

Mikorizal Mantar Uygulanan Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Relationships Among Morphological Characteristics of Mycorrhizal Fungi Treated Turkish Oak (*Quercus cerris*) Seedlings

Bülent TOPRAK*

Düzce Üniversitesi, Ormancılık
Meslek Yüksekokulu, Düzce, Türkiye
E-mail: bulenttoprak@duzce.edu.tr

Oktay YILDIZ

Murat SARGINCI

Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi,
Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce,
Türkiye
E-mail: oktayyildiz@duzce.edu.tr
E-mail: muratsarginci@duzce.edu.tr

Şükrü Teoman GÜNER

Orman Toprak ve Ekoloji
Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü,
Eskişehir, Türkiye
E-mail: teomanguner@ogm.gov.tr

Aysun PEKŞEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
Samsun, Türkiye
E-mail: aysunp@omu.edu.tr

Ernaz ALTUNDAĞ ÇAKIR

Düzce Üniversitesi, Fen Edebiyat
Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Düzce,
Türkiye
E-mail: ernazaltundag@duzce.edu.tr

Öz

Farklı mikorizal mantar uygulanan Saçlı meşe (*Quercus cerris*) fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma Eskişehir Orman Fidanlığı'nda yürütülmüştür. İki farklı mikorizal mantar karışımı (arbüsküler ve ektomikoriza-arbüsküler) aşılanmış ve hiçbir işlemin uygulanmadığı (kontrol) Saçlı meşe tohumları kaplara ekilerek her bir uygulama için 100 adet fidan yetiştirilmiştir. Morfolojik özelliklerin belirlenebilmesi için her deneme ünitesinden rasgele seçilen 30 adet fidanda ölçümler yapılmıştır. Bu aşamada toplam 90 adet fidan (3 işlem (2 mikoriza karışımı ve 1 kontrol) x 30 adet fidan) kullanılmıştır. Çalışmada Saçlı meşe fidanlarının kök boğazı çapı, fidan boyu, kök uzunluğu, sak taze ve kuru ağırlık, kök taze ve kuru ağırlık, gürbüzlük indisi, katlılık, Dickson kalite indisi ve kuru kök yüzdesi değişkenlerinin birbirleriyle olan ilişkileri tespit edilmiştir. Arbüsküler ve ektomikoriza-arbüsküler mikoriza karışımları uygulanmış fidanlar ile kontrol fidanlarının kök boğazı çapı ile fidan boyu, sak taze ve kuru ağırlığı, kök taze ve kuru ağırlığı ve Dickson kalite indisi arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca fidanların kök boğazı çapı ile katlılık arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler sadece arbüsküler mikoriza karışımı uygulanmış fidanlarda oluşmuştur. Her üç ünite, fidanların kök boğazı çaplarının kalınlaşmasıyla fidan boyu, sak taze ve kuru ağırlık, kök taze ve kuru ağırlık ve Dickson kalite indisi değerleri; fidan boyunun uzamasıyla da sak taze ve kuru ağırlık, kök taze ve kök kuru ağırlık ve gürbüzlük indisi değerleri artmıştır. Elde edilen sonuçlar Saçlı meşe fidanlarının kök boğazı çapları ile diğer morfolojik özellikleri arasında genellikle pozitif ilişkilerin olduğunu ve kök boğazı çaplarının kullanılmasıyla fidan boyu, sak taze ve kuru ağırlık, kök taze ve kuru ağırlık, Dickson kalite indisi ve katlılık değerlerine ulaşılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza, Morfolojik özellikler, Saçlı meşe.

Abstract

The relationships among morphological characteristics of Turkish Oak (*Quercus cerris*) seedlings treated with different mycorrhizal fungi were investigated. The study had been carried out in Eskişehir Forest Nursery in Turkey. Turkish oak seeds which were inoculated with two different mycorrhizal fungi (arbuscular and ectomycorrhiza-arbuscular) and which had not been treated to any treatment (control) were sowed and a hundred seedlings were cultivated for each treatment. In order to determine the morphological characteristics, 30 seedlings from each treatment were randomly sampled and a total of 90 seedlings (3 treatments (2 mycorrhizal mixture and 1 control) x 30 seedlings) were used. The relationship among oak seedlings' root collar diameter, shoot height, root length, shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight, seedling height to root collar diameter ratio, shot to root dry weight ratio, Dickson quality index and dry root percentage were determined in the study. Positive relationships were determined between root collar diameter and shoot height, shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight, Dickson quality index in both of ectomycorrhizae and ectomycorrhiza-arbuscular mycorrhizae mixture inoculated seedlings. In addition, positive relationships between root collar diameter and shot to root dry weight ratio were formed in the seedlings which had been applied with arbuscular mycorrhizae mixture. The shoot height, shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight, Dickson quality index increased as the root collar diameter increased and the shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight, seedling height to root collar diameter ratio increased as the shoot height increased in all three treatments. The results show that Oak seedlings have generally positive relationships between their root collar diameter and other morphological characteristics and that

*Corresponding author
Handling Editor: Ö.F.Çolak

the values of shoot height, shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight, Dickson quality index and shoot to root dry weight ratio can be reached by using the values of root collar diameter of oak seedlings.

