



Mikoriza Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra*) Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Etkisi

Bülent TOPRAK¹, Oktay YILDIZ¹, Murat SARGINCI¹, Şükrü Teoman GÜNER²
Aysun PEKŞEN³, Ernaz ALTUNDAĞ ÇAKIR⁴

Özet

Mikoriza aşılmasının, karaçam (*Pinus nigra*) fidanlarının morfolojik özelliklerine etkilerinin incelenmesi amacıyla Eskişehir Orman Fidanlığı'nda gerçekleştirilen bu çalışmada fidanların kök boğazı çapı, fidan boyu, kök uzunluğu, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, gürbüzlük indisi, katlılık, Dickson kalite indeksi ve kuru kök yüzdesi değişkenlerinin birbirleriyle olan ilişkileri belirlenmiştir. Fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer morfolojik özellikleri arasında genellikle pozitif ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, Mikoriza, Morfolojik Özellikler

Effects of Mycorrhizae Inoculation on Morphological Characteristics of Black Pine (*Pinus nigra*) Seedlings

Abstract

The relationships among morphological characteristics of mycorrhizae inoculated Black Pine (*Pinus nigra*) seedlings were investigated. The relationship among Black pine seedlings' root collar diameter, shoot height, root length, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, root dry weight, seedling height to root collar diameter ratio, shoot to root dry weight ratio, Dickson quality index and dry root percentage were determined in a nursery study conducted in Eskişehir Forest Nursery in Turkey. The positive relationships were found among root collar diameter and other morphological characteristics.

Key Words: Black Pine, Mycorrhizae, Morphological Characteristics

Giriş

Mikoriza, Yunanca'da mantar anlamına gelen "mykes" ve kök anlamına gelen "rhiza" kelimelerinin birleşiminden oluşmakta olup "kök mantarı" olarak nitelendirilmektedir. İlk kez 1885 yılında orman patolojisti olan Albert Bernhard Frank tarafından mantar ile ağaç arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmıştır (Frank, 2005). Mikorizal mantar aşılmasının fidanların büyüme başarılarını özellikle kurak alanlarda önemli oranda arttırdığına dair dünyanın farklı ekosistemlerinden ortaya konan veriler bulunmaktadır (Perry ve ark., 1987).

Karaçam ağaçlandırma çalışmalarında önemli bir yer tutması nedeniyle her yıl milyonlarca üretimi yapılmaktadır. Fakat ülkemizde kurak ve yarıkurak bölgelerde yapılan karaçam ağaçlandırmalarında dikimden 2-3 yıl sonra özellikle 1000-1400 m²ler arasında yaşama yüzdelerinde düşüşler gözlenmektedir. Ağaçlandırma sahalarına dikilen karaçam fidanlarında kayıpları azaltmak için kullanılan fidan kalitelerinin kurak ve yarı kurak sahalara uygun olacak şekilde artırılması gerekmektedir.

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü

²Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir

³Ondokuz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

⁴Düzce Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Düzce

*Bu çalışma doktora tezinden üretilmiş ve Düzce Üniversitesi "BAP-2014.05.01.209" numaralı Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir

Ektomikorizal mantarların çam türlerinde kolonizasyon oluşturabileceği bilinmektedir. Arbusküler mikorizal mantarların ise genellikle *Pinaceae* hariç tüm *Gymnosperm* familyalarındaki türleri içeren vasküler bitkilerde buldukları düşünülmekteydi. Fakat *Pinaceae* familyasındaki türlerde de arbusküler mikorizal mantarların bulunduğu dair yayınlar giderek artmaktadır (Cázares ve Trappe 1993, Vardavakis 1992, Cázares ve Smith 1996, Smith ve ark., 1998). Örneğin, *Pinus banksiana*, *Pinus strobus*, *Pinus contorta* ile birlikte *Picea glauca* x *Picea engelmannii* hibrid ladin'de hem arbusküler mikoriza hem de ektomikroiza enfeksiyonu tespit edilmiştir (Wagg ve ark., 2008). Yine Smith ve ark., (1998) *Pseudotsuga menziesii* ve *Pinus ponderosa* çamı fidanlarında vesikül ve hiflerin varlığını tespit etmişlerdir. Aynı yıl Horton ve diğ. (1998) *Pinus muricata* Dougl. ex D. Don (bishop pine) türünde vesikül, hif ve arbuskül bulunduğunu rapor etmişlerdir.

Tutma ve büyüme başarısının tahmininde fidanların morfolojik özellikleri önemli rol oynamaktadır (Haase, 2008). Fidanların araziye dikilmesinden iki yıl sonraki yaşama oranları fidanların başlangıçtaki morfolojik özelliklerine bakılarak tahmin edilebilmektedir. Kök boğazı çapı ile gürbüzlük indeksi fidanların iki yıl sonraki hayatta kalma oranının tahmininde kullanılabilir (Tsakalimi ve ark., 2012). Düşük değerdeki gürbüzlük indeksine sahip fidanlar özellikle kurak ve rüzgarlı sahalarda daha yüksek hayatta kalma oranına sahip olmaktadır. Çoğu çalışma göstermiştir ki araziye dikilen fidanların hayatta kalmaları ve verimlilikleri ile kullanılan fidanın kalitesi arasında bir ilişki vardır (Anonim, 2014).

Fidanların toprak üstü kuru ağırlığının kuru kök ağırlığına oranı katlılık değerini vermektedir. Katlılık, kuraklıktan meydana gelen zararların etkisinin fidanlar üzerinde farklı şekillerde ortaya çıkmasındaki bir etmendir (Bernier ve ark., 1995). Katlılık transpirasyonun gerçekleştiği toprak üstü alanı ile su alımının gerçekleştiği kök alanının dengesini ortaya koymaktadır (Thompson, 1985).

