

EKTOMİKORİZANIN TARIM VE ORMANCILIK BAKIMINDAN ÖNEMİ

Beyhan KİBAR

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

Aysun PEKŞEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

Sorumlu yazar: aysunp@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 06.03.2007

Kabul Tarihi: 25.05.2007

ÖZET: Mikoriza, mantar miselleri ile yüksek bitkilerin kökleri arasındaki karşılıklı yararlanmaya dayanan bir ilişkidir. Bu ilişkide mantar bitkiden karbon ve esansiyel organik maddeleri temin ederken, bunun karşılığında bitkiye su, mineral tuzlar ve metabolitlerin alınması yardımcı olmaktadır. Ektomikoriza ise mikorizanın tarım ve ormancılık açısından önemli bir tipidir. Ektomikorizal mantarlar ekonomik açıdan mantarların en önemli gruplarından biridir. Birçok ekosistemde ektomikorizal mantarlar topraktaki mikrobiyal kitlenin en önemli üyelerindedir. Bu makalede ektomikorizanın tanımı, ektomikoriza oluşumunu etkileyen faktörler ve tarımsal açıdan önemi üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ektomikoriza, ektomikorizal mantarlar, tarım, ormancılık

IMPORTANCE OF ECTOMYCORRHIZA FOR AGRICULTURE AND FORESTRY

ABSTRACT: Mycorrhiza is a mutualistic relationship based on the symbiosis between fungal mycelium and plant roots. In this association, the fungus gains carbon and other essential organic substances from the tree and in return helps the trees take up water, mineral salts and metabolites. Ectomycorrhiza is an important type of mycorrhiza in agriculture and forestry. Ectomycorrhizal fungi are, economically, one of the most important groups of fungi. In many ecosystems, they are the most important members of microbial biomass in the soil. In this review, description of ectomycorrhiza, factors affecting ectomycorrhiza and their importance for agriculture and forestry have been discussed.

Key Words: Ectomycorrhiza, ectomycorrhizal fungi, agriculture, forestry

1. GİRİŞ

Mikoriza, Yunanca mykes (mantar) ve rhiza (kök) kelimelerinden oluşan “Kök mantarı” anlamına gelen bir terimdir. İlk kez 1885 yılında orman patolojisti olan A.B. Frank tarafından mantar-ağaç ilişkisini tanımlamak için kullanılmıştır. Mikorizal ilişki, dünyadaki bitkilerin yaklaşık %92’sinde görülmektedir (Isaac, 1992). Ototrof olan konukçu bitki ile heterotrofik organizma arasında besin alışverişi ve ekolojik olarak doğal dengenin korunmasını sağlayan mikoriza, bu yönü ile ekosistemdeki besin döngüsü ve bitki canlılığının devamında büyük bir öneme sahiptir (Harley ve Smith, 1983). Orman ağaçları, narenciye, çayır-mera bitkileri ve tarımı yapılan bazı tarla ve bahçe bitkilerinin büyüme ve gelişmesi mikorizanın varlığına bağlıdır. Meyve ağaçlarından şeftali, turuncgiller ve elma, sebzelerden kavun, patlıcan ve biber mikoriza ile çok iyi enfekte olmakta ve mikoriza enfeksiyonu eksikliğinde P, Zn, Cu, K, Ca, ve N noksanlığı göstermektedirler (Ortaş, 1998). Narenciye türleri ilk kök gelişimi döneminde şiddetli derecede mikorizaya bağımlılık gösterirken, orkideler gibi çok küçük tohumlu bitkilerde çimlenme ve gelişmenin başlamasında mikorizal ilişkiye mutlak gereksinim vardır (Ortaş, 1997).

Günümüzde mikoriza 7 farklı tipe ayrılmaktadır. Bunlar: 1-Vesiküler arbusküler mikoriza, 2-Ektomikoriza, 3-Ektendomikoriza, 4-Erikoid mikoriza, 5-Arbutoid mikoriza, 6-Monotropoid mikoriza, 7-Orkide mikoriza olarak belirtilmiştir (Anonymous, 2007a). Bu mikoriza tiplerinden

tarımsal açıdan önemli olanları Vesiküler arbusküler mikoriza (VAM) ve ektomikoriza (ECM)’dir.

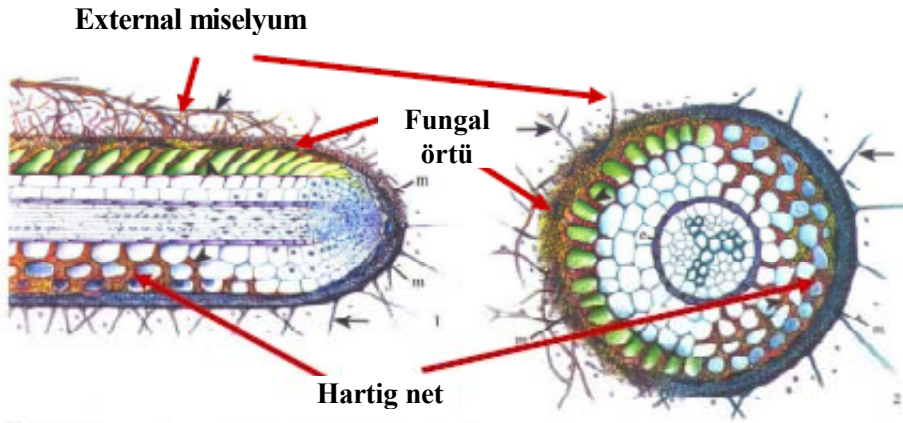
Bu makalede ektomikorizanın tanımı, ektomikoriza oluşumunu etkileyen faktörler ve tarımsal açıdan önemi üzerinde durulmuştur.

