



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EKTO- ve ARBUSKÜLER MİKORİZA AŞILANMIŞ
KARAÇAM (*Pinus nigra*), TOROS SEDİRİ (*Cedrus libani*) ve SAÇLI
MEŞE (*Qercus cerris*) FİDANLARININ İÇ ANADOLU’NUN YARI
KURAK SAHALARINDAKİ AĞAÇLANDIRMA BAŞARISI**

DOKTORA TEZİ

BÜLENT TOPRAK

OCAK 2016

DÜZCE

KABUL VE ONAY BELGESİ

Bülent TOPRAK tarafından hazırlanan “Ekto- ve Arbusküler Mikoriza Aşıl原因mış Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Qercus cerris*) Fidanlarının İç Anadolu'nun Yarı Kurak Sahalarındaki Ağaçlandırma Başarısı” isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 28.12.2015 tarih ve 2015/1127 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Prof. Dr. Oktay YILDIZ
Düzce Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY
İstanbul Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Aysun PEKŞEN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Ender MAKİNECİ
İstanbul Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Murat SARGINCI
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 08 Ocak 2016

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Bülent TOPRAK'ın Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

08 OCAK 2016

Bülent TOPRAK



Annem ve Babama

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim ve tez çalışmamdaki destek ve yardımlarından dolayı danışman hocam Prof. Dr. Oktay YILDIZ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY, Prof. Dr. Aysun PEKŞEN, Prof. Dr. Ender MAKİNECİ, Prof. Dr. Krish JAYACHANDRAN, Dr. Ş. Teoman GÜNER ve Yrd. Doç. Dr. Murat SARGINCI'ya da şükranlarımı sunarım. Laboratuvar aşamasında katkı sağlayan Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ, Abdullah Hüseyin DÖNMEZ, Özgül MUTLU, Yasin KOKAŞ, Reyhan DURMAZ, Yelda UĞURLU ve Onur SATIŞ'a, özellikle arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü'nden Mühendis Uğur ŞAHİN, Dr. Aydın ÇÖMEZ ve Mühendis Naki GÜRSES'e çok teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca sabır gösteren ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Sadiye TOPRAK'a, çalışma arkadaşlarıma ve katkısı olan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2014.02.02.225 ve BAP-2014.05.01.209 numaralı Bilimsel Araştırma Projeleriyle desteklenmiştir.

08 OCAK 2016

Bülent TOPRAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
ÇİZELGE LİSTESİ.....	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR	X
ÖZET	XII
ABSTRACT	XIV
EXTENDED ABSTRACT.....	XVI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	1
1.2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
1.2.1. Mikoriza.....	4
1.2.2. Mikoriza Türleri	4
1.2.3. Mikorizal Enfeksiyon Süreçleri	10
1.2.4. Mikorizosferin Yapısı	13
1.2.5. Mikorizanın Faydaları.....	13
1.2.6. Stresli Ortamda Bitkinin Su Alımına Etkisi.....	15
1.2.7. Bitki - Mantar Arasındaki Karbon Ekonomisine Etkisi	16
1.2.8. Mikorizanın Bitki Köklerine Etkisi.....	16
1.2.9. Mikorizanın Bitki Hastalıkları Önlemedeki Etkisi.....	17
1.2.10. Mikorizanın Saha Verimliliğine Etkisi	18
1.2.11. Toprağın Mimari Yapısına Etkisi	19
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
2.1. MATERYAL.....	20
2.1.1. Çalışma Alanları	20
2.1.2. İklim	21
2.1.3. Torbalarda Kullanılan Harcın Özellikleri.....	24

2.1.4. Anakaya Özellikleri	25
2.1.5. Bitki Türleri.....	26
2.1.6. Mikorizal Karışımlar	28
2.2. YÖNTEM.....	30
2.2.1. İnokulasyon, Tohum Ekimi ve Fidan Üretimi	30
2.2.2. Mikorizal Kolonizasyon Oranının Belirlenmesi	31
2.2.3. Arazi Çalışması	32
2.2.4. Analizler.....	33
2.3. İSTATİSTİKİ ANALİZLER.....	41
3. BULGULAR	42
3.1. FİDANLIK AŞAMASI.....	42
3.1.1. Mikorizal Kolonizasyon.....	42
3.1.2. Fidanların Gelişimi	46
3.1.2.1. Mikorizal İşlemlerin Karaçam Fidanlarının Büyümesine Etkisi	46
3.1.2.2. Mikorizal İşlemlerin Toros Sediri Fidanlarının Büyümesine Etkisi	49
3.1.2.3. İşlemlerin Saçlı Meşe Fidanlarının Büyümesine Etkisi	52
3.1.2.4. Karaçam Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	54
3.1.2.5. Karaçam Fidanlarının Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik Özelliklerinin Değişimi.....	55
3.1.2.6. Toros Sedir Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	61
3.1.2.7. Toros Sedir Fidanlarının Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik Özelliklerinin Değişimi.....	62
3.1.2.8. Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	68
3.1.2.9. Saçlı Meşe Fidanlarının Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik Özelliklerinin Değişimi.....	68
3.1.3. Beslenme	75
3.1.3.1. Karaçam İbrelerinin Besin Yoğunlukları.....	75
3.1.3.2. Toros Sediri İbrelerinin Besin Yoğunlukları.....	76
3.1.3.3. Saçlı Meşe Yapraklarının Besin Yoğunlukları	77
3.2. ARAZİ AŞAMASI.....	78
3.2.1. Karaçam.....	78

3.2.1.1. Fidanların Yaşama Oranları	78
3.2.1.2. Çap Artımı.....	79
3.2.1.3. Boy Artımı	80
3.2.1.4. Beslenme	81
3.2.1.5. Topraktaki Değişim.....	82
3.2.1.6. Topraktan Sızan İyonlar.....	83
3.2.1.7. Toprak Nemi.....	84
3.2.1.8. İbre Spesifik Yüzey Alanı.....	85
3.2.2. Toros Sediri	86
3.2.2.1. Fidanların Yaşama Oranları	86
3.2.2.2. Çap Artımı.....	86
3.2.2.3. Boy Artımı	87
3.2.2.4. Beslenme	88
3.2.2.5. Topraktaki Değişim.....	89
3.2.2.6. Topraktan Sızan İyonlar.....	90
3.2.2.7. Toprak Nemi.....	91
3.2.2.8. İbre Spesifik Yüzey Alanı.....	92
3.2.3. Saçlı Meşe	93
3.2.3.1. Fidanların Yaşama Oranları	93
3.2.3.2. Çap Artımı.....	93
3.2.3.3. Boy Artımı	94
3.2.3.4. Beslenme	95
3.2.3.5. Topraktaki Değişim.....	96
3.2.3.6. Topraktan Sızan İyonlar.....	97
3.2.3.7. Toprak Nemi.....	98
3.2.3.8. Yaprak Spesifik Yüzey Alanı.....	100
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	101
4.1. FİDANLIK AŞAMASI.....	101
4.2. ARAZİ AŞAMASI.....	106
5. KAYNAKLAR.....	111
6. EKLER.....	132
EK-1. Eskişehir İlinin Su Bilançosu	132
EK-2. Mihallıççık İlçesinin Su Bilançosu	132
EK-3. Afyonkarahisar İlinin Su Bilançosu	133

EK-4. Kütahya İlinin Su Bilançosu	133
EK-5. K1 İşlemi Uygulanan Karaçam Fidanlarının Morfolojik Özellikler Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri	134
EK-6. K2 İşlemi Uygulanana Karaçam Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri.....	135
EK-7. Kn Ünitesindeki Karaçam Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri	136
EK-8. K1 İşlemi Uygulanan Toros Sediri Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri.....	137
EK-9. K2 İşlemi Uygulanan Toros Sediri Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri.....	138
EK-10. Kn Ünitesinde Toros Sediri Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri	139
EK-11. K1 İşlemi Uygulanan Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikler Değerleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri....	140
EK-12. K2 İşlemi Uygulanan Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikler Değerleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri....	141
EK-13. Kn İşlemi Uygulanan Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikler Değerleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri....	142
ÖZGEÇMİŞ.....	143

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Farklı mikoriza türlerini gösteren diyagram.....	6
Şekil 1.2. a) Angiosperm ve koniferlerde meydana gelen temel özellikleri boyuna kesitte gösteren ektomikoriza diyagramı b) Angiosperm ve koniferlerin özelliklerini enine kesitte gösteren ektomikoriza diyagramı.....	8
Şekil 1.3. a) Miselyum b) Kökü saran manto (fungal kılıf) tabakası	8
Şekil 1.4. Kökteki arbusküler mikorizal kolonizasyon.....	9
Şekil 1.5. a) Arbusküler mikoriza sporu ve hif; b) Vesikül, Arbüskül ve hif; c) Arbuskül d) Vesiküller e) Appressorium, eksternal hifler ve hifsel sarım.	10
Şekil 1.6. Arbusküler mikoriza için enfeksiyon süreci.....	12
Şekil 1.7. Mikorizosfer	13
Şekil 1.8. a) Mikorizanın bitki kök sistemine etkisi, b) Mikorizalı ve mikorizasız kökün besin alımı	17
Şekil 1.9. Mikorizanın toprak agregatlaşmasına etkisi.....	19
Şekil 2.1. Araştırma sahalarının konumları	20
Şekil 2.2. a) Mihaliççık b) Sobran c) Taşoluk sahalarından görünüm	21
Şekil 2.3. Eskişehir ilinin su bilançosu (Thorntwaite'a göre).	22
Şekil 2.4. Mihaliççık ilçesinin su bilançosu (Thorntwaite'a göre).	22
Şekil 2.5. Afyonkarahisar ilinin su bilançosu (Thorntwaite'a göre).	23
Şekil 2.6. Kütahya ilinin su bilançosu (Thorntwaite'a göre).	24
Şekil 2.7. Fidanlık aşamasında tüplerde kullanılan harç ortamı.	25
Şekil 2.8. a) Sobran, b) Mihaliççık ve c) Taşoluk sahalarının jeolojik yapıları	26
Şekil 2.9. a) Tüplere aktarılacak olan fidanların kök kesimi b) Fidanların tüplere yerleştirilmesi c) Meşe tohumlarının tüplere ekilmesi d) Tüplere tohum ekimi ile fidanların aktarılmasından sonra sulama işlemi	27
Şekil 2.10. Kökteki ektomikorizal oluşumlar.....	31
Şekil 2.11. a) Etüvdeki tripan mavisi ile boyanan köklerin bulunduğu tüpler b) Petri kutusundaki boyanmış köklerin parçalara ayrılıp lam üzerine yerleştirilmesi c) Mikroskopta incelenmesi d) Mikroskop görüntüsü.	32
Şekil. 2.12. Bir sahada üç tür için de ayrı ayrı oluşturulan bloklar ve deneme üniteleri	33
Şekil. 2.13. Toprak çukuru	35
Şekil 2.14. TDR (Time Domain Reflectometry) aleti ile toprak nemi ölçümü.	39
Şekil 2.15. Anyon ve katyon karışık reçine torbalarının hazırlanışı.	39
Şekil 2.16. Anyon ve katyon karışık reçine torbalarının araziye yerleştirilmesi.....	40
Şekil 2.17. a) Reçine torbalarının analize hazırlanması b) İyon kromatografi.	41
Şekil 3.1. Rizosferdeki miselyum.	42
Şekil 3.2. a-b-c) Karaçam d-e-f) Saçlı Meşe ve g-h-i) Toros Sediri'nin köklerindeki ektomikorizal yapılar.....	43
Şekil 3.3. a-b) Karaçam c-d) Saçlı Meşe ve e-f) Toros Sediri'nin köklerindeki arbusküler mikorizal yapılar (Foto: Bülent Toprak).	44
Şekil 3.4. Karaçam fidanlarının mikorizal kolonizasyon oranı.	45
Şekil 3.5. Saçlı Meşe fidanlarının mikorizal kolonizasyon oranı.	45
Şekil 3.6. Toros Sediri fidanlarının mikorizal kolonizasyon oranı.....	46

Şekil 3.7. K1, K2 işleminin uygulandığı ve mikoriza uygulamasının yapılmadığı Karaçam fidanları	46
Şekil 3.8. Farklı mikorizal işlem görmüş Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı, toprak üstü fidan boyu, ibre spesifik yüzey alanı, kök uzunluğu, katlılık ve Dickson kalite göstergesi ortalamaları \pm standart hataları.....	47
Şekil 3.9. Farklı mikorizal işlem görmüş Karaçam fidanlarının toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, kuru kök oranı ve gürbüzlük göstergesi ortalamaları \pm standart hataları	48
Şekil 3.10. K1, K2 işleminin uygulandığı ve mikoriza uygulamasının yapılmadığı (sağda) Toros Sediri fidanları.....	49
Şekil 3.11. Farklı mikorizal işlem görmüş Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı, toprak üstü fidan boyu, ibre spesifik yüzey alanı, kök uzunluğu, katlılık ve Dickson kalite göstergesi ortalamaları \pm standart hataları	50
Şekil 3.12. Farklı mikorizal işlem görmüş Toros Sediri fidanlarının toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, kuru kök oranı ve gürbüzlük göstergesi ortalamaları \pm standart hataları	51
Şekil 3.13. Mikoriza uygulamasının yapılmadığı, K2 ve K1 işleminin uygulandığı Saçlı Meşe fidanları.....	52
Şekil 3.14. Farklı mikorizal işlem görmüş Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı, toprak üstü fidan boyu, yaprak spesifik yüzey alanı, kök uzunluğu, katlılık ve Dickson kalite göstergesi ortalamaları \pm standart hataları.	53
Şekil 3.15. Farklı mikorizal işlem görmüş Saçlı Meşe fidanlarının toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, kuru kök oranı ve gürbüzlük göstergesi ortalamaları \pm standart hataları	54
Şekil 3.16. K1 ünitesindeki Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	56
Şekil 3.17. K2 ünitesindeki Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	58
Şekil 3.18. Kn ünitesindeki Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	60
Şekil 3.19. K1 ünitesindeki Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	63
Şekil 3.20. K2 ünitesindeki Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	65
Şekil 3.21. Kn ünitesindeki Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	67
Şekil 3.22. K1 ünitesindeki Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	70
Şekil 3.23. K2 ünitesindeki Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	72
Şekil 3.24. Kn ünitesindeki Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.....	74
Şekil 3.25. Karaçam fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) KBÇ ortalamaları \pm standart hataları	79
Şekil 3.26. Karaçam fidanlarının NÇA ortalamaları \pm standart hataları	80
Şekil 3.27. Karaçam fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) TÜFB ortalamaları \pm standart hataları ..	80
Şekil 3.28. Karaçam fidanlarının NBA ortalamaları \pm standart hataları	81
Şekil 3.29. Karaçam fidanlarının yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları.....	84

Şekil 3.30. Karaçam fidanlarının yaklaşık 1 m uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları.....	85
Şekil 3.31. Karaçam fidanlarının ibre spesifik yüzey alanı ortalamaları \pm standart hataları.....	85
Şekil 3.32. Toros Sediri fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) KBÇ ortalamaları \pm standart hataları. ...	86
Şekil 3.33. Toros Sediri fidanlarının NÇA ortalamaları \pm standart hataları.....	87
Şekil 3.34. Toros Sediri fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) TÜFB ortalamaları \pm standart hataları. .	87
Şekil 3.35. Toros Sediri fidanlarının NBA ortalamaları \pm standart hataları.....	88
Şekil 3.36. Toros Sediri fidanlarının yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları.....	91
Şekil 3.37. Toros Sediri fidanlarının yaklaşık 1 m uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları.....	92
Şekil 3.38. Toros Sediri fidanlarının ibre spesifik yüzey alanı ortalamaları \pm standart hataları	92
Şekil 3.39. Saçlı Meşe fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) KBÇ ortalamaları \pm standart hataları. ...	93
Şekil 3.40. Saçlı Meşe fidanlarının NÇA ortalamaları \pm standart hataları	94
Şekil 3.41. Saçlı Meşe fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) TÜFB ortalamaları \pm standart hataları. .	95
Şekil 3.42. Saçlı Meşe fidanlarının NBA ortalamaları \pm standart hataları	95
Şekil 3.43. Saçlı Meşe fidanlarının yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları.....	99
Şekil 3.44. Saçlı Meşe fidanlarının yaklaşık 1 m uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları.....	99
Şekil 3.45. Saçlı Meşe fidanlarının yaprak spesifik yüzey alanı ortalamaları \pm standart hataları	100
Şekil 4.1. Mikorizal hişlerin toprak taneciklerini bir arada tutuşu	106

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Tüplerde kullanılan harcin fiziksel özellikleri.....	25
Çizelge 2.2. Tüplerde kullanılan harcin kimyasal özellikleri.....	25
Çizelge 2.3. Mikoriza aşılama öncesi Karaçam ve Toros Sediri fidanlarının ibre, gövde ve köklerindeki ortalama besin değerleri	28
Çizelge 2.4. Karışım-1'in tür içeriği.....	28
Çizelge 2.5. Karışım-1'in diğer bileşenleri.	29
Çizelge 2.6. Karışım-2'nin tür içeriği.....	29
Çizelge 2.7. Karışım-2'nin diğer bileşenleri.	29
Çizelge 3.1. Mikorizal enfeksiyon oranları.	42
Çizelge 3.2. Karaçam ibrelerindeki besin yoğunlukları	75
Çizelge 3.3. Toros Sediri fidanlarındaki ibrelerin besin yoğunlukları	76
Çizelge 3.4. Saçlı Meşe yapraklarındaki besin yoğunlukları	77
Çizelge 3.5. Karaçam fidanlarının yaşama oranları ortalamaları	78
Çizelge 3.6. Karaçam ibrelerindeki besin yoğunlukları	82
Çizelge 3.7. Hacim ağırlığı, OM, nem, pH, EC ve toplam kireç değerleri	82
Çizelge 3.8. Topraktaki besin yoğunlukları.....	83
Çizelge 3.9. Topraktan sızan iyonlar (ikinci büyüme dönemi).	83
Çizelge 3.10 . Topraktan sızan iyonlar (üçüncü büyüme dönemi).	84
Çizelge 3.11. Toros Sediri fidanlarının yaşama oranları ortalamaları.....	86
Çizelge 3.12. Toros Sediri ibrelerindeki besin yoğunlukları.....	88
Çizelge 3.13. Hacim ağırlığı, OM, nem, pH, EC ve toplam kireç değerleri.	89
Çizelge 3.14. Topraktaki besin yoğunlukları.....	90
Çizelge 3.15. Topraktan sızan iyonlar (ikinci büyüme dönemi)	90
Çizelge 3.16. Topraktan sızan iyonlar (üçüncü büyüme dönemi).....	91
Çizelge 3.17. Saçlı Meşe fidanlarının yaşama oranları ortalamaları	93
Çizelge 3.18. Saçlı Meşe yapraklarındaki besin yoğunlukları.	96
Çizelge 3.19. Hacim ağırlığı, OM, nem, pH, EC ve toplam kireç değerleri	96
Çizelge 3.20. Topraktaki besin yoğunlukları.....	97
Çizelge 3.21. Topraktan sızan iyonlar (ikinci büyüme dönemi)	98
Çizelge 3.22. Topraktan sızan iyonlar (üçüncü büyüme dönemi).....	98

