

# **EKTOMİKORİZALARIN FİZYO - EKOLOJİSİ: ARAZİDEKİ UYGULAMA SONUÇLARI**

Physiological Ecology of Ectomycorrhizae: Implications for Field  
Application

**Yazan: Caroline S. BLEDSOE <sup>1</sup>**

**Çeviren: Sedat TÜFEKÇİ <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> **Deprt. of Land, Air and Water Resources – Univ. of California**

<sup>2</sup> **Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü**

**Eastern Mediterranean Forestry Research Institute**

P.K : 18 33401 TARSUS

---

**DOĞU AKDENİZ ORMANCILIK ARAŞTIRMA MÜDÜRLÜĞÜ**

**DOA DERGİSİ (Journal of DOA)**

**Sayı : 11 Sayfa: 53 - 75 Yıl: 2005**

---



Bu yazı; “*Mycorrhizal Functioning*” adlı kitabın (1992, Editör M.J.Allen, Chapman &Hall) 424-437 sayfaları arasında yer alan ve C.S. Bledsoe tarafından kaleme alınan “*Physiological Ecology of Ectomycorrhizae: Implications for Field Application*” başlıklı makaleden aynen çevrilmiştir.

## KISA ÖZET

Orman ekosistemlerinde hemen hemen bütün bitki kökleri mikorizalıdır ve orman ağaçlarının besin elementi zenginliği ve gelişimi bunun bir sonucudur. Ancak, mantar türlerinin kendine özgü oluşturdukları mikorizaların farklı etkileri hakkında pek az şey bilinmektedir. Genç ağaçlar ve fidanlarda yapılan çalışmalar göstermektedir ki bazı mantar türleri konukçu bitkiye diğer türlerden daha yararlı olabilmektedirler. Bu sonuçların doğal orman ekosistemindeki büyük ağaçlara nasıl aktarılacakları belirsizdir. Ormanlarda pek çok farklı mantar türü tek bir ağacın köküne bulaşabilir ve bu birliktelik meşcerenin yaşına ve mevsime bağlı olarak değişebilir. Mikoriza uzmanları yeni moleküler metotlar kullanarak kök-mantar işbirliğini tanımlamayı öğrenmektedirler. Mikoriza topluluklarının değişiminin önemi hakkındaki bilgimizin artması ile orman yönetimi uygulamaları da değişmekte, doğal çeşitlilik ve mikorizal aşılması da artmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, daha akılcı olarak gelecekte ormanların doğru ağaç ve doğru mantar ortaklığını sağlamak için farklı mantarların fizyolojik rollerinde odaklanmalıdır.

---

**Anahtar Kelimeler:** Ektomikoriza, Ortak yaşam, Ağaçlandırma, Aşılama



This paper was translated from Caroline S. Bledsoe, 1992: *Physiological Ecology of Ectomycorrhizae: Implications for Field Application*. Mycorrhizal Functioning (Ed. M.J. Allen) Chapman & Hall, pp. 424-437.

## **ABSTRACT**

In forest ecosystems, virtually all plant roots are mycorrhizal and enhanced nutrition and growth of forest trees are the result. However, less is known about the different effects of specific fungal species forming these mycorrhizas. Studies on small trees or seedlings have shown that certain fungal species may be more beneficial to the host than other species. How these results apply to larger trees in a natural forest environment is uncertain. In forests, many different fungi may infect roots of a single tree, and these associations change over time with season and with age of the stand. Using new, molecular methods, mycorrhizal scientists are learning to identify these root-associated fungi. As we increase our understanding of the importance of the changing mycorrhizal population, forest management practices are also changing to enhance mycorrhizal inoculum and diversity. Future research should focus on the physiological roles of different fungi, in order for future foresters to choose wisely the particular fungal partner for their trees.

---

**Key Words:** Ectomycorrhiza, Association, Plantation, Inoculation



## 1. GİRİŞ

Mikoriza mantarları ile bitkiler arasında karşılıklı yararlanma (mutualizm) ve simbiyotik (ortak yaşam) ilişki oluşturdukları bilinmektedir. Basitçe ifade edilirse mantar, işbirliği halindeki bitki köklerinden enerjiyi karbonhidratlar olarak alır. Mikorizalı bitki kökleri, mikorizasız olanlarına göre mineral besin elementlerini daha fazla alabilirler, böylece bitki büyümesi de artar. Burada bitkilerin besin elementi alımına odaklanmak için bitki ve mantarın diğer sağladığı yararları değinilmemiştir.

Bitkilere yapılan bu beslenme yararı bitki yetiştiricilerinin, ormancuların ilgisini çekmiştir. Ormancılar, orman biyologları ve ekologlar ağacın yaşama durumunu, büyümesini ve beslenmesini önemli bir şekilde etkileyebilen mikorizanın ağaçlandırma sahalarında kullanılacak fidan türlerine partner olan mantar türlerinin olup olmadığını bilme gereksinimi duymaktadırlar.

Bu yazı, orman ağaç türleriyle –özellikle ibreliler– yaşam birliği oluşturan mikoriza mantarlarının ekolojisi ve fizyolojisi hakkında bilinenleri göz önüne alarak mantarın spesifik etkilerini konu edinmektedir. Bundan başka büyük alan ormancılığına (tırşlanan sahaların ağaçlandırılması, ağaçların büyümesi ve fidanların dikimi) mikoriza ekolojisinin hangi yönlerinin uygulanabileceğini de tartışmaktadır.

Burada aşağıdaki 3 bölüm ele alınmıştır :

1. Mikoriza ekolojisi ve besin elementi kazanımındaki mevcut bilgiler,
2. Arazi çalışmalarında bugünkü uygulamalar,
3. Mikoriza uygulamalarında yeni araştırmalar ve geleceğin fırsatları.

## 2. MEVCUT BİLGİ: MİKORİZA EKOFİZYOLOJİSİ VE BESLENMESİ

### 2.1. Konukçu Bitkiye Mantarın Etkileri :

Değişik mikoriza türlerinin konukçu bitkinin fizyolojisini nasıl etkilediğini keşfetmeye yönelik laboratuvar, sera ve fidanlık çalışmaları yapılmaktadır. Örneğin mantar türlerinin fosfor alım oranları farklı olursa, mantarın partneri olan ektomikorizalı köklerin alım oranları da benzer şekilde farklı mı olacaktır? Ormandaki bir ağacın partneri olacak mantarı seçme olanağı olmadığı için buna kalkışması da güç olmaktadır. Bundan dolayı çok sınırlı fidan araştırmalarına rağmen gerçekte mantar bitki ilişkisine dair bilgilerimizin tümü bu çalışmalardan gelmektedir.