Dikimden sonra fidanların tutma başarısındaki ve büyümelerindeki değişim bazen tek bir morfolojik özellik ele alınmak suretiyle açıklanamamaktadır. Bu sebeple çok sayıda ölçümü kapsayan yaklaşımlar ele alınarak fidanların arazi performansları ortaya konulabilmektedir. Bunun için çeşitli morfolojik özellikleri ele alan kalite indekslerinin kullanılması faydalı olacaktır (Mattsson, 1996). Bu indekslerden biri de Dickson kalite indeksidir (Dickson ve ark., 1960).

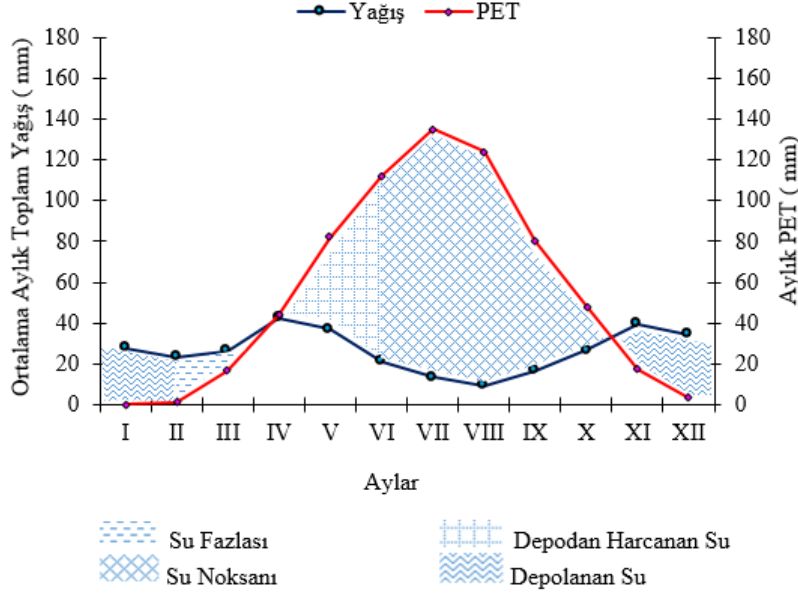
Yukarıda da belirtildiği gibi fidanların bazı morfolojik özelliklerinin bilinmesi uygulamacılar açısından büyük fayda sağlamaktadır. Fakat bu özelliklerin belirlenmesi tüm fidanlarda tek tek ölçüm yapılmasını gerektirmekte olup bu durum olanak dahilinde değildir. Bazı morfolojik özelliklerden yola çıkarak uygulamacı tarafından bilinmek istenen fidanların çeşitli özelliklerinin ölçüm yapılmadan yaklaşık olarak hesaplanabilmesi uygulamacılar açısından önem arz etmektedir. Bu durum uygulamacıya arazide kullanabileceği fidanların seçimini rahatlıkla yapabilmesi, biyokütle hesaplamaları ile nakliye konusunda bilgi sahibi olabilmesi gibi çeşitli kolaylıklar sunmaktadır. Bu çalışma, ektomikoriza ve arbusküler mikoriza uygulanmış Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) fidanlarının kök boğazı çapı (KBÇ), fidan boyu (TÜFB), kök uzunluğu (KU), toprak üstü yaş ağırlık (TÜYA), kök yaş ağırlık (KYA), toprak üstü kuru ağırlık (TÜKA), kök kuru ağırlık (KKA), gürbüzlük indisi (Gİ), katlılık (K), Dickson kalite indeksi (DKİ) ve kuru kök yüzdesi (KKY) değişkenlerinin arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasını ve fidanların kök boğazı çapından yararlanılarak diğer morfolojik özelliklerin belirlenebilmesini amaçlamaktadır.

Materyal

Çalışma Alanı ve İklimi

Bu çalışma 804 m yükseltide, 0280429/4402073 (UTM Zon 36) koordinatlarında yer alan Eskişehir Orman Fidanlığı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştiği orman fidanlığının yer aldığı Eskişehir'e ait 1975-2006 yıllarını kapsayan iklim verilerine göre yıllık

ortalama sıcaklık 10,6 °C, en yüksek sıcaklık 40,6 °C, en düşük sıcaklık -27,8 °C, yıllık ortalama yağış 307 mm, ortalama bağıl nem % 65, en düşük bağıl nem % 5 ve ortalama rüzgar hızı 3,1 m s⁻¹'dir. Thornthwaite (1948) iklim sınıflandırması metoduna göre Eskişehir yarı kurak, orta sıcaklıkta (mezotermal), su fazlası olmayan veya çok az olan, deniz iklimine yakın iklim sınıfında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Thornthwaite yöntemine göre Eskişehir ilinin su bilançosu.

Torbalarda Kullanılan Harcın Özellikleri

Fidan dikimi ve tohum ekiminde kullanılan harç % 65 toprak + % 5 hayvan gübresi + % 30 humuslu toprak karışımından oluşmuştur. Harç ortamı balçıklı kil türünde olup, hacim ağırlığı 0,93 g cm⁻³, iskelet oranı % 28 ve rutubeti ise % 21'dir. Kullanılan harcın kimyasal analiz sonuçları aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tüplerde kullanılan harcın kimyasal özellikleri

pH	Toplam Kireç	Organik Madde %	Toplam Azot	mg kg ⁻¹								EC dS m ⁻¹
				P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Fe	Mn ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	
7,30	8,60	5	0,20	75	7967	1930	459	2,75	4,46	0,13	0,29	1,75

Bitki Türü

Çalışmada karasal bölge ağaçlandırmalarında en çok tercih edilen Karaçam türü kullanılmıştır. Eskişehir Orman Fidanlığı'nda uzun yıllardır bu türün fidanları yetiştirilmekte ve yöredeki ağaçlandırmalarda kullanılmaktadır. Çam türleri arasında coğrafi olarak geniş yayılışa sahip olan karaçam Türkiye'de farklı yükselti aralıklarında dört milyon hektarın üzerinde bir sahada yayılış göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan karaçam fidanları Ahırdağı orjinlidir. Çalışmada kullanmak için yastıkta yetiştirilmiş iki yaşındaki fidanlar kök kesimi yapılarak tüplere aktarılmıştır.