2. EKTOMİKORİZA

Özellikle orman ağaçları ve çalılar gibi daha çok yüksek yapılı ağaçların köklerinde bulunan ektomikorizal simbiyoz (ortak yaşama) genellikle kuzey ve sıcak bölgelerde tropik bölgelerden daha yaygın olarak rastlanmaktadır. Ektomikorizal ilişkinin kurulması; uygun bir konukçunun mantar tarafından tanınması, konukçu kök dokularının istilası ve son olarak bir dış kılıfın üretilmesi olmak üzere üç farklı safhada gerçekleşir. Ektomikorizal simbiyozun fonksiyonunu anlatmak için üç anatomik yapının açıklanmasına ihtiyaç vardır (Şekil 1).

a) Fungal örtü (mantle): Ektomikorizal bitkilerde kökün dış yüzeyi her zaman kökçük görünümündeki çokça dallanmış bir hif örtüsü ile örtülüdür. Bu örtünün yapısı ve kalınlığı simbiyoz oluşturan türe ve çevresel koşullara bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir. Mantar için örtü besin maddesi ve karbon deposu olarak hizmet edebilir ve orman ekosistemlerinde N ve P’un önemli bir miktarı bu doku içerisinde depo edilebilir.

b) Hartig net: Kökün daha dış bölgelerindeki kortekste epidermal ve kortikal hücreler arasında yayılan intrasellüler hiflerin yoğun ve çok sıkı bir şekilde bir araya gelmesinden oluşan bir yapıdır.



Şekil 1. Ektomikorizanın bitki kökleri ve dokularındaki görünümü (Peterson ve ark., 2004)

Hartig net karbonhidratlarla minerallerin değiş tokuş edildiği konukçu bitki ve mantar arasındaki bir ara yüzdür

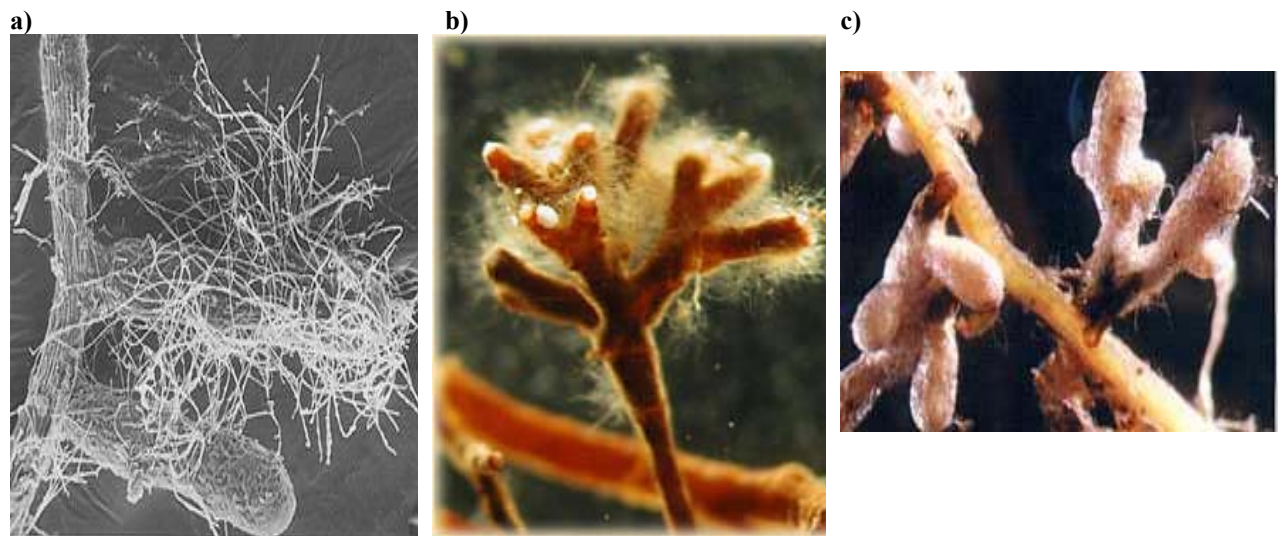
c) External miselyum: Dış fungal örtüden toprak içerisine yayılan hiflerden oluşan miselyumdur. Bu miselyum besin alımı, mineral besin maddelerinin hareketi, su alımı ve diğer toprak mikroorganizmaları ile karşılıklı etkileşimler için geniş bir yüzey alanı sağlamasından dolayı önemlidir.