SİMGELER VE KISALTMALAR

Al	Alüminyum
B	Bor
Ba	Baryum
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
C/N	Karbon/Azot Oranı
cm	Santimetre
Cr	Krom
Cu	Bakır
DKİ	Dickson Kalite İndeksi
EC	Elektrik İletkenliği
Fe	Demir
g	Gram
Gİ	Gümbüzlük İndisi
HCl	Hidroklorik Asit
K	Katlılık
K1	Karışım1
K2	Karışım2
KBÇ	Kök Boğazı Çapı
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
Kg	Kilogram
KKA	Kök Kuru Ağırlık
KKY	Kuru Kök Yüzdesi
Kn	Kontrol
KOH	Potasyum Hidroksit
KU	Kök Uzunluğu
KYA	Kök Yaş Ağırlık
l	Litre
m ²	Metrekare

me	Miliekivalen
Mg	Magnezyum
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
mS	Milisiemens
N	Azot
Na	Sodyum
NBA	Nispi Boy Artımı
NÇA	Nispi Çap Artımı
NH ₄	Amonyum
OM	Organik Madde
S	Kükürt
TÜFB	Toprak Üstü Fidan Boyu
TÜKA	Toprak Üstü Kuru Ağırlık
TÜYA	Toprak Üstü Yaş ağırlık
Zn	Çinko
%	Yüzde

ÖZET

EKTO- ve ARBUSKÜLER MİKORİZA AŞILANMIŞ KARAÇAM (*Pinus nigra*), TOROS SEDİRİ (*Cedrus libani*) ve SAÇLI MEŞE (*Quercus cerris*) FİDANLARININ İÇ ANADOLU'NUN YARIKURAK SAHALARINDAKİ AĞAÇLANDIRMA BAŞARISI

Bülent TOPRAK

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Ocak 2016, 147 Sayfa

Anadolu'nun deniz etkisinden uzakta kalan 2/3'lük bir kısmı kurak ve yarı kurak alanlardan oluşmaktadır. Ayrıca uzun yıllardan beri devam eden hayvan ve insan baskısı sonucu bitki örtüsünün tahribiyle geniş düzlüklerdeki araziler su ve rüzgar erozyonuna yatkın hale getirilmiştir.

Türkiye'de teknik, ekolojik ve sosyal olarak uygun 4,25 milyon hektarı orman ve 1 milyon hektarı hazineye ait olan 5,25 milyon hektar potansiyel ağaçlandırma sahası bulunmaktadır. Bu potansiyel ağaçlandırma sahaslarının büyük bir kısmında büyüme döneminde su açığı oluşmaktadır. Kurak ekosistemlerde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan fidanlara yapılan mikoriza aşılmasının fidanların tutma başarılarını ve büyümelerini arttırdığına dair yayınlar bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de kurak ve yarı kurak ağaçlandırma sahaslarında çok kullanılan Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) türlerine mikoriza aşılmasının fidanların fidanlık aşamasındaki gelişimine ve arazi aşamasındaki tutma başarısına, büyüme ve beslenmesine etkisini ortaya koymaktır. Fidanlık aşamasında fidanların mikorizal kolonizasyon yüzdeleri, çap, boy, yaprak/ibre spesifik yüzey alanı, kök uzunluğu ve ağırlıklarına ilişkin ölçümler alınmış ve bunlardan elde edilen kuru kök yüzdesi, katlılık oranı, gürbüzlük ve Dickson kalite indisleri belirlenmiştir. Ayrıca fidanların besin içerikleri belirlemek için gerekli analizler yapılmıştır.

Mikorizal işlem uygulanmış ve uygulanmamış fidanlar, büyüme dönemi içerisinde farklı oranlarda su açığı gerçekleşen Afyonkarahisar/Taşoluk, Kütahya/Sobran ve Eskişehir/Mihalıççık'taki Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü'nün ağaçlandırma sahaslarına 2012 yılında dikilmiştir. Arazi aşamasında kullanılan bu sahaslar yaklaşık 360 km² lik bir hat üzerinde konumlanmıştır.

Arazi aşamasında fidanların çap, boy, yaprak/ibre spesifik yüzey alanı, nispi çap ve boy artımları, fidan ve topraktaki besin yoğunlukları, topraktan sızan iyonlar ve toprak nemine ilişkin ölçümler yapılmıştır.

Toprak analizleri için her bir deneme ünitesinden rasgele yöntem ile seçilen beş ayrı noktadan hacmi belirli olan silindirlerle ve kürekle iki set toprak örneği alınmıştır. Sahalardaki inorganik besinlerin belirlenmesi için reçine torbası yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda mikorizal farklılıkların fidanlık aşamasındaki fidanların morfolojik özellikleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Fidan boyu, kök boğazı çapı, kök uzunluğu, yaprak yüzey alanı, toprak üstü kuru ağırlık, kökün kuru ağırlığı, katlılık ve Dickson kalite indeksi bakımından işlemler arasında istatistiki farklılıklar tespit edilmiştir. Aynı zamanda mikorizal farklılıkların arazide fidanların büyümeleri üzerinde de etkili oldukları belirlenmiştir.

Mikorizaların fidanların morfolojik özelliklerine, tutma başarılarına, toprak ve bitkideki besin durumlarına ve topraktan sızan iyonların miktarlarına etkileri ortaya konulmuştur.

Anahtar sözcükler: Ağaçlandırma, *Cedrus libani*, Karaçam, Mikoriza, *Pinus nigra*, *Quercus cerris*, Saçlı Meşe, Toros Sediri, Yarı Kurak Sahalar



ABSTRACT

AFFORESTATION SUCCESS OF ECTO- AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAE INOCULATED BLACK PINE (*Pinus nigra*), CEDAR (*Cedrus libani*) AND TURKISH OAK (*Quercus cerris*) SEEDLINGS IN SEMI-ARID ECOSYSTEMS

Bülent TOPRAK

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

January 2016, 147 Pages

About 2/3 of Anatolia which is far from maritime influence has either arid or semi-arid conditions. Besides climate, anthropogenic disturbances and animal pressure on vegetation cover has been exposed soils to both water and wind erosion on waste areas. Thus the biggest challenge for Turkish foresters now and in future is afforestation of these erosion prone arid and semiarid lands.

Data from different parts of the world suggest that mycorrhizae inoculation can significantly increase the survival rate and growth of seedling in such a stressful environment. Thus using mycorrhizae inoculated seedling may increase plantation success. There is about 5,25 million ha land area (4,25 million ha forest and one million ha owned by treasury department) that are socially, economically and ecologically feasible for afforestation practices in Turkey. A considerable amount of these potential afforestation areas suffer from water deficiency during growing season. Therefore the objective of this study is to compare the differences of ecto- and arbuscular mycorrhizae inoculated and not-inoculated black pine, cedar and Turkish oak seedlings' performance in nursery and inland afforestation sites.

The current study had been conducted in projected (2012-2013) afforestation areas of Eskisehir Regional Directorate of Forestry. Inoculated and control (not-inoculated) seedlings were planted in three different water stressed regions (Eskişehir/Mihalıççık, Afyonkarahisar/Taşoluk and Kütahya/Sobran). With periodically collected data, the treatments were compared for seedling growth (diameter and height) and nutritional status. The soil productivity of the differently treated sites were compared via resin bag methods.

First mycorrhizal colonization rates in different treatments were calculated. For each treatments, seedling root-collar diameter, height, biomass, nutrient content, and leaf area (LA) were determined. The same seedling variables were re-measured in the fields.

For soil analyses, two sets of soil samples were collected to determine bulk density and other soil properties such as texture, pH, cation exchange capacity, and nutrient content. Ion exchange resin bags were used to catch inorganic nutrients in top soils April through June each growing season during.

Analysis of the data indicated that mycorrhizal colonization were effective on seedlings' morphological characteristics. Significant difference were detected for shoot height, root collar diameter, root length, leaf area index, shoot dry weight, root dry weight, shoot fresh weight, root fresh weight and shoot to root dry weight ratio and Dickson quality index of differently treated seedling. The results of field trials also suggest that ecto and arbuscular mycorrhizae can effect seedling performance.

Keywords: Afforestation, *Cedrus libani*, Pine, Mycorrhiza, *Pinus nigra*, *Quercus cerris*, Oak, Cedar, Semi-Arid Land



EXTENDED ABSTRACT

AFFORESTATION SUCCESS OF ECTO- AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAE INOCULATED BLACK PINE (*Pinus nigra*), CEDAR (*Cedrus libani*) AND TURKISH OAK (*Quercus cerris*) SEEDLINGS IN SEMI-ARID ECOSYSTEMS

Bülent TOPRAK

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

January 2016, 147 Pages

1. INTRODUCTION:

Current forest cover and conditions is far from supplying societies demand for forest products and services such as wood, habitat for wildlife, biodiversity and soil and water protection. Therefore, besides improving the existing conditions in degraded forestlands, new stands should be established by afforestation practices on abandoned agricultural lands or pastures.

According to the data by Ministry of Forestry, so far 2 million ha land has been planted for wood production. Total plantation area for soil conservation is 870 thousand ha by 2010. However, except the productive lands plantation success has been limited. Slow growth of seedlings due to unfavorable conditions result in light competition with weeds for over long time. This leads to increased capital cost of plantation and create a fire-prone sites for years.

Because of its latitudinal position and rain-shadow arise from Taurus Mountains in the south and Black Sea Mountain series on the north, about 2/3 of Turkey's land cover is considered as arid and semiarid. Interactions of climate and anthropogenic disturbances on vegetation cover for a long time has made these steep hilly terrains prone to both water and wind erosion. Thus the biggest challenge for Turkish foresters is afforestation of these erosion prone arid and semiarid lands.

Mycorrhizae are the symbiotic associations between soil fungi and plant roots. Frank in 1885 for the first time coined the term mycorrhiza (mykes =fungus, rhiza= root) to describe the symbiosis between a soil fungus and plant roots. There are several types of mycorrhizal associations (Arbuscular mycorrhizae, Ectomycorrhizae, Ectendomycorrhizae, Arbutoid, Ericoid, Monotropoid, and Orchid) formed by different groups of plants and fungi.

The fungus often forms a sheath or a mantle that surrounds the root surface and the hyphae penetrate inwards between the root epidermal and cortical cells, thus forming a network called the Hartig net in the ectomycorrhiza, even though the mantle is absent and the fungal hyphae penetrate into the plant cells in the arbuscular mycorrhiza.

Data from different parts of the world suggest that mycorrhiza inoculation can significantly increase the survival rate and growth of seedling in such a stressful environment. Thus using mycorrhiza inoculated seedling may increase plantation success. There is about 5,25 million ha land area (4,25 million ha forest and one million ha owned by treasury department) that are socially, economically and ecologically feasible for afforestation practices in Turkey. A considerable amount of these potential afforestation areas suffer from water deficiency during growing season. Therefore the objective of this study is to compare the differences of ecto- and arbuscular mycorrhizae inoculated and not-inoculated black pine, cedar and Turkish oak seedlings' performance in nursery and inland afforestation sites.

2. MATERIAL AND METHODS:

The study was conducted in projected afforestation areas of Eskisehir Regional Directorate of Forestry for 2012-2013. Inoculated and control (not-inoculated) seedlings were planted in three different water stressed regions (Eskişehir/Mihalıççık, Afyonkarahisar/Taşoluk and Kütahya/Sobran). With periodically collected data, the treatments were compared for seedling growth (diameter and height) and nutritional status. Black pine (*Pinus nigra*), Cedar (*Cedrus libani*) and Turkish oak (*Quercus cerris*) seedlings were used for the study. Two commercial mycorrhizal mixture were used in this study. The first mixture (M1) contain ectomycorrhizae, arbuscular mycorrhizae and some growth regulators. The second mixture (M2) contain arbuscular mycorrhizae and some growth regulators

In the nursery, completely randomized design was used. 30 seedlings from each treatment were randomly sampled. For each sample, mycorrhizae inoculation rate, shoot height, root

collar diameter, root length, leaf area index, shoot dry weight, root dry weight, shoot fresh weight, root fresh weight and dickson quality index variables were determined. For the field study, randomized block design with three blocks located in about 360 km long transects were used. To determine arbuscular mycorrhizal (AM) colonization in the roots, root samples were washed with tap water and placed into tubes and covered with 10% KOH solution. This tubes were heated at 90 °C for 1 hour. After heating KOH solutions were poured off and roots were rinsed three times with tap water. Roots were covered with bleach at room temperature until roots were bleached. Roots were thoroughly rinsed three times with tap water to remove the bleach and then covered with 1% HCl for 5 minute to acidified roots. Then solution was pour off without rinsing the roots. After cleaning, roots were stained with 0,005% trypan blue (800 ml glycerin; 800 ml lactic acid, 800 ml distilled water and 1,2 g traypan blue) while heating at 90 °C for 15 minutes. Following staining, the roots were rinsed three times with acidified tap water. Stained roots were examined under binocular microscope (Philips and Hayman, 1970; Brundrett et al., 1996; Utobo et al., 2011; Agely and Ogram, 2013). 1 cm long root segments were used for to evaluate the percentage of mycorrhizal colonization according to the procedure described by Giovannetti and Mosse (1980). To evaluate the potential of ectomycorrhizal (ECM) associations in the roots, ECM colonization was quantified by gridline intersect method. Roots were placed in a Petri dish with a grid of 1 cm and observed under stereomicroscope.

The root-collar diameter, height, biomass, nutrient content, and leaf area (LA) of the seedlings were measured in the nursery before they were transferred to the plantation sites. The same variables were measured in the field at the end of each growing season during experimental period. Two sets of soil samples were collected using for bulk density calculations and other analysis such as texture, pH, cation exchange capacity and nutrients.

Ion exchange resin bags were placed in five 6-7 cm deep on 5 randomly located spots on each plot. Resin bags data collected April through June for the first three growing season and analyzed for ions using an ion chromatography.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS:

Arbuscular mycorrhizae is generally know to colonize the most vascular plants including species in all families of gymnosperms except the Pinaceae (Smith and Read 1997). There are increasing publication of the colonization of the arbuscular mycorrhizal fungi within

roots of the species in the Pinecea, although roots of these species are usually host ECM association (Cázares and Trappe 1993, Vardavakis 1992, Cázares and Smith 1996, Smith et al. 1998). For this study both arbuscular and ectomycorrhizas colonized *Pinus nigra*, *Quercus cerris* and *Cedrus libani* seedling.

Arbuscular mycorrhizas were found roots of *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco (Douglasfir) and *Tsuga mertensiana* (Bong.) Carr. (mountain hemlock) (Cázares and Smith 1996). Seedlings of Douglas fir and Ponderosa Pine became colonized by vesicles and hyphae (Smith et al. 1998). The presence of hyphae, arbuscules and vesicles in *Pinus muricata* Dougl. ex D. Don (bishop pine) seedlings (Horton et al. 1998).

Quercus spp. is generally know to be ECM but arbuscular mycorrhizal root colonization has been found in seedlings of *Quercus Rubra* (Henry 1933, Grand 1969, Watson et al. 1990), *Quercus Falcata* Michaux (Grand 1969), *Quercus palustris* Münchhausen (Watson et al. 1990), and *Quercus Imbricaria* Michaux (Rothwell et al. 1983). Dickie et al. (2001) reported the presence of high levels of vesicular–arbuscular mycorrhizal root colonization of *Quercus rubra* grown in the field. They also never observed arbuscules, although they have observed abundant vesicular–arbuscular mycorrhizal hyphae and vesicles in their observation of *Quercus rubra* seedlings root. Watson et al. (1990) reported also the presence of vesicular–arbuscular mycorrhizal infection levels of up to 72,6% of root tips in *Quercus rubra*. Rothwell et al. (1983) found *Glomus* sp. infection's hyphae and vesicles in *Quercus imbricaria*, but did not observe arbuscules.

Arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhiza have been found in seedlings of *Pinus banksiana*, *Pinus strobus*, *Pinus contorta* and *Picea glauca* x *Picea engelmannii* (hybrid spruce) (Wagg et al. 2008). The presence of arbuscular mycorrhiza and ectomycorrhizae in the same root system was observed in seedlings of species of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, *E. citriodora* Hook f., *E. Grandis* W. Hill ex Maiden, *E. cloeziana* F. Muell. and *E. camaldulensis* Dehnh in which *Glomus etunicatum* and *Pisolithus tinctorius* were inoculated simultaneously (Santos et al. 2001) and *Eucalyptus dumosa* A. Cunn. ex Schau (Chilvers et al. 1987)

Percentages of vesicular–arbuscular mycorrhizal and ECM root colonization may be negatively corelated in seedlings forming vesicular–arbuscular mycorrhiza and ectomycorrhiza (Chilvers et al. 1987, Lodge 1989; Lodge & Wentworth 1990; Watson et al., 1990) because of ECM root colonization can displace AM root colonization (Lapeyrie & Chilvers, 1985; Chilvers et al., 1987; Lodge & Wentworth, 1990; Chen et al., 2000). Negative correlation has been found between AM and ECM colonization in the same root

system of *Populus deltoids* Bartr. Ex Marsh. (Eastern cottonwood) (Lodge and Wentworth 1990)

The results of the current study showed that mycorrhizal differences were effective on morphological characteristics of the seedlings. The seedlings of the tree species showed improved growth with mycorrhizal inoculation

Inoculated cedar seedlings using M1 and M2 had relatively high AM colonization rates. The ECM colonization was not detected in inoculated cedar seedlings using M2 while the inoculated cedar seedlings using M1 had ECM colonization. The measured ECM inoculation rate in M1 was higher than M2 and control while AM inoculation rate in M2 was higher than M1 and control for Black pine. Inoculated Turkish oak seedlings using M1 had high ECM colonization rates. The AM colonization was not detected in inoculated Turkish oak seedlings in control, while the inoculated Turkish oak seedlings using M2 and M1 had AM colonization. Inoculated Turkish oak seedlings using M2 had higher AM colonization rate than seedlings in M1.

The nursery results revealed that the shoot height, root collar diameter, root length, leaf area index, shoot dry weight, root dry weight, shoot fresh weight, root fresh weight and shoot to root dry weight ratio and Dickson quality index were different among treatments. In the nursery, the cedar seedlings of the M2 treatment had the highest shoot growth, root collar diameter, root length, shoot dry weight, root dry weight, shoot fresh weight, root fresh weight and Dixon quality index. The cedar seedlings of the Mixture1 treatment had the greatest leaf area index and shoot to root dry weight. The lowest seedling shoot height, root collar diameter, root length, leaf area index, shoot dry weight, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot to root dry weight ratio and Dixon quality index was found on the control treatment. The lowest seedling root dry weight was found on the M1 treatment. The field measurement did not reveal any survival differences among treatments for all three species. However, survival rates of the seedling among the years following the plantation establishment suggest that the treatment differences can be more expressed later stages of the plantation.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK:

Analysis of the data indicated that mycorrhizal differences were effective on morphological characteristics. The seedling shoot height, root collar diameter, root length, leaf area index, shoot dry weight, root dry weight, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot to root dry weight ratio and Dickson quality index were significantly

affected by mycorrhizal infection for all three species. There is a potential to use both arbuscular and ecto- mycorrhizae in forestry nurseries. Some of the seedling performance in the field trial suggest that using mycorrhizae inoculated seedling may increase plantation survival and success rate in different stages of the stand.



1. GİRİŞ

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Coğrafi konumundan kaynaklanan iklimi ve engebeli topoğrafik yapısı nedeniyle Anadolu'nun büyük bir kısmında toprak ve bitki örtüsü gelişimi kısmen zayıf kalmış ve gelişimi de yüzlerce yıllık hayvan ve insan baskısıyla tahrip edilmiştir. Bitki örtüsünün cılız kalması arazinin erozyona olan yatkınlığını arttırmış ve verimli üst-toprağın taşınmasına neden olmuştur.

İklim veya erozyon sonucu az gelişmiş topraklarda su depolama kapasitesi düşük olduğundan, iklimin kuraklık etkisi yöresel olarak daha da olumsuz hissedilebilmektedir. İklimin ve buna bağlı olarak toprak gelişiminin zayıf olması bitki örtüsünün büyük bir alanda zayıf kalmasına neden olmuştur. İklim etkisi yanında insanın yoğun olarak kullanımı da özellikle yarı kurak alanlarda bitki örtüsünün tahrip olmasına yol açmıştır. Sonuç olarak Türkiye'nin yaklaşık % 27 olan orman alanı dünya ortalamasının (~% 30) altındadır. Hatta bu alanların da yaklaşık yarısı FAO orman sınıflandırmasına göre orman sayılmayan % 10 kapalılığın altındadır. Bu nedenle Türkiye'nin odun üretimi artan talebi karşılayamamaktadır. Bir yandan gelecekte daha da artacak olan odun hammaddesi talebini karşılamak, diğer yandan doğal yaşam ortamlarını, toprak ve su kaynaklarını ve biyolojik çeşitliliği koruyup geliştirebilmek için bozuk orman alanlarında ve orman rejimi dışındaki uygun hazine ve tarım alanlarında da ağaçlandırmaların yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir.

Osmanlı döneminde ve Cumhuriyetin ilk yıllarında çok sınırlı sayıdaki özellikle yol-kenarı ağaçlandırması (Hicaz yolu, Mersin-Adana demir yolu vb.) dışında ciddi bir ağaçlandırma çalışması yapılamamıştır. Cumhuriyetin ilk orman kanununun (3116) 1937 yılında yürürlüğe girmesiyle ağaçlandırma çalışmalarında bazı kıpırdanmalar olmuştur. Örneğin 1939 yılında başlanan Tarsus-Karabucak okaliptüs ağaçlandırması 850 hektarla tarihin ilk büyük çaplı ve başarılı ağaçlandırmasıdır (Anonim 2008). Fakat asıl 1963'te planlı kalkınmaya geçilmesiyle konunun önemi vurgulanmaya başlanmış ve 1969 yılında Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile birlikte de

planlara ve projelere dayalı ağaçlandırmalar geniş alanlarda gittikçe artan bir ivmeyle gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Fakat verimli araziler dışında yapılan ağaçlandırmaların başarısı sınırlı kalmaktadır. Ayrıca ağaçlandırılan sahalarda uzun yıllar tel örgülerle çevrili kalmakta ve civar köylerin yararlanmasına kapatılmaktadır. Fidanların yavaş büyümesi diri-örtü ile olan ışık mücadelesinin uzun yıllar devam etmesine neden olmaktadır. Bu da başarılı ağaçlandırmalarda bir yandan sermaye maliyetini arttırmakta diğer yandan da yeteri kadar kültür bakımı yapılamayan sahalarda hem uzun süre yangına hassas diri-örtü ile boğulmuş ağaçlandırma sahaları oluşturmakta hem de kamuoyunda olumsuz algıya neden olmaktadır.

Türkiye’de 4 milyon 250 bin hektar orman teşkilatına ve 1 milyon hektar hazineye ait olmak üzere toplam 5 milyon 250 bin hektar sahada teknik, sosyal ve ekolojik olarak mümkün potansiyel ağaçlandırma sahaları bulunmaktadır (Anonim 2008). Bu sahaların önemli bir kısmında vejetasyon döneminde farklı oranlarda su açığı bulunmaktadır (kurak ve yarı-kurak). Bu durum da ağaçlandırmaların başarısını düşürmektedir. Ağaçlandırmaların başarısını arttırmak için ağaçlandırmalarda farklı tür seçimi (ardıç, yapraklı türler gibi), farklı arazi işleme ve dikim teknikleri kullanılmaya çalışılmaktadır. Ancak ağaçlandırmaların başarısını arttırdığı birçok araştırma ile ortaya konan mikorizalı fidan kullanımı ülkemizde çok fazla denenmemiştir. Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda mikorizalı fidan kullanımının başarıyı önemli oranda arttırması sonucu mikorizalı fidan kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Perry ve diğ. 1987, Dunabeitia ve diğ. 2004). Ayrıca, kurak mntikalarda mikorizalı fidan kullanımının diri-örtü mücadelesi ve toprak işleme masrafını da önemli oranda azaltması uygulamacılar açısından başka bir tercih nedeni olmaktadır (Allen 1991, Akça 2006, Boydak ve diğ. 2006, Edmons ve diğ. 2005, Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005, Kowlowski ve diğ. 1991).

Türkiye’de mikorizanın tarımsal üretimde kullanılmasına yönelik çalışmalar olmasına rağmen, orman alanında bu tür çalışmalar yok denecek kadar azdır (Ortaş 1998, Tüfekçi 2007, Kibar ve Pekşen 2011). Orman ve Su İşleri Bakanlığı’na bağlı orman fidanlıklarında yılda 200 milyondan fazla fidan üretilmesine rağmen etkin bir şekilde mikorizalı fidan üretimi yapılamamaktadır. Halen yapılan ağaçlandırma çalışmalarının önemli bir bölümü ilgili orman ağacının doğal yayılış alanları dışında yapılmakta olup, toprak şartları oldukça kötü durumdadır.

Hem kalkınma planlarında hem de Orman ve Su İşleri Bakanlığı ile TÜBİTAK tarafından belirlenen Çevre ve Ormancılıkta öncelikli araştırma konuları arasında yer almasına rağmen mikorizalı fidan üretilmesi konusunda fidanlık ve arazi çalışmalarına ait veriler oldukça yetersizdir. Bu çalışmanın amacı mikoriza ile aşılamanın İç Anadolu'nun kurak ve yarı kurak ağaçlandırma sahalarında en çok kullanılan türleri olan Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) fidanlarının hem fidanlık hem de ağaçlandırma sahalarındaki büyümeleri üzerine etkilerini belirlemektir.

Çalışmada test edilen hipotezler;

1) Ağaç türlerinin aşılama oranları ile ilgili test edilen H_0 hipotezi;

Farklı mikorizal karışımlar ile aşılansın Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe fidanlarının aşılama oranları arasında önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

2) Ağaç türlerinin tutma başarıları ile ilgili test edilen H_0 hipotezleri;

Farklı mikorizal karışımlar ile aşılansın Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe fidanlarının tutma başarıları bakımından önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

3) Fidanların besin içeriği ile ilgili test edilen H_0 hipotezleri;

Farklı mikorizal karışımlar ile aşılansın Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe fidanlarının ibrelerdeki/yapraklardaki besin içeriği bakımından önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

4) Fidanların morfolojik özellikleri ile ilgili test edilen H_0 hipotezleri;

Farklı mikorizal karışımlar ile aşılansın Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe fidanlarının morfolojik özellikleri arasında önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

5) Toprak değişkenleri ile ilgili test edilen H_0 hipotezleri;

Farklı mikorizal karışımlar ile aşılansın sahaya dikilmiş Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe fidanlarının kök bölgesindeki toprağın tepkimesi, hacim ağırlığı, nem ve besin içeriği bakımından önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

1.2. LİTERATÜR ÖZETİ

1.2.1. Mikoriza

Mikoriza, Yunanca'da mantar kelimesinin karşılığı olan “mykes” ve kök kelimesinin karşılığı olan “rhiza” kelimelerinin birleşmesi sonucunda oluşmuş olup “kök mantarı” anlamına gelmektedir. İlk kez 1885 yılında orman patolojisti olan Albert Bernhard Frank tarafından mantar ile ağaç arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmıştır (Frank 2005).

Mikorizalar karasal bitkilerde yaygın bir oluşum olup bitkilerin yetişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Karasal ekosistemlerde yaşayan bitkilerin yaklaşık % 90'nının kökleri mantarlarla ilişki kurabilmektedir (Bonfante-Fasolo ve diğ. 1992, Cairney 2000, Smith ve Read 2008). Mikoriza, belirli mantar türleri ile bitki kökleri arasındaki karşılıklı yararlanmaya dayalı (mutualistik simbiyosis) bir ilişki olup bu ilişkinin tarafları mantarlar aleminin üyeleri (*Basidiomycota*, *Ascomycota*, *Zygomycota* ve *Glomeromycota*) ile çoğu damarlı (vasküler) bitkilerdir (Smith ve Read 1997). Bu simbiyotik ilişkide bitki mantara enerji kaynağı olarak karbon sağlarken, mantar da bitkiye ilave besin ve su alımı bakımından yardımcı olmaktadır (Agely ve Ogram 2013).

1.2.2. Mikoriza Türleri

Frank (1885) mikorizaların bitki köklerinin etrafında fungal kılıf bulunanlarını “ektotrofik”, kök çevresinde fungal kılıf içermeyen fakat konukçul bitkinin hücreler arasına (intersellüler) ve hücre içine (intrasellüler) nüfuz edenlerini ise “endotrofik” olarak sınıflandırmıştır. Fakat bu terimler daha sonra sırasıyla ektomikoriza ve endomikoriza olarak kullanılmaya başlanmıştır (Raina ve diğ. 2000).

Mikorizaların nasıl sınıflandırılacağı konusunda önceleri bir görüş birliği olmadığından farklı araştırmacılar tarafından belirli özelliklere göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır. (Bhandari ve Mukerji 1993, Harley ve Smith 1983, Lewis 1975, Lewis 1976, Read 1983). Bu sınıflandırmalar arasında en yaygın olanı Harley ve Smith (1983) tarafından morfolojik ve fizyolojik özellikler temelinde oluşturulan yedi ayrı kategoriye içeren sınıflandırmadır (Raina ve diğ. 2000, Şekil 1.1.) .

Farklı mantar ve konukçu bitki gruplarının şekillendirdiği bu mikoriza grupları aşağıda verilmiştir (Smith ve Read 2008, Brundrett ve diğ. 1996):

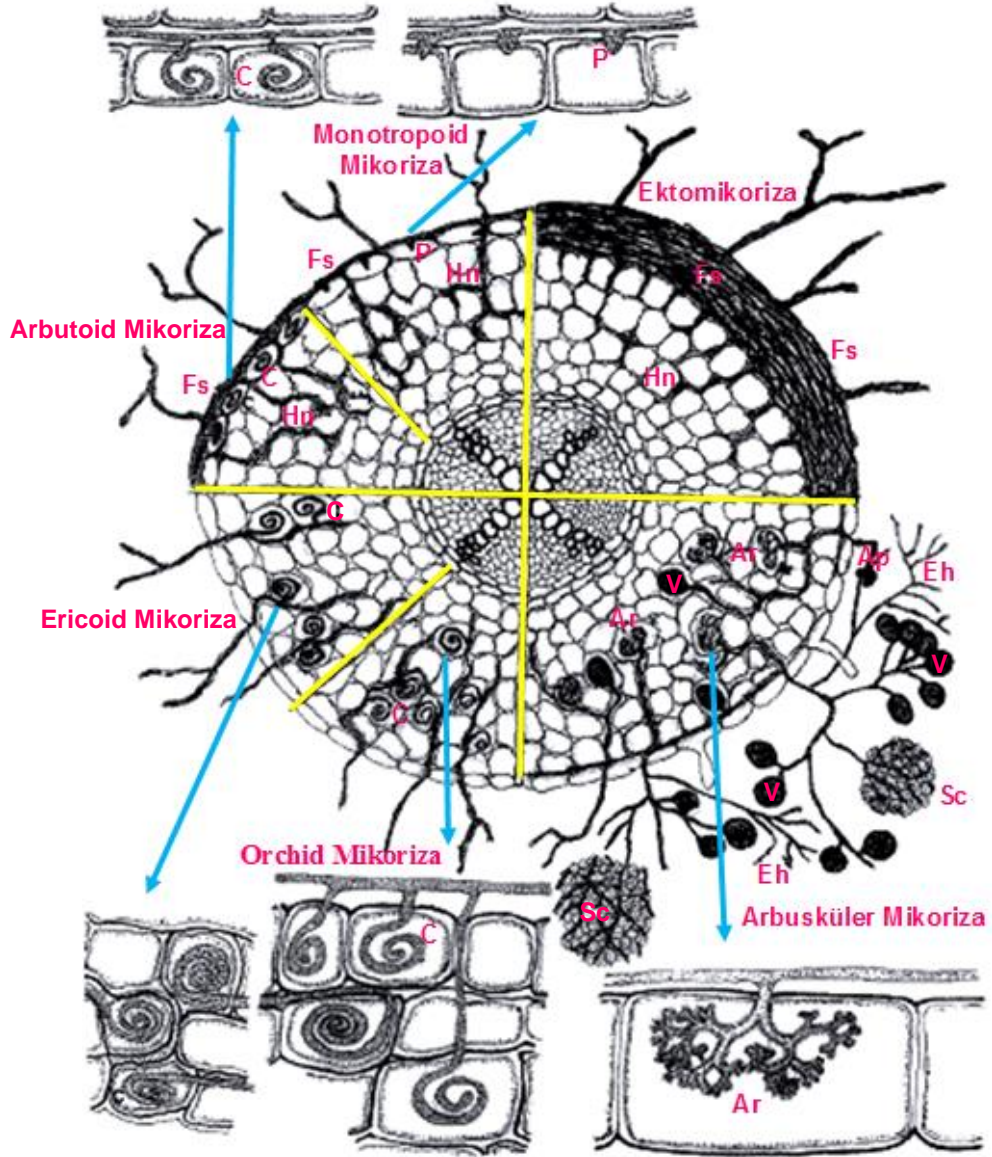
Arbusküler Mikoriza: Zygomycete mantarları kökteki korteks hücrelerinin içerisinde arbusklleri, hifleri ve vesiklleri oluşturur.

Ektomikoriza: Basidiomycetes ve diğer mantarlar kök çevresinde manto ve hücreler arasında Hartig net oluştururlar.

Orchid Mikoriza: Orkide bitkilerinin kökleri içerisinde hifsel sarımlar (coils) oluşturur.

Ericoid mikoriza: Ericales takımındaki bitkilerin çok ince kılcal köklerinin dış hücrelerinde hifsel yumaklar oluşturur.

Ektendomikoriza, Arbutoid ve Monotropoid Mikoriza: Ektomikorizalar ile benzerlik gösterirler fakat kendilerine özgü anatomik özelliklere sahiptirler.



Şekil 1.1. Farklı mikoriza türlerini gösteren diyagram (Ar:Arbusküller, C:Sarmal (Coiled) hifler, Eh:Dallanmış (Extrametrical) hifler, Hn:Hartig net, Fs:Fungal kılıf, P:Protrüzyon (Protrusion), Sc:Sclerotia, V:Vesiküller, Ap:Appressorium) (Raina ve diğ., 2000'den uyarlanmıştır).