Mikorizal Karışımlar

Çalışmada "Karışım-1" (K1) ve "Karışım-2" (K2) olmak üzere iki preparat kullanılmıştır. İki mikorizal karışımın içeriklerine ait bilgiler de aşağıda verilmiştir.

Karışım-1: Bu mikorizal preparat yapısında ektomikorizal ve arbusküler mikorizal mantarlar (RhizoMyc®[Novozymes]) ile birlikte köklenmeyi ve mantar gelişimini teşvik eden bileşenleri içermektedir (Çizelge 2 ve 3).

Çizelge 2. Karışım-1'in tür içeriği

Mikorizalar %23,3			
Ektomikoriza	Miktar (propagule g ⁻¹)	Arbusküler Mikoriza	Miktar (propagule g ⁻¹)
<i>Pisolithus tinctorius</i>	1,600,000	<i>Glomus intraradices</i>	21
<i>Rhizopogon villosuli</i>	80,000	<i>Glomus aggregatum</i>	20
<i>Rhizopogon luteolus</i>	80,000	<i>Glomus mosseae</i>	20
<i>Rhizopogon amylopogon</i>	80,000	<i>Glomus brasilianum</i>	1
<i>Rhizopogon fulvigleba</i>	80,000	<i>Glomus monosporum</i>	1
<i>Scleroderma cepa</i>	40,000	<i>Glomus deserticola</i>	1
<i>Scleroderma citrinum</i>	40,000	<i>Glomus clarum</i>	1
<i>Laccaria bicolor</i>	16,000	<i>Glomus etunicatum</i>	1
<i>Laccaria laccata</i>	16,000	<i>Gigaspora margarita</i>	1

Çizelge 3. Karışım-1'in diğer bileşenleri

Diğer Bileşenler	Oran (%)
Humik asitler	28,90
Soğuk su esmer su yosunu ekstraktları	18,00
Askorbik asit (Vitamin C)	12,30
Amino asitler	8,50
Myo-inositol	3,50
Surfactant	2,50
Tiamin (Vitamin B ₁)	2,00
Aplha-tocopherol (Vitamin E)	1,00

Karışım-2:İkinci karışım içeriğinde sadece arbusküler mikorizal (RhizoMyx[®][Novozymes]) mantarlar ile kök ve mantar gelişimini teşvik edici bileşenleri içermektedir (Çizelge 4 ve 5). Arbusküler mikorizalar sadece yıllık bitkilerle birliktelik kurmayıp Angiosperm ve Gymnosperm'lerle de birliktelik oluşturabilmektedirler (Smith ve Read 2008).

Çizelge 4. Karışım-2'nin tür içeriği

Mikorizalar %23,3	
Arbusküler mikoriza	Miktar (propagule g ⁻¹)
<i>Glomus intraradices</i>	25
<i>Glomus mosseae</i>	24
<i>Glomus aggregatum</i>	24
<i>Glomus clarum</i>	1
<i>Glomus monosporum</i>	1
<i>Glomus deserticola</i>	1
<i>Glomus brasilianum</i>	1
<i>Glomus etunicatum</i>	1
<i>Gigaspora margarita</i>	1

Çizelge 5. Karışım-2'nin diğer bileşenleri

Diğer Bileşenler	Oran (%)
Humik asitler	28,70
Soğuk su esmer su yosunu ekstraktları	18,00
Askorbik asit (Vitamin C)	2,00
Amino asitler	6,00
Myo-inositol	2,50
Surfactant	2,50
Tiamin (Vitamin B ₁)	1,75
Aplha-tocopherol (Vitamin E)	1,00

Yöntem

Mart 2012’de yastıklarda yetiştirilen iki yaşındaki karaçam fidanları tüplere alınmadan önce bir litre su içerisine on gram mikorizal karışım konulmasıyla oluşturulan çözeltide yaklaşık beş dakika bekletildikten sonra tüplere dikilmiştir. Böylece mikorizal mantar karışımları (K1 ve K2) uygulanmış fidanlar elde edilmiştir. Ayrıca hiçbir işlem uygulanmamış kontrol (Kn) fidanlarının da tüplere dikimleri gerçekleştirilmiştir. K1 ve K2 karışımlarının ilk uygulamasını takiben iki hafta içerisinde bir litre suya bir gram karışım konularak oluşturulan çözeltiler tüplere dökülmüştür. Tüplerdeki toprakların nem kontrolleri sürekli yapılarak fidanların gelişmelerini tamamlamaları sağlanmıştır. Tüplerde ot kontrolü yapılmış fakat işlemin etkisini değiştirmemesi için herhangi bir gübreleme yapılmamıştır.

