



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 31 (2016)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.260974



*Lactarius pyrogalus*'un değişik inokulum uygulamalarının fındıkta  
(*Corylus avellana*) bitki gelişimi üzerine etkileri<sup>1</sup>

Beyhan Kibar<sup>a\*</sup>, Aysun Pekşen<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

<sup>b</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

\*Sorumlu yazar/corresponding author: beyhan.kibar@ibu.edu.tr

Geliş/Received 23/03/2016

Kabul/Accepted 06/04/2016

ÖZET

Bu çalışmanın amacı *Corylus avellana* (fındık) ile ektomikorizal ilişkisi bulunan *Lactarius pyrogalus* mantar türüne ait vejetatif ve sıvı inokulum uygulamalarının fındık fidanlarının gelişimi üzerine etkilerini belirlemektir. Çalışmada 7 farklı inokulum uygulaması ele alınmış ve her bir uygulama için 5 adet fidan yetiştirilmiştir. Fidanlarda 3 aylık yetiştirme periyodunun sonunda, ektomikoriza oluşumu ve bitki gelişimi değerlendirilmiştir. İnokule edilmeyen kontrol uygulamasındaki fidanlar hariç, tüm inokulum uygulamalarında ektomikoriza oluşumu gözlenmiştir. Farklı inokulum uygulamalarına ait fidanlarda bitki boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı, sürgün yaş ve kuru ağırlığı, toplam bitki kuru ağırlığı, kök:sürgün oranı, kök ve sürgün kuru madde içeriği belirlenmiştir. Farklı inokulum uygulamalarının kök:sürgün oranı ve sürgün kuru madde içeriği hariç, incelenen diğer özellikler üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bitki gelişim parametreleri ve mikorizal aşılama etkinliği (MAE) birlikte değerlendirildiğinde en iyi sonuçlar şekersiz Modifiye Edilen Melin-Norkrans (MMN) besin ortamı ile nemlendirilen ve vejetatif inokulumun kullanıldığı uygulamadan elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, *L. pyrogalus*'un farklı inokulumları kullanılarak yapılan inokulasyonun fındık fidanlarının gelişimine olumlu katkılar sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:  
Bitki gelişimi  
*Corylus avellana*  
Ektomikorizal ilişki  
İnokulum  
*Lactarius pyrogalus*

The effects of various inoculum applications of *Lactarius pyrogalus* on the plant growth in hazelnut (*Corylus avellana*)

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the effects of vegetative and liquid inoculum applications of *Lactarius pyrogalus*, an ectomycorrhizal mushroom associated with hazelnut (*Corylus avellana*), on the growth of hazelnut seedlings. In the study, 7 different inoculum applications were examined and 5 seedlings were grown for each application. At the end of the cultivation period of 3 months, ectomycorrhizae formation and plant growth in the seedlings were evaluated. Ectomycorrhizal formation was observed in all inoculum applications, except for non-inoculated seedlings in the control application. Plant height, stem diameter, root length, root wet and dry weight, shoot wet and dry weight, total plant dry weight, root:shoot ratio, root and shoot dry matter content in seedlings belonging to different inoculum applications were determined. The effect of different inoculum applications on all other properties examined except for root:shoot ratio and shoot dry matter content was found statistically significant. When the plant growth parameters and mycorrhizal inoculation efficiency (MIE) were evaluated together, the best results were obtained from the application which was moistened with without sugar Modified Melin-Norkrans (MMN) nutrient medium and used vegetative inoculum. As a result, it was determined that inoculation made by using different inoculums of *L. pyrogalus* provided positive contributions to the growth of hazelnut seedlings.

Keywords:  
Plant growth  
*Corylus avellana*  
Ectomycorrhizal  
association  
Inoculum  
*Lactarius pyrogalus*

© OMU ANAJAS 2016

<sup>1</sup>Bu makale, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından desteklenen (Proje No: Z-451) "Bazı Yenilebilir Ektomikorizal Mantar Türlerinin Kültüre Alınması Üzerine Araştırmalar" isimli doktora tezinden hazırlanmıştır.

## 1. Giriş

Mikoriza, bitkiler ile mantarlar arasında karşılıklı yararlanmaya dayanan bir yaşam biçimi olarak tanımlanmaktadır. Dünya üzerindeki bitkilerin yaklaşık %92'si potansiyel olarak bir mikorizal mantarla simbiyotik bir ilişkiye sahiptir (Isaac, 1992). Mikorizanın tiplerinden biri olan ektomikoriza tarım ve ormancılık açısından oldukça önemlidir ve 2000 bitki türü ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Fagaceae (kayın, meşe), Pinaceae (ladin, çam, köknar) ve Myrtaceae (okaliptüs) ektomikorizal ilişki gösteren türlerden bazılarıdır. Meyve türlerinden *Corylus avellana* (fındık), *Castanea sativa* (kestane), *Juglans regia* (ceviz), *Prunus avium* (kiraz) ve *P. cerasus* (vişne) gibi türler de ektomikorizal ilişki göstermektedirler (Brundrett ve ark., 1996).