Mikorizal simbiyozun diğer şekillerinin aksine ECM'da mantar, konukçu bitki türünün korteksindeki hücreler arasında gelişir, hiçbir zaman hücre içinde gelişmez. ECM'da kökler kısa ve kalındır, bir fungal doku örtüsü ile örtülüdürler. Emici kıllar azdır ya da hiç yoktur. Bu emici kıllar besinleri emme rolünü üstlenmektedir. Kısa köklerin üzerinde üzüm salkımı

benzeri dallanmalar meydana gelir. Bu tür oluşum daha ziyade Angiosperm ve Gymnospermelerde gözlenir. *Pinus* türlerinde ise çatallanmış dallar şeklinde oluşumlara rastlanır (Şekil 2). Zaman zaman uzun köklerin de mantar hiflerince enfeksiyona uğradığı görülür. Ancak bu tür enfeksiyon genellikle "Hartig net" tarafından önlenir (Gür ve ark., 1993).

2.1. Ektomikorizal Bitkiler

Ektomikorizal ilişki gösteren bazı bitki türleri Çizelge 1'de verilmiştir. Ektomikorizal ilişkide konukçu bitkiler odunsu ve çok yıllık bitkilerdir. Dünyadaki ormanların çoğu ektomikorizaldır. Tohumlu bitkilerin ise sadece %3'ü ektomikorizal simbiyoz göstermektedir.



Şekil 2. Ektomikorizanın bitki köklerindeki görünümü a) *Hebeloma alpinum* (Agaricales) ile kolonize olmuş *Dryas octopetala*'nın köklerinin scanning elektron mikroskoptaki görünümü (Fotoğraf: J.C. Debaud, R. Pepin, G. Bruchet, 1981) (Anonymous, 2007b), b) Ektomikorizal mantarla kolonize olmuş *Pinus nigra*'nın köklerinin görünümü (Fotoğraf: M. Vohnik) (Anonymous, 2007c), c) Orman ağaçlarının köklerinde ektomikoriza (Anonymous, 2007d)

Çizelge 1. Ektomikorizal ilişki gösteren bitki türleri (Brundrett ve ark., 1996).

Familya	Cins
Betulaceae	<i>Alnus, Betula, Carpinus, Ostrya, Ostryopsis</i>
Caesalpiniaceae	<i>Anthothona, Afzelia, Berlinia, Brachystegia, Eperua, Gilbertiodendron, Intsia, Isoberlinia, Julbernardia, Microberlinia, Monopetalanthus, Tetraberlinia</i>
Casuarinaceae	<i>Allocasuarina (Cassuarina)</i>
Cistaceae	<i>Helianthemum, Cistus, Tuberaria</i>
Corylaceae	<i>Corylus</i>
Cyperaceae	<i>Kobresia (herb)</i>
Dipterocarpaceae	<i>Anisoptera, Dipterocarpus, Hopea, Marquesia, Monotes, Shorea, Vateria</i>
Ericaceae	<i>Cassiope</i>
Euphorbiaceae	<i>Marquesia, Uapaca, Ampera, Poranthera</i>
Papilionaceae (Fabaceae)	<i>Gastrolobium, Gompholobium, Jacksonia, Mirbelia, Oxyllobium, Pericopsis</i>
Fagaceae	<i>Castanea, Castanopsis, Fagus, Nothofagus, Quercus</i>
Gnetaceae	<i>Gnetum</i>
Meliaceae	<i>Owenia</i>
Mimosaceae	<i>Acacia</i>
Myrtaceae	<i>Allosyncarpia, Agonis, Angophora, Baeckea, Eucalyptus, Leptospermum, Melaleuca, Tristania</i>
Nyctaginaceae	<i>Neea, Pisonia</i>
Pinaceae	<i>Abies, Cathaya, Cedrus, Keteleeria, Larix, Picea, Pinus, Pseudolarix, Pseudotsuga, Tsuga</i>
Polygonaceae	<i>Polygonum</i>
Rhamnaceae	<i>Pomaderris, Trymalium</i>
Rosaceae	<i>Dryas</i>
Salicaceae	<i>Populus, Salix</i>
Tiliaceae	<i>Tilia</i>

Bu gruba giren bitkiler kuzey yarımkürede çam (*Pinus*), ladin (*Picea*), köknar (*Abies*), kavak (*Populus*), kayın (*Fagus*), huş ağacı (*Betula*) ve meşe (*Quercus*), güney yarımkürede güney kayını (*Southfagus*) ve Avustralya'da Okalıptus (*Eucalyptus*)'tur (Anonymous, 2007e). Yine bahçe bitkilerinden kestane (*Castanea sativa*), fındık (*Corylus avellana*), ceviz (*Juglans regia*), kiraz (*Prunus avium*) ve vişne (*Prunus cerasus*) ektomikorizal ilişki gösteren türlerdir. Toplamda 43 bitki familyasındaki 140 cinsin ECM meydana getirdiği tespit edilmiştir. Bir ağaç, bazen aynı zamanda birkaç fungal türe konukçu olabilir. Bununla birlikte bazı ağaçlar örneğin söğüt (*Salix*) hem ECM hem de VAM ilişki gösterir (Anonymous, 2007a).

Jonsson (1998) yaptığı çalışmada orman alanlarının her 1 m²'sinde 60 000-1 200 000 arasında ektomikoriza bulunduğu ve incelenen kök uçlarının %95'inde ektomikorizal bir ortaklığa rastlandığını belirlemiştir.