Fidanlıktan 2012 vejetasyon dönemi sonunda (Kasım) her işlem için 30 adet fidan ölçümler için laboratuvara taşınmıştır. Fidanlar torbalardan kökleri ile birlikte çıkarılmış ve topraklarından arındırmak amacıyla yıkanmıştır. Yıkanan bitki gövde ve köklerinin yüzeyindeki fazla su kurutma kağıdı ile alındıktan sonra fidanların KBC’si 0,001 mm duyarlıkta dijital çap ölçer (Mitutoyo absolute digimatic caliper) ile belirlenmiştir. FB ölçümleri ± 1 mm duyarlıktaki metre yardımıyla yapıldıktan sonra kök boğazlarından kesilerek KYA ve TÜYA değerleri $\pm 0,001$ g duyarlılıktaki terazide tartılarak kaydedilmiştir. Biyokütle hesabı için fidanlar kurutma fırınlarında 65 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar yaklaşık 48 saat kurutulduktan sonra KKA ve TÜKA değerlerini belirlemek için ayrı ayrı tartılmıştır. Ayrıca fidanların K, KKY, G’leri ile birlikte DKİ’leri hesaplanarak fidanların morfolojik özellikleri belirlenmiştir.

Veriler tesadüfi parseller deneme desenine göre analiz edilmiştir. Sonuçların $p < 0,05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğu kabul edilmiştir. İşlemlerin istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşturduğu değişkenler için ortalamaları ayırma işlemi olarak Tukey’in HSD testi $\alpha = 0,05$ düzeyinde uygulanmıştır. KBC, TÜFB, KU, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA, Gİ, K, DKİ ve KKY değişkenlerinin arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Fidanların KBC’leri ile diğer ölçülen fidan değişkenleri arasında çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Bütün istatistiki analizler için SAS (Statistical Analysis Software 1996) programından yararlanılmıştır.

Bulgular

Karaçam Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Karaçam fidanlarında KBC ile diğer morfolojik özellikleri arasında genellikle pozitif ilişkiler tespit edilmiştir (Çizelge 6, 7, 8)

K1, K2 ve Kn ünitelerinde KBC ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. K2 ünitesinde ise KBC ile KKY arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kn ünitesinde TÜFB ile KU ve KKY arasında negatif ilişki bulunurken her üç işlem ünitelerinde TÜFB ile TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve Gİ arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Kn ünitesinde TÜFB ile K arasında; K1 ve K2 ünitelerinde TÜFB ile DKİ arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Kn ünitesinde KU ile K arasında negatif; KU ile KKY arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Her üç işlem ünitesinde de TÜYA ile KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Kn ünitesinde TÜYA ile K arasında pozitif bir ilişki bulunurken TÜYA ile KKY arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Her üç işlem ünitesinde KYA ile TÜKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Her üç işlem ünitesinde TÜKA ile KKA ve DKİ arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. K2 ve Kn ünitelerinde TÜKA ile K arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. K2 ve Kn ünitelerinde TÜKA ile KKY arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Her üç işlem ünitesinde de KKA ile DKİ arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kn ünitesinde Gİ ile DKİ arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Her üç işlem ünitesinde K ile KKY arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6. K1 Ünitesindeki Fidanların Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,42974 0,02	1,00000									
KU	0,10323 0,5941	-0,0583 0,764	1,00000								
TÜYA	0,7398 <,0001	0,75756 <,0001	0,00767 0,9685	1,00000							
KYA	0,71425 <,0001	0,58363 0,0009	0,10694 0,5809	0,83048 <,0001	1,00000						
TÜKA	0,76345 <,0001	0,75464 <,0001	0,04658 0,8104	0,98506 <,0001	0,79741 <,0001	1,00000					
KKA	0,74464 <,0001	0,64728 0,0001	0,06941 0,7205	0,89473 <,0001	0,96825 <,0001	0,86685 <,0001	1,00000				
Gİ	-0,3082 0,1039	0,70997 <,0001	-0,122 0,5286	0,1769 0,3586	0,01924 0,9211	0,1673 0,3857	0,0536 0,7824	1,00000			
K	0,1103 0,569	0,25106 0,1889	-0,122 0,5283	0,25153 0,1881	-0,1847 0,3376	0,32259 0,0879	-0,1597 0,4079	0,21078 0,2724	1,00000		
DKİ	0,85914 <,0001	0,38973 0,0366	0,14014 0,4684	0,81228 <,0001	0,90907 <,0001	0,8052 <,0001	0,9266 <,0001	-0,2879 0,1299	-0,1326 0,4929	1,00000	
KKY	-0,1144 0,5545	-0,2668 0,1619	0,07931 0,6826	-0,2586 0,1756	0,19425 0,3126	-0,3341 0,0765	0,15466 0,4231	-0,2259 0,2387	-0,991 <,0001	0,1309 0,4986	1,00000

Çizelge 7. K2 Ünitesindeki Fidanların Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,8408 <,0001	1,00000									
KU	0,20836 0,378	0,03121 0,8961	1,00000								
TÜYA	0,91034 <,0001	0,77585 <,0001	0,16809 0,4787	1,00000							
KYA	0,79022 <,0001	0,60392 0,0048	0,16751 0,4803	0,87005 <,0001	1,00000						
TÜKA	0,90126 <,0001	0,80903 <,0001	0,22507 0,3401	0,96979 <,0001	0,77282 <,0001	1,00000					
KKA	0,8212 <,0001	0,73815 0,0002	0,13937 0,5579	0,91353 <,0001	0,89517 <,0001	0,89144 <,0001	1,00000				
Gİ	0,01135 0,9621	0,54534 0,0129	-0,3036 0,1932	0,0179 0,9403	-0,0794 0,7392	0,0766 0,7482	0,08053 0,7357	1,00000			
K	0,43133 0,0576	0,40163 0,0792	0,25248 0,2828	0,37247 0,1058	0,00831 0,9723	0,46449 0,0391	0,0402 0,8664	0,04418 0,8533	1,00000		
DKİ	0,83342 <,0001	0,60251 0,0049	0,27437 0,2417	0,92494 <,0001	0,90455 <,0001	0,89708 <,0001	0,95426 <,0001	-0,1924 0,4163	0,12703 0,5936	1,00000	
KKY	-0,4548 0,0439	-0,409 0,0734	-0,2762 0,2385	-0,4069 0,075	-0,0474 0,8427	-0,4907 0,028	-0,0701 0,769	-0,0198 0,9338	-0,9947 <,0001	-0,1647 0,4877	1,00000