Ektomikorizal mantarlar, birçok ekosistemde topraktaki mikrobiyal kitlenin en önemli üyelerindedir. Ektomikorizal mantarların bitki besin maddesi alımı (Landeweert ve ark., 2001), bitki-su ilişkisini düzenleme ve kuraklığa dayanımı artırma (Sylvia ve ark., 1993; Morte ve ark., 2000), bitki büyümesini artırma (Guerin-Laguette ve ark., 2003), hastalık ve zararlılara karşı bitkiyi koruma (Branzanti ve ark., 1999), stres koşullarına karşı bitkinin toleransını artırma (Marx ve Artman, 1978), genç fidanların hayatta kalma oranını artırma (Lu ve ark., 1998) ve toprak yapısını iyileştirme (Borchers ve Perry, 1992) gibi önemli işlevleri bulunmaktadır. Aynı zamanda yenilebilir mantar türleri içinde, ekonomik olarak en önemli mantar gruplarından birini oluştururlar. Ektomikorizal mantarların doğadaki miktarlarının azalması ve bu mantarlara olan talebin artması, ektomikorizal mantarların yetiştiriciliği konusunda araştırmaların yapılmasına neden olmuştur. Bu araştırmalar sadece mantar üretimi değil, ektomikorizal ilişkide oldukları bitkilerin gelişimleri bakımından da büyük önem taşımaktadır.

Dünyada ektomikorizal mantarların bitki gelişimi üzerine olan etkileri konusunda oldukça fazla çalışma bulunmasına rağmen, ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar oldukça az sayıdadır (Tüfekçi, 2007; Kibar, 2009; Kibar ve Pekşen, 2011). Birçok çalışmada, ektomikorizal mantar türleri ile aşılamanın bitki gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir (Hattori ve ark., 2000; Brunner ve Brodbeck, 2001; Alves ve ark., 2001; Souza ve ark., 2004; Tüfekçi, 2007). Bunun aksine, Quoreshi ve Timmer (1998) ve Repac (2007) ektomikorizal mantar aşılamanın bitki gelişimi üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Ektomikorizal mantar aşılamanın bitki gelişimi üzerine etkisi mantar türüne, inokulumun tipine ve yaşına, uygulama şekline, inokulum yoğunluğuna, inokulasyon zamanına, iklim ve konukçu ile mantar arasındaki etkileşime bağlı olarak değişebilmektedir (Torres, 1992).

Fındık (*Corylus avellana* L.) Karadeniz

Bölgesi'ndeki ana ürünlerden biridir. Bu bölge için fındık dışında, fındık bahçelerinden toplanan "Fındık mantarı" veya "Tirmit" olarak adlandırılan *L. pyrogalus* mantarı da önemli bir üründür. *L. pyrogalus* türü özellikle Giresun, Ordu ve Samsun pazarlarında satılan ve halk tarafından çok sevilerek tüketilen bir mantardır. Fındık ile ektomikorizal ilişkisi olan bu türün çoğaltılması kadar bitki gelişimi üzerine etkisinin saptanmasına da ihtiyaç duyulmaktadır.

Fidanların ektomikorizal mantarlarla aşılmasında doğal plantasyonlardan alınan toprak inokulumu, sporlar, ektomikorizal mantarların saf misel kültürleri, mikorizal fidanlar ve kökler kullanılmaktadır (Fries, 1987). Brundrett ve ark. (1996) tarafından ektomikorizal mantarların saf misel kültürleri ve vejetatif inokulumu en güvenilir ve en fazla tavsiye edilen inokulum tipi olarak bildirilmiştir. Kibar ve Pekşen (2011) tarafından yapılan çalışmada, *L. pyrogalus* türünün saf misel kültürleri ile aşılamanın fındık fidanlarında farklı inokulasyon uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkili olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı *Lactarius pyrogalus* (fındık tirmiti) mantar türünün farklı vejetatif ve sıvı inokulum uygulamalarının fındık (*Corylus avellana*) fidanlarında ektomikoriza oluşumu ve fidan gelişimi üzerine etkilerini belirlemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada ektomikorizal mantar türü *Lactarius pyrogalus* (Bull.: Fr.) Fr.'un Samsun ilinin Terme ilçesinden toplanan mantar örneklerinden elde edilen miseller kullanılmıştır. Toplanan mantar örneklerinin teşhisleri Heilmann-Clausen ve ark. (2000)'na göre yapılmıştır. *L. pyrogalus* türünün saf misel kültürleri, Modifiye Edilen Melin-Norkrans (MMN) besin ortamında doku kültürü yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (Jonathan ve Fasidi, 2003).

Vejetatif inokulum hazırlamak için torf:vermikülit (1:4) karışımından hazırlanan ortam 250 ml'lik cam şişelere 230 ml olacak şekilde doldurulmuş, otoklavda 121°C'de 1.5 saat steril edilmiştir. 24 saat sonra şişelere 80 ml olacak şekilde Biyotin Aneurin Folik Asit (BAF) sıvı ortamından ilave edilmiş ve tekrar otoklavlanarak 121°C'de 30 dakika steril edilmiştir. Bir gün sonra, steril şartlarda her şişeye 3 adet saf misel kültüründen kesilen 0.5 cm<sup>2</sup>'lik parçalar aşılama işlemi için kullanılmıştır. Aşılama işlemi sonrası şişeler misel gelişimi tamamlanana kadar karanlıkta 20°C'de inkübe edilmiştir. Sıvı inokulum hazırlamak için 250 ml'lik erlenlere 50 ve 100 ml olacak şekilde MMN ve BAF sıvı besin ortamı ilave edilmiş ve otoklavda 121°C'de 20 dakika steril edilmiştir. Soğuduktan sonra her bir erlen 2 adet saf misel kültüründen kesilen 0.5 cm<sup>2</sup>'lik parça ile aşılama işlemi ve 7 gün süreyle 20°C'de çalkalayıcı inkübatörde inkübe edilmiştir.