2.2. Ektomikorizal Mantarlar

Ektomikorizal mantarlar ekonomik olarak en önemli mantar gruplarından birini oluşturur. Çoğunluğu Basidiomycota olan toplam 65 cins ECM oluşturur. Bunun 45 tanesi Basidiomycota, 18 tanesi Ascomycota ve geri kalanı da Zygomycota'ya aittir. Örneğin; Basidiomycota'dan Agaricales (*Amanita, Boletus, Suillus, Tricholoma*), Russulales (*Russula, Lactarius, Cortinarius*), Aphyllophorales (*Thelephora*), Hymenogastres (*Rhizopogon*) ve Sclerodermatales (*Scleroderma*), Ascomycota'dan Tuberales (*Tuber* türleri) ve Zygomycota'dan Endogonales takımına giren türler ektomikorizal simbiyoz gösteren mantarlardır (Isaac, 1992; Anonymous, 2007e).

Doğada 5000-6000 arasında mantar türünün ECM meydana getirdiği tahmin edilmektedir (Molina ve Trappe, 1982). İtalyan beyaz tuber mantarı gibi bu mantarlardan bazıları dünyadaki en pahalı yiyecekler arasındadır ve dünya çapındaki marketlerde yerini çoktan almıştır. Dünyada 300'ün üzerinde yenilebilir ektomikorizal mantar türü içerisinde en fazla üzerinde durulan türler Périgord siyah tuber mantarı (*Tuber melanosporum*), İtalyan beyaz tuber mantarı (*Tuber magnatum*), *Cantharellus cibarius*, *Lactarius deliciosus* ve *Tricholoma matsutake*'dir (Anonymous, 2007f).

Ektomikorizal mantarları yaşam biçimleri bakımından 4 gruba ayırmak mümkündür;

Birinci grup: genellikle serbest yaşayan fakat uygun konukçularla mikoriza da oluşturabilen saprofit türlerdir. Örneğin, *Phallus impudicus*.

İkinci grup: genellikle ektomikorizal olan ve geniş bir konukçu sınıfına sahip olan, fakat serbest yaşayan türlerdir. Bu grup mantarlar saprofit bir yeteneğe de sahiptirler. Örneğin, *Scleroderma aurantium*.

Üçüncü grup: bilinen ektomikorizal türlerin büyük bir çoğunluğunu içine alır. Bitki kökleri ile ortak bir yaşam biçimine ve geniş bir konukçu sınıfına sahiptir. Örneğin, *Lactarius deliciosus*.

Dördüncü grup: genellikle serbest yaşamayan ve buna ilave olarak da son derece sınırlı bir konukçu sınıfına sahip olan, yalnızca birkaç mantar türünün olduğu gruptur. Örneğin, *Boletus elegans*.

3. EKTOMİKORİZA OLUŞUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Ektomikoriza oluşumunu ve fonksiyonunu etkileyen faktörler fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler olmak üzere 3 grup altında incelenmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Ektomikoriza oluşumunu ve fonksiyonunu etkileyen faktörler

Fiziksel faktörler	Kimyasal faktörler	Biyolojik Faktörler
Sıcaklık	pH	Konukçu bitki türü
Işık yoğunluğu	N'lu gübreleme	Konukçu bitkinin yaşı
Fotoperiyot	Mikrobesein elementleri	Ektomikorizanın diğer organizmalarla ilişkisi
Toprak nemi	Tuzluluk	
Toprak bünyesi	Pestisit uygulamasının etkisi	
Oksijen	Asitlik	
Hava kirliliği	Oksinler	
Orman rejenerasyon (yenileme) metotları	Sitokininler	
	Kireç	
	Nitrojen elde edilebilirliği	
	Organik madde	

Ektomikorizal mantarlar doğal ya da yapay koşullarda yüksek derecede bir konukçu özgülüğü göstermezler. Bu mantarlar asit nitelikli organik topraklarda, alkali topraklardan daha fazla bulunurlar. Ancak düşük nitrat düzeyli topraklarda ve nötr pH'larda, asit koşullardan daha iyi mikoriza oluşumu belirlendiği bildirilmektedir. Yüksek nitrat ve kireç düzeyleri mikoriza enfeksiyonunu engellemektedir (Haktanır ve Arcaç, 1997).

Bu mantarların çoğu kültürde gelişmesine rağmen, genellikle çok yavaş gelişirler ve kompleks besin gereksinimlerine sahiptirler (Isaac, 1992). Ayrıca selüloz ve diğer maddeleri parçalayamazlar. Ektomikorizal mantarlar aksenik kültürde IAA ve konukçu kök dokusunda oksin oksidaz sistemleri için engelleyici maddeler üretir. Yine köklere IAA uygulamanın mikorizanın aşırı üretimine neden olduğu tespit edilmiştir.