Çizelge 8. Kn Ünitesindeki Fidanların Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,54568 0,0048	1,00000									
KU	-0,1995 0,3391	-0,4457 0,0255	1,00000								
TÜYA	0,827 <,0001	0,65561 0,0004	-0,2922 0,1564	1,00000							
KYA	0,84494 <,0001	0,43714 0,0289	-0,1676 0,4234	0,80105 <,0001	1,00000						
TÜKA	0,81938 <,0001	0,6699 0,0002	-0,3035 0,1402	0,98483 <,0001	0,74767 <,0001	1,00000					
KKA	0,82325 <,0001	0,52197 0,0074	-0,0938 0,6557	0,78106 <,0001	0,91645 <,0001	0,75948 <,0001	1,00000				
Gİ	-0,3211 0,1175	0,60442 0,0014	-0,3251 0,1128	-0,0426 0,8399	-0,2804 0,1746	-0,0361 0,8639	-0,1811 0,3863	1,00000			
K	0,31309 0,1275	0,43584 0,0294	-0,4498 0,0241	0,57967 0,0024	0,07913 0,7069	0,64041 0,0006	0,00631 0,9761	0,14581 0,4868	1,00000		
DKİ	0,88496 <,0001	0,29475 0,1526	-0,0315 0,8813	0,7872 <,0001	0,92216 <,0001	0,76119 <,0001	0,92485 <,0001	-0,4873 0,0135	0,09145 0,6638	1,00000	
KKY	-0,3474 0,0888	-0,4213 0,036	0,43401 0,0302	-0,5994 0,0015	-0,1145 0,5857	-0,6642 0,0003	-0,0477 0,8208	-0,0939 0,6552	-0,9918 <,0001	-0,1417 0,4992	1,00000

Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik Özelliklerin Değişimi

K1 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0,1847; 0,5473; 0,5101; 0,5829; 0,5545, 0,7381) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistik olarak önemli (P -değerleri sırasıyla 0,0200; <0,0001; <0,0001; <0,0001; <0,0001; <0,0001) olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = 5,73904 + 1,55337 x KBÇ (mm) \quad (1)$$

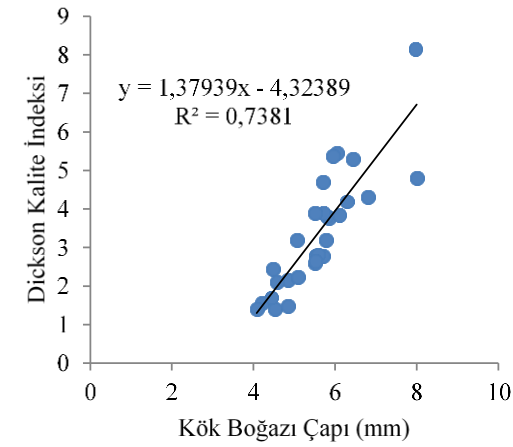
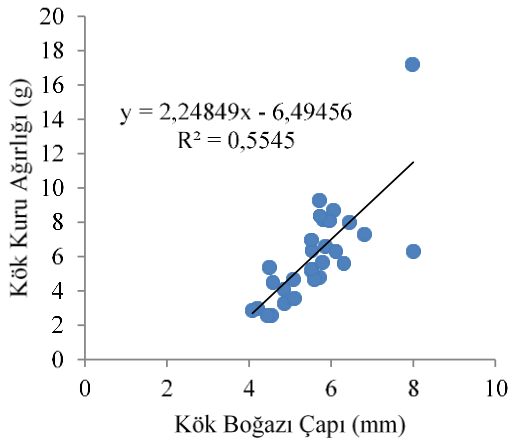
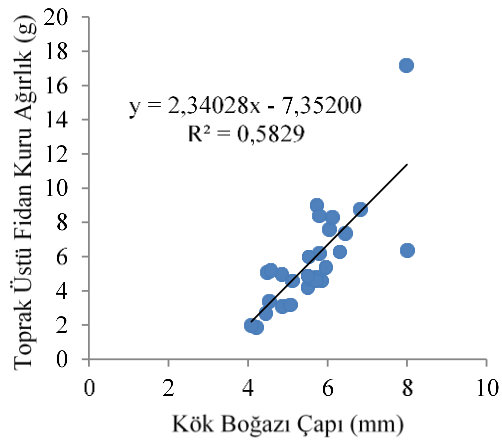
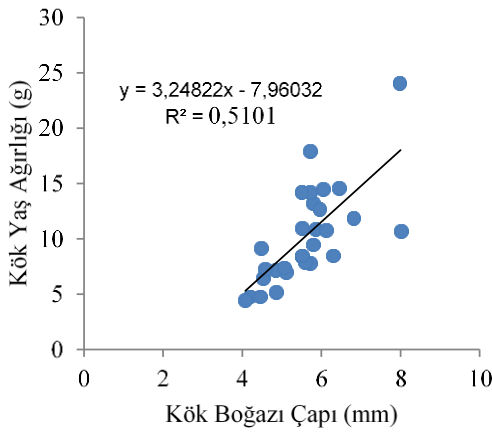
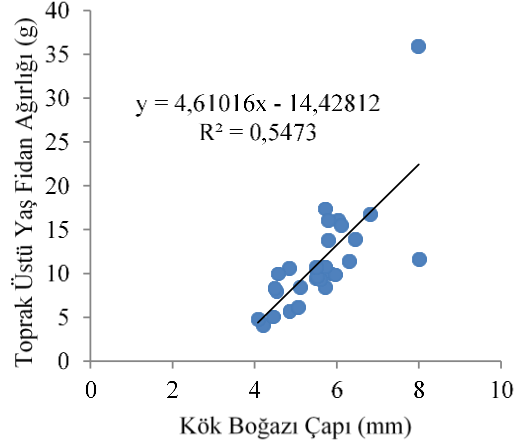
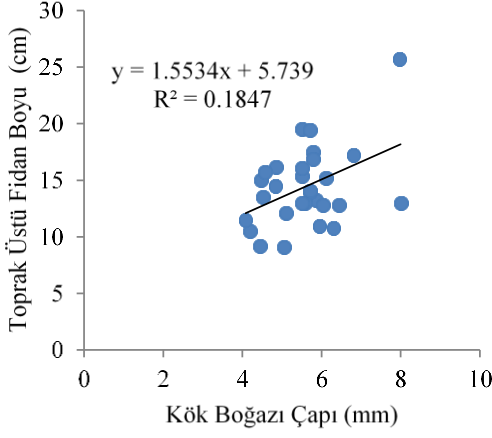
$$TÜYA (g) = -14,42812 + 4,61016 x KBÇ (mm) \quad (2)$$