Key Words: Mycorrhizae, Morphological characteristics, Turkish oak.

1. Giriş

Meşe (*Quercus* sp.) türlerinde ektomikorizal birliktelikler yaygın olduğu kadar *Quercus cerris* L. (Toprak 2016), *Q. rubra* L., *Q. falcata* Michx., *Q. palustris* Münchh., *Q. imbricaria* Michx. (Henry 1933; Grand 1969; Rothwell vd. 1983; Watson vd. 1990) türlerinde vesiküler-arbüsküler mikorizal birliktelikler de tespit edilmiştir. *Q. rubra* türünde her ne kadar arbüskül yapısı gözlemlenememiş olsa da çok sayıda hif ve vesikül belirlenmiş ve yüksek arbüsküler mikorizal enfeksiyon varlığı tespit edilmiştir (Dickie vd. 2001). Bu sonuç Watson vd. (1990) tarafından belirtilen yaklaşık %73'e ulaşan arbüsküler mikorizal enfeksiyon oranıyla örtüşmektedir. *Q. imbricaria*'da *Glomus* hifleri ve vesiküller tespit edilmesine rağmen arbüsküller gözlemlenememiştir (Rothwell vd. 1983).

Son zamanlarda yapılan birçok çalışma mikorizanın konukçu bitkinin mineral beslenmesini artırıp, bitkinin büyümesini teşvik ettiği yönündedir (Özcan ve Taban 2000; Ortaş ve Akpınar 2005; Ortaş 2012). Mikoriza bitkiye büyüme ve verim artışı sağlamanın yanı sıra stres koşullarına dayanıklılığı artırmakta ve ekolojik olarak uyumu iyileştirmektedir (Stahl ve Christensen 1991; Smith ve Read 2008). Özellikle kurak alanlarda mikoriza aşılmasının, fidanların tutma başarılarını, büyüme ve gelişmelerini arttırdığı belirlenmiştir (Perry vd. 1987; Sanchez 1994).

Meşeler kuraklığın ve soğğun hüküm sürdüğü sahalarda en çok tercih edilen türlerden biridir (Anonim 2010). Bundan dolayı kurak ve yarıkurak bölgelerdeki ağaçlandırma çalışmalarında mikorizalı meşe fidanı kullanılması ağaçlandırma başarısını arttırabilir. Saçlı meşe fidanlarının büyüme ve gelişmeleri üzerinde etkili olan mikorizal yapı bitkilerin morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin de farklılaşmasına neden olabilmektedir (Toprak 2016).

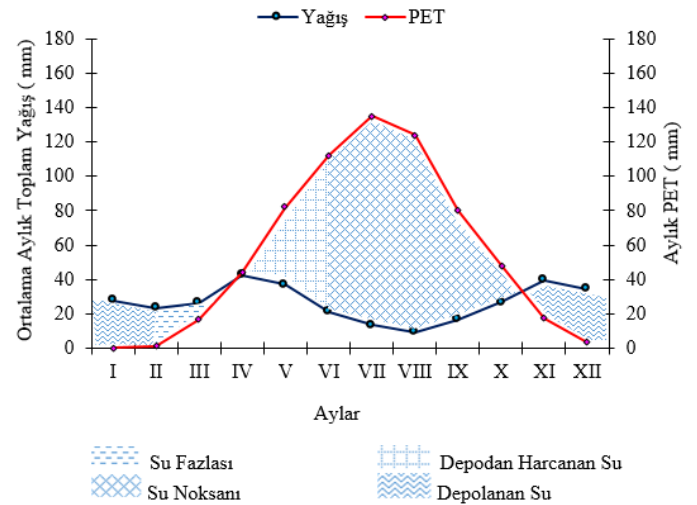
Morfolojik değişkenlere ait veriler fidanların büyüme, gelişme ve tutma başarılarını tahmin etmemizi sağlamaktadır (Haase 2008, Tsakaldimi vd. 2012). Bu nedenle fidanların bazı morfolojik özelliklerinin bilinmesi uygulamacılara büyük fayda sunmaktadır. Ancak gerekli olan her bir ölçümün ayrı ayrı yapılması uygulamacılar açısından pratik değildir. Bu bakımdan tek bir morfolojik özellik kullanılarak diğer ihtiyaç duyulan değerlere ulaşılabilmesini sağlayabilecek modellerin ortaya konulması uygulamacılar açısından büyük avantajlar sağlayacaktır. Karaçam fidanları ile ilgili yapılan çalışmada kök boğazı çapı (KBÇ) ile diğer morfolojik özellikler arasında genellikle pozitif ilişkilerin olduğu tespit edilmiş ve karaçam fidanlarının KBÇ değerlerinden faydalanılarak oluşturulan denklemlerle diğer morfolojik özellikler elde edilebilmiştir (Toprak vd. 2016).