Çalışmada Palaz fındık çeşidi kullanılmıştır. Katlamaya alınmadan önce tohumlar %30'luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'de

30 dakika süresince tutulmuş ve steril suda iyice çalkalanarak tohumların yüzey sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra fındık tohumları nemlendirilmiş torf:vermikülit (1:10) ortamında buzdolabında katlamaya alınmıştır. Tohumlarda kökçük oluşumu gözlemlenene kadar yaklaşık 3.5 ay boyunca katlamaya devam edilmiştir. Tohum ekimi, kökçük yaklaşık olarak 1-2 cm uzunluğa ulaştığında ve kotiledonlar hala tohum kabuğu içerisinde iken yapılmıştır.

Çalışmada bitkileri yetiştirmek için 370 ml'lik kaplar kullanılmış olup, bu kaplara bitki gelişim ortamı (substrat) olarak 250 ml 1:1 oranında torf:vermikülit

karışımı doldurulmuştur. Daha sonra ağızları kapatılarak 121°C'de 1.5 saat boyunca steril edilmiştir. Kaplara 24 saat sonra MMN sıvı besin ortamı ilave edilmiş ve tekrar 121°C'de 30 dakika steril edilmiştir. Sterilizasyondan sonra uygulamalara ait ortam pH değerleri saptanmıştır. Çalışmada vejetatif ve sıvı inokulumun farklı miktarları kullanılarak, toplam 7 adet inokulum uygulaması ele alınmıştır. İnokulasyon steril şartlarda yapılmış olup, kontrol uygulamasında inokulasyon yapılmamıştır. Çalışmada her bir uygulama için 5 adet fidan yetiştirilmiştir. Çalışmada yer alan uygulamalar aşağıdaki şekilde hazırlanmış olup, Çizelge 1'de özetlenmiştir:

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan inokulum uygulamaları

Uygulamalar	Besin ortamı	İnokulum tipi	İnokulum:substrat oranı veya inokulum miktarı
A	MMN	Vejetatif inokulum	1:8
B	MMN	Vejetatif inokulum	1:2
C	MMN	Vejetatif inokulum	1:4
D	n-MMN	Vejetatif inokulum	1:4
E	MMN	Sıvı inokulum	50 ml
F	MMN	Sıvı inokulum	100 ml
G	n-MMN	Sıvı inokulum	100 ml
Kontrol	n-MMN	-	-

n-MMN: şekerless MMN besin ortamı

**A-** Substrat 40 ml MMN sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. Sterilizasyondan sonra substrat 1:8 (inokulum:substrat) oranında vejetatif inokulum ile karıştırılmış ve tohum ekimi yapılmıştır.

**B-** Substrat 40 ml MMN sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. Sterilizasyondan sonra substrat 1:2 (inokulum:substrat) oranında vejetatif inokulum ile karıştırılmış ve tohum ekimi yapılmıştır.

**C-** Substrat 40 ml MMN sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. Sterilizasyondan sonra substrat 1:4 (inokulum:substrat) oranında vejetatif inokulum ile karıştırılmış ve tohum ekimi yapılmıştır.

**D-** Substrat 80 ml şekerless MMN (n-MMN) sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. Sterilizasyondan sonra substrat 1:4 (inokulum:substrat) oranında vejetatif inokulum ile karıştırılmış ve tohum ekimi yapılmıştır.

**E-** Substrat 80 ml MMN sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. Sterilizasyondan sonra tohum ekimi yapılmıştır. Kotiledonlar çıktıktan sonra MMN sıvı ortamında geliştirilen 50 ml sıvı inokulum kök bölgesine uygulanmıştır.

**F-** Substrat 80 ml MMN sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. Sterilizasyondan sonra tohum ekimi yapılmıştır. Kotiledonlar çıktıktan sonra MMN sıvı besin ortamında geliştirilen 100 ml sıvı inokulum kök bölgesine uygulanmıştır.

**G-** Substrat 80 ml şekerless MMN (n-MMN) sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. Sterilizasyondan sonra tohum ekimi yapılmıştır. Kotiledonlar çıktıktan sonra BAF sıvı besin ortamında geliştirilen 100 ml sıvı inokulum kök bölgesine uygulanmıştır.

**Kontrol-** Substrat 80 ml şekerless MMN (n-MMN) sıvı besin ortamı ile nemlendirilmiştir. İnokulasyon yapılmadan yetiştirme ortamına tohum ekimi yapılmıştır.

Fidanlar haftada bir kez eşit miktarda (20-30 ml) destile su ile sulanmış, 12 saat ışık 12 saat karanlık koşullarda, 18-23°C'de yetiştirilmiş ve dışarıdan besin ilavesi yapılmamıştır. Yetiştirme periyodunun sonunda (3 ay sonunda) bitki gelişimi değerlendirilmiştir. Çalışmada bitki boyu (cm), gövde çapı (mm), kök uzunluğu (cm), kök ve sürgün yaş ağırlığı (g) Kibar (2009)'a, kök ve sürgün kuru madde içeriği (%) Kacar (1994)'a, kök ve sürgün kuru ağırlığı (g), toplam bitki kuru ağırlığı (g) ve kök:sürgün oranı Brunner ve Brodbeck (2001)'e göre belirlenmiştir. Mikorizal aşılama etkinliği (MAE, %) aşağıda belirtilen formül kullanılarak hesaplanmıştır (Bagyaraj ve ark., 1998).

$$MAE (\%) = \frac{\text{Aşıl原因 BKM (g)} - \text{Aşıl原因mayan BKM (g)} \times 100}{\text{Aşıl原因 BKM (g)}}$$

Aşıl原因 BKM: Aşıl原因mış bitki kuru madde ağırlığı (g)

Aşıl原因mayan BKM: Aşıl原因mayan bitki kuru madde ağırlığı (g)

Farklı inokulum uygulamalarına ait fidanlarda ektomikoriza oluşumu, kök kısımları streomikroskopta incelenerek ve kök parçalarının değişik kimyasallara olan reaksiyonlarına bakılarak doğrulanmıştır.