$$KYA (g) = -7,96032 + 3,24822 x KBÇ (mm) \quad (3)$$

$$TÜKA (g) = -7,35200 + 2,34028 x KBÇ (mm) \quad (4)$$

$$KKA (g) = -6,49456 + 2,24849 x KBÇ (mm) \quad (5)$$

$$DKİ = -4,32389 + 1,37939 x KBÇ (mm) \quad (6)$$



Şekil 2. K1 ünitesindeki kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerin ilişkisi

K2 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0,7069; 0,8287; 0,6245; 0,8123; 0,6744; 0,6946) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 7, 8, 9, 10, 11 ve 12'de verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = -0,04583 + 2,47449 x KBCÇ (mm) \quad (7)$$

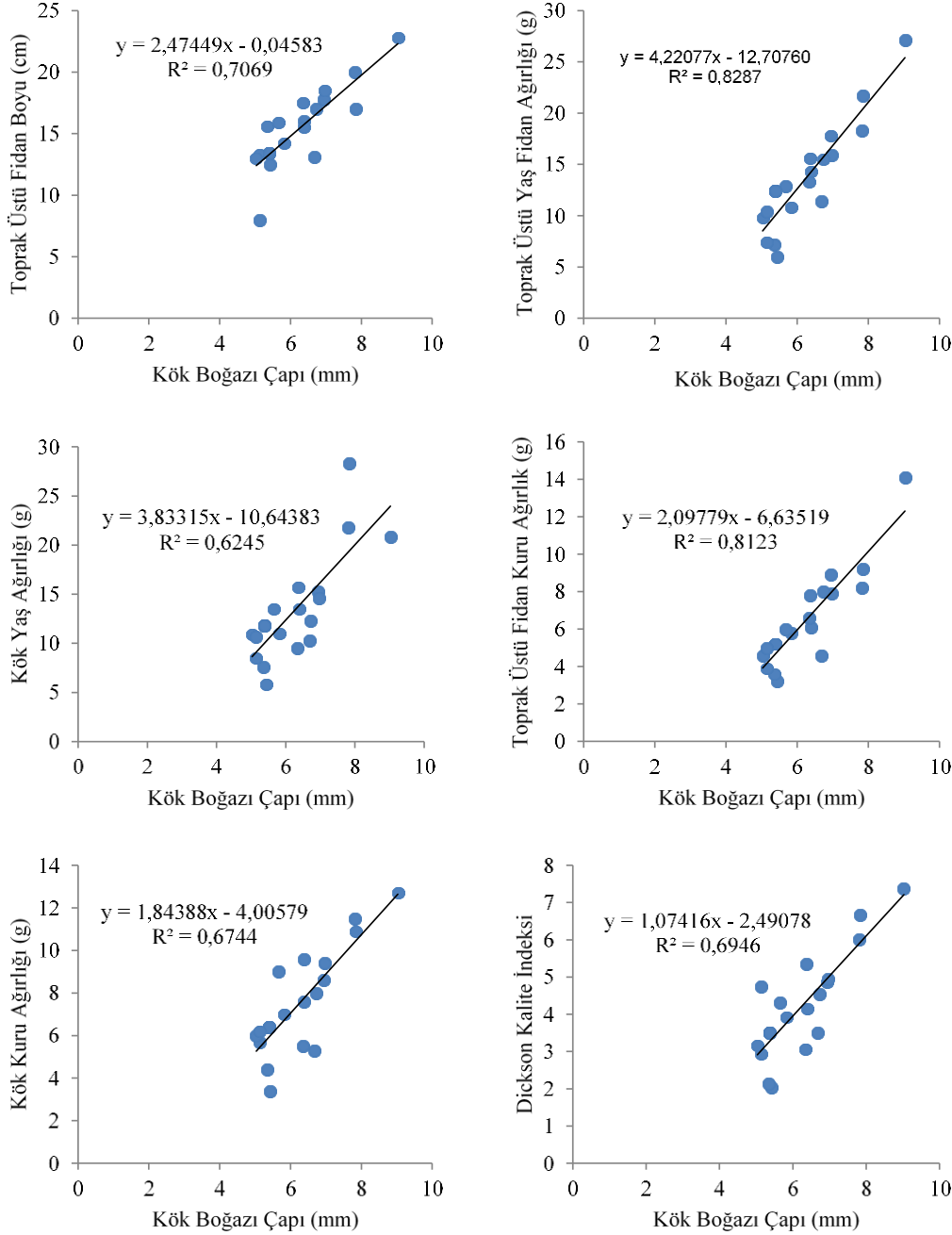
$$TÜYA (g) = -12,70760 + 4,22077 x KBCÇ (mm) \quad (8)$$