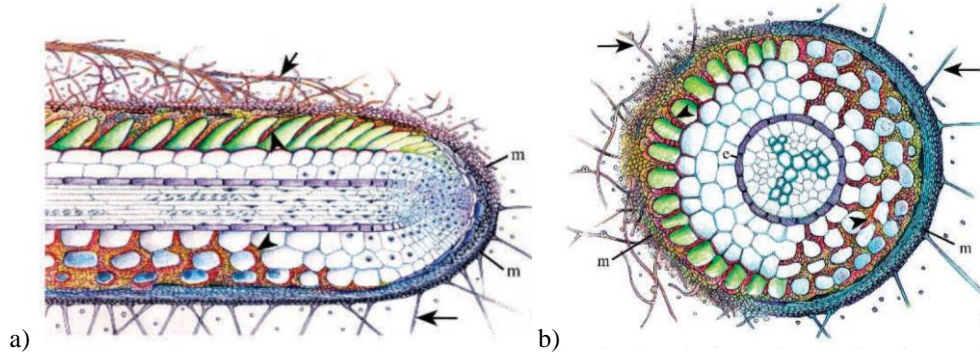
Konukçu bitki türüne, mikoriza sporlarının boyutlarına, kök içerisindeki yapıların durumuna, işlevlerine, morfolojik ve fizyolojik özelliklerine göre yedi sınıfa ayrılan mikoriza türlerine ait bazı önemli özellikler Çizelge 1.1. de belirtilmiştir. Bu gruplardan en yaygın olanları şimdiki çalışmada da kullanılan ektomikoriza ve arbusküler mikorizalardır.

Çizelge 1.1. Mikoriza türlerinin özellikleri (Brundrett ve diğ. 1996, Harley ve Smith 1983, Smith ve Read 1997, Smith ve Read 2008'den uyarlanmıştır).

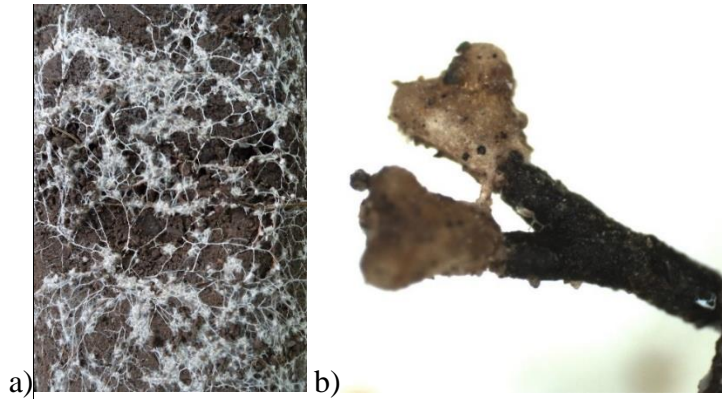
Özellikler	Mikoriza Türleri						
	Arbusküler Mikoriza	Ektomikoriza	Ektendomikoriza	Arbutoid Mikoriza	Monotropoid Mikoriza	Ericoid Mikoriza	Orchid Mikoriza
• Kök Yapıları							
Septalı Hüfler	-/(+)	+/-	+/-	+	+	+	+
Intraselüler Kolonizasyon	+	-/(+)	+	+	+	+	+
Fungal Kılıf	-	+/(-)	+/(-)	+/-	+	-	-
Hartig Net	-	+	+	+	+	-	-
Arbuskül	+	-	-	-	-	-	-
Vesikül	+/-	-	-	-	-	-	-
Hifsel Sarım	+/-	-	+	+	-	+	+
• Konukçu Bitkiler							
Klorofilli Bitkilerde Konaklama	+	+	+	+/-	-	+	+/-
Bitki Taksonu	Bryophyta Pteridophyta Gymnosperm ae Angiosperm ae	Gymnosperm ae Angiosperm ae	Gymnosperm ae Angiosperm ae	Ericales	Monotropoideae	Ericales Bryophyta	Orchidales
• Mantarlar							
Fungal Takson	Glomeromycota	Basidiomycota Ascomycota (Glomeromycota)	Basidiomycota Ascomycota	Basidiomycota	Basidiomycota	Ascomycota	Basidiomycota

+ : Var, - : Yok, +/- : Var veya Yok, (+) : Nadiren Var, (-) : Nadiren Yok

Ektomikorizal bir kökün yapısı üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi kılıf (sheath) veya manto (mantle) olarak isimlendirilen kökü çevreleyen mantar dokusu; ikincisi epidermal ve kortikal hücreleri arasında hiflerin karmaşık bir şekilde büyümesiyle oluşan Hartig net olarak adlandırılan hifsel ağ; üçüncüsü ise ekstraradikal veya eksternal miselyum olarak adlandırılan toprak içerisine yayılan hiflerden oluşan yapılardır (Smith ve Read 2008, Şekil 1.2-1.3).

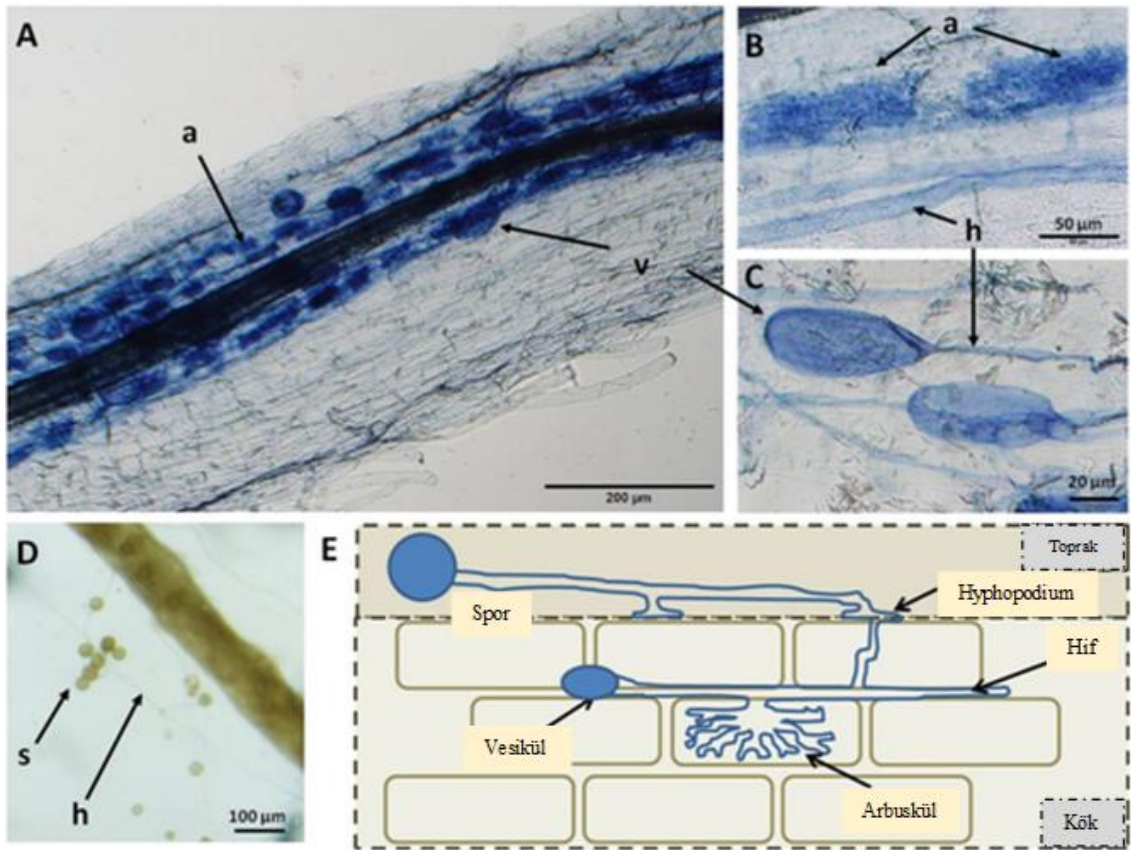


Şekil 1.2. a) Angiosperm (üst yarı) ve koniferlerde (alt yarı) meydana gelen temel özellikleri boyuna kesitte gösteren ektomikoriza diyagramı (m: Manto (Mantle), ▶: Hartig net, → : Ekstraradikal miselyum'u ifade etmektedir. Bu iki kök sistemi arasındaki temel farklılık Hartig net angiospermelerde genellikle epidermiste sınırlandırılmakta; oysa koniferlerde hem epidermal hem de kortikal hücrelerinin çevresinde gelişmektedir.) b) Angiosperm (soldaki kısım) ve koniferlerin (sağdaki kısım) özelliklerini enine kesitte gösteren ektomikoriza diyagramı (→: ekstraradikal miselyum, m: Manto (Mantle), ▶: Hartig net, e: endodermis'i ifade etmektedir. Hartig net hifleri koniferlerde endodermis tarafından sınırlandırılmıştır) (Peterson ve diğ. 2004).

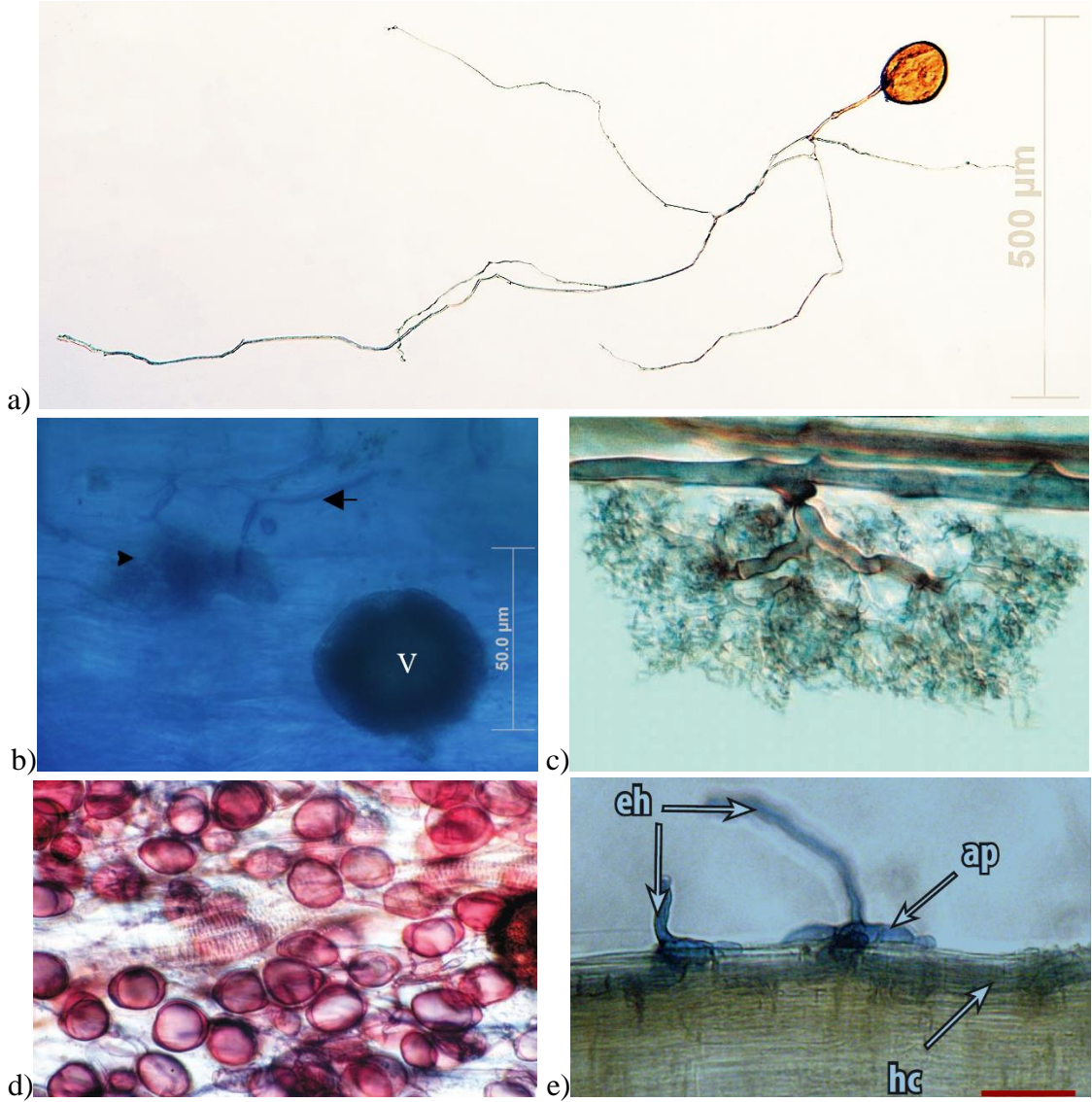


Şekil 1.3. a) Miselyum b) Kökü saran manto (fungal kılıf) tabakası (Foto: Bülent Toprak).

Arbusküler mikorizalar ve bitki kökleri en az 450 milyon yıldır birlikte evrimleşmişlerdir (Smith ve Read 2008). Arbusküler mikorizanın ismi kendine özgü yapılarından biri olan arbuskülden gelmektedir. Daha önce vesiküller-arbusküler olarak kullanılan terim son zamanlarda sadece arbusküler olarak kullanılmaktadır. Arbusküler mikoriza, hücreler arası (interselüler) veya hücre içi (intraselüler) olarak konumlanmış olan intraradikal hifler, arbusküller (besin değişimini gerçekleştiren dallanmış hifler), ekstraradikal miselyum (kök ve mantarı birbirine bağlayan hifler) ve ekstraradikal miselyumda oluşan sporlar ile birlikte bir de bazı mantar türlerinin oluşturduğu vesikül olarak tanımlanan intraradikal yapılar ile ayırt edilmektedir (Peterson ve diğ. 2004, Şekil 1.4-1.5).



Şekil 1.4. Kökteki arbusküler mikorizal kolonizasyon. A) *Rhizophagus irregularis*'in kolonize olduğu *Lotus japonicus* kökündeki fungal yapılar B) Arbusküller C) Vesiküller D) Sporlar E) Kolonizasyon süreci [Rhizophagus sporlarının çimlenmesi ile oluşan hiflerin Strigolaktonaz (strigolactones) salgısından sonra köke doğru büyümesi ve fungusun kök yüzeyinde hyphopodia oluşturarak rizodermal hücreler vasıtasıyla bitkiye girmesi ile arbuskül ve vesiküllerin oluşumu (a: Arbuskül, h: Hif, s: spor, v: Vesikül)] (Dörman 2014).



Şekil 1.5. a) Arbusküler mikoriza sporu ve hif; b) Vesikül (v), Arbüskül (▶) ve hif (←); c) Arbuskül d) Vesiküller e) Appressorium (ap), eksternal hifler (eh) ve hifsel sarım (hc) (Fotoğraflar: a,b: Bülent Toprak; c,d: Dr. M. Brundrett (Peterson ve diğ. 2004) e: Druva-Lusite ve Ievinsh 2010).

1.2.3. Mikorizal Enfeksiyon Süreçleri

Mikorizal mantar ile bitki köklerinin ortak yaşam kurabilmeleri ve bunun sonucunda karşılıklı yararlanmanın olması etkin bir enfeksiyona bağlıdır.

Mikorizal enfeksiyon süreçleri;

propagül aktivasyonu,

toprakta hifsel büyüme,

kök ile hifin teması,
ilk giriş noktasının oluşumu,
miselin kök içinde dallanmasıyla bir enfeksiyon ünitesinin oluşumu,
ikincil giriş noktalarının ve enfeksiyon ünitelerinin oluşumu,
bir kaç enfeksiyon ünitesinden meydana gelen enfeksiyon segmentinin oluşumu,
ekstraradikal hiflerin oluşumu, propagüllerin oluşumu şeklindedir (Wilson 1984).

Giriş noktası bir hifin kök içerisine girdiği yerdir. Enfeksiyon ünitesi ise tek bir giriş noktasındaki internal miselyumu ifade etmektedir (Bazen birden çok giriş noktasını içeren enfeksiyon alanı olarak ta kullanılmaktadır). Enfeksiyon segmenti, enfeksiyon alanı için kullanılmaktadır. Enfeksiyon segmenti olası bir giriş noktasından oluşmaya başlamakta fakat bir veya daha fazla enfeksiyon ünitesini içermektedir. Enfeksiyon segmenti kök içerisindeki hiflerin büyümesi ve/veya ilk giriş noktasının yanında meydana gelen ikincil giriş noktalarının oluşumu ile yayılmaktadır (Wilson 1984).