Deneme Tesadüf Parselleri deneme desenine göre 5 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Çalışmada elde edilen verilerin varyans analizleri SPSS istatistik programı

kullanılarak yapılmıştır. İncelenen özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile tespit edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada farklı vejetatif ve sıvı inokulum uygulamaları yapılan ortamların sterilizasyon sonrası pH değerlerinin 5.80-6.46 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Ektomikorizal mantarların alkali topraklara göre asit topraklarda daha fazla bulunduğu ve nötre yakın toprak pH'sında mikoriza oluşumunun daha iyi sağlandığı bildirilmektedir. Agar ortamında türe bağlı olarak ektomikorizal mantarların misel gelişiminin 5.5-7.0 arasındaki pH'larda daha iyi olduğu saptanmıştır (Sundari ve Adholeya, 2003; Daza ve ark., 2006).

Çizelge 2. Vejetatif ve sıvı inokulum uygulanan ortamların sterilizasyondan sonraki pH değerleri ve ektomikoriza oluşumu

Uygulamalar	Ortam pH değerleri	Ektomikoriza oluşumu
A	5.80	+
B	5.80	+
C	5.82	+
D	6.46	+
E	5.85	+
F	5.90	+
G	5.89	+
Kontrol	5.99	-

+: Var, -: Yok

İnokulasyondan 3 ay sonra fidanlardan alınan kök örnekleri incelendiğinde, inokulasyon uygulanan tüm fidanların ektomikoriza oluşturduğu belirlenmiştir. Buna karşılık kontrol uygulamasında fındık fidanlarının köklerinde mikorizal kısa köklere rastlanmamıştır (Çizelge 2). Yapılan çalışmalarda farklı ektomikorizal mantar türleri ile konukçu bitkiler arasında ektomikoriza oluştuğu bildirilmiştir (Rincon ve ark., 1999; Guerin-Laguette ve ark., 2004; Parlade ve ark., 2004). Kibar ve Pekşen (2011) kontrol uygulaması dışında, *L. pyrogalus* türünün saf miselleri ile inokule edilen fidanlarda ektomikoriza oluşumu gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

İnokulum uygulamaları arasında gövde çapı, kök uzunluğu, sürgün kuru ağırlığı ve toplam bitki kuru ağırlığı bakımından farklılıklar istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0.01$ ), bitki boyu, kök ve sürgün yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök kuru madde içeriği bakımından önemli ( $P<0.05$ ), kök:sürgün oranı ve sürgün kuru madde içeriği bakımından ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3).

Farklı inokulum uygulamaları arasında en yüksek bitki boyu vejetatif inokulumla hazırlanan D uygulamasındaki fidanlardan (28.38 cm) elde edilmiştir. Diğer tüm inokulum uygulamaları (A, B, C, E, F ve G) kontrol uygulaması ile istatistiksel olarak aynı grupta

yer almıştır. Bununla birlikte, A, B, E ve F inokulum uygulamalarından kontrole göre daha yüksek bitki boyu elde edilmiştir. Çalışmada D uygulamasındaki fidanların boyu kontrole göre %48 oranında daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). Benzer şekilde, *L. deliciosus* ile aşıl原因 *Pinus sylvestris* fidanlarında, inokule edilmeyen fidanlara göre, bitki boyu %46-132 oranında daha yüksek bulunmuştur (Guerin-Laguette ve ark., 2003). Yapılan diğer çalışmalarda da ektomikorizal mantar türleriyle aşıl原因mayan fidanların (kontrol) bitki boylarının aşıl原因anlara göre daha kısa olduğu belirlenmiştir (Hattori ve ark., 2000; Souza ve ark., 2004; Turjaman ve ark., 2006; Tüfekçi, 2007). Araştırma bulgularının bu çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir.

En yüksek gövde çapı değeri (3.14 mm) sıvı inokulumla hazırlanan E uygulaması fidanlarında belirlenmiştir. En düşük gövde çapı ise (2.08 mm) B uygulaması fidanlarında tespit edilmiştir. Kontrol uygulamasında ise gövde çapı değeri 2.33 mm olarak belirlenmiştir. Gövde çapı bakımından B uygulaması hariç, diğer inokulum uygulamalarından, kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Çalışmada E uygulamasındaki fidanların gövde çaplarının kontrol uygulamasına göre %35 oranında daha yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Ektomikorizal mantar türleriyle aşıl原因mayan fidanlara göre, aşıl原因an fidanların gövde çaplarının daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Alves ve ark., 2001; Nunez ve ark., 2006; Tüfekçi, 2007).

En yüksek kök uzunluğu (30.08 cm) vejetatif inokulumla hazırlanan A uygulamasındaki fidanlarda, en düşük ise (12.50 cm) sıvı inokulumun kullanıldığı G uygulamasındaki fidanlarda elde edilmiştir. Kontrol uygulamasında ise kök uzunluğu 16.40 cm olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arasında sadece G ve F uygulamalarından kontrole göre daha düşük kök uzunluğu elde edilmiş, diğer tüm uygulamalarda kontrolden daha yüksek kök uzunluğu tespit edilmiştir. Çalışmada, kök uzunluğu değerlerinin kontrole göre A uygulamasında %83 oranında ve D uygulamasında %65 oranında daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Elde ettiğimiz sonuçlar, ektomikorizal mantarlar ile inokule edilen fidanların inokule edilmeyen kontrol fidanları ile karşılaştırıldığında, kök uzunluğunda artış olduğunu bildiren Akitsu ve ark. (2000) ve Hattori ve ark. (2000) ile uyumludur.