$$KYA (g) = -10,64383 + 3,83315 x KBCÇ (mm) \quad (9)$$

$$TÜKA (g) = -6,63519 + 2,09779 x KBCÇ (mm) \quad (10)$$

$$KKA (g) = -4,00579 + 1,84388 x KBCÇ (mm) \quad (11)$$

$$DKİ = -2,49078 + 1,07416 x KBCÇ (mm) \quad (12)$$



Şekil 3. K2 ünitesindeki fidanların kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

Kn ünitesindeki fidanların KBCÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0,2978; 0,6839; 0,7139; 0,6714; 0,6777; 0,7832) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistik olarak önemli (P -değerleri sırasıyla $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). KBCÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 13, 14, 15, 16, 17 ve 18'de verilmiştir.

$$T\ddot{U}FB \text{ (cm)} = 4,92573 + 1,62215 \times KB\check{C} \text{ (mm)} \quad (13)$$

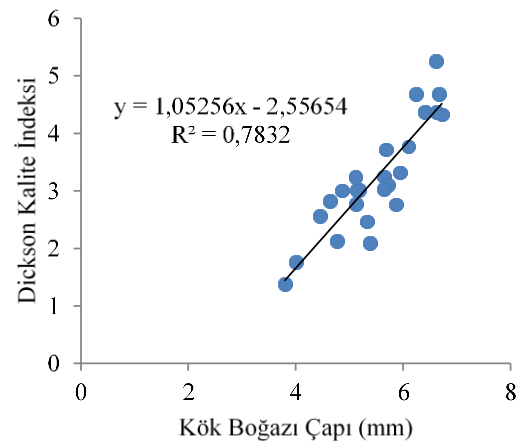
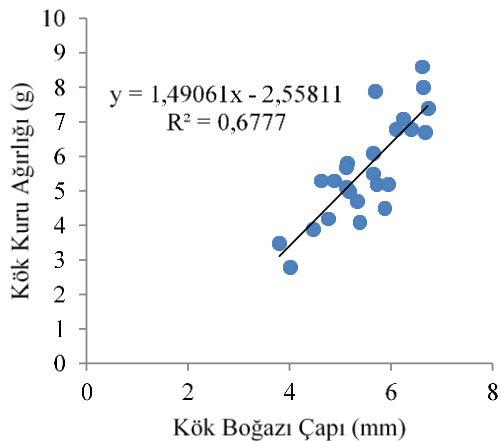
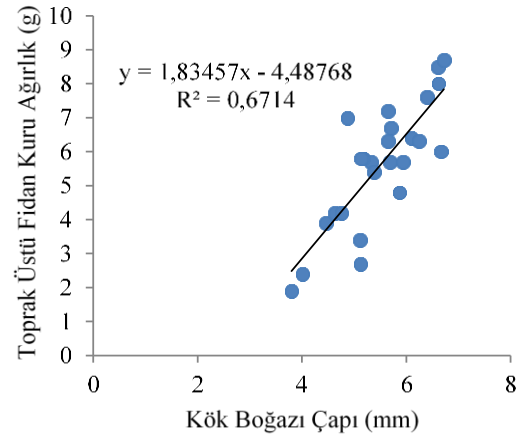
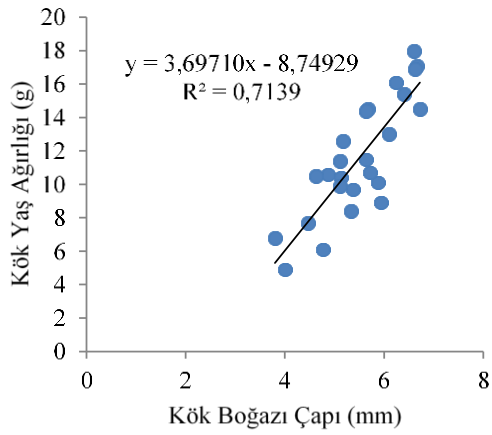
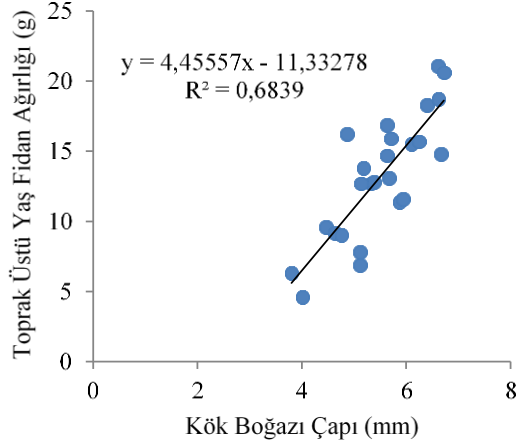
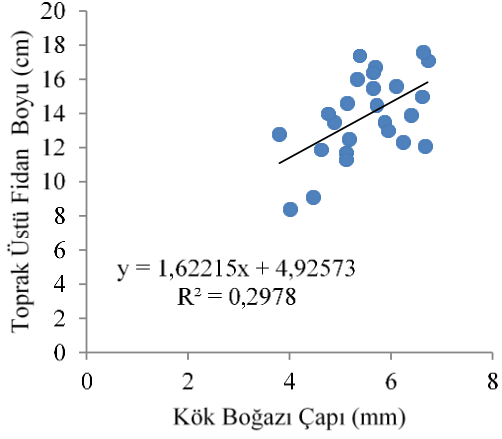
$$T\ddot{U}YA \text{ (g)} = -11,33278 + 4,45557 \times KB\check{C} \text{ (mm)} \quad (14)$$

$$KYA \text{ (g)} = -8,74929 + 3,69710 \times KB\check{C} \text{ (mm)} \quad (15)$$

$$T\ddot{U}KA \text{ (g)} = -4,48768 + 1,83457 \times KB\check{C} \text{ (mm)} \quad (16)$$

$$KKA \text{ (g)} = -2,55811 + 1,49061 \times KB\check{C} \text{ (mm)} \quad (17)$$

$$DK\check{I} = -2,55654 + 1,05256 \times KB\check{C} \text{ (mm)} \quad (18)$$



Şekil 4. Kn ünitesindeki fidanların kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

