

Farklı Mikorizal İşlem Uygulanan Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler**Changes in Morphological Variables of Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Seedlings in Response to Mycorrhizae Inoculation****Bülent TOPRAK¹, Oktay YILDIZ², Murat Sargıncı², Şükrü Teoman GÜNER³, Aysun PEKŞEN⁴, Ernaz ALTUNDAĞ ÇAKIR⁵****Öz**

Farklı mikorizal işlem uygulanmış Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma Eskişehir Orman Fidanlığı'nda yürütülmüştür. İki farklı mikorizal karışım fidanlıkta yetiştirilen fidanlara aşılanmıştır. Her bir karışım için 100 adet (1+1) fidan kullanılmıştır. Aynı fidanlardan 100 adedi ise her hangi bir işlem yapılmadan kontrol olarak kullanılmak üzere ayrılmıştır. Uygulamadan 8 ay sonra her deneme ünitesinden 30 adet fidan rastgele seçilerek fidanların kök boğazı çapı, fidan boyu, kök uzunluğu, sak taze ağırlık, kök taze ağırlık, sak kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, gürbüzlük indisi, katlılık, Dickson kalite indisi ve kuru kök yüzdesi belirlenmiştir. Mikoriza uygulamasının, kök boğazı çapı ile fidan boyu, sak taze ağırlık, kök taze ağırlık, sak kuru ağırlık, kök kuru ağırlık ve Dickson kalite indisi arasındaki ilişkiler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Tüm ünitelerde fidanların çaplarının kalınlaşmasıyla sak taze ağırlık, kök taze ağırlık, sak kuru ağırlık, kök kuru ağırlık ve Dickson kalite indisi değerleri artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza, Morfolojik Özellikler, Toros Sediri

Abstract

The relationships among morphological characteristics of mycorrhizae inoculated Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) seedlings were investigated in this study. The study had been conducted in Eskişehir Forest Nursery in Turkey. Two years old cedar seedlings and two commercial mycorrhizal mixture were used. Upon dipping into mycorrhizal solution, a hundred cedar seedlings were planted for each mycorrhizal mixture. Another a hundred seedlings were also planted without any treatment as control. 30 seedlings from each treatment were randomly sampled. The relationship among cedar 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. Mycorrhiza had an effect on the relationships among root collar diameter, shoot height, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, root dry weight and Dickson quality index. Root collar diameter was positively correlated with shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, root dry weight and Dickson quality index in all treatments.

Keywords: Mycorrhizae, Morphological Characteristics, Taurus Cedar

Received: August 2017, Revised: January 2018, Accepted: May 2018

Address: ¹Düzce Üniversitesi, Ormancılık Meslek Yüksekokulu, Düzce

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Düzce

³Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir

⁴Ondokuz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun

⁵Düzce Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Düzce

E-mail: bulenttoprak@duzce.edu.tr

1. Giriş

Mikoriza, terimi “kök mantarı” anlamına gelmekte olup, ilk kez 1885 yılında orman patolojisti Albert Bernhard Frank tarafından mantar ile ağaç arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmıştır (Frank, 2005). Mikoriza karasal bitkilerde yaygın bir oluşum olmakla birlikte bitkilerin yetişmesinde önemli role sahiptir. Karasal ekosistemlerde yaşayan bitkilerin yaklaşık % 90'nının kökleri mikorizal mantarlarla ilişki kurabilmektedir (Bonfante-Fasolo ve diğ. 1992, Cairney 2000, Smith ve Read 2008).

Ektomikorizal mantarların *Pinaceae* familyasındaki türlerde mikorizal birliktelik oluşturulabileceği bilinmektedir. Fakat arbüsküler mikorizaların orman ağaçlarında olmayacağına dair genel bir kanı vardır. Son yıllarda bu önyargı, konu ile ilgili ortaya konulan yayınlarla kırılmaya başlanmış ve *Pinaceae* familyasındaki türlerde de arbüsküler mikorizal mantarların bulunabildiği tespit edilmiştir (Cázares ve Trappe 1993, Vardavakis 1992, Cázares ve Smith 1996, Smith ve ark., 1998). Yapılan çalışmalarda, *Pinus banksiana*, *P. strobus*, *P. contorta* (Wagg ve diğ. 2008), *Pseudotsuga menziesii* (Cázares ve Smith, 1996; Smith ve diğ. 1998), *Tsuga mertensiana* (Cázares ve Smith, 1996), *P. ponderosa* (Smith ve diğ. 1998), *Pinus muricata* (Horton ve diğ. 1998), *P. nigra* ve *Cedrus libani* (Toprak 2016) türlerinde arbüsküler mikorizal kolonizasyon belirlenmiştir.

Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ışık ağacı olmakla birlikte genç yaşlarda gölgeye dayanabilmekte, sıcaklık isteği fazla, buna karşın nem isteği nispeten azdır. Gençlikte ve orta yaşlılıkta hızlı büyüme gösterebilir. Toros sediri Anadolu ve çok sınırlı olarak Lübnan'da yayılış göstermektedir. Türkiye'de Toros sediri batıda Köyceğiz civarından başlayarak doğuya doğru Toroslar üzerinde yer almaktadır. Ayrıca Kuzey Anadolu'da Yeşilirmak vadisinde, Erbaa yakınlarındaki Çatalan köyü dolaylarında ve Niksar'da küçük alanlar halinde bulunmaktadır (Yaltırık ve Efe, 2000). Toros sediri doğal yayılış alanı dışında İç Anadolu Bölgesi'ndeki ağaçlandırma çalışmalarında en fazla kullanılan türlerden biridir. Kurak ve yarı kurak sahalarda gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarında fidanların iklim koşulları nedeni ile toprak yüzeyinde oluşacak yüksek sıcaklıklara ve kuraklığa dayanabilmeleri, buldukları ortama uyum sağlayabilmeleri, daha iyi büyüme ve gelişme sergileyebilmeleri için morfolojik özelliklerinde de bazı değişimlerin sağlanması gerekmektedir. Mikoriza, Toros sedirinin hem fidanlık hem de arazi aşamasında morfolojik değişkenliğini arttırabilmektedir (Toprak, 2016).