Mikorizal ilişkinin gelişimi daha ayrıntılı bir şekilde ele alındığında, kökteki ektomikorizal mantar gelişimi üç safhaya ayrılabilir. Konukçu olan kök ile ektomikorizal mantar arasındaki etkileşimleri ve mikorizal ilişkinin gelişimi üç aşamadan oluşmaktadır (Duplessis ve diğ. 2002).

a) Enfeksiyon öncesi aşama

Rizosferde konukçu kök tarafından ektomikorizal mantarların morfolojisinde değişime yol açacak kimyasallar (flavonoid, cytokinin vb.) salgılanır. Buna karşılık hifler kök morfolojisinde değişiklik (kök gelişiminin artması, emici tüylerin azalması vb.) oluşturacak çeşitli bileşikler (auxin, alkaloid) salgılar.

b) Kolonizasyon aşaması:

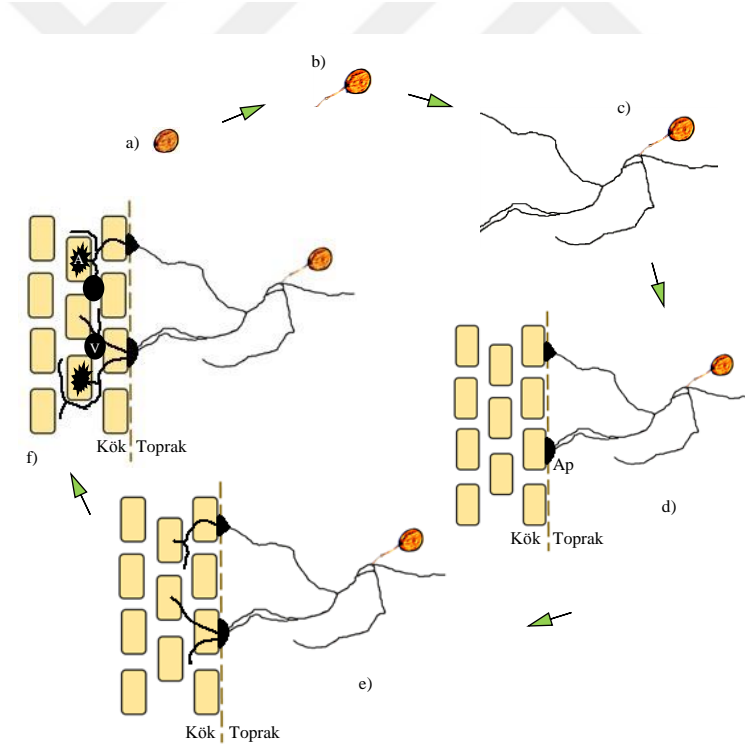
Hiflerin kök yüzeyine tutunması ile kök epidermal hücrelerinin üzerinde parmak benzeri yapıların oluşumu, kök ucunun kalınlaşması gibi morfolojik değişimler gerçekleşir. Hifsel ağları oluşturmak için konukçu hücreler arasında hifler bir araya gelirler.

c) Morfogenezis:

Hifler kök çevresinde bir araya gelerek manto oluşumuna yol açarlar. Epidermal ve kortikal hücrelerin arasından kök içerisine nüfuz ederek hartig net oluşumu gerçekleştirir.

Kökteki arbusküler mikoriza gelişimi ise dört safhaya ayrılabilir (Tommerup ve Briggs 1981, Şekil 1.6.):

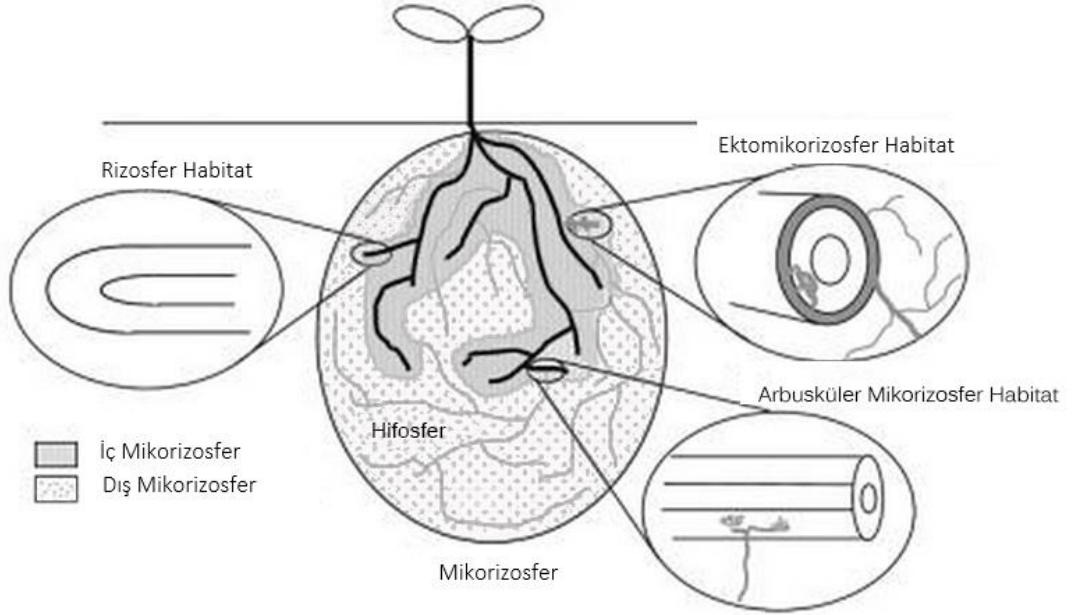
- Spor çimlenmesi veya arbusküler mikorizal mantarların etkin olmayan prapagullerinden hifsel büyümenin başlaması
- Konukçu bitkiye doğru toprak içerisinde hiflerin büyümesi
- Kök içerisine girme ve kökte enfeksiyonun başlaması
- Enfeksiyonun yayılması, kökler ile mikorizal ilişkinin gelişimi ve spor üretimi



Şekil 1.6. Arbusküler mikoriza için enfeksiyon süreci. a) Fungal spor b) Sporun çimlenmesi c) Hiflerin uzaması ve dallanması d) Fungal hiflerin kök yüzeyine teması ve appressorium oluşumu e) Hiflerin kök içerisine girmesi ve enfeksiyonun başlaması f) Enfeksiyonun yayılması, arbuskül ve vesiküllerin oluşumu (A: Arbuskül, V: Vesikül, Ap: Appressorium) (Foto: Bülent Toprak).

1.2.4. Mikorizosferin Yapısı

Rizosfer (Rhizosphere) kelimesi ilk defa 1904 yılında Lorenz Hitner tarafından tanımlanmış olup “Kökler ile etkileşim içerisinde bulunan toprak kısmı” anlamına gelmektedir (Hartmann ve diğ. 2008). Hifosfer (hyphosphere) ise mantarın misellerinin etkileşim halinde olduğu bitki kökünden bir kaç cm uzağa kadarki toprak ve canlı kısımlarını kapsamaktadır. Kökler, mikorizal mantar hifleri, mikroorganizmalar ve bunların etkileşimde bulunduğu toprak kısmı ise mikorizosfer olarak tanımlanmaktadır (Rambelli 1973). Dolayısıyla mikorizosfer rizosfer ve hifosferi kapsamaktadır (Johnson ve diğ. 2002, Şekil 1.7). Rizosferdeki pH, redoks potansiyeli, su içeriği ve besin yoğunlukları gibi toprak değişkenleri profilin diğer kısımlarına göre değişiklikler gösterebilmektedir (Marschner 1995). Doğal yaşam alanlarında (habitat) büyüyen çoğu bitkinin rizosferi sadece kökleri değil aynı zamanda etkileşim halinde oldukları mantar misellerini de içermektedir. Bu nedenle rizosfer ve hifosferin (hyphosphere) sınırlarını belirlemek oldukça zordur (Johnson ve diğ. 2002).



Şekil 1.7. Mikorizosfer (Timonen ve Marschner 2006).

1.2.5. Mikorizanın Faydaları

Stresli ortamlarda (soğuk, sıcak, kurak ve verimsiz) mikorizal ilişki hem bitki hem de mantarın yaşama şansını arttırmaktadır (Gupta ve diğ. 2000). Mantarın enerji kaynağı olan konukçusuna ve bulunduğu ortama sağladığı faydalar şu şekilde sıralanabilir;

1. Mikorizalar kökün tüketim alanını genişleterek su ve besin alımını arttırabilirler (Boyd 1987).
2. Organik madde ayrışmasını hızlandırarak topraktaki inorganik besin hareketliliğini arttırabilirler (Gupta ve diğ. 2000).
3. Toprak kökenli patojenlerin kök enfeksiyonlarını engelleyerek besleyici köklerin yaşam sürelerini arttırabilirler (Duchesne ve diğ. 1989, Marx 1973).
4. Köklerin tüketim bölgesi dışında kalan azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve çinkonun temas yoluyla alımını ve bitkiye taşınımını sağlayabilirler (Gupta ve diğ. 2000).
5. Organik madde ayrışması sonucu toprağa salınan inorganik besin elementlerini tutarak (immobilizasyon) toprak profilinden sızmalarını azaltabilirler (Gupta ve diğ. 2000).
6. Fiziksel bariyer oluşturarak veya antibiyotik salgılayarak patojenik mantarların kök dokularına saldırılarını engelleyebilirler (Duchesne ve diğ. 1989, Garrido ve diğ. 1982, Tsantrizos ve diğ. 1991).
7. Konukçu bitkiye oksin, sitokinin, gibberellin gibi büyümeyi teşvik edici hormonlar ile B vitamini gibi bitki büyüme düzenleyicileri sağlayabilirler (Gopinathan ve Raman 1992, Ho 1987, Kraigher ve diğ. 1991).
8. Su kıtlığından, toprak tepkimesinden, sıcaklıktan, ağır metallere ve toksinlerden kaynaklanan olumsuz koşullara karşı bitkilerin dayanıklılığını arttırabilirler (Dixon ve diğ. 1994, Gardner ve Malajczuk 1988, Marx ve Artman 1979, Osonubi ve diğ. 1991, Peiffer ve Bloss 1988).

Mikorizal yaşamın kendi ortakları arasında sağladığı faydaların dışında ekosisteme ve topluma da fayda ve hizmetleri vardır (Brundrett ve Abbott 2002, Brundrett ve Cairney 2002). Bu fayda ve hizmetler; 1-Mantar çeşitliliğine katkı yapması (Brundrett ve Abbott 2002), 2-Toprakta bir çeşit filtre görevi yaparak metal gibi kirletici maddelerin yenilen bitkilerce alımını azaltması (Brundrett ve Abbott 2002), 3-Yöresel toprak koşullarına uyum sağlayarak tarım, bahçecilik ve ormancılıkta verim artışını sağlamak (Brundrett ve Abbott 2002), 4-Ektomikorizal olanlarının insanlar tarafından besin olarak kullanılması

(Arora 1991, Kalotas 1996), 5-İlaç ve doğal boya olarak kullanılmaları (Arora 1991, Morgan 1995), 6-Estetik değerleri nedeniyle kültürün bir parçası olması (Finlay 1989, Morgan 1995), 7-Kirlenmiş topraklarda bitki büyümesine yardımcı olması (Hartley ve diğ. 1997, Meharg ve Cairney 2000) olarak sayılabilir.

Mikoriza ile ilişki kurmuş kökte, genellikle mineral besinlerin alımında artışın olduğu gözlenmektedir (Cooper 1984, Janos 1987, Smith ve Roncadori 1986, Stribley 1987). Kök ağının bir uzantısı olan mikorizal mantarların inorganik azot ve yarıyıslı fosfor alımını arttırdığına dair veriler bulunmaktadır (Hawkins ve diğ. 2000, Jakobsen ve diğ. 1992). Bu artıştan dolayı mikorizalı bitkiler daha fazla büyüme ve gelişme yaparak biyokütleleri mikorizasız olanlara göre daha büyük değerlere ulaşabilmektedir (Gupta ve Kumar 2000, Harrier ve Watson 2003, Kwapata ve Hall 1985).

Bitkiler, fosforu (P) topraktan genellikle $H_2PO_4^-$ ve HPO_4^{2-} şeklinde almaktadır (Marschner 1995, Ragothama 1999, Hinsinger 2001, Rausch ve Bucher 2002, Smith 2001, Vance ve diğ. 2003). Fakat topraktaki fosforun genelde büyük bir kısmı ya organik formda bulunmakta veya inorganik formdaki fosfor hızlı bir şekilde Fe, Al veya Ca ile bileşik yaparak bitkiler için yararlanılabilir formdan çıkmaktadır. Toprakta çok düşük miktarda bulunan yararlanılabilir P ise hareketsiz bir besin elementi olduğundan sadece doğrudan temas yoluyla alınabilmektedir. Bu nedenle topraktaki fosforun alınabilirliği kök morfolojisi ile doğrudan ilişkilidir (Ho ve diğ. 2004, Plaxton 2004, Shane ve diğ. 2003, Shen ve diğ. 2005).

Mikoriza miselleri kökün uzantıları gibi davranarak bitkinin tüketim bölgesini genişletmekte ve temas ettikleri Fe ve Ca fosfat bileşiklerinin çözünürlüğünü arttırarak konukçu bitkilerin büyüme ve gelişimine yardımcı olmaktadır (Aquino ve Plassard 2004, Harrier ve Watson 2003, Ryan ve Angus 2003, Zhu ve diğ. 2003).

1.2.6. Stresli Ortamda Bitkinin Su Alımına Etkisi

Su kıtlığından oluşan stres bitkinin büyüme ve gelişmesini engellediği gibi hastalık ve zararlılara karşı direncini de azaltmaktadır. Mikorizal mantar enfeksiyonları bitkilerin kök mimarisi ve özellikle kök uzunluğunu arttırarak kılcal gözeneklerden su alımını arttırdığı gibi toprakta agregatlaşmayı da arttırarak, mimari yapısı bozulmuş topraklarda infiltrasyonu arttırıp toprak suyu miktarının da artmasına katkıda bulunabilir (Berta ve diğ. 2002, Gamalero ve diğ. 2004, Klironomos 2003, Piotrowski ve diğ. 2004).

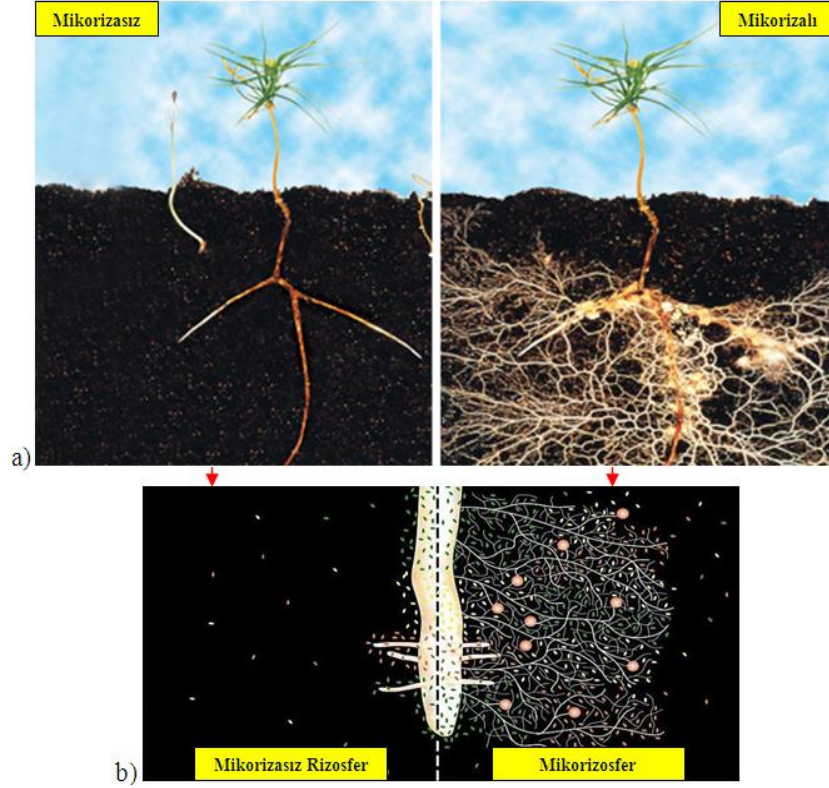
1.2.7. Bitki - Mantar Arasındaki Karbon Ekonomisine Etkisi

Rizosfer karbon bileşiklerinin diğere toprak kısımlarına göre daha bol bulunduğu bölge olduğundan tüketici populasyonunun en çok bulunduğu toprak kısımlarıdır. Dolayısıyla toprak heterotroflarının çoğu bu bölgedeki karbon kaynağı için rekabet halindedirler. Çoğu heterotroflar toprağa salınan organik atıklardan yararlanarak enerji ihtiyaçlarını karşılarken (serbest yaşayan), bazıları da doğrudan kökle temas kurup enerji kaynağının sürekliliğini güvence altına almaktadır. Hatta bazıları bu sürekli karbon kaynağı olmadan varlığını sürdüremezler (zorunlu: obligate simbiyoz). Bitkiler ürettikleri karbon kaynağından (net üretimden) bir miktarını köklerdeki bu ortaklar için ayırmaktadır (C-allocation). Buna karşılık mantarlar da bitki köklerinin uzantıları gibi davranarak özellikle hareketsiz haldeki fosfor (P) gibi besin elementlerinden ve köklerin giremediği çok ince gözeneklerde bulunan toprak neminden bitkilerin faydalanmasını sağlayıp köklerin toprak içerisindeki tüketim alanını önemli oranda arttırmaktadır. Verimli topraklarda besin ve su stresi olmadığı için (şiddetli rekabet yoksa) mantarın bitkiye olan katkısı azalacağından bitkiler tarafından gereksiz karbon harcamasını önlemek için bu ilişki sonlandırılabilir. Bu durumda topraktaki serbest karbon kaynağından yeterince yararlanabilen canlılar varlıklarını sürdürebilmektedir (serbest yaşayan ve fakültatif olanlar). Fakat verimsiz sahalardaki bitkilerin büyük çoğunluğu varlıklarını sürdürebilmek için bu ortak ilişkiden yararlanmaktadır. Ortamdaki değişimler (sıcaklık, soğuk, pH, tuzluluk, rekabet vb.) sonucu ortama uyum sağlayamayan mikorizal mantarın zarar görmesi halinde bitki ile olan ilişki sonlanabilmektedir. Yapılan çalışmalar, bir veya birkaç mantar yerine farklı ortam koşullarına uyum yeteneğini olan çok sayıda mantarları içeren karışımlar kullanılmasının, toprak koşullarının önemli oranda değişmesi halinde bile mikorizal ilişkinin devamını garanti altına almada önemli olduklarını göstermektedir.

1.2.8. Mikorizanın Bitki Köklerine Etkisi

Bitki kökleri su ve besin alımını 1-2 mm etrafındaki toprak kısmından gerçekleştirmektedir (Marschner 1995). Dolayısıyla bitkiler ihtiyaç duydukları su ve besin kaynağından yeterince yararlanabilmek için özellikle stresli ortamlarda bol miktarda kök üretmek zorundadırlar. Bu da bitki içi karbon dağıtımında ilave bir rekabet oluşturmada ve bitkiyi strese sokabilmektedir. Fakat farklı ekosistemlerde yapılan çalışma sonuçları mikorizanın fidanların sağlıklı ve güçlü kökleri oluşturarak iyi bir büyüme ve gelişme gösterip strese karşı dayanıklılıklarını arttırdığını göstermektedir.