Aşağıda tarif edilen laboratuvar/sera/fidanlık çalışmalarının bir kısmı genellikle çok büyük farklılıklar olmamasına rağmen, birkaç fizyolojik özelliğinden dolayı farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu nedenle yine çok büyük farklılıklar bulunmamasına rağmen mantar partneri seçimi, mikorizalı kök veya mantarın fizyolojik özelliklerinden etkilenebilmektedir. Mantar partneri seçimi, mikorizalı kök veya fidanların fizyolojik özelliklerinden etkilenebilir. Ancak bu etki çok büyük değildir.

Sadece bir tek mantar gözden geçirildiğinde, mantar türlerinin mikorizal yaşam birliği ve konukçu bitkiyi etkileyebilen anatomik ve fizyolojik özelliklerini değiştirmektedirler. Bu farklılıklar familyada, cinste, türlerde, hat<sup>(1)</sup> veya genotip düzeyinde olabilir. Örneğin hat düzeyinde, *Laccaria bicolor*'ın farklı hatları, mantle<sup>(2)</sup> kalınlığı, yoğunluğu ve Hartig net<sup>(3)</sup>'in sızma derecesine bağlı olarak ölçülen mikoriza oluşumu derecesine göre farklılıklar gösterir (WONG ve ark., 1989). Birçok araştırmacı mantarların yetenekleri arasında farklılıklar bulunduğunu belirtmişlerdir. Bunlar :

---

Hat<sup>(1)</sup>: Klonal olarak veya tohumdan üretilen saf materyal

Mantle<sup>(2)</sup>: Kök yüzeyini saran hif tabakası, manto

Hartig net<sup>(3)</sup>: Kök korteksi ile epidermis hücreleri arasında dolambaçlı bir şekilde dallanan mantar hücreleri topluluğu. Bunlar bitki ile mantar arasında besin elementi değişiminin önemli bir bölgesi olarak kabul edilir

1. Su stresine dayanma (MEXAL ve REID, 1973; COLEMAN ve ark., 1989),
2. Azot alımı (LITTKER ve ark.,1984),
3. Fosfor alımı (HARLEY ve SMITH, 1983; FINDLAY ve READ, 1986 ve diğçerleri),
4. Fosfat üretimi (HO ve ZAK, 1979) ve diğçer birçok özelliklerdir.

Mikorizal yaşam birliğı göz önüne alındığında; su stresinde (PARKE ve ark., 1983), azot alımında (RYGIEWICZ ve ark., 1984a; 1984b), fosfor alımında (HARLEY ve SMITH, 1983; FINDLAY ve READ, 1986) ve fosfotaz aktivitesinde (BARLETT ve LEWIS, 1973; ANTIBUS ve ark.,1981; KROPP, 1989) de farklılıklar bulunmuştur.

Bu nedenle sadece mikorizal mantar veya mikorizal yaşam birliğı üzerine çok sayıdaki çalışma, mantar türleri arasındaki farklılıkların kendi anatomi veya fizyolojilerindeki farklılıklarından kaynaklandığını göstermiştir. Tüm laboratuvar, sera veya fidan yetiştirme çalışmalarına rağmen bu farklılığın, ormandaki yetişme ortamının farklılığından ve ekolojik öneminden kaynaklanıp kaynaklanmadığı henüz açığa çıkmamıştır. Bu konu bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

## **2.2. Ormandaki Mikorizal Fonksiyonlar**

Ormanda mikorizaların fonksiyonları konusunda pek az bilgi bulunmaktadır. 2 temel soru vardır. Bunlar: köklerde hangi mantar türleri vardır ve mantar türleri zaman içinde değışikliğe (süksesyona neden olmaya) yol açar mı?

## **2.3. Mantar Türlerinin Varlığı**

Köklerde mantar türlerini teşhis etmek zor olduğu için ağaç köklerindeki mantar türlerinin kimliğini tanımlamak çok güçtür. Mantar tanımlama, üreme yapılarının veya sporocarp<sup>(4)</sup>ın özelliklerine dayanır. Bazı sporocarplar toprak altında (truffle'lar ve yalancı truffle'lar gibi), çoğunluğu da toprak üstünde bulunurlar. Sporocarplar gelişimleri sağlamaları için kendilerine karbonhidrat sağlayan ağaç köklerine

---

Sporocarp<sup>(4)</sup>: Mantarda üretilmiş olan ve birlikte yapışık halde olan spor kümesi

hifler<sup>(5)</sup> ve rizomorflar<sup>(6)</sup> yoluyla bağı olmasına rağmen bu hif bağlantılarını ayırt etmek zordur. Mantar fruit body<sup>(7)</sup>'sinin ortaya çıkması, yakınındaki köklerde mikorizal faaliyetin olası kanıtı olarak sayılır.

Mikoriza araştırmacılarının köklerdeki mantar türlerini tanımlayabilmeleri için uzun zamana, yeni metotlara gereksinimleri vardır. Son zamanlara kadar mikorizalı köklerin morfolojik özellikleri (hifin rengi, dallanma derecesi ve manto kalınlığı gibi) gözle görülebilir ölçüde karakterize edilmeye başlanmıştır. Bazı moleküler tekniklerin gelişmesiyle ("Umut Verici Yeni Araştırmalar" bölümüne bakınız), mikoriza mantarıyla ilişki halindeki kökleri tanımlamak için bir araca sahip olduğu bilinmektedir (LEE ve TAYLOR, 1989; ROGERS ve ark., 1989; BRUNS ve ark., 1990 ve diğer makalelere bakınız). Bu yöntemler mantarların cinslerini bazen de türlerini tanımanıza olanak sağlamaktadır.

## 2.4. Mantar Türlerinin Değişimi

Bir ormanın süksesyona maruz kalması, mikoriza mantarının süksesyonuna bağlı kalmasından kaynaklanabilir (LAST ve ark., 1984, 1985; DIGHTON ve MASON, 1985). Uzun dönem içerisinde ormanlarda çok şey değişmektedir. Orman toprakları çok heterojendirler. Orman topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapıları çok küçük alanlarda bile çok çabuk değişebilmektedir. Mikro bölgeler, topraklardaki mikroorganizmalar ile toprak nemi, toprak verimliliği, toprak havası gibi fiziksel ve kimyasal çevre özelliklerinden etkilenen üç boyutlu küçük objelerdir. COLEMAN (1985), mikro bölgeler konusunu detaylı bir şekilde anlatmaktadır.