Fidanların sahip oldukları morfolojik özellikler tutma ve büyüme başarısında büyük önem arz etmekte ve fidanların arazideki yaşama oranlarının tahmin edilebilmesine olanak sağlamaktadır (Haase, 2008, Tsakaldimi ve ark., 2012). Bu bakımdan uygulamacıların

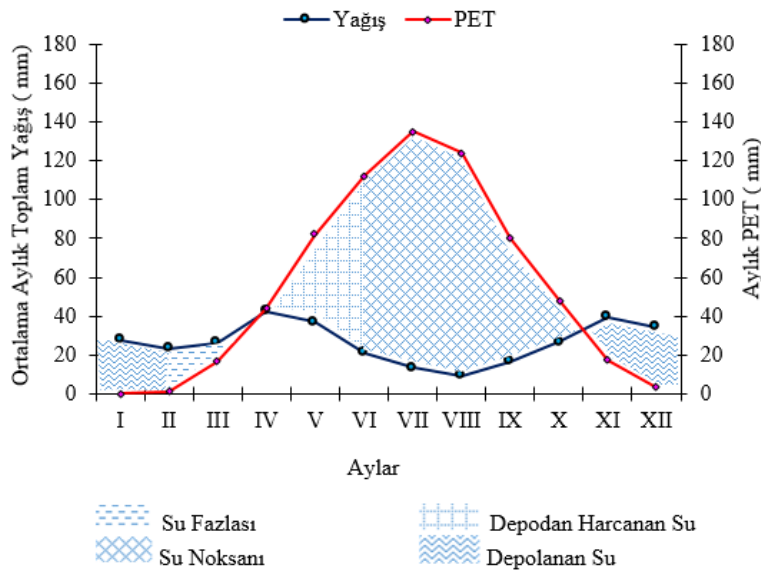
fidanların bazı morfolojik özelliklerini bilmeleri ve buna göre fidan kullanmaları ağaçlandırmaların başarısı açısından önemlidir. Uygulamacıların işine yarayacak morfolojik özelliklerin her fidan için ölçüm yapılarak belirlenebilmesi imkân dâhilinde değildir. Bu bakımdan bazı morfolojik özelliklerden yola çıkılarak diğer özelliklerin belirlenebilir olması büyük bir kolaylık sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, ektomikoriza ve arbüsküler mikoriza uygulanmış Toros sediri fidanlarının kök boğazı çapı (KBC), fidan boyu (FB), kök uzunluğu (KU), sak taze ağırlığı (STA), kök taze ağırlığı (KTA), sak kuru ağırlığı (SKA), kök kuru ağırlığı (KKA), gürbüzlük indisi (Gİ), katlılık (K), Dickson kalite indisi (DKİ) ve kuru kök yüzdesi (KKY) değişkenleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak ve kök boğazı çapından yararlanarak diğer morfolojik özelliklerinin tahminine yönelik regresyon modelleri oluşturmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. 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 sınıflandırmasına göre Eskişehir yarı kurak, orta sıcaklıkta (mezotermal), su fazlası çok az olan, deniz iklimine yakın iklim sınıfında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Thornthwaite yöntemine göre Eskişehir ilinin su bilançosu

2.2. Torbalarda Kullanılan Harç Materyalinin Özellikleri

Fidan dikiminde kullanılan harç % 65 toprak + % 5 hayvan gübresi + % 30 humuslu toprak karışımından hazırlanmıştır. 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 Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tüplerde kullanılan harcın kimyasal özellikleri

pH	Toplam	Organik	Toplam	P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Fe	Mn ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	EC
	Kireç	Madde	Azot									
	%			mg kg ⁻¹								dS m ⁻¹
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, soğuğa ve kuraklığa dayanıklı oldukları için karasal bölgelerdeki ağaçlandırmalarda en çok tercih edilen türlerden biri olan Toros sediri kullanılmıştır. Toros sediri, Torosların 1300 m'den yüksek yerlerindeki kalkerli sahalarda yetişebildiği gibi Tokat ili Erbaa ve Niksar civarları ile Afyonkarahisar ili Emirdağ ve Sultandağı çevrelerinde de görülmektedir. Kuraklığa dayanabilmesinin yanında hafif alkaleen topraklarda da yetişebilmesi bu türün farklı bölgelerdeki ağaçlandırma çalışmalarında kullanımını arttırmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Toros sediri fidanları Kapıdağ orijinlidir. Çalışmada işlemler iki yaşındaki (1+1) sedir fidanlarına uygulanmıştır.