(Dunabeitia ve diğ. 2004, Smith ve Read 2008, Tsimilli-Michael ve Strasser 2008). Köklerin yüzey alanının artması kökten uzak bölgelerdeki hareketsiz besin elementlerinin (P gibi) alımını 2-5 kat arttırabilmektedir (Ortaş 1998, Şekil 1.8). Bu nedenle, mikorizalı kökler verimin düşük olduğu sorunlu sahalarda besin elementi sağlamada son derece etkili olmaktadır (Marschner 1993, Marschner 1995).



Şekil 1.8. a) Mikorizanın bitki kök sistemine etkisi (Anonim 2015-a), b) Mikorizalı ve mikorizasız kökün besin alımı (Anonim 2015-b).

1.2.9. Mikorizanın Bitki Hastalıkları Önlemedeki Etkisi

Köklerle ortak yaşam kuran mantarlar bu bölgedeki karbon kaynağını tekeline geçirecek rizosferdeki mikroorganizmalara karşı baskılayıcı bir unsur olup başka heterotrofların çoğalmasını önlemekte ve böylece bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı mücadele etme yeteneğini arttırarak, bitkiyi patojenlere karşı korumaktadır (Smith ve Read 2008). Martin-Pinto ve diğ. (2006) tarafından İspanya'da yapılan bir çalışmada üç farklı ektomikorizal mantarın (*Boletus edulis*, *Laccaria laccata* ve *Lactarius deliciosus*) damping off patojenlerine (*Fusarium oxysporum* ve *F. moniliforme*) karşı Karaçam fidanlarının direncini önemli oranlarda arttırdığı ortaya konulmuştur. Chakravarty ve Hwang (1991), *F. oxysporum*'un sebep olduğu damping off gelişiminin *L. laccata*

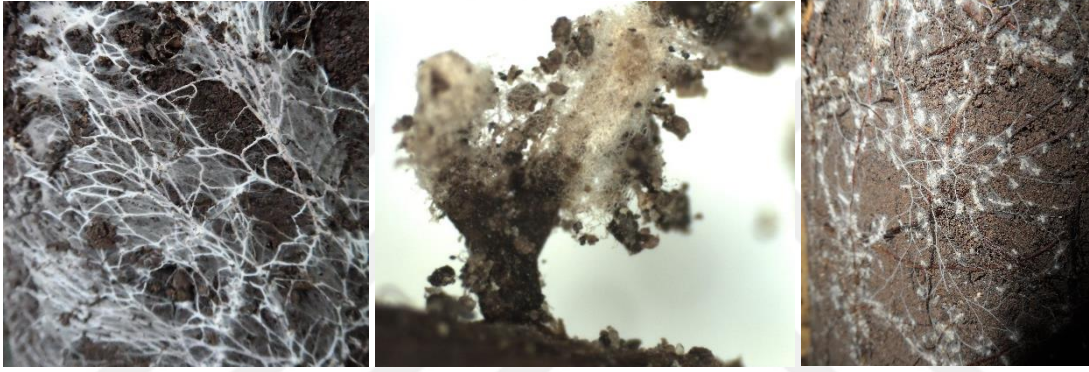
kültürünün kullanılması sonucu azaldığını belirlemişler ve *Pinus banksiana*'nın *L. laccata* ile aşılması sonucunda rizosferdeki *F. oxysporum*'un koloni sayısında önemli oranda azalmanın meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

1.2.10. Mikorizanın Saha Verimliliğine Etkisi

Mikorizalar oran olarak ormandaki biyokütlenin çok küçük bir kısmını oluşturmalarına rağmen besin döngüsü ve saha verimliliğine önemli katkılar sağlayabilmektedir. Örneğin Vogt ve diğ. (1982) tarafından Batı Washington'da bulunan yaşlı göknar (*A. amabilis*) ormanlarında yapılan bir araştırmada mikorizaların toplam ekosistem biyokütlesinin kabaca %1'ini oluşturmalarına rağmen kılcal kökler ile birlikte mikorizaların bitki üretiminin yaklaşık % 75'ine katkı sağladıklarını tahmin etmişlerdir. Mikoriza sayesinde birçok bitki ve orman ağacı fidanlarının topraktan besin alımı ve dolayısıyla büyümelerinin de arttığı pek çok çalışmayla ortaya konmuştur (Bolan 1991, Osonubi ve diğ. 1991, Sieverding 1991, Marschner 1993, Marschner 1995, Querejeta ve diğ. 1998, Saito 2000, Hagerberg ve diğ. 2003, Treseder ve diğ. 2004, Turjaman ve diğ. 2006, Repac 2007, Akhtar ve diğ. 2008, Sharma ve diğ. 2008). Ektomikorizal bir mantar türü olan *Lactarius deliciosus* ile yapılan aşılama sonucunda sarıçam (*Pinus sylvestris*) fidanlarının sürgünlerinde % 325'e varan uzunluk artışı tespit edilmiştir (Guerin ve diğ. 2003). Bir başka çalışmada ise ektomikoriza ile aşılınmış olan Halep çamı (*Pinus halepensis*) fidanlarında işlemlerden bir yıl sonra aşılınmayan çam fidanlarına göre sürgün başına düşen uzun iğne yaprak miktarının 3-5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tsimilli-Michael ve Strasser 2008). Çolak ve Pitterle (1999) yüksek rakımlı sahalardaki ağaçlandırmalarda mikoriza aşılınmış fidanların aşılınmamış fidanlara göre yaşama oranlarının yaklaşık beş kat ve büyümelerinin ise iki kat daha fazla olduğunu iddia etmektedirler. Yine Anderson ve diğ. (1983) ektomikoriza aşılınmış meşe fidanlarının tutma başarıları ve büyüme oranlarının aşılınmamış fidanlara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. İzole edilerek laboratuvar koşullarında kültüre alınıp Toros sediri fidanlarına aşılınmış *Lactarius deliciosus*, *Hebeloma crustuliniforme*, *Tricholoma ustale* mantarlarının sedir fidanlarının gelişimi ve besin elementi alımına önemli katkılar sağladığı tespit edilmiştir. *H. crustuliniforme* mantarı ile aşılınmış fidanlarda aşılınmamış fidanlara göre kök boğazı çapının % 83, fidan boyu gelişiminin ise % 71 oranında arttığı belirlenmiştir (Tüfekçi 2007).

1.2.11. Toprağın Mimari Yapısına Etkisi

Arbusküler mikorizaların toprak agregatlaşmasına etkileri üzerine gerçekleştirilmiş olan çok sayıda yayında eksternal miselyumların organik ve inorganik partikülleri sarması sebebiyle toprak agregatlaşması üzerine etkili oldukları belirtilmiştir (Tisdall ve Oades 1982, Jastrow ve diğ. 1998, Six ve diğ. 2004, Şekil 1.9). Bir başka etkenin ise arbusküler miseller tarafından üretilen glomalin olduğu ifade edilmektedir (Wright ve Upadhyaya 1996, Wright ve Upadhyaya 1998, Rillig ve diğ. 2002). Mikorizal mantarlar toprak agregatlarının stabilitesini arttırdığından dolayı toprakların erozyona karşı korunmasında da önemli katkılar sağlamaktadırlar (Miller ve Jastrow 2000, Rillig ve Mummey 2006, Six ve diğ. 2004).



Şekil 1.9. Mikorizanın toprak agregatlaşmasına etkisi (Foto: Bülent Toprak).

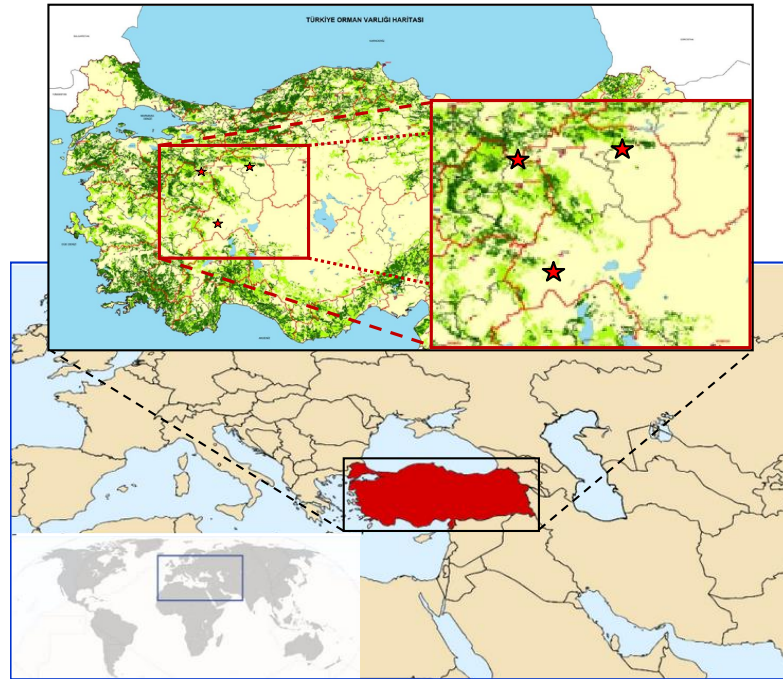
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

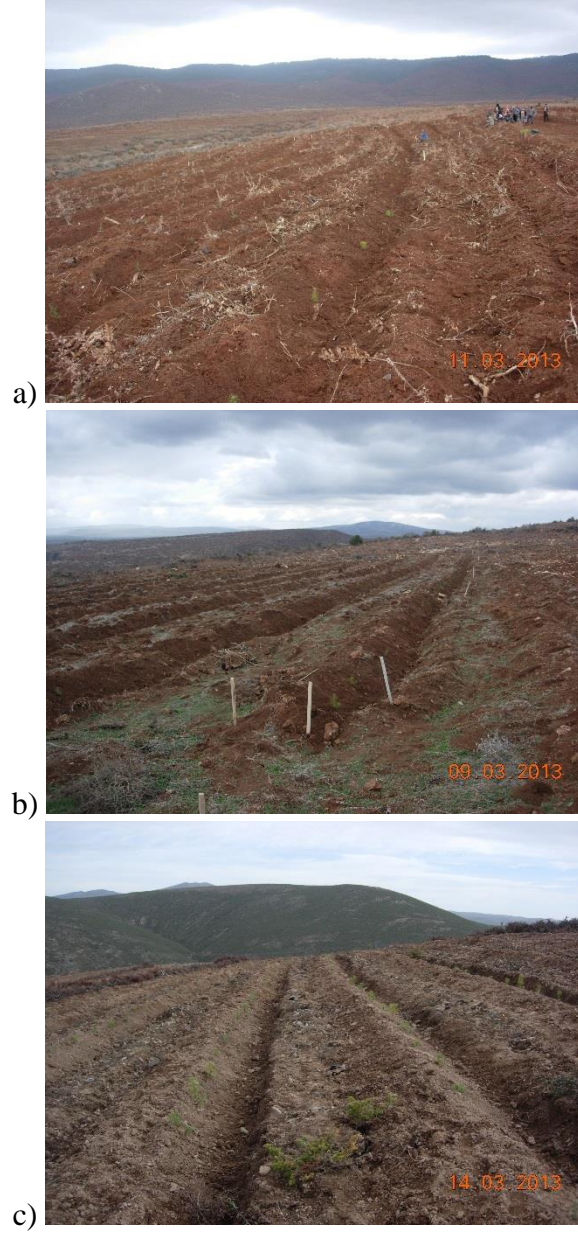
2.1.1. Çalışma Alanları

Bu çalışmanın fidanlık aşaması 804 m yükseltide, 0280429/4402073 (UTM Zon 36) koordinatlarında yer alan Eskişehir Orman Fidanlığı'nda gerçekleştirilmiştir.

Arazi denemeleri için Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü'nün ağaçlandırma programında yeralan üç farklı sahada birer adet blok oluşturulmuştur. Bu blokların yer aldığı Mihallıçık/Eskişehir, Sobran/Kütahya ve Taşoluk/Afyonkarahisar İç Anadolu Bölgesi'nin Kurakçıl Orman Antropojen Bozkır Bölümü içerisinde (Atalay 2014). Blokların birincisi Mihallıçık/Eskişehir'de, batı bakıda, 0358056/4413845 (UTM Zon 36) koordinatlarında yer almakta olup yaklaşık 1100 m rakıma sahip ve ortalama eğimi % 13'tür. İkinci blok Sobran/Kütahya'da, batı bakıda, 0258870/4395800 (UTM Zon 36) koordinatlarında yer almakta olup, yaklaşık 780 m rakıma sahip ve ortalama eğimi % 15'tir. Üçüncü blok ise Taşoluk/Afyonkarahisar'da, kuzey bakıda, 0273301/4274507 (UTM Zon 36) koordinatlarında yer almakta olup yaklaşık 1500 m rakıma sahip ve ortalama eğimi % 20'dir. Üç saha da İç Anadolu Bölgesinin Kurakçıl Orman Antropojen Bozkır Bölümü içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.1 ve 2.2).



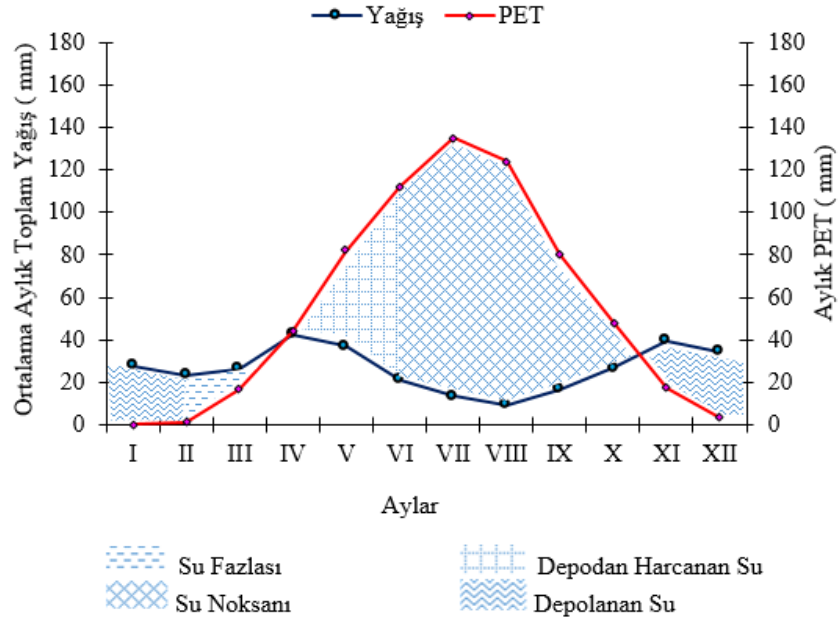
Şekil 2.1. Araştırma sahalarının konumları (★) (Anonim 2014a, Anonim 2014b).



Şekil 2.2. a) Mihaliçcik b) Sobran c) Taşoluk sahalarından görünüm.

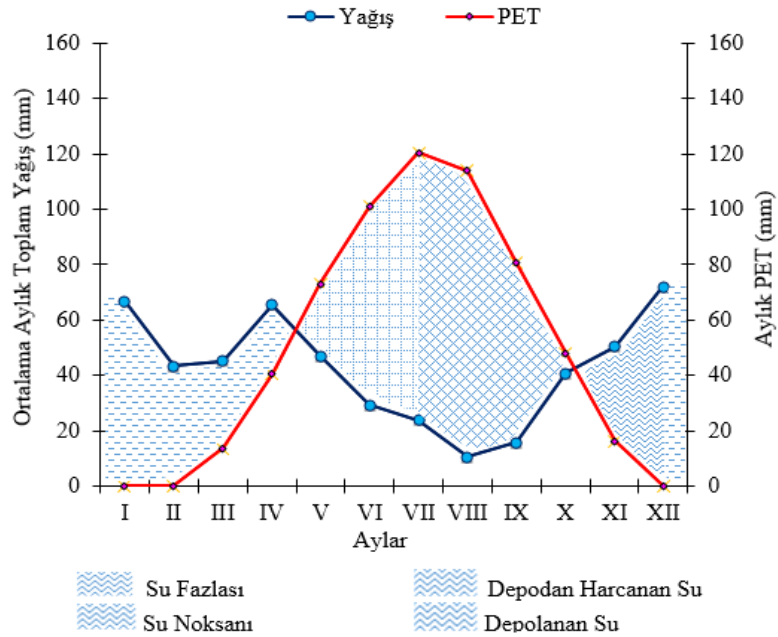
2.1.2. İklim

Çalışmanın fidanlık aşamasının gerçekleştiği, orman fidanlığının yer aldığı Eskişehir'e ait 1975-2006 yıllarını kapsayan iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık $10,6^{\circ}\text{C}$, en yüksek sıcaklık $40,6^{\circ}\text{C}$, en düşük sıcaklık $-27,8^{\circ}\text{C}$, yıllık ortalama yağış 307 mm , ortalama bağıl nem $\% 65$, en düşük bağıl nem $\% 5$ ve ortalama rüzgar hızı $3,1\text{ m s}^{-1}$ 'dir. Thornthwaite (1948) iklim sınıflandırmasına göre Eskişehir yarı kurak, orta sıcaklıkta (mezotermal), su fazlası olmayan veya çok az olan, okyanus iklimine yakın iklim sınıfında yer almaktadır (Şekil 2.3, Ek-1).