Sonuç ve Öneriler

Karaçam fidanlarının KBCÇ'si ile diğer morfolojik özellikleri arasındaki ilişkinin genellikle pozitif yönlü olduğu belirlenmiştir. Her üç ünitedeki fidanların KBCÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ'si arasında pozitif ilişkiler gözlemlenmiştir. Ayrıca her üç ünitedeki fidanların KYA'sı ile TÜKA, KKA ve DKİ değerleri arasında, TÜKA'sı ile KKA ve DKİ değerleri arasında ve KKA'sı ile DKİ değeri arasında da pozitif ilişkiler vardır. Ayrıca her üç ünitedeki fidanların K'sı ile KKY'si arasında negatif ilişki belirlenmiştir.

K1 işlemdeki fidanların KBCÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ değerleri arasında, K2 işlemdeki fidanların KBCÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ değerleri arasında ve Kn ünitesindeki fidanların KBCÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ değerleri arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

KBCÇ ile diğer bazı değişkenler için elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli olmasından dolayı karaçam fidanlarının KBCÇ değerlerinden faydalanılarak diğer bazı morfolojik özelliklere ait değerler oluşturulan denklemler sayesinde belirlenebilir. Bu durum fidanların seçimi ve nakliye durumlarının belirlenmesi gibi konularda uygulamacıya kolaylıklar sağlayabilecektir.

Kaynaklar

- Anonim, 2014. Seedling Quality. 21 Nisan 2014'de World Wide Web: <http://www.worldagroforestrycentre.org/NurseryManuals/Research/SeedQuality.pdf>
- Bernier, P. Y., Lamhamedi, M. S., Simpson, D. G. 1995. Shoot: Root Ratio is of Limited Use in Evaluation the Quality of Container Conifer Stock, Tree Planters' Notes, 46 (3).
- Cázares, E., Smith, J. E. 1996. Occurrence of Vesicular–Arbuscular Mycorrhizae in *Pseudotsuga menziesii* and *Tsuga heterophylla* Seedlings Grown in Oregon Coast Range Soils, *Mycorrhiza*, 6, 65–67.
- Cázares, E., Trappe, J. M. 1993. Vesicular Endophytes in Roots of the Pinaceae, *Mycorrhiza*, 2 153–156.
- Dickson, A., Leaf, A. L., Hosner, J. F. 1960. Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries, *Forest Chronicle*, 36 (1): 10–13.
- Frank, B. 2005. On the Nutritional Dependence of Certain Trees on Root Symbiosis with Belowground Fungi (an English translation of A.B. Frank's classic paper of 1885), *Mycorrhiza*, 15: 267-275.
- Haase, D. L. 2008. Understanding Forest Seedling Quality: Measurements and Interpretation, *Tree Planters' Notes*, 52 (2): 24-30.
- Horton, T. R., Cázares, E., Bruns, T. D. 1998. Ectomycorrhiza, Vesicular–Arbuscular and Dark Septate Fungal Colonization of Bishop Pine (*Pinus muricata*) Seedlings in the First 5 Months of Growth After Wildfire, *Mycorrhiza*, 8, 11-18.
- Mattsson, A. 1996. Predicting Field Performance Using Seedling Quality Assessment, *New Forests*, 13: 223-248.
- Perry, A. D., Molina, R. 1987. Amaranthus P.M., Mycorrhizae, Mycorrhizospheres and Reforestation: Current Knowledge And Research Needs, *Canadian Journal of Forest Research*, 17 (8): 929-940.
- Smith, J. E., Johnson, K. A., Cázares, E. 1998. Vesicular Mycorrhizal Colonization of Seedlings of *Pineaceae* and *Betulaceae* After Spore Inoculation with *Glomus intraradices*, *Mycorrhiza*, 7, 279-285.
- Smith, S. E., Read, D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, Academic Press, San Diego, USA.

- Thompson, B. E. 1985. Seedling Morphological Evaluation: What You Can Tell by Looking, Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Ability Of Major Tests, Editor: Duryea M.L., Oregon State University, Corvallis, 55–71.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An Approach Toward A Rational Classification of Climate, *Geographical Review*, 38 (1): 55-94.
- Tsakaldimi, M., Ganatsas, P., Jacobs, D. F. 2012. Prediction of Planted Seedling Survival of Five Mediterranean Species Based on Initial Seedling Morphology, *New Forests*, DOI 10.1007/s11056-012-9339-3.
- Vardavakis, E. 1992. Mycorrhizal Endogonaceae and Their Seasonal Variations in a Greek Sand Dune, *Pedobiologia*, 36, 373–382.
- Wagg, C., Pautler, M., Massicotte, H. B. 2008. Peterson R.L., The Co-Occurrence of Ectomycorrhizal, Arbuscular Mycorrhizal and Dark Septate Fungi in Seedlings of Four Members of the Pinaceae, *Mycorrhiza*, 18, 103-110.