2.4. Mikorizal Karışımlar

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

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

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>	1600000	<i>Glomus intraradices</i>	21
<i>Rhizopogon villosuli</i>	80000	<i>Glomus aggregatum</i>	20
<i>Rhizopogon luteolus</i>	80000	<i>Glomus mosseae</i>	20
<i>Rhizopogon amylopogon</i>	80000	<i>Glomus brasilianum</i>	1
<i>Rhizopogon fulvigleba</i>	80000	<i>Glomus monosporum</i>	1
<i>Scleroderma cepa</i>	40000	<i>Glomus deserticola</i>	1
<i>Scleroderma citrinum</i>	40000	<i>Glomus clarum</i>	1
<i>Laccaria bicolor</i>	16000	<i>Glomus etunicatum</i>	1
<i>Laccaria laccata</i>	16000	<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: Arbüsküler mikorizal (RhizoMyx[®] [Novozymes]) mantarlar ile kök ve mantar gelişimini teşvik edici bileşenleri içermektedir (Çizelge 4 ve 5).

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

Nisan 2012'de yastıklarda yetiştirilen iki yaşındaki Toros sediri fidanları tüplere alınmadan önce bir litre su içerisine 10 gram mikorizal karışım konulmasıyla oluşturulan çözeltilerde 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 1 gram karışım konularak oluşturulan çözeltiler tüplere dökülmüştür. Tüplerdeki toprakların nem kontrolleri sürekli yapılarak fidanların gelişmelerini tamamlamaları sağlanmıştır. Tüplerde

ot kontrolü yapılmış, ancak işlemin etkisini değiştirmemesi için herhangi bir gübreleme yapılmamıştır.

Fidanlıktan 2012 vejetasyon dönemi sonunda (Kasım ayında) her işlem için 30 adet fidan ölçümler için laboratuvara taşınmıştır. Fidanlar torbalardan kökleri ile birlikte çıkarılmış ve topraklarından arındırmak amacıyla yıkanmıştır. Yıkanan fidanların 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 KTA ve STA değerleri ± 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 SKA değerlerini belirlemek için ayrı ayrı tartılmıştır. Ayrıca fidanların K, KKY, Gİ'leri ile birlikte DKİ'leri hesaplanarak fidanların morfolojik özellikleri belirlenmiştir.

KBC, FB, KU, STA, KTA, SKA, KKA, Gİ, K, DKİ ve KKY değişkenleri arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Fidanların KBC'leri ile diğer fidan değişkenleri arasında çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Bütün istatistikî analizler için SAS (Statistical Analysis Software 1996) programından yararlanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toros Sedir Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Toros sediri fidanlarının KBC'leri ile diğer morfolojik özellikleri arasında genel olarak pozitif ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 6, 7 ve 8). KBC kalınlaştıkça FB değerlerinin K2 ünitesinde; STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ değerlerinin ise her üç üniteye arttığı belirlenmiştir. Ancak K1 ve Kn ünitelerinde KBC ile Gİ arasında tersine bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. FB'nin artmasıyla K2 ve Kn ünitesindeki STA; K2 ünitesindeki KTA, SKA ve KKA; tüm ünitelerdeki Gİ ile K1 ve K2 ünitesindeki K değerlerinin arttığı bulunmuştur. Fakat FB'deki artış ile KKY değerinin K1 ve K2 ünitelerinde azaldığı belirlenmiştir. KU ile KKA arasında sadece K2 ünitesinde pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. STA ile KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında tüm ünitelerde pozitif ilişkiler bulunurken, STA ile K arasında sadece K2 ünitesinde pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan K2 ünitesinde STA ile KKY arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Her üç işlemde de KTA ile SKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişki olduğu

