ve laktozun mikroorganizmalar için bir enerji kaynağı olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından da ortaya konulmuştur (Morrissey 1985; Iwabuchi ve Yamauchi 1987).

Rizosfer bölgesindeki en etkili simbiyot mikroorganizma grupları içinde yer alan ve anahtar rolü üstlenen AM fungusları ile PAS arasında nasıl bir etkileşim olduğu yönünde yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Sürdürülebilir tarım stratejileri içinde kullanılma potansiyeli bulunan PAS ve AM fungusunun birlikte kullanıldığı durumlarda hem bitki hem de AMF gelişiminin teşvik edildiği bazı çalışmalarla ortaya konmuştur (Özrenk ve ark. 2003; Demir ve Özrenk 2009). Bu çalışmalar ışığında, PAS'nun AMF üzerindeki pozitif etkisinin, PAS'ın içerdiği yüksek besin içeriği ile bitkinin de besin statüsünü artırarak, obligat bir mikroorganizma olan AMF'un da gelişimini pozitif yönde etkilemesinden kaynaklandığı söylenebilir. Demir ve Özrenk (2009) tarafından, PAS ve AMF *Glomus intraradices* arasındaki etkileşimde bitki ve topraktaki bazı mineral maddeler ile (özellikle P), topraktaki pH, tuz ve CaCO₃ içeriklerinin etkisi de araştırılmış ve bitki bünyesindeki P miktarının simbiyot mikroorganizmanın kolonizasyonu ve sporulasyonun artışında önemli rolünün olduğu belirlenmiştir. Diğer faktörlerin AMF üzerindeki etkileri değişkenlik gösterirken PAS uygulaması sonucu toprakta artan pH'nın fungusun sporulasyonu üzerinde olumsuz etkisinin olduğu saptanmıştır (Demir ve Özrenk 2009).

Sonuç olarak, PAS ve AM fungusları gerek toprak verimliliği gerekse bitki gelişimi ve dayanıklılığını teşvik eden, sağladıkları katkılar açısından da özellikle sürdürülebilir tarım açısından anahtar rolü üstlenebilecek önemli aktörlerdir. Özellikle peyniraltı suyu gibi oldukça zengin besin içeriğine sahip önemli bir sütteçülük artığının, toprak patojenlerine olumlu veya olumsuz etkileri ortaya konulduktan sonra, bu şekilde değerlendirilmesinin toprak kalitesinin biyolojik, fiziksel ve kimyasal sürdürülebilirliğinin muhafazası açısından da etkili olabileceği kaçınılmaz bir gerçektir.

Kaynaklar

- Abdelbacki AM, Taha SM, Sitohy MZ, Abou Dawood, AI, Add-El Hamid MM, Rezk AA (2010). Inhibition of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) using whey proteins . *Virology Journal* 7 (26): 1-6
- Azcón-Aguilar C, Barea JM (1996). Arbuscular Mycorrhizas and Biological Control of Soil-Borne Plant Pathogens- an Overview of the Mechanisms Involved. *Mycorrhiza* 6: 457-464.
- Bethlenfalvai GJ (1992). Mycorrhizae and Crop Productivity. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. ASA Special Publication 54 : 1-27.
- Bettiol W (1999). Effectiveness of cow's milk against zucchini squash powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in greenhouse conditions. *Crop Prot* 18: 489-492.
- Bettiol W, Silva HSA, Reis RC (2008). Effectiveness of whey against zucchini squash and cucumber powdery mildew. *Sci Horti-Amsterdam* 17: 82-84.
- Caron M (1989). Potential use of mycorrhizae in control of soil-borne diseases. *Can J Plant Pathol* 11: 177-179.
- Davis RM, Menge JA, Erwin DC (1979). Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on *Verticillium* Wilt of Cotton. *Phytopathology* 69: 453-456.
- Crips P, Wicks TJ, Troup G, Scott ES (2006). Mode of action of milk and whey in the control of grapevine powdery mildew. *Australasia Plant Path* 35(5): 487-493.
- Dehne HW (1982) Interactions between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and plant pathogens. *Phytopathology* 72: 1115-1119.
- Demir S (1998). Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikorhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerine Araştırmalar. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 144 s.
- Demir S, Akköprü A (2007). Using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens pp. 17-37, In: *Biological Control of Plant Diseases* Chincholkar SB and Mukerji KG (eds), Haworth Press, NY, USA.
- Demir S, Özrenk E (2009). The effects of whey on the colonization and sporulation of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF), *Glomus intraradices*, in lentil (*Lens orientalis*) plants. *Afr J Biotechnol* 8(10): 2151-2156.
- Demirci M, Şimşek O, Kurultay Ş (2000). Sütçülük yan ürünleri ve gıda sanayinde kullanılmaları. *Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, Tekirdağ.
- Ergül B (1998). Tarım topraklarındaki doğal mikoriza potansiyelinin bitki gelişimi ve besin Elementi alımı üzerine olan etkilerinin araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ferrandino F, Smith VL (2007). The effect of milk-based foliar sprays on yield components of field pumpkins with powdery mildew. *Crop Prot* 26: 657-663.
- Gilles MT (1974). *Whey Processing and Utilization*. Noyes Data Corp., London.
- Hodge A (2000). Microbial ecology of the Arbuscular Mycorrhiza. *FEMS Microbiol Ecol* 32: 91-96.
- Johansson JF, Paul LR, Finlay RD (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiol Ecol* 48: 1-13.
- Iwabuchi S, Yamauchi F (1987). Electrophoretic analysis of whey proteins present in soybean globulin fractions. *J Agr Food Chem* 35(2): 205-209.
- Kirchmann H, Ryan MH (2004). Nutrients in organic farming- are there advantages from the exclusive use of organic manures and untreated minerals?. In: *Proceedings of 4th International Crop Science Congress*, 26 Sep-1 Oct 2004 Brisbane, Australia, pp. 1-16.
- Koide RT, Mosse B (2004). A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza* 14(3): 145-163.
- Konar A, Arıoğlu H (1987). Peynir suyunun soya üretiminde gübre olarak kullanılma olanakları üzerinde bir ön araştırma. *Çukurova Üniv. Zir. Fak. Derg.* 2(2): 14-18.
- Linderman RG (1988). Mycorrhizal Interactions with the Rhizosphere Microflora: The Mycorrhizosphere Effect . *Phytopathology* 78(3): 366-371.
- Lynch JM, Bragg E (1985). Microorganisms and soil aggregate stability. *Adv Soil Sci* (2): 287-297.
- Morris S (1985). Whey, feed or fertilizer. *Proceedings of the Ruakura Farmer's Conference*, New Zealand, 37: 113- 116.
- Morrissey PA (1985). Lactose, chemical and physicochemical properties. In: *Developments in Dairy Chemistry-3. Lactose and Minor Constituents*, Morrissey PA (ed), Elsevier Appl. Sci. Publ., London, pp. 1-34.
- Moser M, Haselwandter K (1975). Ecophysiology of Mycorrhizal Symbioses. *Encyclopedia of Plant Physiology*, 12: 391-421.