Mikoriza mantarları içeren topraktaki bu mikro bölgeler, mikroorganizmaların gelişimini ve fonksiyonunu etkilerler. Bitki türleri, orman süksesyonunu ve meşcere çağını değiştirdiği gibi toprak çevresini de değiştirir. Örneğin, ibreli ormanlarda toprak daha asidik olabilir, ölü

---

Hif<sup>(5)</sup>: Somatik hiflerin kendi özelliklerini kaybetmeleri sonucu bir araya gelerek oluşturdukları kalın ip şeklindeki yapı

Rizomorf<sup>(6)</sup>: İnce, saydam, değişik kalınlıkta ve protoplazma ile dolu tüp şeklinde bir yapılar

Fruit body<sup>(7)</sup>: Seksüel sporlar içeren (sporocarplar, sporoforlar, basidiocarplar gibi) büyük mantarın üremeyi sağlayan yapıları. Şapka

örtü tabakası artabilir ve diri örtü birikebilir. Karbon/Azot oranı ve bitkilerle mikropların besin elementleri yarayırlılığı değişir. Değişen toprak çevresi ve bitki türlerine bağlı olarak mantar türlerinin değişimi de olasıdır.

Mikoriza türleri, toprak türü, ekosistem tipi ve yükseklik gibi çevresel unsurlardan kuvvetli bir biçimde etkilenirler (READ, 1984). Bundan dolayı, toprakta değişen çevresel unsurlar da mikoriza mantarının süksesyonuna neden olabilecektir. Bu varsayılan mantar süksesyonu, diğer toprak canlılarıyla mikorizaların ilişkisini anlamamızı sağlayan çok sayıda farklı ekosistemle belirlenmiştir (FOGEL, 1988).

Ektomikorizal köklerle ormandaki şapkalı mantarların sistematik olarak incelendiği bazı çalışmalar bulunmaktadır. İskoçya'da yapılan bir çalışma, ayrıcalık arz etmektedir (DIGHTON ve MASON, 1985; LAST ve ark., 1985). Bu çalışmada, birkaç yıllık dönem boyunca aynı meşcerede ve değişik yaşlı meşcerelerdeki mantarlarla ortak bir yaşam kurmuş kökler ile şapkalı mantar örneklerinin değişimlerini saptamıştır. Bu bilim adamları, ormanın erken, orta ve geç süksesyonel aşamalarına benzer bir şekilde mantarların da erken, orta ve geç aşamalarının olabileceğini öne sürmektedirler.

İbrelili ormanlardaki simbiyotik mantar çeşitliliği yüksek, oysa bitki çeşitliliği düşüktür. Bunun nedeni hakkında sadece tahminler yürütebiliriz. PERRY ve ark. (1987), bu mantar çeşitliliğinin, dejenerasyona karşı bir tampon olabileceğini öne sürmektedirler. Bu tür çeşitliliğinin sadece farklı ekolojik ve fizyolojik fonksiyonlarda olabileceğini varsaymaktayız.

Önceki örnekler, zamanla mantar türleri değişiminde olduğu gibi ormanda fonksiyon gösteren mikorizaların değişime uğradığını ve bu konuda daha fazla bilgiye gereksinim duyulduğunu göstermektedir. Bunun anlaşılmasından sonra ormanda mikoriza mantarının nasıl fonksiyon gösterdiği konusunu çalışmaya başlayabiliriz.

### 3.GÜNÜMÜZ ARAZİ UYGULAMALARI: MİKORİZA AŞILAMA / SAKLAMA

#### 3.1. Fidanlar

Mikorizaların orman ağaçları için sözü edilen yararlarından çoğunu öncelikle fosfor ve daha sonra azot beslenmesindeki iyileştirme oluşturmaktadır. Orman ağacı fidanlarını aşılamanın pratik ve ekonomik olup olmadığı sorgulanmalıdır. STRIBLEY (1989)'in ifade ettiği gibi, mikoriza aşılması uygulanan bir deneme deseninin gübreleme ekonomisi, o denemeyi içinden çıkılmaz bir hale sokmaktadır. Mikorizalar ile verimlilik arasında karmaşık bir ilişki bulunmaktadır, fakat bu ilişkinin denenmesi de bir gereksinimdir.

Aşılama yapılmasına karar verilirse, o zaman fidanların aşılmasında kullanılacak mantarın türlerinin belirlenmesi tek ve en önemli kararı oluşturacaktır. Aşılama yönteminin hangisi ve döneminin ne zaman olacağı gibi diğer kararların da alınması gerekmektedir. Eğer seçilen mantar mikoriza oluşturmazsa, arazinin başarısı, fidanın yararı ve diğer bütün seçeneklerin önemi çok küçük kalabilir.

Fidan aşılmasında hangi mantar türünün kullanılacağı sorusu, mikorizalı mantar türlerinin fizyolojik ve ekolojik özellikleri hakkında daha fazla bilgiye gereksinim duyulduğunu bildiren TRAPPE (1977) tarafından değerlendirilmiştir. Son 13 yılda bu sorunun yanıtı ne yazık ki tam olarak verilememiştir. Mantarların seçiminin birçok faktöre bağlı olduğundan maalesef bu sorunun yanıtı zordur. Bu seçimi yapmak için yerli mikorizalı mantarın ekolojisi hakkında henüz çok az bilgi mevcuttur.

ABD'nin güneydoğusunda, özellikle çam türleri ile kombineli olan *Pisolithus tinctorius* (Pt) mantarı, 100'den fazla çıplak köklü fidan denemesinde kullanılmış (MARX ve ark., 1984) ve çok sayıda arazilerde dikimleri yapılmıştır. Genel olarak Pt mantarı, fidanların yaşama yüzdelerini ve gelişmelerini artırmıştır. Ancak, aşılamanın zorluğu ve maliyetleri, sonuçların yararlılığını karşılamayabilir (CORDELL ve ark., 1987). Meşe fidanlarına 11 farklı izole edilmiş mantar denenmiş ve

birbirinden farklı başarılar elde edilmiştir (DIXON ve ark., 1984; MITCHELL ve ark., 1984).

ABD'nin kuzeybatısında denenen birkaç farklı mantar türü de az ve birbirinden farklı başarılı sonuçlar vermiştir. Çok kurak bölgelerde *Hebeloma crustuliniforme* ve *Laccaria laccata* mantarları, doğal mantar türleriyle rekabet edememiş ve Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) fidanlarının gelişimini ve yaşama oranını arttırmamıştır (BLEDSOE ve ark., 1982). Arazi ve fidanlık denemelerinde bu iki mantar, Pt gibi ibrelili fidanlara çabucak kolonize olmayı başaramamış ve bitki gelişimini artıramamıştır (CASTELLANO, 1987; MOLINA, 1982). *Cenococcum geophilum* mantarı daha umut verici ve fidan gelişimini teşvik edici bulunmuştur (KROPP ve ark., 1985). *Rhizopogon vinicolor* ile aşılı fidanlar da mikorizal yaşam ortaklığından yararlanmışlardır (CASTELLANO ve TRAPPE, 1985).