Çalışmada, mikoriza uygulanmış Saçlı meşe fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin tespiti ve fidanların KBÇ değerlerinden yararlanılarak diğer morfolojik özelliklerini belirleyebilecek modellerin oluşturulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma Alanı ve İklimi

Çalışma 804 m yükseltide, 0280429/4402073 (UTM Zon 36) koordinatlarında yer alan Eskişehir Orman Fidanlığı'nda yürütülmüştür. Uzun yıl (1975-2006) verilerine göre çalışma alanının en yüksek sıcaklık değeri 40,6 °C, en düşük ise -27,8 °C olup, yıllık ortalama sıcaklığı 10,6 °C'dir. Yıllık ortalama yağış 307 mm, ortalama bağıl nem %65, en düşük bağıl nem %5 ve ortalama rüzgar hızı 3,1 m s⁻¹'dir. Eskişehir yarı kurak, orta sıcaklıkta (mezotermal), su fazlası olmayan veya çok az olan, deniz iklimine yakın iklim sınıfında yer almaktadır (Thorntwaite 1948; Şekil 1).



Şekil 1. Thorntwaite yöntemine göre Eskişehir ilinin su bilançosu.

2.2 Kaplarda Kullanılan Harç Materyalinin Özellikleri

Çalışmada tohum çimlenmesi ve fidan dikimlerinde harç olarak %65 toprak + %5 hayvan gübresi + %30 humuslu toprak karışımı kullanılmıştır. Harç ortamı balçıklı kil türünde olup, hacim ağırlığı 0,93 g cm⁻³, iskelet oranı %28 ve rutubeti ise %21'dir. Toprak hafif bazik, organik madde ve azot bakımından zengin ve toplam kireç oranı yüksektir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kaplarda kullanılan harcin kimyasal özellikleri.

pH	Toplam Kireç	Organik Madde %	Toplam Azot	P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	mg kg ⁻¹					EC dS m ⁻¹
							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

2.3 Bitki Türü

Çalışmada kullanılan Saçlı meşe (*Quercus cerris*) Türkiye’de Kuzeydoğu ve Doğu Anadolu hariç diğer bölgelerde çok geniş bir yayılımı olan, deniz seviyesinden yaklaşık 1500 m yükseltilere kadar yetişen, ortalama 30 m’ye kadar boy ve 1 m’ye kadar çap yapabilen asli bir ağaç türümüzdür (Yalırık ve Efe 2000). Çalışmada yetiştirilen Saçlı meşe fidanları Eskişehir orjinli tohumlardan elde edilmiştir.

2.4 Mikorizal Karışımlar

Çalışmada “Karışım-1” (K1) ve “Karışım-2” (K2) olmak üzere iki ticari mikorizal preparat kullanılmıştır.

Karışım-1: İlk karışım ekto- ve arbüsküler mikorizal mantarlar (RhizoMyc[®] [Novozymes]) ile köklenmeyi ve mantar gelişimini teşvik eden bileşenleri içermektedir (Çizelge 2 ve 3).

Karışım-2: İkinci karışım arbüsküler mikorizal (RhizoMyx[®] [Novozymes]) mantarlar ile kök ve mantar gelişimini teşvik edici bileşenler içermektedir (Çizelge 4 ve 5).

Çizelge 2. Karışım-1’in mikorizal mantar türü içeriği.

Mikorizalar %23,3			
Ektomikoriza	Miktar (propagule g ⁻¹)	Arbüsküler 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

Çizelge 4. Karışım-2’nin mikorizal mantar türü içeriği.

Mikorizalar %23,3	
Arbüsküler 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

2.5 Yöntem

Çalışmada fidanlara mikoriza uygulaması Nisan 2012 tarihinde yapılmıştır. Her iki karışım için ayrı ayrı olmak üzere 1 lt suya kullanılan tohumun her bir kilosu için 5 g mikorizal karışım olacak şekilde solüsyonlar hazırlanmıştır. Tohumlar 5 dakika solüsyon içerisinde bekletildikten sonra solüsyondan çıkarılmıştır. Tohumlar kuruduktan sonra her tüpe 3 adet tohum ekimi yapılmıştır. Ekimi takip eden iki hafta içerisinde her işlem için ayrı ayrı olmak üzere 1 lt suya 1 g mikorizal karışım ilave edilerek oluşturulan solüsyon aynı işlemdeki fidan tüplerine dökülerek mikoriza uygulaması yapılmıştır. Ayrıca hiçbir işlemin uygulanmadığı tohumlar da kontrol (Kn) için tüplere ekilmiştir. Tohum çıkışlarından birkaç hafta sonra her tüpteki en sağlıklı fidan deneme materyali olarak bırakılmış ve diğer zayıf bireyler ortamdan uzaklaştırılmıştır. Fidan gelişimi sırasında gerekli bakım ve kültürel işlemler yerine getirilmiştir. Mikoriza uygulamasının etkisini ortaya çıkarabilmek için herhangi bir gübreleme yapılmamıştır.