- Onwulata CI, Hunt PJ (2008). *Whey Processing, Functionality and Health Benefits*. Wiley-Blackwell.
- Özrenk E, Demir S, Tüfenkçi Ş (2003). Peyniraltı suyu uygulaması ile *Glomus intraradices* ve *Rhizobium cicer* inokulasyonlarının nohut bitkisinde bazı gelişim parametrelerine etkileri. *YYÜ Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 13(2): 127-132.
- Pan Y, Lee A, Wan J, Coventry MJ, Michalsk WP, Shiell B, Roginski H (2006). Antiviral properties of milk proteins and peptides. *Int Dairy J* 16: 1252-1261.
- Pfleger FL, Linderman RG (1994). *Mycorrhizae and Plant Health*. APS Press, Minnesota.
- Quilambo OA (2003). The Vesicular- Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Afr J Biotechnol* 2(12): 539-546.
- Reddy GV, Deshmukh VR, Joshi RN, Kayama R (1987). Utilization of alfalfa (*Medicago sativa* L.) whey as a fertilizer in irrigation. *Japanase Society of Grassland Science* 33(1): 32-37.
- Ryder DN (1980). Economic considerations of whey processing. *J Society Dairy Technology* 33(2): 73-77.
- Schönbeck F (1980). Endomycorrhiza in relation to plant disease. In: *Soil-borne Pathogens* Schippers B and Gams W (eds) pp. 271-280. Academic Press, New York.
- Sienkiewicz T, Riedel CL (1990). *Whey and Whey Utilization*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, Germany.
- Sonnleitner R, Lorbeer E, Schinner F (2003a). Monitoring of changes in physical and microbiological properties of a Chernozem amended with different organic substrates. *Plant Soil* 253: 391-402.
- Sonnleitner R, Lorbeer E, Schinner F (2003b). Effects of straw, vegetable oil, and whey on physical and microbiological properties of a chernozem. *Appl Soil Ecol* 22: 195-204.
- Smith S, Read DJ (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*, Academic Press Publishers, London.
- Strack D, Fester T, Hause B, Schliemann W, Walter MW (2003). Arbuscular Mycorrhiza: Biological, chemical and molecular aspects. *J Chem Ecol* 29(9): 1955-1979.
- Sylvia DM, Williams SE (1992). Vesicular- arbuscular mycorrhizae and environmental stress. *Mycorrhize in Sustainable Agriculture* 54: 101-119.
- Tarakçı Z, Küçüköner E (2003). Peyniraltı suyu proteinleri, fonksiyonel özellikleri ve gıdalarda kullanımı. *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 22-23 Mayıs 2003, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir, s. 329-334.
- Tisdall JM, Smith SE, Rengasamy P (1997). Aggregation of soil by fungal hyphae. *Aust J Soil Res* 35: 55-60.
- Watson KS (1978). Continuing impact of the environmental area on the dairy industry". *Proceedings Whey Products Conference*, Minneapolis-Minnesota pp: 30-52.
- Zadow JG (1994). Utilization of milk components: Whey pp: 313-331. In: *Advances in milk processing (Modern Dairy Technology)*, Robinson RK (ed).