4.EKTOMİKORİZANIN TARIM VE ORMANCILIK AÇISINDAN YARARLARI

Ektomikorizanın tarım ve ormancılık bakımından yararları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1.Ektomikorizal mantarlar toprakta bitkilerce alınımı yavaş olan başta P olmak üzere N, K, Zn, Cu, Mn, Fe ve Ca'un alınımında önemli rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalarda ektomikorizal köklerin, mikorizal olmayan köklerin kötü derecede yetişebildiği topraklardan mineral sağlamada son derece etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu durum ektomikorizal ilişki sayesinde birçok elementin verimli bir şekilde absorbe edilebildiğini göstermektedir. Ektomikorizal köklerin topraktan besin maddelerini alım hızı mikorizal olmayan köklerin 3 katından daha fazla olabilmektedir. Fosfat alımı ECM'lı bitkilerde ECM'sız bitkilerdekinin yaklaşık olarak 2-5 katı kadardır (Marschner, 1993 ve 1995). Ektomikorizal mantar türü *Boletus suillus* ile aşılana *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbek*, *Gliricidia sepium* ve *Leucaena leucocephala* fidanlarında mikoriza bitki gelişimini teşvik etmiş, P ve N alımını artırmıştır (Osonubi ve ark., 1991). Ektomikorizal mantarların bitki ve toprak arasında

besin maddelerinin transferinde önemli rol oynadığı ve ağaçlar tarafından özellikle P, N ve K alımında önemli olduğu bildirilmektedir (Hagerberg ve ark., 2003; Treseder ve ark., 2004). Ektomikorizal mantarların genellikle çözünmeyen toprak minerallerini harekete geçirebildiği tahmin edilmektedir. Buna ilaveten ektomikorizal mantarlar konukçularına oksinler, sitokininler, gibberellinler ve vitaminler gibi büyümeyi düzenleyici maddeleri de sağlayabilirler. Mikorizal olmayan kökler trehalose, mannitol ve glikojenden yoksun iken, ektomikorizal köklerin trehalose, mannitol, glikojen, glukoz, fruktoz, ve sukroz içerdiği belirlenmiştir.

2.Ektomikorizal topluluklar özellikle büyümenin bazen çeşitli faktörler yüzünden sınırlandırıldığı bölgelerde bulunan bitkiler için önemli olan topluluklardır. Ektomikorizal ilişkiler konukçu bitkinin büyüme hızı, kuru madde üretimi ve mineral besin maddelerinin alımında artışlara neden olur. ECM ayrıca lateral köklerin gelişmesini etkiler (Isaac, 1992). ECM bitkinin fizyolojik sürecinin çoğunda güçlü ve kompleks etkilere sahip olabilir. Örneğin ECM fotosentez, translokasyon modelleri ve morfogenezi etkileyebilir. Ektomikorizal *Laccaria laccata* ile aşılana bir yaşındaki Douglas köknarı fidanlarında P alımı, fotosentez ve su kullanım etkinliğinin arttığı belirlenmiştir (Guehl ve Garbaye, 1991). Değişik ektomikorizal mantar türleriyle aşılana *Pseudotsuga menziesii* fidanlarında hem net fotosentez oranı (hızı) hem de stomatal geçirgenlik, mikorizal olmayan bitkilerle karşılaştırıldığında önemli derecede artmıştır (Dosskey ve ark., 1991). Yapılan bir çalışmada ektomikorizal mantarlar ile aşılana *Pinus sylvestris* fidanlarının köklerindeki kuru madde miktarının, aşılana fidanlara göre 15 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Setala ve ark., 1999). Berman ve Bledsoe (1998) mikorizal aşılama *Quercus lobata*'da kök büyümesinden ziyade sürgün büyümesini artırdığını tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada *Pinus pinea* fidanları 7 ektomikorizal mantar türü ile aşılana ve *Hebeloma crustuliniforme* mantarının *Pinus pinea* fidanlarının gelişimini en fazla teşvik eden mantar türü

olduğu belirlenmiştir (Rincon ve ark., 2001). Ektomikorizal *Lactarius deliciosus* ile aşılanan *Pinus sylvestris* fidanlarında ECM'nin bitki büyümesini artırdığı ve steril topraklarda sürgün uzunluğunda %325'e varan artışlara neden olduğu tespit edilmiştir (Guerin ve ark., 2003).

3.Ektomikoriza kurak alanlarda bitki-su ilişkisini düzenlemekte ve türlerin kuraklığa dayanıklılığını arttırmaktadır. Yapılan çalışmalar fungal hiflerin bitki köklerinin ulaşmadığı toprak kısımlarına rahatlıkla ulaştıkları için mikorizanın bu etkilerinin kurak alanlarda daha belirgin olduğunu göstermiştir (Sylvia ve ark., 1993; Sanchez, 1994).

4.Ektomikorizal mantarlar bitkilerin besin maddesi alımını ve su kullanım etkinliğini artırması yanı sıra, toprak yapısını geliştirerek toprağı erozyona karşı da korumaktadır. Bitki ve toprak arasında besin maddelerinin transferinde önemli rol oynayan ektomikorizal mantarların orman topraklarının kimyasal yapısı üzerinde de önemli etkilere sahip olduğunu belirtilmektedir (Glowa ve ark., 2004; Hees ve ark., 2004; Treseder ve ark., 2004).

5.Nematodlar ve toprak patojenleri gibi parazit ve zararlılara karşı bitkiyi korur (Smith ve Read, 1997). Ektomikorizal mantarlar konukçu bitki fizyolojisi üzerindeki etkileri sonucu rizosferdeki mikroorganizmalar özellikle de toprak kökenli patojenlere karşı baskılayıcı bir unsur olarak ortaya çıkarlar ve bitkilerdeki savunma reaksiyonlarını da teşvik ederler. Bunun sonucu olarak da biyolojik mücadelede önemli bir potansiyele sahiptirler (Hatat ve ark., 1999).