Ölçüm için vejetasyon dönemi sonunda (kasım ayında) her işlem için 30 adet fidan laboratuvara taşınmış, fidanlar torbalardan kökleri ile birlikte çıkarılmış ve topraklarından arındırmak amacıyla yıkanmıştır. Yıkanan gövde ve köklerin yüzeyindeki fazla su kurutma kağıdı ile alınmıştır. Fidanlarda 0,001 mm duyarlılıkta dijital çap ölçer (Mitutoyo absolute digimatic caliper) ile kök boğazı çapları (KBÇ) saptanmıştır. Fidan boyu (FB) ve kök uzunluğu (KU) ölçümleri ± 1 mm duyarlılıktaki metre ile belirlenmiştir. Fidanlar kök boğazlarından kesilerek kök taze ağırlığı (KTA) ve sak taze ağırlığı (STA) değerleri $\pm 0,001$ g duyarlılıktaki terazide tartılarak kaydedilmiştir. Biyokütle hesabı için kurutma fırınlarında 65 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar yaklaşık 48 saat kurutulmuş, kök kuru ağırlık (KKA) ve sak kuru ağırlık (SKA) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca fidanların katlılık (K), kuru kök yüzdesi (KKY), gürbzlük indisi (Gİ) ve Dickson kalite indisi (DKİ) (Dickson vd. 1960) değerleri tespit edilmiştir.

SAS (Statistical Analysis Software 1996) programında KBÇ, FB, KU, STA, KTA, SKA, KKA, Gİ, K, DKİ ve KKY değişkenleri arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Fidanların KBÇ'leri ile diğer ölçülen fidan değişkenleri arasında çoklu regresyon analizleri yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Sağlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Meşe fidanlarının KBÇ'leri ile diğer morfolojik özellikleri arasında genellikle pozitif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 6, 7, 8). Her üç işlem ünitesinde de KBÇ ile FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. K2 ünitesinde KBÇ ile K arasında pozitif ve KBÇ ile KKY arasında ise negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Her üç ünite de de FB ile STA, KTA, SKA, KKA ve Gİ arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. K2 ünitesinde FB ile K ve DKİ arasında pozitif; FB ile KKY arasında ise negatif ilişki tespit edilmiştir. Kn ünitesinde KU ile K arasında pozitif bir ilişki oluşmuştur. Her üç işlemde de STA ile KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Kn ünitesinde STA ile Gİ ve K arasında pozitif ilişki bulunurken, STA ile KKY arasında negatif ilişki oluşmuştur. Her üç işlem ünitesinde KTA ile SKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. K1 ünitesinde KTA ile K arasında negatif ilişki bulunurken KTA ile KKY arasında ise pozitif ilişki belirlenmiştir. Her üç işlem ünitesinde SKA ile KKA ve DKİ arasında pozitif, SKA ile KKY arasında ise negatif ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Kn ünitesinde SKA ile Gİ arasında pozitif bir ilişki tespit edilirken, K2 ve Kn ünitelerinde SKA ve K arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Her üç işlemde de KKA ile DKİ arasında pozitif ve K ile KKY arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. K1 uygulamasında Gİ ile DKİ arasında negatif ilişki saptanmıştır.

Sağlı meşe tohum ekiminin ve mikoriza aşılmasının gerçekleştirilmiş olduğu 1250 m rakımdaki Tarsus-Güleç Orman Fidanlığı'ndaki çalışmada mikoriza uygulamasının fidanların taze ve kuru gövde ağırlıkları ve özellikle çıplak köklü fidanların kök boğazı çapı, gövde taze ağırlığı, kök taze ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve katlılık üzerinde önemli düzeyde etkileri olduğu belirlenmiştir (Tüfekçi vd. 2016). Eskişehir Orman Fidanlığı'nda 2+0 yaşlı karaçam (*Pinus nigra* J.F.Arnold) fidanlarına mikoriza aşılansarak morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin değişimini belirlemeyi amaçlayan çalışmada kök boğazı çapı ile fidan boyu, sak taze ve kuru ağırlığı, kök taze ve kuru ağırlığı ile Dickson kalite indisine ait değerler arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur (Toprak vd. 2016).

Çizelge 6. Ekto- ve arbüsküler- mikoriza (K1) uygulanan Saçlı meşe fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler (İlk satırdaki değerler Pearson korelasyon katsayılarını ve ikinci satırdakiler p-değerlerini ifade etmektedir).