Avustralya'da mikoriza aşılamaından önemli yararlar elde edilmiştir. Ticari ve egzotik bir tür olan *Pinus radiata*'nın doğal partneri olmayan mantarın bile yarar sağlaması bir kanıt olmuştur (TOMMERUP ve ark., 1987). Mikoriza mantarı 60 yıldan fazladır orman yönetiminde bir araç olarak kullanılmıştır. ABD'de olduğu gibi Avustralya'da da mikoriza uzmanları, orman ağaç türleri için daha yararlı olabilecek elverişli mantar türlerini araştırmaktadırlar.

Fransa'da, farklı mikoriza mantar türleri çam fidanlarına uygulanmış ve birbirlerinden farklı boy gelişimleri ortaya çıkmıştır (MOUSAIN ve ark., 1987). Enzimatik (nitrat redüktaz, fosfataz vb) işlevlerine göre yabancı mikoriza hatlarını eleme ve seçme işi günümüzün çalışma programını oluşturmaktadır.

Egzotik fidan türlerinin kullanıldığı tropikal ormanlarda mikoriza ile aşılama yapmak esastır (MIKOLA, 1980).

Bundan dolayı, diğerlerinden daha yararlı olabilen ağaç gelişimini artıran belli bazı mantar türleri vardır. Fakat birçok olumsuz ve çelişkili sonuçlar da bulunmaktadır. Şüphesiz arazi şartlarında etkili yaşam birlikleri oluşturmak için mantar türlerinin fizyolojisi ve onların yetenekleri hakkında daha fazla bilgiye gereksinim duyulmaktadır.

Toprak, aşılınmış ağaçların kökleri, sporlar, spor pelletleri<sup>(8)</sup> ve misellerin<sup>(9)</sup> kullanımını içeren birçok aşılama (inokulasyon) yöntemi geliştirilmiştir (Bu yöntemlerin geniş bir şekilde değerlendirilmesi için şu kaynaklardan yararlanılabilir: MARX ve KENNY, 1982; RIFFLE ve MARONEK, 1982; MARX ve ark. 1984). Bu araştırmacılara göre, aşılama yöntemlerinde ilave çalışmalardan önce, ilk olarak hangi mantar veya mantarların kullanılması gerektiği sorusu yanıtlanmalıdır

### 3.2. Ticari Orman Yönetimi

Bir kerelik mikorizalı fidanın dikilmesi ile, ağacın yaşamı boyunca mikorizal yaşam oluşumu için fazla bir çabaya gerek kalmayacaktır. Fidanlarda, genç ve olgun ağaçlarda ve yeniden ağaçlandırılmak üzere hazırlanan kesilmiş alanlarda, yararlı mikoriza mantarının gelişimi ve bakımını sağlamak için günümüzde uygulanan orman yönetim şeklini değiştirmek gerekebilir.

Mikoriza mantarı köklerde ne kadar yaşar? Birçok durumda, mevcut mantarlar doğal mantarların baskısıyla hızla yer değiştirirler. Örneğin, ABD'nin batısındaki bir kurak sahada kullanılan *Hebeloma* ve *Laccaria* türleri, fidan dikiminden 6 ay sonra belirlenemeyen bir şekilde doğal mantarlarca yer değiştirmişlerdir (BLEDSOE ve ark., 1982). Bir diğerinde, mikorizalı *Quercus rubra* fidanları dikiminden 3 yıl sonra orijinal mantarlarını koruyor iken, aşılama için kullanılan değişik mantar türleri arasında farklılıklar bulunmuştur (BECKJORD ve MCINTOSH, 1983). Ve üçüncü bir örnek de, köklerde orijinal mantarlar kalmasına rağmen toprakta gelişen yeni kökler yerli mantarlar tarafından enfekte olmuştur (RUEHLE, 1983). Bundan dolayı mikorizalarının varlığı, belirli özellikleri olan yetiştirme ortamları gerektirir.

Herbisitlerin ve gübrelerin kullanımı, genç ağaçların köklerindeki ektomikorizaları değiştirebilir. Yüksek verimli ortamların mikoriza sayısını azalttığı bilinmektedir. Yaşlı meşcerelerde mikorizal yaşam birliği, meşcere çağı gibi değişime uğramaktadır (DIGHTON ve MASON, 1985). Bununla birlikte bir ormanın idare süresince meşcereye uygun mikoriza mantarlarını sağlamak için, meşcerelerde mikoriza

---

Spor pelletleri<sup>(8)</sup>: Yapay olarak sporlardan oluşturulan topçuklar.

Misel<sup>(9)</sup>: Bir mantarın vejetatif organını oluşturan yapı.

çeşitliliğini artırma konusunda orman idarelerince küçük de olsa bir çaba bulunmaktadır. Uygun mantar türlerinin yokluğu orman gelişiminde olumsuz etkilere neden olabilir. Belki de yaşlı ormanlarda besin elementi alma kabiliyetleri, erken dönem<sup>(10)</sup> ve geç dönem<sup>(11)</sup> mikoriza mantarları arasında farklılıklar göstermektedir. Eğer, derin ölü örtü tabakalı topraklarda mantarlar, besin elementi alımına uyum sağlamazsa ormanın gelişimi düşebilir. Şüphesiz ki mikoriza mantarının fizyolojik yetenekleri ile geç ve erken dönem mantarları arasındaki gerçek farkın olup olmadığı hakkında çok fazla bilgiye de gereksinimimiz vardır.

Ormanın idare süresi sonlarında, kesim ve saha hazırlığı aşamalarında, kesim artıklarının sahadan uzaklaştırılması veya örtü artıklarının yakılması inokulum<sup>(12)</sup> potansiyelini azaltabilir (PERRY ve ark.,1987) ve ağaçlandırmayı güçleştirebilir. Oregon'un Cascade dağlarında bir sahada meydana gelen yangın, *Cenococcum* mantarının inokulumunu azaltmış olup, bunun etkisinin 20 yıldan daha uzun bir süre devam edebileceği düşünülmektedir (SCHOENBERGER ve PERRY, 1982).