Kök yaş ağırlığı bakımından E uygulaması (2.16 g) ilk sırada yer alırken, onu aralarında istatistiksel fark olmayan A ve D uygulamaları izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı B uygulamasından elde edilmiştir. B, C, F ve G uygulamaları, kontrol uygulaması ile aynı grupta yer almışlardır. Kontrole göre E uygulamasındaki fidanların kök yaş ağırlığının %64 oranında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek sürgün yaş ağırlığı D uygulamasından (4.28 g) elde edilmiştir. D uygulaması dışında kalan tüm inokulum uygulamaları, kontrol uygulamasıyla istatistiksel olarak aynı grupta

Çizelge 3. Farklı inokulum uygulamalarının bitki boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, kök ve sürgün yaş ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Kök uzunluğu (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Sürgün yaş ağırlığı (g)
A	21.20b*	2.44bcd**	30.08a**	1.71ab*	2.79b*
B	19.55b	2.08d	24.83abc	1.16b	1.14b
C	18.33b	2.35cd	26.35ab	1.50b	2.06b
D	28.38a	3.05ab	27.04a	1.66ab	4.28a
E	20.73b	3.14a	21.83a-d	2.16a	2.53b
F	20.47b	2.89abc	15.77cd	1.52b	2.31b
G	18.40b	2.57a-d	12.50d	1.49b	2.13b
Kontrol	19.20b	2.33cd	16.40bcd	1.32b	1.85b

\*%5 düzeyinde önemli, \*\*%1 düzeyinde çok önemli

olup, son sırada yer almışlardır. Vejetatif inokulumla hazırlanan D uygulamasında, fidanların sürgün yaş ağırlıklarının kontrole göre %131 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Gelişmekte olan misellerin, konukçu bitkinin fotosentezini artırarak bitki gelişimini teşvik edebildiği belirtilmektedir (Jumpponen ve Trappe, 1998). Bu çalışma sonuçları, ektomikorizal aşılamanın fidanlarda kök ve sürgün yaş ağırlığını artırdığını bildiren Tüfekçi (2007)'nin çalışma sonuçları ile uyumludur.

En yüksek kök kuru ağırlığı (kök biyoması) E (0.48 g) ve D (0.47 g) uygulamalarında, en düşük kök kuru ağırlığı ise C (0.31 g) ve B (0.34 g) uygulamalarında gelişen fidanlardan elde edilmiştir. Sürgün kuru ağırlığı (sürgün biyoması) bakımından da, en yüksek değer D uygulamasında (1.32 g) tespit edilmiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı B uygulamasında (0.54 g) belirlenmiş olup, B ve C uygulamalarından kontrole göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Kök ve sürgün kuru ağırlıklarında olduğu gibi, en yüksek toplam biyomas (toplam bitki kuru ağırlığı) D uygulamasındaki (1.79 g) fidanlarda, en düşük ise B uygulamasındaki (0.88 g) fidanlarda tespit edilmiştir. Kontrol uygulamasında, toplam bitki kuru ağırlığı 1.11 g olarak belirlenmiştir. B ve C dışındaki tüm inokulum uygulamalarının, toplam bitki kuru ağırlığının kontrolden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Kontrolle

karşılaştırıldığında, D uygulamasındaki fidanların kök kuru ağırlıkları %24 oranında, sürgün kuru ağırlıkları %78 oranında ve toplam bitki kuru ağırlıkları %61 oranında artmıştır (Çizelge 4). Thomson ve ark. (1994) ektomikorizal mantar türleriyle aşılı fidanların kuru ağırlıklarının, aşılınmayanlara göre %50-350 arasında değişen oranlarda arttığını belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada *Tricholoma matsutake* ile inokule edilen *Pinus densiflora* fidanlarının toplam kuru ağırlığı ise kontrole göre %98 oranında artmıştır (Guerin-Laguette ve ark., 2004). Benzer şekilde, Brunner ve Brodbeck (2001) ve Turjaman ve ark. (2006) tarafından ektomikorizal mantar türleriyle aşılınan fidanlarda, aşılınmayanlara göre daha fazla kök ve sürgün kuru ağırlığı elde edildiği bildirilmiştir. Araştırma bulgularının bu çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Quoreshi ve Timmer (1998) ise ektomikorizal mantarlar ile aşılamanın fidan kuru ağırlığını etkilemediğini tespit etmişlerdir.

Farklı inokulum uygulamalarının kök:sürgün oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çalışmada elde edilen fidanların kök:sürgün oranı değerleri 0.35-0.76 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4). Brunner ve Brodbeck (2001), ektomikorizal mantarlarla inokulasyonun fidanların kök:sürgün oranını önemli derecede azalttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4. Farklı inokulum uygulamalarının kök, sürgün ve toplam bitki kuru ağırlığı, kök:sürgün oranı ile kök ve sürgün kuru madde miktarı üzerine etkisi