	KBÇ	FB	KU	STA	KTA	SKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
FB	0,51645 0,0058	1,00000									
KU	0,19153 0,3385	-0,1549 0,4403	1,00000								
STA	0,83889 <,0001	0,68079 <,0001	0,09999 0,6197	1,00000							
KTA	0,77789 <,0001	0,46374 0,0148	0,27674 0,1623	0,77496 <,0001	1,00000						
SKA	0,67419 0,0001	0,5897 0,0012	0,13907 0,4891	0,78482 <,0001	0,5864 0,0013	1,00000					
KKA	0,76885 <,0001	0,5354 0,004	0,22851 0,2516	0,81309 <,0001	0,95482 <,0001	0,71537 <,0001	1,00000				
Gİ	-0,3505 0,0731	0,60512 0,0008	-0,3637 0,0622	-0,0119 0,9532	-0,2241 0,2611	0,03962 0,8444	-0,1435 0,4751	1,00000			
K	-0,1672 0,4046	0,09917 0,6226	-0,167 0,4051	-0,0669 0,7403	-0,4655 0,0144	0,35551 0,0688	-0,3674 0,0594	0,29464 0,1357	1,00000		
DKİ	0,86255 <,0001	0,25572 0,1979	0,32773 0,0952	0,7714 <,0001	0,86244 <,0001	0,72652 <,0001	0,87862 <,0001	-0,4966 0,0084	-0,2451 0,2179	1,00000	
KKY	0,10756 0,5934	-0,13 0,5182	0,13344 0,507	0,01716 0,9323	0,41407 0,0318	-0,4226 0,0281	0,30612 0,1204	-0,2745 0,1658	-0,9913 <,0001	0,1788 0,3723	1,00000

KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, KU: Kök uzunluğu, STA: Sak taze ağırlık, KTA: Kök taze ağırlık, SKA: Sak kuru ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, Gİ: Gürbüzlük indisi, K: Katlılık, DKİ: Dickson kalite indisi, KKY: Kuru kök yüzdesi

Çizelge 7. Arbüsküler mikoriza (K2) uygulanan Saçlı meşe fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler (İlk satırdaki değerler Pearson korelasyon katsayılarını ve ikinci satırdakiler p-değerlerini ifade etmektedir).

	KBÇ	FB	KU	STA	KTA	SKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
FB	0,85195 <,0001	1,00000									
KU	0,09485 0,6908	0,07363 0,7577	1,00000								
STA	0,90345 <,0001	0,8504 <,0001	0,1742 0,4626	1,00000							
KTA	0,83016 <,0001	0,75436 0,0001	0,36724 0,1112	0,86156 <,0001	1,00000						
SKA	0,903 <,0001	0,8061 <,0001	0,2062 0,3831	0,99112 <,0001	0,86731 <,0001	1,00000					
KKA	0,77571 <,0001	0,70255 0,0006	0,36842 0,11	0,80643 <,0001	0,98038 <,0001	0,81475 <,0001	1,00000				
Gİ	0,311 0,182	0,75508 0,0001	0,01713 0,9429	0,4338 0,056	0,37492 0,1034	0,36021 0,1187	0,34896 0,1316	1,00000			
K	0,56891 0,0089	0,55372 0,0113	-0,2368 0,3147	0,58042 0,0073	0,16378 0,4902	0,57665 0,0078	0,06211 0,7948	0,25595 0,2761	1,00000		
DKİ	0,78617 <,0001	0,54235 0,0135	0,32345 0,1642	0,77723 <,0001	0,92343 <,0001	0,81611 <,0001	0,93727 <,0001	0,05353 0,8227	0,09906 0,6778	1,00000	
KKY	-0,5559 0,0109	-0,537 0,0146	0,2453 0,2972	-0,5481 0,0123	-0,1354 0,5693	-0,5469 0,0126	-0,0353 0,8825	-0,2373 0,3138	-0,9942 <,0001	-0,0692 0,7718	1,00000

KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, KU: Kök uzunluğu, STA: Sak taze ağırlık, KTA: Kök taze ağırlık, SKA: Sak kuru ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, Gİ: Gürbüzlük indisi, K: Katlılık, DKİ: Dickson kalite indisi, KKY: Kuru kök yüzdesi

Çizelge 8. Mikorizal işlem uygulanmamış (K_n) Saçlı meşe fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler (İlk satırdaki değerler Pearson korelasyon katsayılarını ve ikinci satırdaki rakamlar p-değerlerini ifade etmektedir).