### 3.3. Ağaçlandırma Sahaları – Bozuk ve Vasfı Düşük Sahalar :

Bir çok çalışma, mikoriza ile aşılama yapmanın maden sahaları gibi tahrip görmüş alanlar ile yüksek bölgelerde dikilmiş fidanların yaşama oranları ve gelişimlerini artırdığını göstermektedir (MARX, 1975; MARX ve ARTMAN, 1979; RUEHLE, 1980; GROSSNICKLE ve REID, 1983). Mikorizalar, topraktaki ağır metallere karşı korumayı da sağlayabilmektedirler (DIXON ve PUSCHENA, 1988). Mantar partneri seçimi, geniş olan sarp arazilerin kurulmasındaki zorluklar, çoğunlukla doğal inokulumun fazlaca bulunduğu bölgelerdeki kadar önemli olmamaktadır.

Tıraşlama kesimi yapılmış sahalardaki yeni dikimlerde mikorizanın derecesi ve türü, değişikliğe uğratabilir. PILZ ve PERRY (1984), ABD'nin batısında tıraşlama kesiminin olduğu bir sahada mikoriza oluşumunun arttığını göstermişlerdir. Yaşlı ağaçların köklerinin

Erken dönem mantarları<sup>(10)</sup>: Genç ağaçların altında gelişen, kök sistemine yakın, kolay enfekte olabilen ve kültürü kolay gerçekleşebilen mantar türleri

Geç dönem mantarları<sup>(11)</sup>: Olgun ağaçların altında gelişen, yaşlı kök bölgelerinde bulunabilen ve kültüre almada zorluk gösteren mantar türleri

Inokulum<sup>(12)</sup>: Aşı materyali

bulunması da mikoriza gelişimini etkileyebilir. FLEMING (1984), huş ağaçlarını siper altına almış ve siperli alanlardaki fidanların bazılarının “geç süksesyon mantarları” ile kolonize olduğunu belirlemiştir.

### **3.4. Egzotik / Yabancı Türler :**

Yeni Zelanda, Güney Amerika, Avustralya, Afrika ve dünyanın diğer kesimlerinde yeni kurulan ormanlar, egzotik ve doğal olmayan ağaç türleriyle tesis edilmektedir. Bu tesislerdeki başarı, mikorizal yaşam ortaklığının aynı zamanda girmesine bağlıdır. Doğal tropik ormanlarda, ağaç türlerinin yaklaşık %95'i mikorizalıdır (LE TOCAN ve ark., 1987). Tropikal ormancılıkta çamlar, okaliptüsler ve demir ağaçları gibi asıl ektomikorizalı türler kullanılmaktadır. Bu yabancı türlerle dikim düşünüldüğünde işin içine mikorizal inokulum de dahil edilmelidir. Zira inokulum eksikliği bu türlerde bodur, klorozlu fidanlar meydana getirmektedir (LE TOCAN ve ark., 1987). Tropik ormanlar kesilip yabancı türlerle yeniden ağaçlandırıldığı sürece, mikoriza partnerlerinin seçimi konusunda daha fazla bilgiye gereksinim vardır. Ne yazık ki doğal inokulum veya kullanılan mantarların fizyoeolojisi konularında az şey bilinmektedir (konunun detaylı gözden geçirilmesi için Le Tocan ve ark., 1987'ye bakınız).

## **4. GELECEKTEKİ OLANAKLAR: ORMANCILIKTA MİKORİZA UYGULAMALARI**

### **4.1. Geleceğin Ormancılığı**

1990'lar ormancılığı köklü bir değişikliğe doğru gitmektedir. Bu on yıl boyunca orman işletme uygulamaları geçmiş yıllara göre çok daha ciddi bir şekilde değişecektir. Bu değişim, yaşlı ormanların kesimi ve indikatör türler (benekli baykuş) üzerine ABD'nin kuzey batısındaki mevcut uyuşmazlıklarda görülebilmektedir. Diğer ülkeler, özellikle Batı Almanya, Fransa, Britanya ve İskandinav ülkeleri bu uyuşmazlıklarla uğraşmaktadırlar. Çünkü bu ülkelerin yüzölçümleri daha küçük ve orman kesimlerinin bazı olumsuz yönleri konusunda halk daha bilinçlidir. Yine de birçok ülke ve insan, orman kaynakları yönetimi ve kesim

uygulamalarının ekolojik açıdan doğru olması gerektiğini, tek ve ortak çevremiz olduğu fikrini benimsemeye başlamışlardır.

Mikorizal yaşam birliği oluşturma, “yeni ormancılık” uygulamalarını ne şekilde etkileyecektir? Küresel iklim değişikliği etkisindeki üretim ormanlarının devamlılığında giderek önemi artan mikorizalara bu uygulamalarda gereksinim duyulacaktır. Orman biyomasının küçük bir parçası olmasına rağmen mikorizalar, besin döngüsünün ve verimliliğin temelidirler. Örneğin batı Washington’da 180 yaşındaki *Abies amabilis* meşceresindeki mikorizalar biyomasın % 1’inden daha azını oluşturmasına rağmen, mikorizalar ve kılcal kökler asıl üretimin yaklaşık % 75’ine katkıda bulunmuşlardır (VOGT ve ark., 1982). Mikorizaların orman yönetiminin çok önemli bir parçası oldukları çok açıktır.

## 4.2. Umut Verici Yeni Araştırmalar

Gelecek 10-20 yıl için önerilen mikoriza araştırma alanları aşağıda verilmiştir :

1. Araştırmalar için mantar türlerinin kaynağı olarak doğal ormanlarda mikorizal mantarların ekolojik çeşitliliğini sürdürme çalışmaları
2. Köklerdeki mantarların tanımlanması için teknikler (moleküller yöntemler gibi) geliştirilmesine yönelik çalışmalar
3. Toprak koşullarını değiştiren arazi çalışmaları ve mikoriza türlerindeki değişiklikleri değerlendirme
4. Konukçu bitkiye yararlı olması için bazı özellikler (artırılmış besin elementi alım kabiliyeti veya saprobik yetenek gibi) seçme amacını taşıyan mikorizanın genetik mühendisliği
5. Artan toprak sıcaklığı ve artan atmosferik CO<sub>2</sub> miktarının mikoriza fonksiyonlarına etkilerini belirlemek için geniş ölçekli denemelerin yapılması
6. Rizosferdeki toprak organizmalarının ve mikorizaların yersel dağılımını belirleyecek çalışmaların yapılması
7. Yaşam birliği oluşturmada etkili olan metabolik olaylar ve genleri belirlemek için ektomikorizaların metabolizması ve fizyolojisi konusunda detaylı çalışmalar yapılması
8. Gelecek araştırmalar için seçilen mikoriza özelliklerine (ekolojisi, fizyolojisi ve anatomisi) ait verilerin bilgisayara işlenmesi, on-line bağlantısının geliştirilmesi

Tüm bu araştırma alanlarından mikorizaları anlamamızda mevcut darboğazlar ve yeni gelişmeler nedeniyle hızlı ilerlemelere uygun olan alanlar olarak düşünülen üç temel konu aşağıda açıklanmıştır.