6.Ağaçlandırma çalışmalarında ülkemizde yaygın olarak kullanılan Pinaceae familyasına ait türlerin ve Okaliptus fidanlarının köklenmeleri, gelişmeleri ve neslinin başarılı bir şekilde devam ettirilebilmesi için ektomikorizal ilişkiye zorunlu olarak gereksinim duyulmaktadır. Orman ekolojisinde özellikle çam ve meşe türü ağaçlar tamamen mikorizaya bağımlı olup, ektomikoriza türleri ile aşılamadıkları zaman gelişmeyip bodur kalmaktadır. Bu nedenle böyle alanların ve yanmış orman alanlarının ağaçlandırılmalarında mutlaka ektomikorizal mantar aşılması gerekmektedir (Gür, 1998; Guerin ve ark., 2003). Gerçekten ektomikorizal ilişki gösteren orman ağaçlarının çoğu onların mantar ortağına bağımlıdır ve hatta besin maddelerince zayıf topraklarda onlar olmadan yaşayamazlar (Anonymous, 2007e). Ektomikorizal mantarların fidan gelişimini düzenleyici, fidan kalitesini artırıcı ve hastalık etmenlerini engelleyici etkisi yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır.

7.Yapılan çalışmalarda ektomikorizal mantarların kompleks azot kaynaklarını kullanımda, azotlu bileşikleri bitkiye taşımada ve çürüyen yaprak süprüntüsünden azot sağlamada önemli rollerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu durum soğukta ve asitli koşullarda düşük mikrobiyal aktivite yüzünden mineral besin döngüsü hızının düşük olduğu, sıcaklıklarda ve sub-boreal ormanlarda oldukça

önemli olabilir. Bu sayede ektomikorizal mantarlar ağaçların azot besininde önemli bir rol oynayabilir. Yine bazı çalışmalar ektomikorizal ilişki sayesinde gölge gibi daha az elverişli koşullarda karbonhidratların bir kısmının yaşlı ağaçların köklerinden genç ağaçlara doğru taşınarak fidanların beslenmesine yardım ettiğini ve bu sayede olgun ağaçlara karşı fidanların rekabet etmesine olanak sağladığını ortaya koymuştur (Anonymous, 2007a). Ektomikorizal mantarlar çoğu orman ekosisteminde dominant ağaç türleri için önemli birer simbiyotik ortaktır (Liang ve ark., 2004; Wallander ve ark., 2004). Koniferlerin vejetatif çoğaltımında ektomikorizal mantarlar başarıyla kullanılabilir (Oliveria ve ark., 2003; Niemi ve ark., 2004). Yapılan bir çalışmada bazı ektomikorizal mantar türlerinin (*Laccaria*, *Scleroderma*, *Pisolithus*) Okaliptus fidanlarına aşılandığında fidanların kök sistemini geliştirerek, daha hızlı gelişmesini sağladıkları ve fidanların hayatta kalmasını teşvik ettikleri belirlenmiştir (Lu ve ark., 1998). *Lactarius*, *Pisolithus* ve *Suillus* gibi ektomikorizal mantar türlerinin yeniden ağaçlandırma programları ve ağaçların kalitatif gelişimi için önemli mikroorganizmalar olduğu belirtilmiştir (Araujo ve ark., 1998). Niemi ve ark. (2004) ekonomik olarak önemli koniferlerin çoğunlukla ektomikorizal mantarlar ile simbiyotik ilişki oluşturduklarını, kök ve sürgün büyümesinde önemli etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca ektomikorizal mantarlar ile aşılanan ağaçların dış ortama transferinde stresin üstesinden gelebilme yeteneğinin de arttığını tespit etmişlerdir.

8.Ektomikorizal mantarlar çevresel kirleticilere karşı dayanıklılığı artırır. Sürekli olarak organik kirleticilerle bulaşan toprağın temizlenilmesini kolaylaştırmak için ektomikorizal ilişkilerin kullanılabilirliği araştırılmış ve ektomikorizal mantarların toprağın temizlenmesinde önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir (Meharg ve Cairney, 2000).

9.Yine yapılan çalışmalarda ektomikorizanın bazı metal iyonlarının konukçu bitkideki toksitesini azaltabileceği ortaya çıkarılmıştır. Bu ilişkilerin etkinliği mantarın metal toleransına ve mantar yoğunluğuna bağlı olmaktadır (Perrin ve Salerno, 1994). Ajungla ve ark. (2003)'nın yaptıkları çalışmada ektomikorizanın yokluğunda ağır metallerin şiddetli bir şekilde enzim aktivitesini ve ektomikorizanın ağır metal toksitesini azalttığını belirlemişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir ekosistemin en önemli anahtarlarından biri olan ektomikorizal mantarların, öncelikle bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkileri ve biyolojik kimlikleri yanında, çevre ve insan sağlığı üzerindeki koruyucu özellikleri nedeniyle yakın bir gelecekte entegre mücadele programlarının vazgeçilmez elemanlarından biri olmaları kaçınılmazdır. Ekolojik olarak doğal dengenin korunmasında önemli role sahip olan ektomikorizanın, gelişen teknoloji yardımı ile doğal gübre olarak

kullanılması hem kimyasal gübre kullanımı azaltılacak hem de daha fazla ve daha kaliteli ürün elde edilebilmesini sağlayacaktır.