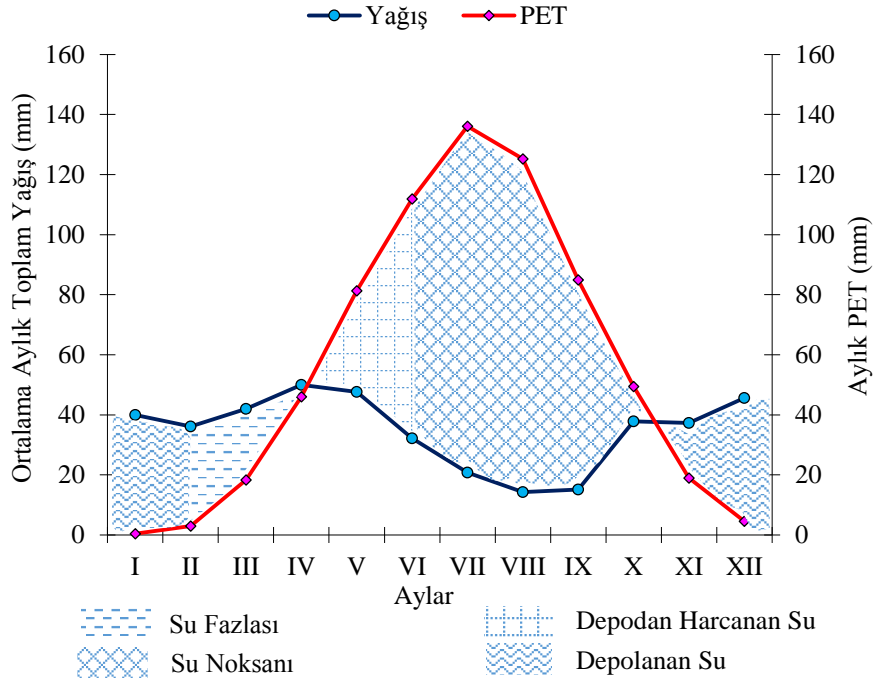
Şekil 2.3. Eskişehir ilinin su bilançosu (Thornthwaite'a göre).

Birinci bloğun bulunduğu Mihallıçık'ta 1975-1993 yıllarını kapsayan iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 8,9 °C, en yüksek sıcaklık 34,7 °C, en düşük sıcaklık -19,7 °C, yıllık ortalama yağış 510 mm, ortalama bağıl nem % 57, en düşük bağıl nem % 1 ve ortalama rüzgar hızı 0,9 m s⁻¹'dir. Thornthwaite (1948) iklim sınıflandırmasına göre Mihallıçık yarı nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve çok fazla olan, okyanus iklimine yakın bir iklim sınıfında yer almaktadır (Şekil 2.4, Ek-2).



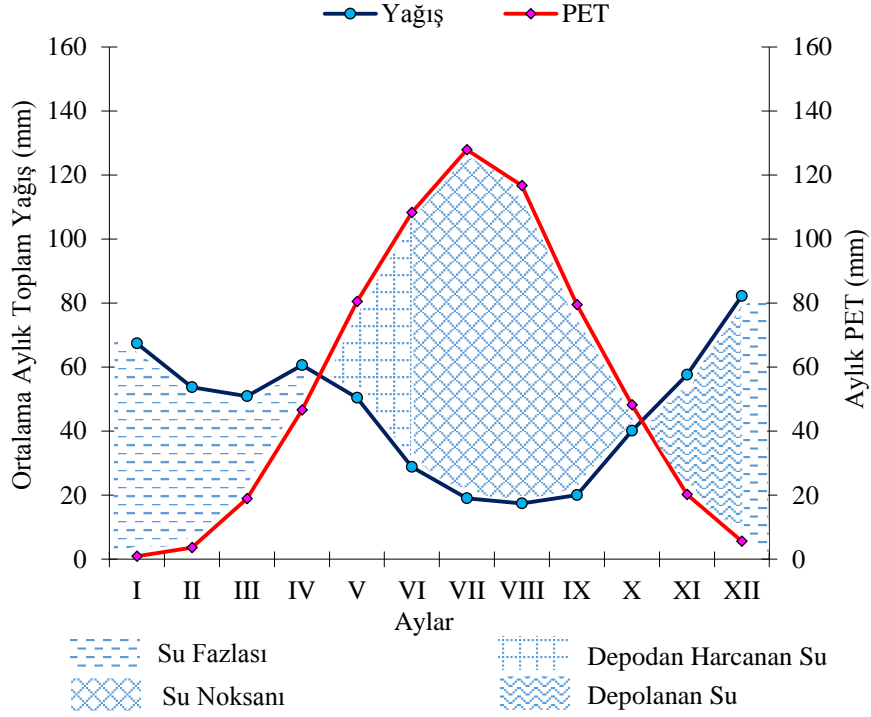
Şekil 2.4. Mihallıçık ilçesinin su bilançosu (Thornthwaite'a göre).

İkinci bloğun bulunduğu Afyonkarahisar’da ise 1975-2006 yılları arasındaki iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 11,2 °C, en yüksek sıcaklık 39,8 °C, en düşük sıcaklık -22 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 419 mm, ortalama bağıl nem % 64, en düşük bağıl nem % 10 ve ortalama rüzgar hızı 2,2 m s⁻¹’dir. Thornthwaite (1948) iklim sınıflandırmasına göre Afyonkarahisar yarı nemli - yarı kurak, orta sıcaklıkta (mezotermal), su fazlası olmayan veya çok az olan, okyanus iklimine yakın iklim sınıfında yer almaktadır (Şekil 2.5, Ek-3).



Şekil 2.5. Afyonkarahisar ilinin su bilançosu (Thornthwaite’a göre).

Üçüncü bloğun yer aldığı Kütahya’da 1975-2005 yılları arasındaki iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 10,6 °C, en yüksek sıcaklık 39,5 °C, en düşük sıcaklık -21,5 °C, yıllık ortalama toplam yağış miktarı 548 mm, ortalama bağıl nem % 63, en düşük bağıl nem % 5 ve ortalama rüzgar hızı 1,6 m s⁻¹’dir. Thornthwaite (1948) iklim sınıflandırmasına göre Kütahya yarı nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve çok fazla olan, okyanus iklimine yakın bir iklim sınıfında yer almaktadır (Şekil 2.6, Ek-4).



Şekil 2.6. Kütahya ilinin su bilançosu (Thornthwaite'a göre).

Bu üç blok arasında en az yağışı yıllık ortalama 419 mm ile Afyonkarahisar'daki saha alırken, en fazla yağış yıllık 548 mm ile Kütahya'daki sahalara düşmektedir. Su bilançosu şekillerine göre birinci bloğun bulunduğu Mihallıççık ve üçüncü bloğun bulunduğu Kütahya'da aralık ayından itibaren, ikinci bloğun bulunduğu Afyonkarahisar'da ise şubat ayından itibaren toprakta su fazlalığı oluşabilmektedir.

Mihallıççık ve Kütahya'da mayıs ayının başlarında, Afyonkarahisar'da ise nisan ayında yağışın buharlaşmayı karşılamaması nedeniyle rezerv su harcanmaya başlanmaktadır. Mihallıççık'ta temmuz, Afyonkarahisar ve Kütahya'da haziran ayında topraktaki rezerv su tamamen bitmektedir. Buharlaşma ve terleme ile potansiyel su kaybı, Mihallıççık bölgesi için yaklaşık 608 mm, Afyonkarahisar için 680 mm ve Kütahya için 657 mm olarak tahmin edilmektedir.

2.1.3. Torbalarda Kullanılan Harcın Özellikleri

Fidan dikimi ve tohum ekiminde kullanılan harç % 65 toprak + % 5 hayvan gübresi + % 30 humuslu toprak karışımından oluşmuştur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Fidanlık aşamasında tüplerde kullanılan harç ortamı.

Kullanılan harcın analiz sonuçları aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir (Çizelge 2.1 ve 2.2).

Çizelge 2.1. Tüplerde kullanılan harcın fiziksel özellikleri.

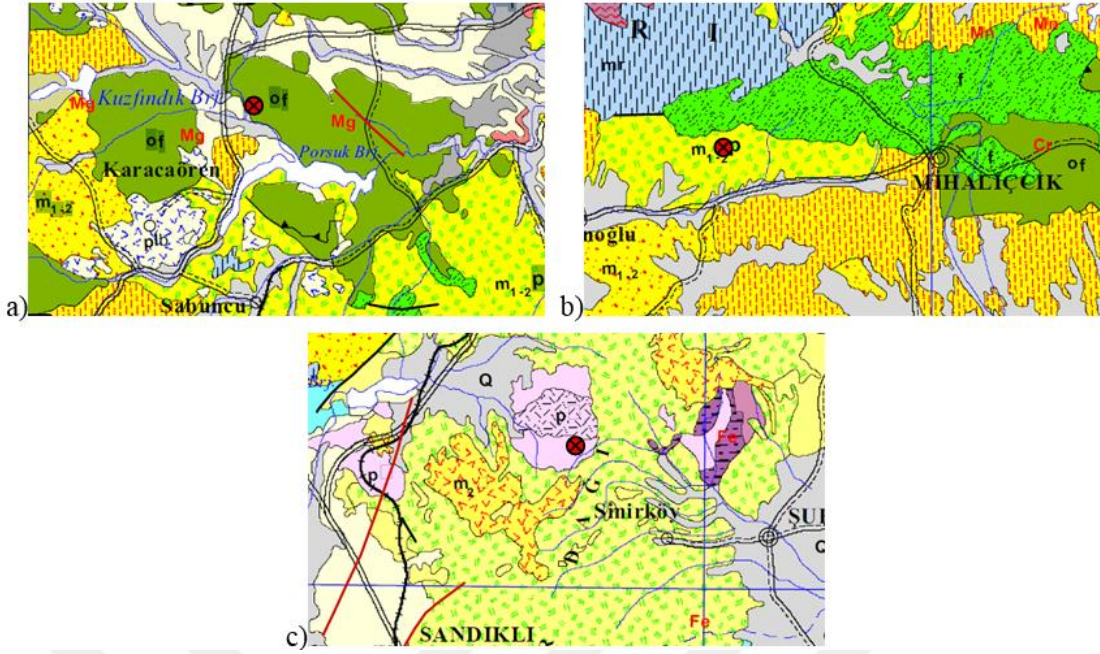
Toprak Türü	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	Ağırlık olarak iskelet oranı (%)	Rutubet (%)
Balçıklı Kil	0,93	28	21

Çizelge 2.2. Tüplerde kullanılan harcın kimyasal özellikleri.

pH	Toplam Kireç	Organik Madde	Toplam Azot	P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Fe	Mn ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	EC
	%			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

2.1.4. Anakaya Özellikleri

İç Anadolu Bölgesi topografik açıdan sade olmasına rağmen jeolojik yapı bakımından oldukça karmaşıktır. Sobran sahasında mesozoyik üst sistemde ofiyolitik kayaların hakim olduğu oluşumlar bulunmaktadır. Mihaliççik sahasında alt orta miyosen tortul kayaları olan piroklastik kayaları yer almaktadır. Taşoluk sahasında ise permiyen tortul kayaları olan karbonatlar ve yer yer kırıntılı kayalar bulunmaktadır (Anonim 2002, Şekil 2.8).



Şekil 2.8. a) Sobran, b) Mihaliçcik ve c) Taşoluk sahalarının jeolojik yapıları (Anonim 2002).

2.1.5. Bitki Türleri

Çalışmada soğuk ve kuraklığa dayanıklı oldukları için karasal bölgelerdeki ağaçlandırmalarda en çok kullanılan Karaçam (*Pinus nigra*), Toros sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) türleri kullanılmıştır. Eskişehir Orman Fidanlığı'nda uzun yıllardır bu türlerle ait fidanlar yetiştirilmekte ve yöredeki ağaçlandırmalarda kullanılmaktadır. Çam türleri arasında coğrafi olarak en geniş yayılışa sahip olan Karaçam Türkiye'de çok geniş bir yükselti aralığında 4 milyon hektarın üzerinde bir sahada yayılış göstermektedir. Sedir, Torosların 1300 m den yüksek yerlerindeki kalkerli sahalarda yetişebildiği gibi Tokat ili Erbaa ve Niksar civarları ile çalışma sahalarına yakın Afyonkarahisar ili Emirdağ ve Sultandağı çevrelerinde de görülmektedir. Kuraklığa dayanabilmesinin yanında hafif alkelen topraklarda da yetişebilmesi bu türün farklı bölgelerdeki ağaçlandırma çalışmalarında kullanımını arttırmaktadır. Yapraklı tür olarak yine karasal ekosistemlerde kuraklığa ve düşük sıcaklığa dayanabilen meşelerden Saçlı Meşe seçilmiştir. Bu meşe türü de yine fidanlıkta üretilen ve bölgedeki ağaçlandırma çalışmalarında çok kullanılan türlerdendir (Anonim 2010). Kullanılan Toros Sediri fidanları Kapıdağ orijinli, Karaçam fidanları Ahırdağı orijinli ve Saçlı Meşe tohumları ise Eskişehir orijinlidir.

Tohumlarının çimlenmesinin ardından gelişen Karaçam ve Toros Sediri fidanları aynı yıl sahaya dikilmek için yeterli büyüklüğe ulaşamadıklarından, çalışmada kullanmak için yastıkta yetiştirilmiş (2010 yılı ekimi) iki yaşındaki fidanlardan kök kesimi yapılarak tüplere aktarılmıştır. Saçlı Meşe’de ise fidanlar araziye dikim zamanında yeterli büyüklüğe ulaştığından işlemlere tohumdan yetiştirmeyle başlanmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. a) Tüplere aktarılacak olan fidanların kök kesimi b) Fidanların tüplere yerleştirilmesi c) Meşe tohumlarının tüplere ekilmesi d) Tüplere tohum ekimi ile fidanların aktarılmasından sonra sulama işlemi.

Çalışmanın başında mikoriza aşılama yapılmadan önce Karaçam ve Toros Sedir fidanlarının besin içeriklerini belirlemek için ibre, kök ve gövdelerden örneklemeler yapılmıştır. Alınan örnekler 65 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar yaklaşık 48 saat kurutulduktan sonra öğütülüp analize hazırlanmıştır. Bitki örneklerindeki N sömi-mikro Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner 1996, Kjeltex Auto 1030 Analyzer). Diğer besin analizleri için bitki örneklerinin nitrik ve perklorik asit karışımıyla tepkimeye sokulmasından elde edilen çözeltiler kullanılmıştır (Jones ve Case 1990). Daha sonra bu

çözeltilerin K değeri Jenway Flame Photometer'de okunarak, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, çinko ve mangan değerleri ise Perkin-Elmer 3110 Atomic Absorption Spectrometer'de belirlenmiştir (Helmke ve Sparks 1996, Suarez 1996, Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Mikoriza aşılama öncesi Karaçam ve Toros Sediri fidanlarının ibre, gövde ve köklerdeki ortalama besin değerleri.

Fidan Türü	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Fe	Mn ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Cu ⁺⁺
	%	mg kg ⁻¹							
Karaçam-İbre	1,26	1110	6405	6145	1280	400	48	25	1,5
Karaçam-Gövde	0,55	890	4830	5463	1638	910	41	43	3,2
Karaçam-Kök	0,51	790	4535	9090	2375	2153	52	28	15,5
Sedir-İbre	0,98	940	5440	8463	3700	275	25	18	1,0
Sedir-Gövde	0,47	700	4250	7203	2078	490	28	21	3,8
Sedir-Kök	0,56	655	3970	12815	4370	1515	43	27	17,0

2.1.6. Mikorizal Karışımlar

Çalışmada Karışım-1 (K1) ve Karışım-2 (K2) olmak üzere iki preparat kullanılmıştır. Bu mikorizal karışımlar piyasada kolaylıkla bulunabilir ve ekonomik olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Karışım-1: Bu mikorizal preparat yapısında ektomikoriza ve arbusküler mikorizal mantarlar (RhizoMyco®[Novozymes]) ile birlikte köklenmeyi ve mantar gelişimini teşvik eden bileşenleri içermektedir (Çizelge 2.4 ve 2.5).

Çizelge 2.4. 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 2.5. 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 ise preparat yapısında sadece arbusküler mikorizal (RhizoMyx®[Novozymes]) mantarları, kök ve mantar gelişimini teşvik edici bileşenleri içermektedir (Çizelge 2.6 ve 2.7). Arbusküler mikorizalar sadece yıllık bitkilerle birliktelik kurmayıp Angiosperm ve Gymnosperm'lerle de birliktelik oluşturabilmektedirler (Smith ve Read 2008).

Çizelge 2.6. 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 2.7. 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

2.2. YÖNTEM

2.2.1. İnokulasyon, Tohum Ekimi ve Fidan Üretimi

Nisan 2012'de, her iki karışım için ayrı ayrı olmak üzere bir litre suya kullanılacak tohumun her bir kilosu için beş gram mikorizal karışım konarak çözelti oluşturulmuştur. Tohumlar beşer dakika bu çözeltilerin içinde bekletildikten sonra kuruması için çözeltiden çıkarılmıştır. Tohumlar kuruduktan sonra 11 x 28 cm (Saçlı Meşe) ve 8 x 24 cm (Karaçam ve Toros Sediri) boyutlarındaki naylon tüplere üçer adet tohum ekimi yapılmıştır. Ekimi takiben iki hafta içerisinde her işlem için ayrı ayrı olmak üzere bir litre suya bir gram mikorizal karışım konarak oluşturulan çözeltinin aynı işlemdeki fidanların tüplerine dökülerek aşılınmaya devam edilmiştir. Çimlenmelerin gerçekleşmesinden birkaç hafta sonra her tüpteki en sağlıklı fidan deneme materyali olarak bırakılmış ve diğer zayıf bireyler ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Bu aşamadan sonra fidanların yetiştirildiği tüplerdeki topraklarda nem kontrolleri sürekli yapılarak fidanların gelişmelerini tamamlamaları sağlanmıştır. Tüplerde ot kontrolü yapılmış fakat herhangi bir gübreleme yapılmamıştır.

Çalışma sahalarında kullanılacak Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe tohumlarının çimlenmelerinin ardından oluşan fidanlar arasında sadece Saçlı Meşe fidanları aynı yıl sahalara dikilebilecek boyuta gelmektedirler. Bu nedenle araziye götürülecek olan Karaçam ve Toros Sediri için yastıkta yetiştirilmiş (2010 yılı ekimi) iki yaşındaki fidanlar 11 x 28 cm boyutunda tüplere alınarak mikorizal mantar aşılması yapılmıştır.