belirlenmiştir. KTA ile KKY arasında sadece Kn ünitesinde pozitif bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca K1 ünitesinde KTA ile Gİ, Kn ünitesinde KTA ile K arasında negatif ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Her üç işlemde de SKA ile KKA ve DKİ değerlerinin pozitif yönde bir ilişkiye sahip oldukları tespit edilmiştir. K2 işlem ünitesinde SKA ile K arasında pozitif, SKA ile KKY arasında ise negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. K1 ünitesinde KKA ile Gİ arasında ve Kn ünitesinde KKA ile K arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Fakat Kn ünitesinde KKA ile KKY arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Her üç işlemde de KKA ile DKİ arasında pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Gİ ile K arasında K1 ve K2 ünitesinde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Her üç işlemde de Gİ ile DKİ arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Gİ ve KKY arasında ise K1 ve K2 ünitelerinde ve K ile KKY arasında ise her üç işlemde tersine ilişkilerin olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulguların yanı sıra Toros sediri fidanlarında gerçekleştirilen diğer çalışmalarda da morfolojik özellikler arasında genellikle pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Bir yaşındaki Toros sediri fidanlarında kök boğazı çapının fidan boyu ($r = 0.601$), fidan yaş ağırlığı ($r = 0.596$), kök üstü kuru ağırlığı ($r = 0.551$), kök kuru ağırlığı ($r = 0.701$), kuru fidan ağırlığı ($r = 0.643$) ve kök yüzdesi ($r = 0.332$) arasında pozitif ilişkiler tespit edilirken katlılık ile kök boğazı çapı arasında negatif ($r = -0.325$) ilişki belirlenmiştir (Tüfekçi, 2007). İki yaşlı Toros sediri fidanlarının boyu ile kök boğazı çapı arasında ($r = 0.8878$) ve fidan boyu ile gürbüzlük indisi arasında ($r = 0.7667$) kuvvetli ilişkiler bulunurken; katlılık ile fidan boyu arasında ($r = 0.5542$) zayıf bir ilişki tespit edilmiştir (Semerci, 2002). Türkiye'deki 22 Toros sediri tohum meşçeresindeki tohumlardan sağlanan üç yaşlı fidanların kök boğazı çapı, boyu, fidan taze ve kuru ağırlıkları arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur (Demirci ve Bilir, 2001). Yetiştirme sıklığının 2+0 yaşlı Toros sediri fidanlarının bazı morfolojik özellikleri ile beslenme durumu üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, kök boğazı çapı ile fidan boyu ($r = 0.820$), sak kuru ağırlığı ($r = 0.964$), kök kuru ağırlığı ($r = 0.977$), sak kuru ağırlık/kök kuru ağırlık oranı ($r = 0.467$) arasında pozitif, kök boğazı çapı ile fidan boyu/kök boğazı çapı oranı ($r = -0.896$) arasında ise negatif ilişki belirlenmiştir (Güner ve ark. 2016). Ayrıca Toprak ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen mikoriza uygulamasının 2+0 yaşlı karaçam fidanlarının bazı morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin değişimini belirlemeyi amaçlayan çalışmada, kök boğazı çapı ile fidan boyu, sak taze ağırlığı, kök taze ağırlığı, sak kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve Dickson kalite indisi arasında pozitif ilişkilerin var olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6. Ekto- ve arbüsküler- mikoriza ile işlem gören Toros sediri 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	0.25361	1.00000									
	0.3432										
KU	0.37796	0.41348	1.00000								
	0.1489	0.1114									
STA	0.80057	0.36985	0.31798	1.00000							
	0.0002	0.1585	0.2301								
KTA	0.8104	-0.0379	0.37285	0.85984	1.00000						
	0.0001	0.8892	0.1549	<.0001							
SKA	0.75191	0.35637	0.35463	0.9298	0.82783	1.00000					
	0.0008	0.1755	0.1777	<.0001	<.0001						
KKA	0.81255	-0.0609	0.27006	0.84682	0.9487	0.85307	1.00000				
	0.0001	0.8229	0.3117	<.0001	<.0001	<.0001					
Gİ	-0.5223	0.67815	0.04789	-0.2537	-0.6195	-0.2313	-0.6282	1.00000			
	0.0379	0.0039	0.8602	0.3432	0.0105	0.3888	0.0092				
K	-0.0116	0.81107	0.17326	0.22488	-0.1665	0.29647	-0.2326	0.70129	1.00000		
	0.9659	0.0001	0.5211	0.4024	0.5377	0.2649	0.386	0.0025			
DKİ	0.79984	-0.1553	0.17843	0.80335	0.9327	0.82299	0.98643	-0.6984	-0.2583	1.00000	
	0.0002	0.5657	0.5085	0.0002	<.0001	<.0001	<.0001	0.0026	0.3342		
KKY	-0.0631	-0.8262	-0.2261	-0.2783	0.08858	-0.3645	0.15484	-0.677	-0.9816	0.1816	1.00000
	0.8163	<.0001	0.3999	0.2966	0.7443	0.1651	0.5669	0.004	<.0001	0.5008	

Çizelge 7. Arbüsküler mikoriza ile işlem gören Toros sediri fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler (İlk satırdaki değerler pearson korelasyon katsayılarını ve ikinci satırdakiler p-değerlerini ifade etmektedir.)