#### **4.2.1. Aşılama İçin Mantar Seçiminde İlk Aşama Olarak Çeşitli Bölgelerdeki Ektomikorizalı Köklerin Ayırıcı Özelliklerinin Belirlenmesi**

Orman ekologları çeşitli orman meşcerelerinde ve diğer alanlarda, türleri dağılımına, zenginliğine, biyomaslarına vb. göre sınıflandırırken benzer çalışmaların toprakaltı kökleri ve rizosfer sistemi için de yapılması gereklidir. Çeşitli orman meşcerelerinde ektomikorizal yaşam birliği konusunda temel bilgi eksikliği vardır. BRUNDRETT ve ark. (1990) ile DOUDRICK ve ark. (1990)'ca yapılan çalışmalar bu tip araştırmaların mükemmel örneklerini oluşturmaktadır.

BRUNDRETT ve ark. (1990), ileride yapılacak fizyolojik çalışmaların temelini oluşturabilecek verilerin toplanması temelinde Ontario' nun önemli 20 ağaç türünün mikorizal kök yapılarını incelemiştir. DOUKRICK ve ark. (1990), kuzey Minnesota'da kara ladinleri (*Picea mariana*) ile yaşam birliği oluşturduğu kabul edilen ektomikorizaların dağılımını ve çevresel faktörleri belirlemişlerdir. Bu araştırmalarda şapka üretimi kaydedilmiş ve mikorizalı kökler toplanmıştır. Bu çalışma, araziye dikilmek amacıyla yetiştirilecek kara ladin fidanlarına aşılama üzere ekolojik olarak uyum sağlamış mantarların seçiminde ilk adım olarak hizmet edecektir. Böyle çalışmalara diğer orman meşcereleri için de gereksinim duyulmaktadır.

#### **4.2.2. Moleküler Teknikler Kullanılarak Enfekte Olmuş Köklerin Tanınması**

Ormandaki ağaç köklerinde mikoriza mantarının varlığını ve bunların zaman içinde nasıl değiştiğinin bilinmesi, ormanda mikorizanın işlevini anlamak ve ilerleme kaydedebilmek gerekmektedir. Moleküler biyolojideki son gelişmelere dek, köklerdeki vejetatif hiflere dayanan yöntemle bu mantarları tanımlamak hemen hemen imkansızdı. Daha önceleri kökteki mantar türlerini tanımlamak hemen hemen imkansızdı.

Hiflerin rengi, yapısı, dallanmanın derecesi vs. gibi veriler ektomikorizaları tanımlamayı sağlamaktadır. Son yıllarda birkaç mikoriza araştırma grubu köklerde mantarları tanımlamak için moleküler teknikleri kullanmışlardır (Quebec'te FORTIN ve ark.; Berkeley, California Üniversitesi'nde TAYLOR ve BRUNS; Syracuse, New York Eyalet Üniversitesi'nde ROGERS; Fransa, Nancy Ormancılık Araştırma Enstitüsü'nde MARTIN ve ark.; Finlandiya'da SEN; Oregon, Corvallis Çevre Koruma Ajansı'nda RYGIEWICZ).

RFLP (DNA sekanslarındaki polimorfizmin doğrudan analizlerden çıkarılması) gibi izoenzim analizleri (SEN, 1990) veya DNA amplifikasyon (DNA parçacıklarını reaktörlerle çoğaltma) yöntemleri kullanılarak da değişik mantar türleri hakkında bilgi deposu geliştirmek olasıdır. Bu bilgi deposunu kullanarak, enfekte olmuş köklerdeki bilinmeyen mantarlar tanımlanabilir. ROGERS ve ark. (1989), Birleşik Devletler' in batısında 20 yaşındaki Douglas göknarı meşceresinde enfekte olmuş mantarları tanımlamışlardır.

GARDES ve ark., (1991), özellikle iç kısım olarak tanımlanan nükleer ribozomal DNA bölgesini çoğaltmak için PCR (polimeraz zincir reaksiyonunu)'ı kullanmışlardır. Diğer genler arasında olduğu gibi varyasyon, *Laccaria* izolatları arasındaki farkı ayırt etmeyi sağlamıştır.

Bu moleküler teknikler, ağaç köklerinde aktif olan mantar türlerini ve bunların zamanla nasıl değişime uğradıklarını anlamamız için güçlü araçlardır.