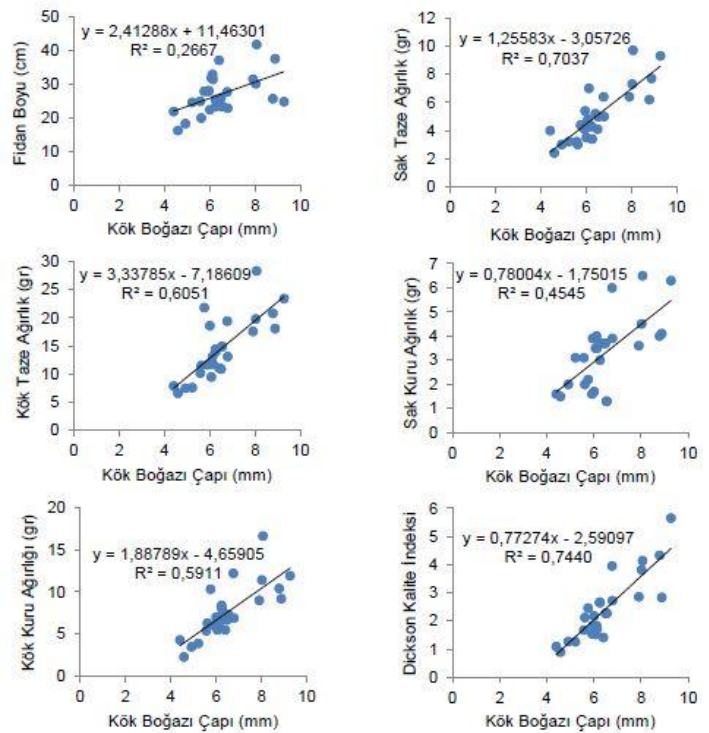
	KBÇ	FB	KU	STA	KTA	SKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
FB	0,65375 0,0007	1,00000									
KU	-0,1963 0,3694	-0,0225 0,9188	1,00000								
STA	0,7531 <,0001	0,7128 0,0001	-0,2707 0,2116	1,00000							
KTA	0,73303 <,0001	0,56668 0,0048	0,18765 0,3912	0,74464 <,0001	1,00000						
SKA	0,74511 <,0001	0,7378 <,0001	-0,3456 0,1062	0,95875 <,0001	0,63828 0,001	1,00000					
KKA	0,77625 <,0001	0,58352 0,0035	0,11598 0,5982	0,8157 <,0001	0,97874 <,0001	0,69689 0,0002	1,00000				
Gİ	0,24532 0,2592	0,88949 <,0001	0,10435 0,6356	0,4307 0,0402	0,27935 0,1967	0,46557 0,0252	0,27177 0,2097	1,00000			
K	0,03792 0,8636	0,28192 0,1925	-0,6205 0,0016	0,319 0,1379	-0,2987 0,1663	0,49836 0,0155	-0,242 0,2659	0,29237 0,1758	1,00000		
DKİ	0,77711 <,0001	0,25617 0,2381	-0,0085 0,9694	0,66458 0,0005	0,85714 <,0001	0,5714 0,0044	0,88348 <,0001	-0,1439 0,5124	-0,2934 0,1742	1,00000	
KKY	0,02256 0,9186	-0,2381 0,2739	0,62956 0,0013	-0,292 0,1764	0,32873 0,1256	-0,4619 0,0265	0,27667 0,2012	-0,2703 0,2122	-0,9858 <,0001	0,3428 0,1094	1,00000

KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, KU: Kök uzunluğu, STA: Sak taze ağırlık, KTA: Kök taze ağırlık, SKA: Sak kuru ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, Gİ: Gürbüzlük indisi, K: Katlılık, DKİ: Dickson kalite indisi, KKY: Kuru kök yüzdesi

Mikoriza aşılanan 1+1 yaşlı Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulduğu başka bir çalışmada fidanların çaplarının kalınlaşmasıyla sak taze ve kuru ağırlık, kök taze ve kuru ağırlık ile Dickson kalite indisi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Toprak 2016). Artvin'deki Ardanuç Orman Fidanlığı'nda yetiştirilen 1+0 yaşındaki Sapsız meşe (*Quercus petraea* subsp. *iberica* (Steven ex M.Bieb.) Krassiln.) fidanlarında yapılan çalışmada fidan boyu ile kök boğazı çapı, gövde taze ağırlık, kök taze ağırlık, gövde kuru ağırlık, kök kuru ağırlık ve fidan boyu/kök boğazı çapı oranı arasında pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Bununla birlikte fidan boyu ile gövde taze ağırlık/kök taze ağırlık ve gövde kuru ağırlık/kök kuru ağırlık oranları arasında ilişki tespit edilememiştir. Ayrıca kök boğazı çapı ile gövde taze ağırlık, kök taze ağırlık, gövde kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, gövde taze ağırlık/kök taze ağırlık, gövde kuru ağırlık/kök kuru ağırlık ve fidan boyu/kök boğazı çapı oranları arasında da herhangi bir korelasyon belirlenememiştir (Kestek 2012).

3.2 Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik Özelliklerin Değişimi

K1 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkilerin bulunduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0,2667; 0,7037; 0,6051; 0,4545; 0,5911; 0,7440) ve elde edilen denklemlerde



Şekil 2. Ecto- ve arbüsküler- mikoriza (K1) uygulanan Saçlı meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenleri arasındaki ilişkiler.

doğrusal çizgilerin eğiminin istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla 0,0058; <0,0001; <0,0001; 0,0001; <0,0001; <0,0001) olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). KBC'ye bağlı olarak fidanların FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir.

$$FB (cm) = 11,46301 + 2,41288 \times KBC (mm) \quad (1)$$

$$STA (g) = -3,05726 + 1,25583 \times KBC (mm) \quad (2)$$

$$KTA (g) = -7,18609 + 3,33785 \times KBC (mm) \quad (3)$$

$$SKA (g) = -1,75015 + 0,78004 \times KBC (mm) \quad (4)$$

$$KKA (g) = -4,65905 + 1,88789 \times KBC (mm) \quad (5)$$

$$DKİ = -2,59097 + 0,77274 \times KBC (mm) \quad (6)$$

K2 işlemindeki fidanların KBC'si ile FB, STA, KTA, SKA, KKA, K ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkilerin bulunduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0,7258; 0,8162; 0,6892; 0,8154; 0,6017; 0,3237; 0,6181) 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). KBC'ye bağlı olarak fidanların FB, STA, KTA, SKA, KKA, K ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13'de verilmiştir.