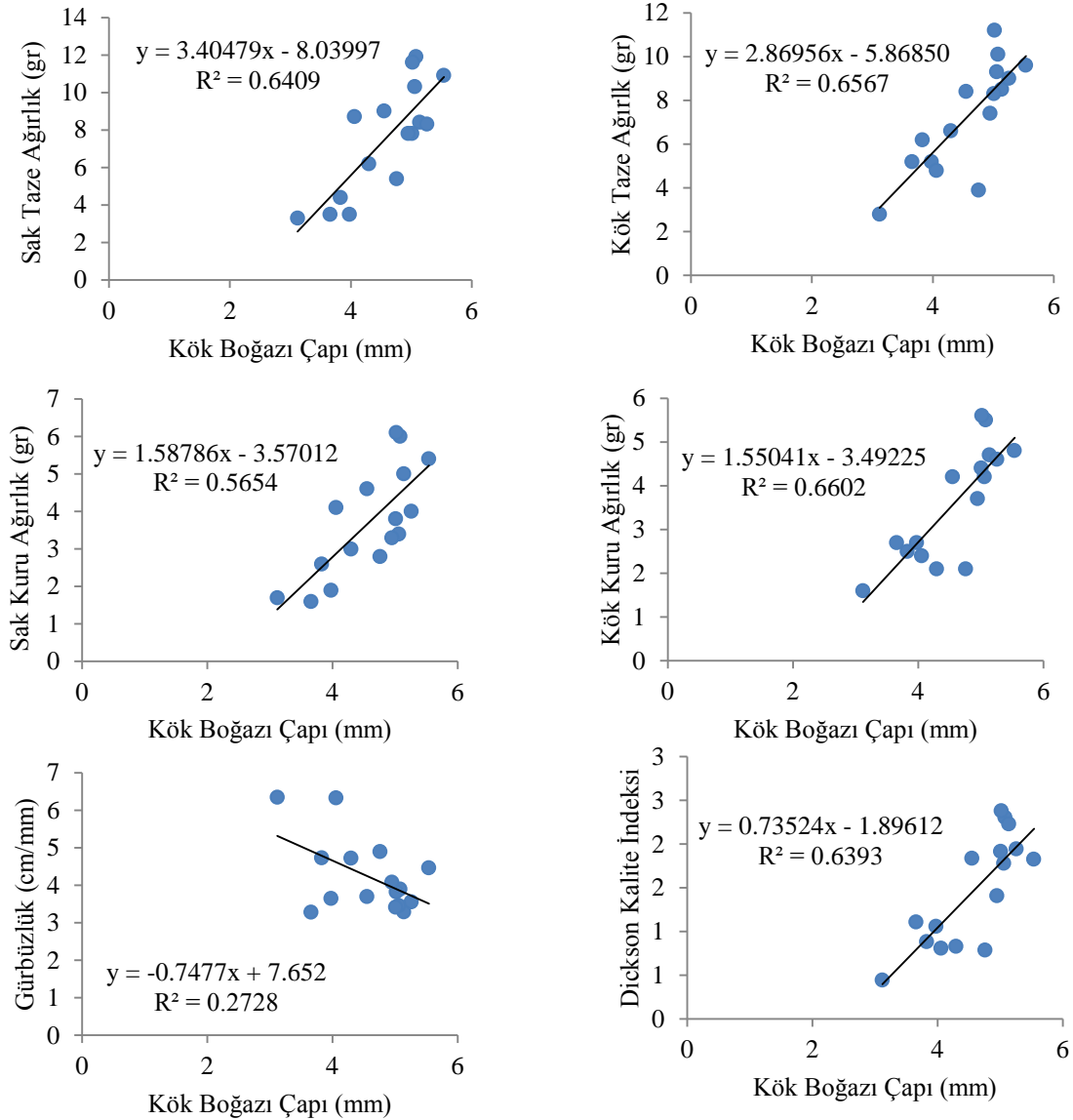
	KBÇ	FB	KU	STA	KTA	SKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1.00000										
FB	0.43404	1.00000									
	0.0341										
KU	0.29629	0.28881	1.00000								
	0.1598	0.1711									
STA	0.67481	0.79983	0.33122	1.00000							
	0.0003	<.0001	0.1139								
KTA	0.73355	0.49985	0.37886	0.70721	1.00000						
	<.0001	0.0129	0.0679	0.0001							
SKA	0.70212	0.77518	0.29851	0.98207	0.74996	1.00000					
	0.0001	<.0001	0.1565	<.0001	<.0001						
KKA	0.72562	0.53019	0.4198	0.76517	0.93364	0.7987	1.00000				
	<.0001	0.0077	0.0411	<.0001	<.0001	<.0001					
Gİ	-0.2104	0.78735	0.11958	0.39187	0.02028	0.34273	0.05794	1.00000			
	0.3238	<.0001	0.5778	0.0583	0.9251	0.1011	0.788				
K	0.18805	0.5535	-0.0583	0.63005	0.02815	0.6261	0.04775	0.46842	1.00000		
	0.3789	0.005	0.7866	0.001	0.8961	0.0011	0.8247	0.021			
DKİ	0.79935	0.12632	0.29544	0.58472	0.81898	0.6292	0.84955	-0.4303	-0.0354	1.00000	
	<.0001	0.5564	0.161	0.0027	<.0001	0.001	<.0001	0.0358	0.8695		
KKY	-0.1933	-0.5432	0.07922	-0.6123	-0.0449	-0.6272	-0.0628	-0.4512	-0.9873	0.0267	1.00000
	0.3655	0.0061	0.7129	0.0015	0.835	0.001	0.7707	0.0269	<.0001	0.9015	

Çizelge 8. Mikorizal işlem görmemiş (kontrol) Toros sediri 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	0,32060	1.00000									
	0.22600										
KU	0.38340	0.14519	1.00000								
	0.14270	0.59160									
STA	0.83019	0.51370	0.41653	1.00000							
	<.0001	0.04180	0.10850								
KTA	0.64860	0.18663	0.29020	0.81461	1.00000						
	0.00660	0.48890	0.27560	0.00010							
SKA	0.80314	0.48047	0.36160	0.97052	0.78542	1.00000					
	0.00020	0.05960	0.16880	<.0001	0.00030						
KKA	0.72419	0.23394	0.34695	0.84463	0.93973	0.86614	1.00000				
	0.00150	0.38320	0.18800	<.0001	<.0001	<.0001					
Gİ	-0.58290	0.57348	-0.23389	-0.28468	-0.38894	-0.28814	-0.41443	1.00000			
	0.01780	0.02020	0.38330	0.28520	0.13650	0.27910	0.11050				
K	-0.06501	0.26301	-0.24655	-0.11056	-0.56455	-0.10279	-0.56165	0.25700	1.00000		
	0.81100	0.32500	0.35730	0.68360	0.02270	0.70480	0.02360	0.33660			
DKİ	0.82130	0.06885	0.35919	0.81787	0.89751	0.84214	0.95638	-0.63402	-0.48371	1.00000	
	<.0001	0.80000	0.17180	0.00010	<.0001	<.0001	<.0001	0.00840	0.05770		
KKY	0.03740	-0.32742	0.18882	0.05512	0.53359	0.05316	0.53063	-0.29117	-0.99099	0.46151	1.00000
	0.89060	0.21570	0.48370	0.83930	0.03330	0.84500	0.03450	0.27390	<.0001	0.07190	

3.2. Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik Özelliklerin Değişimi