#### **4.2.3. Mikorizal Oluşumda Genlerin Etkisi**

HILBERT ve MARTIN (1988) son çalışmasında, mikorizal evre süresince hangi genlere bağlı olduklarını belirlemeye kalkışmışlardır. Başlangıç noktası olması bakımından, mikorizal oluşumu süresince önem oluşturan genlerin hangileri olduğunun anlaşılmasında mikorizaya özgü polipeptidler tanımlanmıştır. Bu tür çalışmalar değişik mantar türlerinin fizyolojik fonksiyonları ve onların simbiyotik yaşamları süresince konukçu bitki ile mantar arasında nasıl bir ilişki bulunduğu hakkında büyük ipuçları verebilir.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ANTIBUS, R.K., CROXDALE, J.G., MILLER, O.K., LINKINS, A.E., 1981:** Ectomycorrhizal fungi of *Salix rotundifolia* III. Resynthesized mycorrhizal complexes and their surface phosphatase activities, *Canadian Journal of Botany*, 59, 2458-2465.
- BARTLETT, E.M., LEWIS, D.H., 1973 :** Surface phosphatase activity of mycorrhizal roots of beech. *Soil Biology and Biochemistry* 5, 249-257.
- BECKJORD, P.R., MCINTOSH, M.S., 1983 :** Growth and fungal retention by field-planted *Quercus rubra* seedlings inoculated with several ectomycorrhizal fungi. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 110, 353-359.
- BLEDSON, C.S., TENNYSON, K., LOPUSHINSKY, W., 1982 :** Survival and growth of mycorrhizal Douglas-fir seedlings outplanted on burned-over sites in eastern WA. *Canadian Journal of Forest Research* 12, 720-723.
- BLEDSON, C.S., BROWN, D., COLEMAN, M., LITKE, W., RYGIWICZ, P., SANGWANIT, U., ROGERS, S., AMMIRATI, J., 1989 :** Physiology and metabolism of ectomycorrhizae. In: *Forest Tree Physiology* (Ed. by E. Dreyer, G. Aussenac, M. Bonnet-Masimbert, P. Dizengremel, J. Favre, J. Garrec, F. Le Tacon, & F. Martin), *Annales des Sciences Forestières*, 46, 697-705.
- BRUNDRETT, M., MURASE, G., KENDRICK, B. 1990 :** Comparative anatomy of roots and mycorrhizae of common Ontario trees. *Canadian Jour. of Botany* 68, 551-578.
- BRUNS, T.D., FOGEL, R., TAYLOR, J.W., 1990 :** Amplification and sequencing of DNA from fungal herbarium specimens. *Mycologia* 82, 175-184.
- CASTELLANO, M.A. 1987 :** Ectomycorrhizal inoculum production and utilization in the Pacific Northwestern U.S. – A glimpse at the past, a look to the future. In: *Mycorrhizae in the Decade, Practical Applications and Research Priorities* (Ed. By D.M. Sylvia, L.L. Hung, & J.H. Graham) pp. 290-292. University of Florida, Gainesville, FL.
- CASTELLANO, M.A., TRAPPE, J., 1985 :** Ectomycorrhizal formation and plantation performance of Douglas-fir nursery stock inoculated with *Rhizopogon* spores. *Canadian Journal of Forest Research* 15, 613-617.
- COLEMAN, D.C., 1985 :** Through a ped darkley : an ecological assessment of root-soil-microbial-faunal interactions. In: *Ecological Interactions in Soil: Plants, Microbes and Animals* (Ed. by D. Atkinson, D.J. Read, & M.B. Usher), pp. 1-22. Blackwell Scientific Publications, London.
- COLEMAN, M., BLEDSON, C.S., LOPUSHINSKY, W., 1989 :** Pure culture response of ectomycorrhizal fungi to imposed water stress. *Canadian Journal of Botany* 67, 29-39.
- CORDELL, C.E., MARX, D.H., MAUL, S.B., OWEN, J.H., 1987 :** Production and utilization of ectomycorrhizal fungal inoculum in the eastern United States. In: *Mycorrhizae in the Next Decade, Practical Applications and Research Priorities* (Ed. by D.M. Sylvia, L.L. Hung, & J.H. Graham), pp. 287-289. University of Florida, Gainesville, FL.
- DIGHTON, J., MASON, P., 1985 :** Mycorrhizal dynamics during forest tree development. In: *Developmental Biology of Higher Fungi* (Ed. By D. Moore, L.A. Casselton, D.A. Wood, & J.C. Frankland), pp. 117-139. Cambridge University Press, Cambridge.

**DIXON, R.K., BUSCHENA, C.A., 1988** : Response of ectomycorrhizal *Pinus banksiana* and *Picea glauca* to heavy metals in soils. *Plant and Soil* 105, 265-271.

**DIXON, R.K., GARRETT, H.E., COX, G.S., MARX, D.H., SANDER, I. L., 1984:** Inoculation of three *Quercus* species with eleven isolates of ectomycorrhizal fungi. I . Inoculation success and seedling growth relationships. *Forest Science* 30, 364-372.

**DOUDRICK, R.L., STEWART, E.L., ALM, A.A., 1990:** Survey and ecological aspects of presumed ectomycorrhizal fungi associated with black spruce in northern Minnesota. *Canadian Journal of Botany* 68, 825-831.

**FINDLAY, R.D., READ, D.J., 1986** : The uptake and distribution of phosphorus in ectomycorrhizal mycelium. In: *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae* (Ed. By V. Gianinazzi-Pearson & S. Gianinazzi), pp. 351-355. INRA, Paris, France.

**FLEMING, L.V., 1984** : Effects soil trenching and coring on the formation of ectomycorrhizas on birch seedlings grown around mature trees. *New Phytologist* 98, 143-153.

**FOGEL, R., 1983** : Root turnover and productivity of coniferous Forests. In: *Tree Root Systems and Their Mycorrhizas* (Ed.by D. Atkinson, K. Bhat, M. Coutts, P. Mason, & D. Read), pp. 75-86. Junk, Boston.

**FOGEL, R., 1988** : Interactions among soil biota in coniferous ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 24, 69-85.

**GARDES, M., WHITE, T.J., FORTIN, J.A., BRUNS, T.D., TAYLOR, J.W., 1991** : Identification of indigenous and introduced symbiotic fungi in ectomycorrhizae by amplification of nuclear and mitochondrial ribosomal DNA. *Canadian Journal of Botany* 69, 180-190.

**GROSSNICKLE, S.C., REID, C.P.P., 1983** : Ectomycorrhiza formation and root development patterns of conifer seedlings on a high elevation mine site. *Canadian Journal of Forest Research* 13, 1145-1158.

**HARLEY, J.L., SMITH, S.E., 1983** : *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Prs, London.

**HILBERT, J.L., MARTIN, F., 1988** : Regulation of gene expression in ectomycorrhizas. L. Protein changes and the presence of ectomycorrhiza-specific polypeptides in the *Pisolithus-Eucalyptus* symbiosis. *New Phytologist* 110, 339-346.

**HO, I ., ZAK, B., 1979** : Acid phosphatase activity of six ectomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Botany* 57, 1203-1205.

**HUNG, L.- L. L., 1985** : Ectomycorrhiza inoculation of Douglas-fir plug and + 1 seedlings with commercially produced inoculum. In: *Proceedings of the 6 th North American Conference on Mycorrhizae* (Ed.by R. Molina), p.210. College of Forestry, Oregon State University, Corvallis, OR.

**KROPP, B. R., 1989** : Variation in acid phosphatase activity among progeny from controlled crosses in the ectomycorrhizal fungus. *Laccaria Bicolor*. *Canadian Journal of Botany* 68, 864-866.

**KROPP, B.R., CASTELLANO, M.A., TRAPPE, J.M., 1985** : Performance of outplanted western hemlock (*Tsuga heterophylla*(Raf.) Sarg) seedlings inoculated with *Cenococcum geophilum*. *Tree Planter's Notes* 36, 13-16.

**LAST, F.T., MASON, P.A., INGEBY, K., FLEMING, L.V., 1984** : Succession of fruit bodies of sheathing mycorrhizal fungi associated with *Betula pendula*. *Forest Ecology and Management* 9, 229-234.