Doğadan toplanıp, sevilerek tüketilen, değerli birçok ektomikorizal mantar türü bulunmaktadır. Bunların kültüre alınabilmeleri için öncelikle mantar türlerinin biyolojisi ve konukçu bitkilerle ektomikorizal ilişkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu mantar türlerinin kültüre alınması özellikle orman alanlarının yeniden ağaçlandırılma çalışmalarında ve orman köylülerine ek gelir sağlanmasında büyük katkılar sağlayacaktır.

Sağlıklı fidan yetiştirmede ve yanmış orman alanlarının ağaçlandırılmalarında mutlaka ektomikorizal mantar aşılması gerekmektedir. Maalesef şimdiye kadar yapılan çalışmalarda dünya ormancılığında özel ektomikorizal mantarların kullanım potansiyeli konusunda henüz istenilen seviyeye gelinememiştir.

Bu nedenle topraklarımızdaki ektomikorizal potansiyelin belirlenmesi ve ektomikorizal mantarların bitki yararına kullanılmasına yönelik bilimsel çalışmaların yapılarak, pratiğe aktarılması ülkemiz tarımı ve ormancılığı açısından önemli olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Ajungla, T., Sharma, G.D., Dkhar, M.S., 2003. Heavy metal toxicity on dehydrogenase activity on rhizospheric soil of ectomycorrhizal pine seedlings in field condition. *Journal of Environmental Biology*, 24 (4): 461-463.
- Araujo, A.A. ou De Araujo, A.A., Hannibal, L., Plassard, C., Mousain, D., Roussos, S., 1998. Apical growth of ectomycorrhizal fungi *Pisolithus*, *Suillus* and *Lactarius* on agar media. *Micol Neotrop Apl.*, 11: 23-34.
- Anonymous, 2007a. The Microbial World: Mycorrhizas. (Produced by J. Deacon). <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/mycorr.htm> (Ulaşım tarihi: 30.01.2007).
- Anonymous, 2007b. Ectomycorrhiza. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e33/3.htm> (en son düzenleme 07/31/2003, Ulaşım tarihi: 02.02.2007).
- Anonymous, 2007c. Mycorrhiza. <http://www.ibot.cas.cz/mykosym/mycorrhiza.html> (Ulaşım tarihi: 02.02.2007).
- Anonymous, 2007d. http://www.pflanzenkultur.de/index_e.html?ektomykorrhiza (Ulaşım tarihi: 02.02.2007).
- Anonymous, 2007e. Ectomycorrhizal Fungi. <http://www.nifg.org.uk/ecto.htm>.
- Anonymous, 2007f. Mycorrhizas. <http://www.crop.cri.nz/home/products-services/publications/broadsheets/mycorrhizas.pdf>. (Ulaşım tarihi: 02.02.2007).
- Berman, J.T., Bledsoe, C.S., 1998. Soil transfers from valley oak (*Quercus lobata* Nee) stans increase ectomycorrhizal diversity and alter root and shoot growth on valley oak seedlings. *Mycorrhiza*, 7: 223-235.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk, N., 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Australian Center for International Agricultural Research, p.374.
- Dosskey, M.G., Boersma L., Linderman, R.G., 1991. Role for the photosynthate demand of ectomycorrhizas in the response of Douglas fir seedlings to drying soil. *New Phytologist*, 117 (2): 327-334.
- Glowa, K.R., Arocena, J.M., Massicotte, H.B., 2004. Properties of soils influenced by ectomycorrhizal fungi in hybrid spruce [*Picea glauca* x *engelmannii* (Moench.) Voss]. *Canadian Journal of Soil Science*, 84 (1): 91-102.
- Guehl, J.M., Garbaye, J., 1991. The effects of ectomycorrhizal status on carbon dioxide assimilation capacity, water-use efficiency and response to transplanting in seedlings of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco. *Amer. Sci. For.*, 21: 551-563.
- Guerin-Laguette, A., Conventi, S., Ruiz, G., Plassard, C., Mousain, D., 2003. The ectomycorrhizal symbiosis between *Lactarius deliciosus* and *Pinus sylvestris* in forest soil samples: symbiotic efficiency and development on roots of a rDNA internal transcribed spacer-selected isolate of *L. deliciosus*. *Mycorrhiza*, 13 (1): 17-25.
- Gür, K., 1998. Mikorizal Sınıflama (Mikorizal Enfeksiyon Tipleri). Toprak ve Bitkide Mikoriza. (Workshop notları, 20-22 Mayıs), 56-58, Adana.
- Gür, K., Uyanöz, R., Akın, N., Özkan, V.K., 1993. Vesiküler-arbüsküler mikorizanın Konya yöresi topraklarındaki dağılımı üzerine bir araştırma. 8. Kükem Kong. (20-22 Eylül 1993), Ankara.
- Hagerberg, D., Thelin, G., Wallander, H., 2003. The production of ectomycorrhizal mycelium in forests: Relation between forest nutrient status and local mineral sources. *Plant and Soil*, 252 (2): 279-290.
- Haktanır, K., Arcak, S., 1997. Toprak Biyolojisi Ders Kitabı. A.Ü. Ziraat Fak. Yay. No: 447, Ankara.
- Harley, J.L., Smith, S.E., 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. London.
- Hatat, G., Bozoğlu, H., Pekşen, A.U., 1999. Mikorizanın bitkisel üretim açısından önemi. Karadeniz Bölgesi Tarım Sempozyumu. Bildiriler. Cilt 2, O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma Seri No: 5, 657-666.
- Hees, P.A.W., Jones, D.L., Jentschke, G., Godbold, D.L., 2004. Mobilization of aluminium, iron and silicon by *Picea abies* and ectomycorrhizas in a forest soil. *European Journal of Soil Science*, 55 (1): 101-111.
- Isaac, S., 1992. Fungal Plant Interactions. Chapman and Hall, London, UK, p.418.
- Jonsson, L., 1998. Community Structure of Ectomycorrhizal Fungi in Swedish Boreal Forests, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Liang, Y., Guo, L.D., Ma, K.P., 2004. Spatial pattern of the most common late-stage ectomycorrhizal fungi in a subtropical forest in Duijiangyan, Southwest of China. *Acta Botanica Sinica*, 46 (1): 29-34.
- Lu, X., Malajczuk, N., Dell, B., 1998. Mycorrhiza formation and growth of *Eucalyptus globulus* seedlings inoculated with spores of various ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 8: 81-86.
- Marschner, H., 1993. Zinc uptake from soils. In: Zinc in Soil and Plants. (Ed. Robson, A.D.), Kluwer Academic Publishers.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of High Plants. Second Edition. Academic Press London.
- Meharg, A.A., Cairney, J.W.G., 2000. Ectomycorrhizas-extending the capabilities of rhizosphere remediation. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1475-1484.
- Molina, R., Trappe, J.M., 1982. Patterns of ectomycorrhizal host specificity and potential among Pacific Northwest conifers and fungi. *For Sci.*, 28: 423-458.
- Niemi, K., Scagel, C., Haggman, H., 2004. Application of ectomycorrhizal fungi in vegetative propagation of conifers. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 78 (1): 83-91.
- Oliveira, P., Barriga, J., Cavaleiro, C., Peixe, A., Potes, A.Z., 2003. Sustained in vitro root development