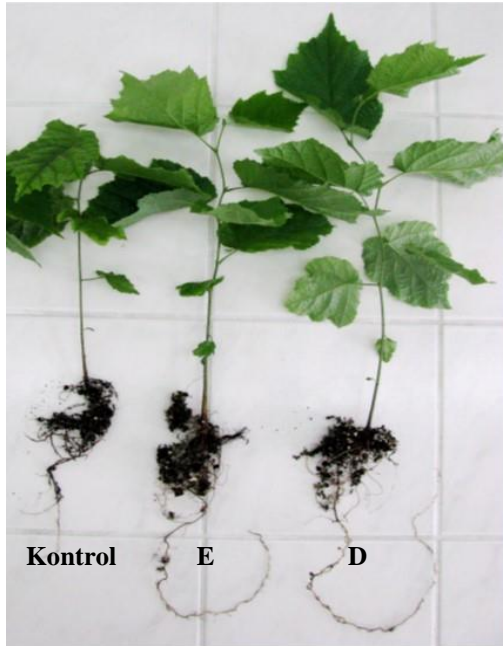
Uygulamalar	Kök kuru ağırlığı (g)	Sürgün kuru ağırlığı (g)	Toplam bitki kuru ağırlığı (g)	Kök:sürgün oranı	Kök kuru madde miktarı (%)	Sürgün kuru madde miktarı (%)
A	0.41ab*	0.90ab**	1.31ab**	0.47 <sup>öd</sup>	12.86cd*	23.27 <sup>öd</sup>
B	0.34b	0.54b	0.88b	0.76	16.97abc	28.46
C	0.31b	0.70b	1.01b	0.45	12.01d	24.43
D	0.47a	1.32a	1.79a	0.35	17.91a	23.62
E	0.48a	0.92ab	1.40ab	0.56	13.15bcd	26.06
F	0.38ab	0.98ab	1.36ab	0.40	16.93abc	30.37
G	0.39ab	0.79b	1.18b	0.52	17.13ab	24.29
Kontrol	0.38ab	0.74b	1.11b	0.57	15.19a-d	24.19

\*%5 düzeyinde önemli, \*\*%1 düzeyinde çok önemli, öd: önemli değil

Ektomikorizal inokulasyonla kök:sürgün oranının arttığını belirten Eltrop ve Marschner (1996)'ın bulgularının tersine bu çalışmada, B uygulaması hariç, diğer tüm inokulum uygulamalarında kök:sürgün oranının kontrole göre azaldığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan Alves ve ark. (2001) ektomikorizal inokulasyonun kök:sürgün oranı üzerine etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Çalışmada D uygulamasında inokule edilen fidanların kök kuru madde içeriği (%17.91) ilk sırada yer almış ve bu uygulamadaki fidanların kök kuru madde içeriği, kontrole göre %18 oranında daha yüksek bulunmuştur. C uygulamasında inokule edilen fidanların kök kuru madde içerikleri (%12.01), diğer tüm inokulum uygulamalarından önemli derecede düşük bulunmuştur. Farklı inokulum uygulamaları arasında, sürgün kuru madde içeriği bakımından ise istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Çalışmadan elde edilen sürgün kuru madde içerikleri %23.27-30.37 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4). Alves ve ark. (2001) ve Souza ve ark. (2004), ektomikorizal mantar inokulasyonunun, fidanların kuru madde miktarlarını kontrole göre arttırdığını belirlemişlerdir.

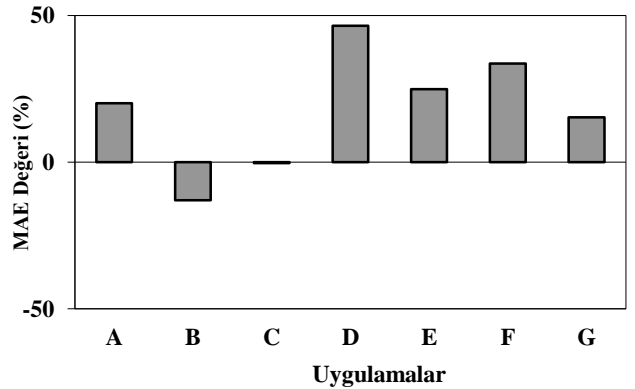
Çalışmada bitki gelişimi ile ilgili incelenen özellikler dikkate alındığında, şekersiz MMN (n-MMN) ortamı ile nemlendirilen 1:4 oranında vejetatif inokulum:substrat karışımıyla hazırlanan D uygulamasından, diğer uygulamalara göre daha iyi sonuçlar alınmıştır. Kontrol ve bitki gelişiminin iyi olduğu inokulum uygulamalarına ait bitkilerin genel görünüşleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kontrol ve bazı inokulum uygulamalarının sürgün ve kök gelişimi bakımından karşılaştırılması

Yamada ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada, *T. matsutake* miselleri ile inokule edilen ve glikozun kullanılmadığı MNC ortamı ile nemlendirilen bitkilerin gelişiminin, glikoz içeren MNC ortamı ile nemlendirilenlerden daha iyi olduğu belirlenmiştir. İnokulum kaynağı olarak vejetatif ve sıvı inokulumun kullanıldığı bu çalışmada, bitki gelişimi açısından vejetatif inokulum ve sıvı inokulumun uygulandığı fidanlar arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Parlade ve ark. (2004)'nın yaptıkları çalışmada vejetatif inokulum ile yapılan inokulasyonların sıvı inokulumla göre, mikorizal fidanların üretiminde daha etkili olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, Yamada ve ark. (1999) ve González-Ochoa ve ark. (2003) ise yaptıkları çalışmalarda mikorizal gelişim için sıvı misel inokulumunun iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir.