K1 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkilerin bulunduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0.6409, 0.6567, 0.5654, 0.6602, 0.6398) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla 0.0002, 0.0001, 0.0008, 0.0001, 0.0002) olduğu tespit edilmiştir. K1 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile Gİ arasında ise ters orantılı bir ilişki olduğu (R^2 değeri 0.2728) ve elde edilen denklemde doğrusal çizginin eğiminin istatistiki olarak önemli olduğu (P -değeri 0.0379) belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Ekto- ve arbüsküler- mikoriza ile işlem gören Toros sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkileri

KBÇ'ye bağlı olarak fidanların STA, KTA, SKA, KKA, DKİ ve Gİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir.

$$STA (g) = -8.03997 + 3.40479 x KBÇ (mm) \quad (1)$$

$$KTA (g) = -5.86850 + 2.86956 x KBÇ (mm) \quad (2)$$

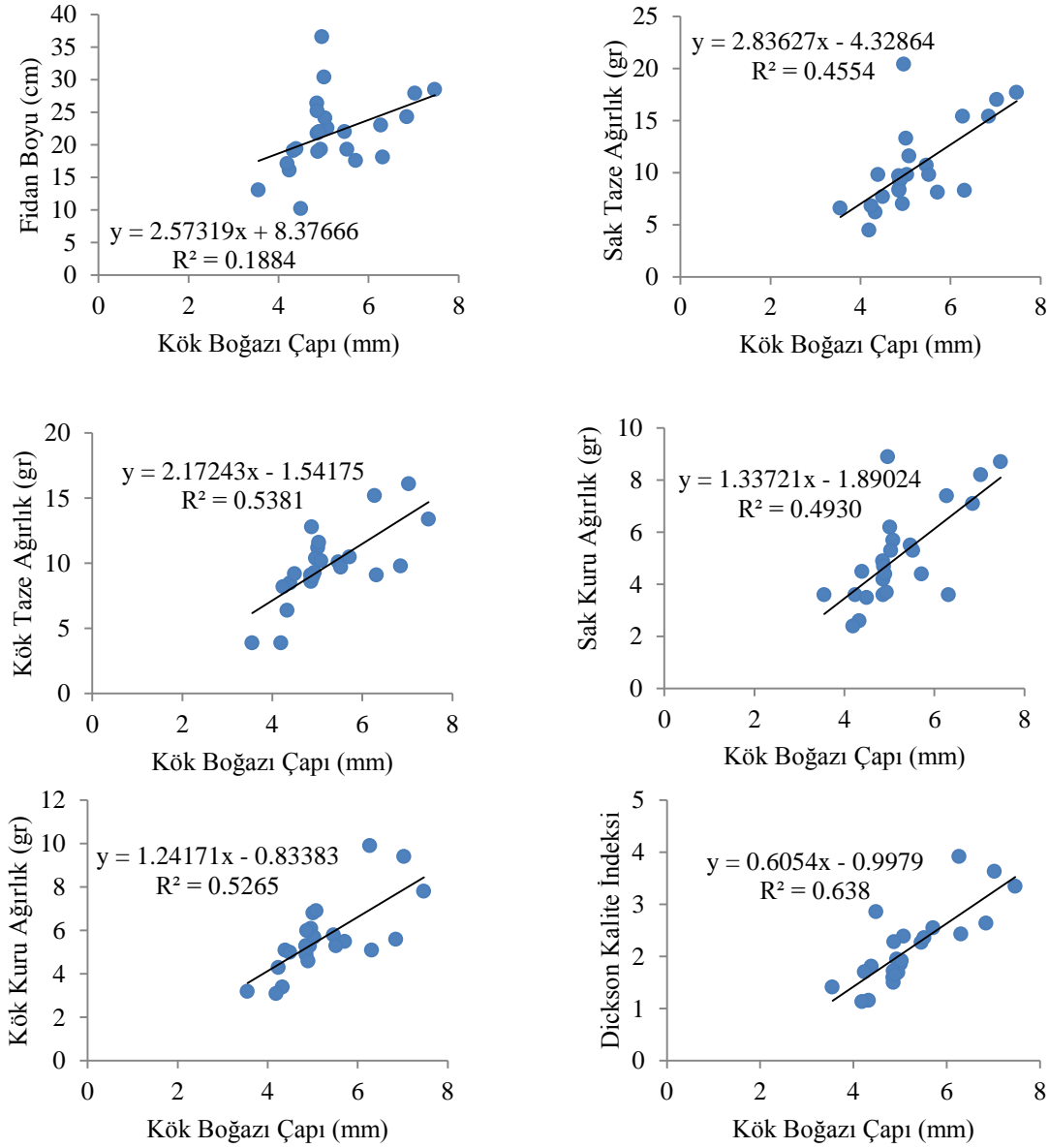
$$SKA (g) = -3.57012 + 1.58786 x KBÇ (mm) \quad (3)$$

$$KKA (g) = -3.49225 + 1.55041 x KBÇ (mm) \quad (4)$$

$$DKİ = -1.89612 + 0.73524 x KBÇ (mm) \quad (5)$$

$$Gİ (cm mm^{-1}) = 7.65501 - 0.74837 x KBÇ (mm) \quad (6)$$

K2 işlemindeki fidanların KBCÇ'si ile FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkilerin bulunduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0.1884, 0.4554, 0.5381, 0.4930, 0.5265, 0.6390) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla 0.0341, 0.0003, <0.0001, 0.0001, 0.0001, 0.0001) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Arbusküler mikoriza ile işlem gören Toros sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkileri

KBCÇ'ye bağlı olarak fidanların FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 7, 8, 9, 10, 11 ve 12'de verilmiştir.

$$FB (cm) = 8.37666 + 2.57319 \times KBCÇ (mm) \quad (7)$$

$$STA (g) = -4.32864 + 2.83627 \times KBCÇ (mm) \quad (8)$$

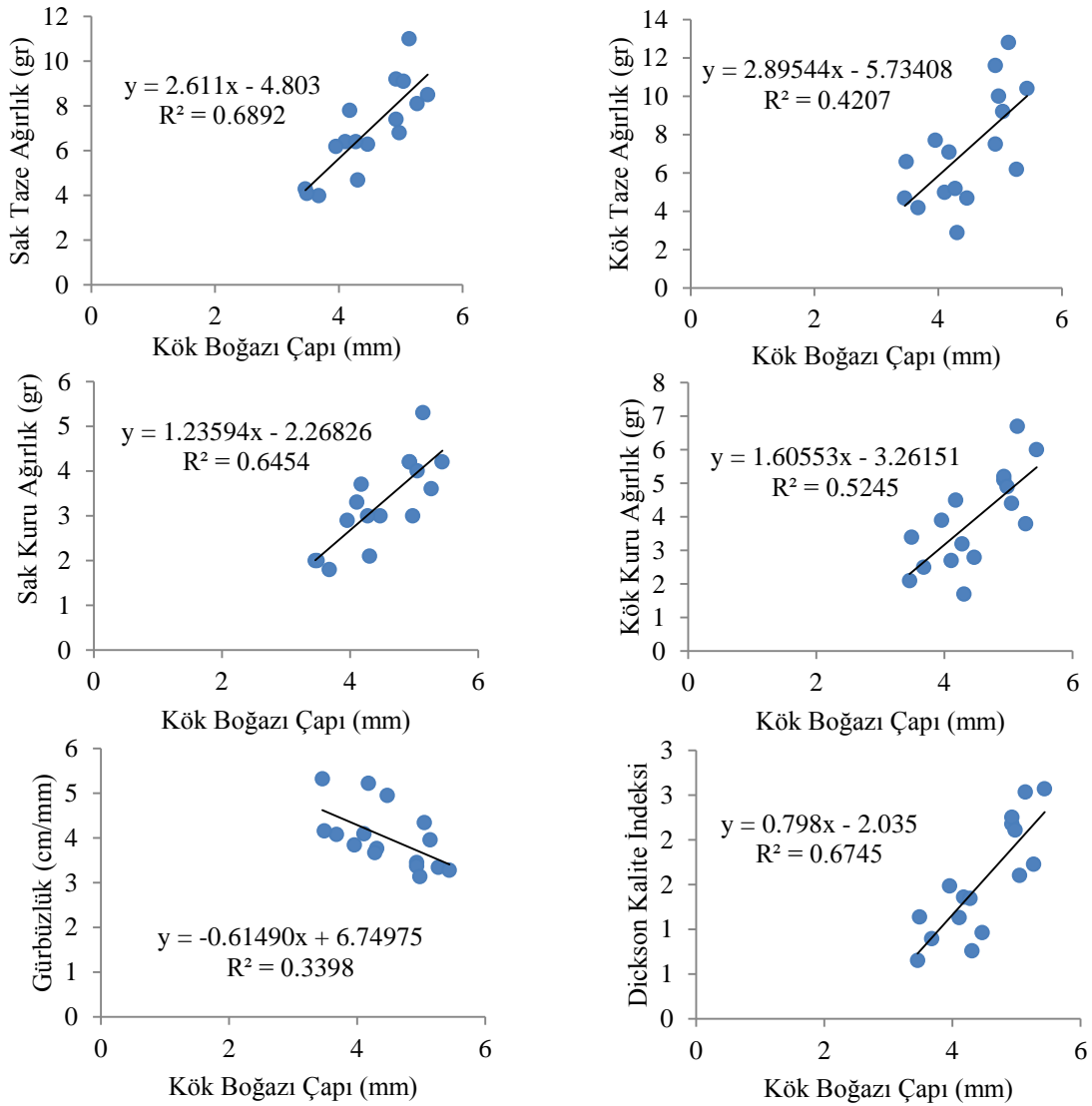
$$KTA (g) = -1.54175 + 2.17243 \times KBCÇ (mm) \quad (9)$$

$$SKA (g) = -1.89024 + 1.33721 \times KBC\check{C} (mm) \quad (10)$$

$$KKA (g) = -0.83383 + 1.24171 \times KBC\check{C} (mm) \quad (11)$$

$$DKI = -1.00634 + 0.60692 \times KBC\check{C} (mm) \quad (12)$$

Kn işlemindeki fidanların KBC' si ile STA, KTA, SKA ve KKA arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkilerin bulunduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0.6892, 0.4207, 0.6450, 0.5245) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla <0.0001 , <0.0001 , <0.0001 , 0.0015) olduğu belirlenmiştir. Kn işlemindeki fidanların KBC' si ile Gİ ve DKI arasında ise ters orantılı bir ilişki olduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0.3398, 0.6745) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimlerinin istatistiki olarak önemli olduğu (P -değerleri sırasıyla 0.0178, <0.0001) tespit edilmiştir (şekil 4).