$$FB (cm) = -7,18787 + 5,28672 \times KBC (mm) \quad (7)$$

$$STA (g) = -7,00945 + 1,85557 \times KBC (mm) \quad (8)$$

$$KTA (g) = -11,37232 + 4,04811 \times KBC (mm) \quad (9)$$

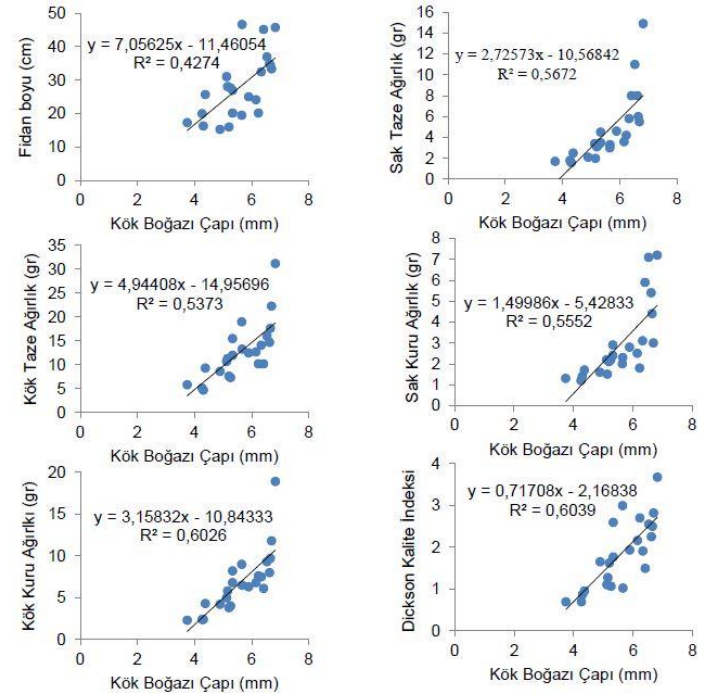
$$SKA (g) = -4,36518 + 1,19217 \times KBC (mm) \quad (10)$$

$$KKA (g) = -4,84463 + 1,94160 \times KBC (mm) \quad (11)$$

$$K = 0,12619 + 0,04668 \times KBC (mm) \quad (12)$$

$$DKİ = -1,35660 + 0,58437 \times KBC (mm) \quad (13)$$

Kn işlemindeki fidanların KBC'si ile FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkilerin bulunduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0,4274; 0,5672; 0,5373; 0,5552; 0,6026; 0,6039) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla 0,0007; <0,0001; <0,0001; 0,0001; <0,0001; <0,0001) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). KBC'ye bağlı olarak fidanların FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 14, 15, 16, 17, 18 ve 19'da verilmiştir.



Şekil 4. Mikorizal işlem görmemiş (kontrol) Saçlı meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenleri arasındaki ilişkiler.

$$FB (cm) = -11,46054 + 7,05625 \times KBC (mm) \quad (14)$$

$$STA (g) = -10,56842 + 2,72573 \times KBC (mm) \quad (15)$$

$$KTA (g) = -14,95696 + 4,94408 \times KBC (mm) \quad (16)$$

$$SKA (g) = -5,42833 + 1,49986 \times KBC (mm) \quad (17)$$

$$KKA (g) = -10,84333 + 3,15832 \times KBC (mm) \quad (18)$$

$$DKİ = -2,16838 + 0,71708 \times KBC (mm) \quad (19)$$

Şekil 3. Arbüsküler mikoriza (K2) uygulanan Saçlı meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenleri arasındaki ilişkiler.

4. Sonuçlar

Saçlı meşe fidanlarının KBC'leri ile diğer morfolojik özellikleri arasında genellikle pozitif ilişkiler oluşmuştur. Her üç ünite de fidanların KBC'lerinin kalınlaşmasıyla FB, STA, KTA, SKA, KKA, DKİ değerleri, FB'nin uzamasıyla da STA, KTA, SKA, KKA ve Gİ değerleri artmıştır. STA ile KTA, SKA, KKA ve DKİ; KTA ile SKA, KKA ve DKİ; SKA ile KKA ve DKİ; KKA ile DKİ; K ile KKY değerleri arasında pozitif ilişkiler ve KKY ile SKA ve K değerleri arasında ise negatif ilişkiler meydana gelmiştir.

Her üç ünite de fidanların KBC'si ile FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler ortaya çıkmıştır. Sadece K2 uygulanan fidanların KBC'si ile K arasında da doğru orantılı ve pozitif ilişkiler saptanmıştır.

KBC ile diğer bazı değişkenler için elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimleri istatistik olarak önemli çıkmıştır. Bu denklemlerden faydalanılarak Saçlı meşe fidanlarının KBC değerleri kullanılarak FB, STA, KTA, SKA, KKA, DKİ ve K değerlerine ulaşılabilecektir. Böylece çeşitli morfolojik özellikler ele alınarak fidanların kalitesi belirlenebilecek; fidanların gelecekteki büyüme ve gelişmelerinin ve sahadaki tutma başarılarının tahmininde kullanılabilir. Ayrıca değişkenlere ait değerler elde edilebilecek ve nakliyelerin planlanması konularında fikir sahibi olunabilecektir.