- LAST, F.T., MASON, P.A., WILSON, J., INGLEBY, K., MUNRO, R.C., FLEMING, L.V., DEACON, J.W., 1985** :Epidemiology of sheathing (ecto-) mycorrhizas in unsterile soils: A case study of *Betula pendula*. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 85 B, 299-315.
- LEE, S.B., TAYLOR, J.W., 1989** : DNA Isolation from fungi for use with the polymerase chain reaction. In: PCR-Protocols and Applications-A Laboratory Manual (Ed. By N. Innis, D. Gelfand, J. Sninsky, & T.White). Academic Press, New York.
- LETACON, F., GARBAYE, J., CARR, G., 1987** :The use of mycorrhizas in temperate and tropical forests. Symbiosis 3,179-206.
- LITKE, W., BLEDSOE, C.S., EDMONDS, R.L., 1984** :Nitrogen uptake and growth in vitro by *Hebeloma crustuliniforme* and other Pacific northwest mycorrhizal fungi. Canadian Journal of Botany 62, 647-652.
- MARX, D.H., 1975** : Mycorrhizae and establishment of trees on strip-mined land. Ohio Journal of Science 75, 288-297.
- MARX, D.H., ARTMAN, J.D., 1979** : *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae improve survival and growth of pine seedlings on acid coal spoils in Kentucky and Virginia. Reclamation Review 2, 23-31.
- MARX, D.H., KENNY, D.S., 1982** :Production of ectomycorrhizal fungus inoculum. In: Methods and Principles of Mycorrhizal Research (Ed.by N.C.Schenck)pp. 131-146. The American Phytopathological Society, St. Paul, NM.
- MARX,D.H., CORDELL, C.E., KENNY, D.S., MEXAL, J.G., ARTMAN, J.D., RIFFLE, J.W., MOLINA, R.J., 1984** : Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and inoculation techniques for development of ectomycorrhizae on bare-root seedlings. Forest Science Monographs 25, 1-101.
- MEXAL, J., REID, C.P.P., 1973** : The growth of selected mycorrhizal fungi in response to induced water stress. Canadian Journal of Botany 51, 1579-1588.
- MIKOLA, P., 1980** : Tropical Mycorrhiza Research. Clarendon Press,Oxford, England
- MITCHELL, R.J., COX, G.S., DIXON, R.K., GARRETT, H.E., SANDER, I.L., 1984** : Inoculation of three *Quercus* species with eleven isolates of ectomycorrhizal fungi. II. Foliar nutrient content and isolate effectiveness. Forest Science 30, 563-572.
- MOLINA, R., 1982** : Use of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in forestry. I. Consistency between isolates in effective colonization of containerized conifer seedlings. Canadian Journal of Forest Research 12, 469-473.
- MOUSAIN, D., GALCONNET, G., GRUEZ, J., CHEVALIER, G., TILLARD, P., BOUSQUET, N., PLASSARD,C., CLEYET-MAREL, J.C., 1987** : Controlled ectomycorrhizal development of mediterranean forest seedlings in the nursery. First results and prospects. In: Mycorrhizae in the Next Decade, Practical Applications and Research Priorities (Ed. By D.M. Sylvia, L.L. Hung, & J.H. Graham), p. 129. University of Florida, Gainesville, FL.
- PARKE, J.L., LINDERMAN, R.G., BLACK, C.H., 1983** : The role of ectomycorrhizas in drought tolerance of Douglas-fir seedlings. New Phyto. 95, 83-95.
- PERRY, D.A., MOLINA, R., M.P., 1987** : Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation : Current knowledge and research needs. Canadian Journal of Forest Resources 17, 929-940.

- PILZ, D.P., & PERRY, D.A., 1984** : Impact of clear cutting and slash burning on ectomycorrhizal associations of Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 14, 94-100.
- READ, D.J., 1984** : The structure and function of the vegetative mycelium of mycorrhizal roots. In: *The Ecology and Physiology of the Fungal Mycelium* (Ed. By D.H. Jennings & A.D.M. Rayner), pp. 215-240. Cambridge University Press, London.
- RIFFLE, J.W., MARONEK, D.M., 1982** : Ectomycorrhizal inoculation procedures for greenhouse and nursery studies. In: *Methods and Principles of Mycorrhizal Research* (Ed. By N.C. Schenck), pp. 147-156. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- ROGERS, S.O., REHNER, S., BLEDSOE, C., MUELLER, G., AMMIRATI, J., 1989** : Extraction of DANN from basidiomycetes for ribosomal DANN hybridizations. *Canadian Journal of Botany* 67, 1235-1243.
- RUEHLE, J.L., 1980** : Growth of containerized loblolly pine with specific ectomycorrhizae after 2 years on an amended borrow pit. *Reclamation Rev.* 3, 95-101.
- RUEHLE, J.L., 1983** : The relationship between lateral-root development and spread of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae after planting of container-grown loblolly pine seedlings. *Forest Science* 29, 519-526.
- RYGIEWICZ, P., BLEDSOE, C.S., ZASOSKI, R.J., 1984 (a)** : Effects of ectomycorrhizae and solution pH on ammonium uptake by coniferous seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 14, 885-892.
- RYGIEWICZ, P., BLEDSOE, C.S., ZASOSKI, R.J., 1984 (b)** : Effects of ectomycorrhizae and solution pH on 15-N nitrate uptake by coniferous seedling. *Canadian Journal of Forest Research* 14, 893-899.
- SCHOENBERGER, M.M., PERRY, D.A., 1982** : The effect of soil disturbance on growth and ectomycorrhizae of Douglas-fir and western hemlock seedlings: A greenhouse bioassay. *Canadian Journal of Forest Research* 12, 343-353.
- SEN, R., 1990** : Isozymic identification of individual ectomycorrhizas synthesized between Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and isolates of two species of *Suillus*. *New Phytologist* 114, 617-626.
- STRIBLEY, D.P., 1989** : Present and future value of mycorrhizal inoculants. In : *Microbial Inoculation of Crop Plants* (Ed. By R. Campbell, & R.M. MacDonald), Vol. 25, pp.49-65. Special Publication of the Society for General Microbiology, IRL Press, Oxford University, London.
- TOMMERUP, I.C., KUEK, C., MALAJEZUK, N., 1987** : Ectomycorrhizal inoculum production and utilization in Australia. In : *Mycorrhizae in the Next Decade, Practical Applications and Research Priorities* (Ed. By D.M. Sylvia, L. L. Hung, & J.H. Graham), pp. 293-295. University of Florida, Gainesville, FL.
- TRAPPE, J.M., 1977** : Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Annual Review of Phytopathology* 15, 203-222.
- VOGT, K.A., GRIER, C.C., MEIER, C.E., EDMONDS, R.L., 1982** : Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* ecosystems in western Washington, *Ecology* 63, 370-380.
- WONG, K.K.Y., PICHE, Y., MONTPETIT, D., KROPP, B.R., 1989** : Differences in the colonization of *Pinus banksiana* roots by sib-monokaryotic and dikaryotic strains of ectomycorrhizal *Laccaria bicolor*. *Canadian Journal of Botany* 67, 1717-1726.