şekil 4. Mikorizal işlem görmemiş (kontrol) Toros sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkileri

KBÇ'ye bağlı olarak fidanların STA, KTA, SKA, KKA ve Gİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 13, 14, 15, 16, 17 ve 18'de verilmiştir.

$$STA (g) = -4.80363 + 2.61102 x KBÇ (mm) \quad (13)$$

$$KTA (g) = -5.73408 + 2.89544 x KBÇ (mm) \quad (14)$$

$$SKA (g) = -2.26826 + 1.23594 x KBÇ (mm) \quad (15)$$

$$KKA (g) = -3.26151 + 1.60553 x KBÇ (mm) \quad (16)$$

$$Gİ (cm mm^{-1}) = 6.74975 - 0.61490 x KBÇ (mm) \quad (17)$$

$$DKİ = -2.03858 + 0.79963 x KBÇ (mm) \quad (18)$$

4. Sonuçlar

Toros sediri fidanlarının KBÇ'leri ile diğer morfolojik özellikleri arasında genellikle pozitif ilişkiler olduğu saptanmıştır. Her üç ünite de fidanların KBÇ'lerinin kalınlaşmasıyla STA, KTA, SKA, KKA, DKİ değerleri, FB'nin uzamasıyla da Gİ değerleri artmıştır. STA ile KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında, KTA ile SKA, KKA ve DKİ arasında, SKA ile KKA ve DKİ değerleri arasında ve KKA ile DKİ arasında tüm ünitelerde pozitif ilişkiler ortaya çıkmıştır. Her üç işlemde de Gİ ile DKİ arasında ve K ile KKY arasında ise negatif ilişki oluşmuştur.

K1 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında, K2 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile FB, STA, KTA, SKA, KKA ve DKİ arasında ve Kn işlemindeki fidanların KBÇ'si ile STA, KTA, SKA ve KKA arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler meydana gelmekte, ancak K1 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile Gİ arasında ve Kn işlemindeki fidanların KBÇ'si ile Gİ ve DKİ arasında ters orantılı ilişkiler oluşmaktadır.

KBÇ ile diğer bazı değişkenler için elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğimleri istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu nedenle uygulamacılar ortaya konulan denklemlerden faydalanıp Toros sediri fidanlarının KBÇ değerlerini kullanarak FB, STA, KTA, SKA, KKA, DKİ ve Gİ değerlerini hesaplayabilirler. Sadece KBÇ değerleri kullanılarak fidan kalitesinin belirlenmesinde gerekli olan diğer morfolojik özelliklerin hesaplanabilir olması uygulamacılar açısından ağaçlandırmalarda kullanacakları fidanların seçimi ve nakliye durumlarını belirlemede büyük kolaylık sağlayabilecektir.

Teşekkür

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

Kaynaklar

- Anonim. (Temmuz 2017). Seedling Quality. [Online].
<http://www.worldagroforestrycentre.org/NurseryManuals/Research/SeedQuality.pdf>
- Bonfante-Fasolo, P., Peretto, R. ve Perotto, S. 1992. Cell surface interactions in endomycorrhizal symbiosis. Perspectives In Plant Cell Recognition, Editörler: Callow J.A., Green J.R., Cambridge University Press, Cambridge, 239-255.
- Cairney, J. W. G. 2000. Evolution of mycorrhiza systems. *Naturwissenschaften*, 87: 467–475.
- Cázares, E. ve 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. ve Trappe, J. M. 1993. Vesicular endophytes in roots of the Pinaceae. *Mycorrhiza*, 2: 153–156.
- Demirci, A. ve Bilir, N. 2001. Yaşı 3-0 olan Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarında orijinler arası farklılıklar. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(4), 217-223.
- 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.
- Guner, S. T., Sahin, U., Guner, D., Karatas, R. ve Erkan, N. 2016. Effects of seedbed density on some morphological properties and nutrient status of two-year old Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) seedlings. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(6): 2121-2130.
- Haase, D. L. 2008. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes*, 52 (2): 24-30.
- Horton, T. R., Cázares, E. ve 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.
- SAS Institute, Inc. 1996. SAS/STAT users guide, Version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
- Semerci, A. 2002. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik karakteristikler ile İç Anadolu’daki dikim başarısı arasındaki ilişkiler. *İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten*, 279, 140.

- Smith, J. E., Johnson, K. A. ve 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. ve Read, D. J., 2008. *Mycorrhizal symbiosis*, Academic Press, San Diego, USA.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review*, 38 (1): 55-94.
- Toprak, B. 2016. Ekto- ve arbusküler mikoriza aşılansmış karaçam (*Pinus nigra*), toros sediri (*Cedrus libani*) ve saçlı meşe (*Qercus cerris*) fidanlarının İç Anadolu'nun yarı kurak sahalarındaki ağaçlandırma başarısı. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş. T., Pekşen, A. ve Çakır, E. A. 2016. Mikoriza Uygulamasının Karaçam (*Pinus nigra*) Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Etkisi. *Ormancılık Dergisi*, 12(2), 258-269.
- Tüfekçi, S. 2007. Doğal populasyonlardaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) mikorizasının izole edilmesi ve çoğaltılıp fidan üretiminde kullanılması. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tsakalimi, M., Ganatsas, P. ve 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. ve Peterson R.L. 2008. The co-occurrence of ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septate fungi in seedlings of four members of the Pinaceae. *Mycorrhiza*, 18(2), 103-110.
- Yaltırık, F. ve 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