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

Kaynaklar

- Anonim 2010.** Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Asli Ağaç Türleri. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dickie IA, Koide RT, Fayish AC. 2001.** Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection of *Quercus rubra* Seedlings. *New Phytologist*, 151/1: 257–264.
- Dickson A, Leaf AL, Hosner JF. 1960.** Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries. *Forest Chronicle*, 36/1: 10–13.
- Grand LF. 1969.** A Beaded Endotrophic Mycorrhiza of Northern And Southern Red Oak. *Mycologia*, 61/2: 408–409.
- Haase DL. 2008.** Understanding Forest Seedling Quality: Measurements and Interpretation. *Tree Planters' Notes*, 52/2: 24–30.
- Henry LK. 1933.** Mycorrhiza of Trees and Shrubs. *Botanical Gazette*, 94: 791–800.
- Kestek D. 2012.** Sapsız Meşe Türünde Yapılan Seyreltmenin Fidanların Bazı Morfolojik Kalite Kriterleri Üzerine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Ortaş İ. 2012.** The Effect of Mycorrhizal Fungal Inoculation on Plant Yield, Nutrient Uptake and Inoculation Effectiveness Under Long-Term Field Conditions. *Field Crops Research*, 125: 35–48.

- Ortaş İ, Akpınar Ç. 2005.** Mikoriza İnokülasyonu, Kompost, Hayvan Gübresi ve Mineral Gübrelemenin Buğday Bitkisinin Büyüme ve Besin Elementleri Alımı Üzerine Etkileri. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 20/4: 9–18.
- Özcan H, Taban S. 2000.** VA-Mikoriza'nın Alkalın ve Asit Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimi ile Mikorizal Enfeksiyon ve Fosfor, Çinko, Demir, Bakır ve Mangan Konsantrasyonları Üzerine Etkisi. *Turk J Agric For*, 24: 629–635.
- Perry AD, Molina R, Amaranthus PM. 1987.** Mycorrhizae, Mycorrhizospheres and Reforestation: Current knowledge and research needs. *Canadian Journal of Forest Research*, 17/8: 929–940.
- Rothwell FM, Hacskaylo E, Fisher D. 1983.** Ecto- and Endomycorrhizal Fungus Associations with *Quercus imbricaria* L. *Plant and Soil*, Springer Netherlands, 71: 309–312.
- Sanchez DM. 1994.** Survival of Arbuscular Mycorrhizal Plants in Drying Soil. In: *Mycorrhizas in Integrated Systems From Genes to Plant development Proceedings of the Fourth European Symposium on Mycorrhizas*, 11-14 July, Granada, (Eds. Azcon-Aguilar C. and J.M. Barea), pp: 407–412.
- SAS Institute Inc. 1996.** SAS/STAT Users Guide, Version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
- Smith SE, Read DJ. 2008.** Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, San Diego, USA.
- Stahl PD, Christensen M. 1991.** Population Variation in the Mycorrhizal Fungus *G. mosseae*: Breadth of Environmental Tolerance. *Mycol Res*, 95: 300–307.
- Thorntwaite CW. 1948.** An Approach Toward A Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38/1: 55–94.
- Toprak B. 2016.** Ekto- ve Arbüsküler Mikoriza Aşılansız Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının İç Anadolu'nun Yarı Kurak Sahalarındaki Ağaçlandırma Başarısı. Doktora Tezi, D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce
- Toprak B, Yıldız O, Sargıncı M, Güner ŞT, Pekşen A, Çakır EA. 2016.** Mikoriza Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra*) Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Etkisi. *Ormançılık Dergisi*, 12/2: 258–269.
- Tsakaldimi M, Ganatsas P, Jacobs DF. 2012.** Prediction of Planted Seedling Survival of Five Mediterranean Species Based on Initial Seedling Morphology. *New Forests*, DOI 10.1007/s11056-012-9339-3.
- Tüfekçi S, Gürlevik N, Polat O, Topal A, Polat S, Gültekin HC. 2016.** Yerel Mikorizal Türlerle Aşılamanın Saçlı Meşe (*Quercus cerris* L.) Fidanı Gelişimine Etkileri. *Orman Genel Müdürlüğü Ormançılık Araştırma Dergisi* 1/3: 38-49 DOI: 10.17568/oad.12519
- Watson GW, Von Der Heide-Spavka KG, Howe VK. 1990.** Ecological Significance of Endo-/Ectomycorrhiza in The Oak Sub-Genus *Erythrobalanus*. *Arboriculture Journal*, 14/2: 107–116.
- Yaltrık F, Efe A. 2000.** Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae – Angiospermae (Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri için), G.Ü. Yayın No: 4265, Orman Fakültesi Yayın No: 465, ISBN: 975-404-594-1, 382 sayfa, II. Baskı.