Çalışmada, ayrıca farklı inokulum uygulamalarının Mikorizal Aşılama Etkinlik (MAE) değerleri de hesaplanmıştır. Kontrol uygulamasına göre mikorizal aşılama etkinliği incelendiğinde, en yüksek MAE değeri D uygulamasından (%46.43) elde edilmiş, bunu F, E, A ve G uygulamaları (sırasıyla %33.60, 24.85, 20.11 ve 15.29) izlemiştir. En düşük MAE değeri ise B uygulaması (%-12.98) ve C uygulamasında (%-0.35) tespit edilmiştir. MMN sıvı besin ortamı ile nemlendirilen ve vejetatif inokulum ile hazırlanan B ve C uygulamalarında aşılınmış bitkilerin kuru ağırlığı, aşılınmayan bitkilerin kuru ağırlığından daha düşük bulunmuştur. Bunun sonucu olarak MAE kontrolden daha düşük olmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı inokulum uygulamalarının mikorizal aşılama etkinliği

Bu sonuçlara göre D, F, E, A ve G inokulum uygulamalarının yapıldığı bitkilerin MAE değeri istenilen düzeyde pozitif etki oluştururken, B ve C uygulamalarının yapıldığı fidanlarda ise negatif ilişki gerçekleşmiştir. Dolayısıyla B ve C uygulamalarının, fidanlar üzerinde olumlu bir etki yaratmadığı anlaşılmaktadır. Tüfekçi (2007)'nin sedir fidanlarının büyüme, gelişme ve besin elementleri alımına ektomikorizal aşılamanın etkisini araştırmak amacıyla yaptığı çalışmada, MAE değeri tohum ekimi

aşamasında %7.4-23.3 oranlarında ve fide dikimi aşamasında %2.9-24.7 oranları arasında bulunmuştur. Fındıkta *L. pyrogalus* mantarının saf misel kültürleri ile aşılamanın MAE üzerine etkisinin farklı olduğu saptanmıştır (Kibar ve Pekşen, 2011).

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, fındık ile ektomikorizal ilişkisi olan *L. pyrogalus* türünün farklı inokulumlarının bitki gelişimi üzerine etkisi farklı bulunmuştur. Çalışmada B ve C inokulum uygulamaları dışındaki, diğer tüm inokulum uygulamalarında, ektomikorizanın fidan gelişimi üzerinde olumlu yönde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bitki gelişimi ve MAE bakımından, şekersiz MMN besin ortamı ile nemlendirilen ve vejetatif inokulumun kullanıldığı D uygulamasının en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.

Yenilebilir ektomikorizal mantarlar lezzetli besinler olmasının yanı sıra, aynı zamanda mikorizal ilişkide oldukları bitki gelişimi açısından önemli fonksiyonlara sahiptirler. Ülkemizde bu konu ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, farklı ektomikorizal mantarların gerek meyve gerekse orman ağaçlarında bitki besin maddelerinin alımı, bitki büyüme ve gelişmesi, bitkilerin hayatta kalması, toprak yapısı üzerine etkileri ile kuraklık ve tuzluluk gibi stres koşullarına, hastalık ve zararlılara karşı bitkiyi korumasına yönelik daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

#### Teşekkür

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonuna Z-451 nolu projeye sağladıkları maddi destekten dolayı teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Akitsu, N., Hattori, T., Seo, G.S., Ohta, A., Shimada, M., 2000. A possible role of oxalate produced in the symbiotic culture system with a host plant *Pinus densiflora* and a mycorrhizal fungus *Lactarius hatsudake*. *Wood Research*, 87: 13-14.
- Alves, J.R., Souza, O., Podlech, P.A.S., Giachini, A.J., Oliveira, V.L., 2001. Effect of ectomycorrhizal inoculum produced by solid state fermentation on growth of *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2): 307-313.
- Bagyaraj, D.J., Manjunath, A., Govida, V.S., 1998. Mycorrhizal inoculation effect on marigold, eggplant and citrus in an Indian soil. *Journal of Soil Biology & Ecology*, 8: 98-103.
- Borchers, J.G., Perry, D.A., 1992. The influence of soil texture and aggregation on carbon and nitrogen dynamics in southwest Oregon forests and clearcuts. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 298-305.
- Branzanti, M.B., Rocca, E., Pisi, A., 1999. Effect of ectomycorrhizal fungi on chestnut ink disease. *Mycorrhiza*, 9(2): 103-109.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk,