- obtained in *Pinus pinea* L. inoculated with ectomycorrhizal fungi. *Forestry*, 76 (5): 579-587.
- Ortaş, İ., 1997. Mikoriza nedir? TÜBİTAK Dergisi, Şubat 1997, Sayı 351, Ankara.
- Ortaş, İ., 1998. Mikorizanın narenciye tarımındaki önemi ve kullanım olanakları. *Turunçgil Bülteni*, 8 (23): 9-15.
- Osonubi, O., Mulongoy, K., Awotoye, O.O., Atayese, M.O., Okali, D.U.U., 1991. Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. *Plant and Soil*, 136 (1): 131-143.
- Perrin, R., Salerno, M.I., 1994. Current developments in research related to the influence of mycorrhizae and plant protection and resistance to abiotic stresses. In: *Mycorrhizas in Integrated Systems From Genes to Plant development Proceedings of the Fourth European Symposium on Mycorrhizas*, 11-14 July, Granada, (Eds. Azcon-Aguilar C. and J.M. Barea), pp: 401-406.
- Peterson, R.L., Massicotte, H.B., Melville, L.H., 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, pp. 173. http://www.namyco.org/book_reviews/Mycorrhizas.htm 1 (Ulaşım Tarihi: 02.02.2007).
- Rincon, A., Alvarez, I.F., Pera, J., 2001. Inoculation of containerized *Pinus pinea* L. seedlings with seven ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 11 (6): 265-271.
- Sanchez, D.M., 1994. Survival of arbuscular mycorrhizal plants in drying soil. In: *Mycorrhizas in Integrated Systems From Genes to Plant development Proceedings of the Fourth European Symposium on Mycorrhizas*, 11-14 July, Granada, (Eds. Azcon-Aguilar C. and J.M. Barea), pp: 407-412.
- Setälä, H., Kulmala, P., Mikola, J., Markkola, A.M., 1999. Influence of ectomycorrhiza on the structure of detrital food webs in pine rhizosphere. *Oikos*, 87: 113-122.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition, Academic Pres., London, UK.
- Sylvia, D.M., Hammond, L.C., Bennett, J.M., Haas, J.H., Linda, S.B., 1993. Field response of maize to VAM fungus and water management. *Agron. J.*, 85: 193-198.
- Treseder, K.K., Masiello, C.A., Lansing, J.L., Allen, M.F., 2004. Species-specific measurements of ectomycorrhizal turnover under N-fertilization: combining isotopic and genetic approaches. *Oecologia*, 138 (3): 419-425.
- Wallander, H., Goransson, H., Rosengren, U., 2004. Production, standing biomass and natural abundance of N-15 and C-13 in ectomycorrhizal mycelia collected at different soil depths in two forest types. *Oecologia*, 139 (1): 89-97.