- N., 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Australian Center for International Agricultural Research, pp. 374.
- Brunner, I., Brodbeck, S., 2001. Response of mycorrhizal Norway spruce seedlings to various nitrogen loads and sources. *Environmental Pollution*, 114: 223-233.
- Daza, A., Manjon, J.L., Camacho, M., Romero de la Osa, L., Aguilar, A., Santamaria, C., 2006. Effect of carbon and nitrogen sources, pH and temperature on *in vitro* culture of several isolates of *Amanita caesarea* (Scop.:Fr.) Pers. *Mycorrhiza*, 16(2): 133-136.
- Eltrop, L., Marschner, H., 1996. Growth and mineral nutrition of non-mycorrhizal and mycorrhizal Norway spruce (*Picea abies*) seedlings grown in semi-hydroponic sand culture. I. Growth and mineral nutrient uptake in plants supplied with different forms of nitrogen. *New Phytologist*, 133: 469-478.
- Fries, N., 1987. The third benefactors' lecture: ecological and evolutionary aspects of spore germination in the higher basidiomycetes. *Transactions of the British Mycological Society*, 88: 1-7.
- González-Ochoa, A.I., Herasa, J., Torres, P., Sánchez-Gómez, E., 2003. Mycorrhization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton seedlings in two commercial nurseries. *Annals of Forest Science*, 60: 43-48.
- 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.
- Guerin-Laguette, A., Shindo, K., Matsushita, N., Suzuki, K., Lapeyrie, F., 2004. The mycorrhizal fungus *Tricholoma matsutake* stimulates *Pinus densiflora* seedling growth *in vitro*. *Mycorrhiza*, 14: 397-400.
- Hattori, T., Akitsu, N., Seo, G.S., Ohta, A., Shimada, M., 2000. Mechanisms for Ectomycorrhizae Synthesis. (Part I). The Production of Organic Acids during the Symbiotic Cultivation of *Pinus densiflora* Associated with *Lactarius hatsudake*. *Annual Report of Interdisciplinary Research Institute of Environmental Sciences*, 18: 121-127.
- Heilmann-Clausen, J., Verbeken, A., Vesterholt, J., 2000. The Genus *Lactarius*. *Fungi of Northern Europe*. In: Laessle J.H. Petersen, S.A. Elborne (eds.), Vol. 2, Denmark.
- Isaac, S., 1992. *Fungal Plant Interactions*. Chapman and Hall, London, UK, pp. 418.
- Jonathan, S.G., Fasidi, I.O., 2003. Requirements for vegetative growth of *Tricholoma lobayensis* (Heim), a Nigerian edible fungus. *Advances in Food Sciences*, 25(3): 91-95.
- Jumpponen, A., Trappe, J.M., 1998. Performance of *Pinus contorta* inoculated with two strains of root endophytic fungus *Phialocephala fortinii*: effects of resin synthesis system and glucose concentration. *Canadian Journal of Botany*, 76: 1205-1213.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Eğitim, Araş. ve Gel. Vak. Yay. No: 3.
- Kibar, B., 2009. Bazı Yenilebilir Ektomikorizal Mantar Türlerinin Kültüre Alınması Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Kibar, B., Pekşen, A., 2011. *Lactarius pyrogalus* mantar türünün farklı izolatlarının ve inokulasyon uygulamalarının fındık (*Corylus avellana*) fidanında ektomikoriza oluşumu ve fidan gelişimi üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 7(2): 89-104.

- Landeweert, R., Hoffland, E., Roger, D., Finlay, R.D., Kuyper, T.W., Bremen, N., 2001. Linking plants to rocks, ectomycorrhizal fungi mobilize nutrients from minerals. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(5): 248-254.
- Lu, X., Malajczuk, N., Dell, B., 1998. Mycorrhiza formation and growth of *Eucalyptus globulus* seedlings inoculated with spores of various ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 8(2): 81-86.
- Marx, D.H., Artman, J.D., 1978. Growth and Ectomycorrhizal Development of Loblolly pine Seedlings in Nursery Soil Infested with *Pisholithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* in Virginia. USDA Forest Service Research Note, SE-256, pp. 4.
- Morte, A., Lovisolo, C., Schubert, A., 2000. Effect of drought stress on growth and water relations of the mycorrhizal association *Helianthemum almeriense*-*Terfezia claveryi*. *Mycorrhiza*, 10: 115-119.
- Nunez, J.A.D., Serrano, J.S., Barreal, H.A.R., Gonzales, J.A.S.O., 2006. Ectomycorrhizal Status of Norway Spruce Seedlings from Bare-Root Forest Nurseries. *Forest Ecology and Management*, 231: 226-233.
- Parlade, J., Pera, J., Luque, J., 2004. Evaluation of mycelial inocula of edible *Lactarius* species for the production of *Pinus pinaster* and *P. sylvestris* mycorrhizal seedlings under greenhouse conditions. *Mycorrhiza*, 14(3): 171-176.
- Quoreshi, A.M., Timmer, V.R., 1998. Exponential fertilization increases nutrient uptake and ectomycorrhizal development of black spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(5): 674-682.
- Repac, I., 2007. Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates. *Forestry*, 80(5): 517-530.
- Rincon, A., Álvarez, I.F., Pera, J., 1999. Ectomycorrhizal Fungi of *Pinus pinea* L. in Northeastern Spain. *Mycorrhiza*, 8: 271-276.
- Souza, L.A.B., Filho, G.N.S., Oliveira, V.L., 2004. Efficiency of ectomycorrhizal fungi on phosphorus uptake and eucalypt growth promotion. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 39(4): 349-355.
- Sundari, K.S., Adholeya, A., 2003. Growth profile of ectomycorrhizal fungal mycelium: emphasis on substrate pH influence. *Antonie van Leeuwenhoek*, 83(3): 209-214.
- 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. *Agronomy Journal*, 85(2): 193-198.
- Thomson, B.D., Grove, T.S., Malajczuk, N., Hardy, G.E.S.J., 1994. The effectiveness of ectomycorrhizal fungi in increasing the growth of *Eucalyptus globulus* Labill in relation to root colonization and hyphal development in soil. *New Phytologist*, 126(3): 517-524.
- Torres, P., 1992. Estudio de las micorrizas de pino carrasco (*Pinus halepensis* Miller), Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, Murcia.
- Turjaman, M., Tamai, Y., Segah, H., Limin, S.H., Osaki, M., Tawaray, K., 2006. Increase in early growth and nutrient uptake of *Shorea seminis* seedlings inoculated with two ectomycorrhizal fungi. *Journal of Tropical Forest Science*, 18(4): 243-249.
- Tüfekçi, S., 2007. Doğal Populasyonlardaki Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Mikorizasının İzole Edilmesi ve Çoğaltılıp Fidan Üretiminde Kullanılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yamada, A., Maeda, K., Ohmasa, M., 1999. Ectomycorrhiza formation of *Tricholoma matsutake* isolates on seedlings of *Pinus densiflora* in vitro. *Mycoscience*, 40: 455-463.