Yastıklarda yetiştirilen iki yaşındaki Karaçam ve Toros Sediri fidanları tüplere alınmadan önce bir litre su içine on gram karışım konulmasıyla oluşturulan çözeltide yaklaşık beş dakika bekletildikten sonra fidanlar tüplere dikilmiştir. Dikimi takiben iki hafta içerisinde bir litre suya bir gram karışım konularak oluşturulan çözeltiler tüplere dökülmüştür. Yine bu tüplerdeki topraklarda nem kontrolleri sürekli yapılarak fidanların gelişmelerini tamamlamaları sağlanmıştır. Tüplerde ot kontrolü yapılmış fakat işlemin etkisini değiştirmemesi için herhangi bir gübreleme yapılmamıştır.

Fidanlık aşamasında fidanların kök boğazı çapı, toprak üstü fidan boyu, kök uzunluğu, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, fidan boyunun kök boğazı çapına oranı olan gürbüzlük indeksi, fidanların toprak üstü kuru ağırlıklarının kök kuru ağırlığına oranı olan katlılık, fidan kuru ağırlığının gürbüzlük ve

katlılığın toplamına oranı olan Dickson Kalite İndeksi (Dickson ve diğ. 1960), kök kuru ağırlığının fidanın kuru ağırlığına oranı olan kök yüzdesi, yaprak/ibre spesifik yüzey alanı ile mikorizal kolonizasyon oranlarının tespiti için her deneme ünitesinden 30 adet fidan rastgele seçilerek gerekli ölçümler yapılmıştır. Bu aşamada ölçümler için kullanılan fidan sayısı her tür (Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe) için 3 işlem (iki mikorizal karışım ve bir kontrol) x 30 adet fidan = 90'ar adettir.

2.2.2. Mikorizal Kolonizasyon Oranının Belirlenmesi

Farklı işlem görmüş örneklerle ait toplam ektomikorizalanma oranı bölünmüş kareler (gridline intersect) yöntemine göre hesaplanmıştır (Brundrett ve diğ. 1996). Bir cm²'lik karelere bölünmüş dokuz cm'lik bir petri kabına bir cm uzunluğunda kesilmiş kökler rasgele yerleştirilmiştir. Stereo mikroskop kullanılarak 15 büyütme ile karelere düşen kökler dikey ve yatay boyutta sayılarak kökler mikorizalı veya mikorizasız olarak kaydedilmiştir (Şekil 2.10).



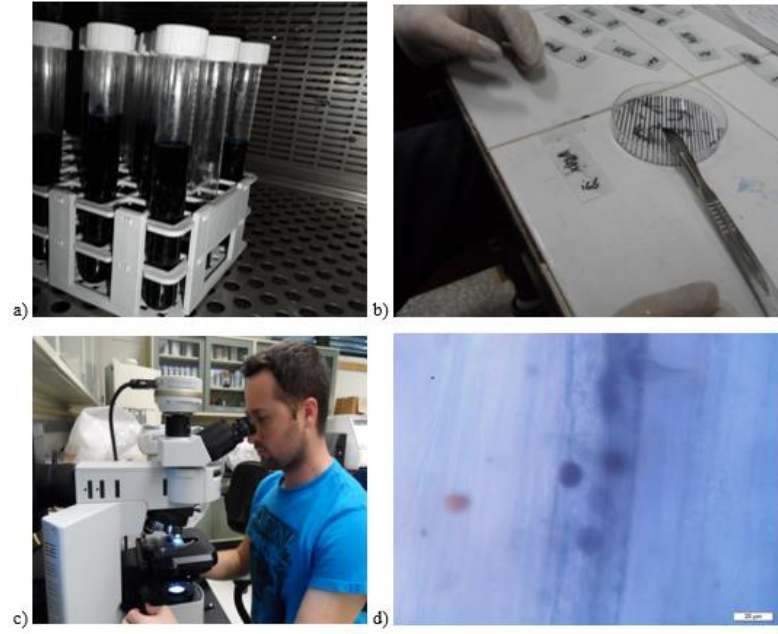
Şekil 2.10. Kökteki ektomikorizal oluşumlar (Foto: Bülent Toprak).

Arbusküller mikoriza için alınan kök örnekleri musluk suyu ile yavaşça yıkanarak üzerindeki toprak uzaklaştırılmıştır. Temizlenen kökler tüplere konularak kökleri kapsayacak şekilde % 10'luk KOH çözeltisi ilave edilmiş ve etüvde 90 °C'de bir saat bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan tüplerin içerisindeki KOH dökülerek tüpün içerisindeki kökler üç defa musluk suyu ile durulanmıştır. Daha sonra tüplerin içerisine çamaşır suyu konularak oda sıcaklığında kökler beyazlayıncaya kadar beklenmiştir. Kökler beyazladıktan sonra çamaşır suyu dökülmüş ve kökler üç defa musluk suyu ile durulanmıştır. Kökleri asitleştirmek için % 1'lik HCl tüplerin içerisine kökleri kapsayacak miktarda konulup 5 dakika beklenmiştir. Bu beklemenin ardından tüplerdeki % 1'lik HCl dökülmüş fakat durulanmamıştır. Daha sonra bu tüplere % 0,005 trypan blue çözeltisi (800 ml gliserin, 800 ml laktik asit, 800 ml saf su ve 1,2 g tripan mavisi)

konularak 90 °C’de 15 dakika etüvde bekletilmiştir. Kök boyandıktan sonra üç defa asitleştirilmiş musluk suyu ile durulanmıştır. Boyanmış olan kökler binoküler mikroskop altında incelenmiştir (Agely ve Ogram 2013, Brundrett ve diğ. 1996, Philips ve Hayman 1970, Utobo ve diğ. 2011). İnceleme için boyanan kökler petri kutusuna boşaltılmış ve pens yardımı ile lam üzerine yerleştirilmiştir. Her lam üzerine birer cm uzunluğundaki köklerden 10 tane yerleştirilmesinin ardından lamel kapatılmış ve daha sonra hazırlanan preparat binoküler mikroskop altında incelenmiştir (Giovanetti ve Mosse 1980, Şekil 2.11).

Örneklerin ektomikorizal ve arbusküler mikorizal kolonizasyon yüzdeleri, mikorizalı toplam kök sayısının incelenen toplam kök sayısına oranına (Denklem 2.1) göre hesaplanmıştır.

$$\text{Mikorizal Kolonizasyon Oranı (\%)} = \frac{\text{Mikorizalı Toplam Kök Sayısı}}{\text{İncelenen Toplam Kök Sayısı}} \quad (2.1)$$

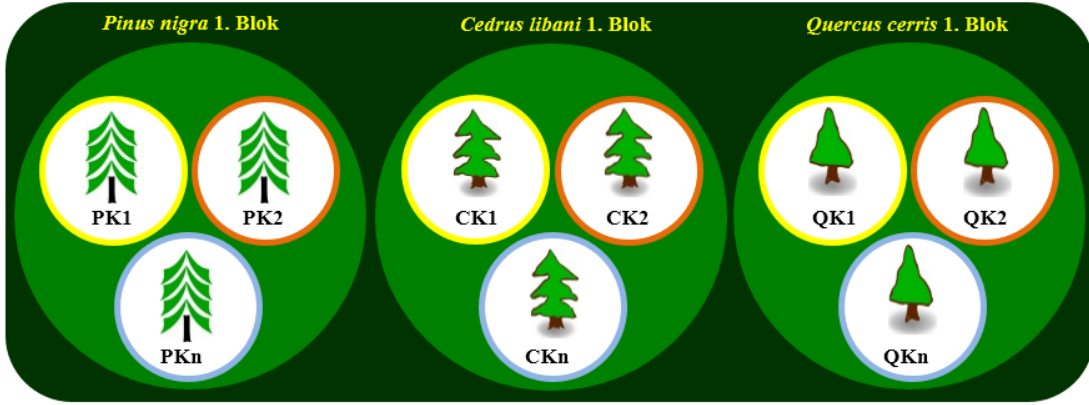


Şekil 2.11. a) Etüvdeki tripan mavisi ile boyanan köklerin bulunduğu tüpler b) Petri kutusundaki boyanmış köklerin parçalara ayrılıp lam üzerine yerleştirilmesi c) Mikroskopta incelenmesi d) Mikroskop görüntüsü.

2.2.3. Arazi Çalışması

Çalışma için kullanılan sahalara Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü’nün 2012-2013 yılında planlanan ağaçlandırma sahalardan seçildiğinden işletme tarafından 2012

yılıının yaz aylarında tam alanda makineli diri-örtü temizliği ve toprak işleme yapılmıştır. Fidan dikimleri 3 x 2 m dikim aralığı kullanılarak 2013 ilkbaharda çukur dikimi olarak gerçekleştirilmiştir. Her tür için üç blokta oluşturulan toplam dokuz adet deneme ünitesi bulunmaktadır. Her deneme ünitesine 40 fidan dikildiğinden, denemede her tür için sahalara toplam 360 adet fidan dikilmiştir. Deneme üniteleri arasında üçer metre tampon bölge bırakılmıştır (Şekil 2.12).



Şekil. 2.12. Bir sahada üç tür için de ayrı ayrı oluşturulan bloklar ve deneme üniteleri.

(P: Karaçam (*Pinus nigra*), C: Toros Sediri (*Cedrus libani*), Q: Saçlı Meşe (*Quercus cerris*), K1: Karışım1 ve K2: Karışım2, Kn: Kontrol)

2.2.4. Analizler

Fidanlık aşamasında 2012 Temmuz ayında her işlem için 30 adet fidan ölçümler için laboratuvara taşınmıştır. Sağlıklı ibre ve yapraklardan örnekler alınarak yüzey alanları yaprak yüzey alanı ölçer (ADC Area Meter AM 300) ile taranmış ve taranan alanlara ait örneklerin kuru ağırlıklarının hassas terazide tartılması ile spesifik yaprak/ibre yüzey alanları $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Yildiz ve diğ. 2010). Fırın kurusu (65°C 'de 48 saat) hale getirilmiş ibre ve yaprak örnekleri öğütülerek besin analizleri yapılmıştır. Daha sonra 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 çapları 0,001 mm duyarlıkta dijital çap ölçer (Mitutoyo absolute digimatic caliper) ile mm olarak belirlenmiştir. Fidanların boy ölçümleri ± 1 mm duyarlıktaki metre yardımıyla yapıldıktan sonra kök boğazlarından kesilerek kök ve gövdelerinin yaş ağırlıkları $\pm 0,001$ g duyarlılıktaki hassas terazide tartılarak kaydedilmiştir. Biyokütle hesabı için fidanlar kurutma fırınlarında 65°C 'de sabit ağırlığa gelene kadar yaklaşık 48 saat kurutulduktan sonra toprak altı ve toprak üstü

kısımlarının ağırlıkları ayrı ayrı tartılmıştır. Ayrıca fidanların toprak üstü kuru ağırlıklarının kök kuru ağırlığına oranı olan katlılık, kök kuru ağırlığının fidan kuru ağırlığına oranı olan kök yüzdesi, fidan boyunun kök boğazı çapına oranı olan gürbüzlük göstergesi ile birlikte fidan kuru ağırlığının gürbüzlük ve katlılığın toplamına oranı olan Dickson Kalite göstergesi hesaplanarak fidanların morfolojik özellikleri belirlenmiştir (Dickson ve diğ. 1960).

Sahalara dikilen fidanlardan da temmuz ortasında yaprak ve ibre örnekleri alınmıştır. Yaprak ve ibre örnekleri için yaşlı ve henüz tam gelişimini tamamlamamış uç sürgünlerden örnekleme yapılmamıştır. Yaprak ve ibre örnekleme için sağlıklı bireylerin farklı yönlerinden yeteri kadar ve fidana da zarar vermeyecek miktarda örnekler alınıp plastik torbalarda laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvara getirilen yaprak ve ibre örneklerinde de yaprak/ibre spesifik yüzey alanı belirlenerek makro ve mikro besin elementi analizleri yapılmıştır (Yıldız ve diğ. 2010).

Araziye dikimlerini takip eden üç yıl boyunca büyüme dönemleri sonunda fidanların yaşama oranlarının belirlenmesi ile birlikte çapları 0,001 mm duyarlılıkta dijital çap ölçer (Mitutoyo absolute digimatic caliper) ve boy ölçümleri ± 1 mm duyarlılıktaki metre yardımıyla ölçülmüştür. Ayrıca üçüncü büyüme sezonu sonundaki nispi çap ve boy artımları da aşağıdaki denklem 2.2. ve 2.3.'e göre hesaplanmıştır (Hunt 1990).

$$N\dot{C}A = \frac{\ln KBC_2 - \ln KBC_1}{t} \quad (2.2)$$

N $\dot{C}A$: Nispi çap artımı (mm mm⁻¹ yıl⁻¹)

KBC₁: Dikim anındaki kök boğazı çapı (mm)

KBC₂: Üçüncü yılın sonundaki kök boğazı çapı (mm)

t: Ölçümler arasında geçen süre (yıl)

$$NBA = \frac{\ln T\ddot{U}FB_2 - \ln T\ddot{U}FB_1}{t} \quad (2.3)$$

NBA: Nispi boy artımı (cm cm⁻¹ yıl⁻¹)

T $\ddot{U}FB_1$: Dikim anındaki toprak üstü fidan boyu (cm)

T $\ddot{U}FB_2$: Üçüncü yılın sonundaki toprak üstü fidan boyu (cm)

t: Ölçümler arasında geçen süre (yıl)

Çalışmanın başlangıcında, her bir örnek alandan birer adet toprak çukuru açılarak toprak horizonları belirlenmiştir. Toprağın hacim ağırlığını belirlemek için her horizonun orta kısmından bozulmamış toprak örneği ile birlikte fiziksel ve kimyasal analizler için aynı yerden bir set toprak örneği daha alınarak laboratuvara getirilmiştir (Şekil 2.13). Ayrıca dikimden üç yıl sonra toprak analizleri için her bir deneme ünitesinde yerleri rastgele yöntem ile seçilen beş ayrı noktanın ilk 20 cm'sinden toprak örnekleri alınarak laboratuvara getirilmiştir.



Şekil. 2.13. Toprak çukuru.

Hacim ağırlığı için alınan toprak örnekleri fırınlarda 105 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar yaklaşık bir gün kurutularak toprağın hacim ağırlığı hesaplanmıştır. Diğer toprak örnekleri yaklaşık iki hafta hava kurusu hale gelene kadar kurutulduktan sonra porselen havanlarda kesikleri parçalanarak iki mm gözeneğe sahip eleklerle elenip analizlere hazır hale getirilmiş ve iskelet oranları belirlenmiştir. Tanecik bileşimi Bouyoucos hidrometre yöntemine göre yapıldıktan sonra uluslararası üçgenden toprak türleri belirlenmiştir (Irmak 1954). Tarla kapasitesi (33 kPa) ve solma noktasındaki (1500 kPa) rutubet içerikleri (%) “basınç tablalı toprak nemi tayin cihazı”nda belirlendikten sonra bitkiler için yararlanılabilir suyun sınır değerleri (%) hesaplanmıştır (Çepel 1985). Toprak tepkimesi için örnekler 1:2,5 oranında saf suyla ıslatılıp bir gece bekletildikten sonra cam elektrotlu pH metre ile ölçüm yapılmıştır (Thomas 1996). Toplam kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Gülçur 1974). Tuzluluk seviyesinin dolaylı olarak belirlenmesi için suyla doyrulmuş topraktan elde edilen çözeltinin 25 °C’deki elektrik iletkenliği (EC) dS m^{-1} olarak belirlenmiştir (Jackson 1962). Toprakta bulunan C

miktarı kuru yakma yöntemi ile (Thermo Scientific Flash 2000, Nelson ve Sommers 1996) toplam N miktarı sömi-mikro Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Bremner 1996, Kjeltex Auto 1030 Analyzer). Alınabilir P miktarı pH durumuna göre Olsen veya Bray Kurtz yöntemine göre spectronik kolorimetre ile belirlenmiştir (Shimadzu UV-1800, Kuo 1996). Değişebilir katyonlardan K için hava kurusu 5 gram toprak örneği Ca ve Mg için ise 10 gram toprak örneği amonyum asetat ile tepkimeye sokularak çözeltiler elde edilmiştir. Daha sonra bu çözeltilerin Ca ve Mg değerleri Perkin-Elmer 3110 Atomic Absorption Spectrometer'de okunarak, K değeri ise Jenway Flame Photometer'de okunarak belirlenmiştir (Helmke ve Sparks 1996, Suarez 1996). Toprağın katyon değişim kapasitesi (KDK) değeri 5 g hava kurusu toprak örneğinin NH₄OAc ile tepkimeye sokulmasıyla (extraction) belirlenmiştir (Sumner ve Miller, 1996). Organik madde TS 8336 (Walkley-Black); demir, bakır, çinko ve mangan TS ISO 14870 ICP-OES (DTPA) metoduna göre analiz edilmiştir. Sahalara ait toprak analizleri Çizelge 2.8 ve 2.9'da verilmiştir.



Çizelge 2.8. Dikim öncesi toprakların bazı fiziksel özellikleri

Saha	Horizon	Derinlik (cm)	Toprak Türü	İskelet oranı (% ağırlık)	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	Tarla kapasitesindeki hacimsel nem oranı (%)	Solma noktasındaki hacimsel nem oranı (%)
Taşoluk	A	0-14	Balçık	24	1,13	18	11
Taşoluk	B	14-40	Kumlu Killi Balçık	23	1,32	17	8
Taşoluk	BC	40-55	Killi Balçık	15	1,62	17	8
Taşoluk	Cv	55+	Kumlu Killi Balçık	17	1,70	16	7
Sobran	A	0-8	Kil	36	1,15	37	29
Sobran	B	8-20	Kil	6	1,13	50	40
Sobran	Cv	20+	Kil	7	1,28	58	46
Mihalıççık	Ah	0-7	Killi Balçık	13	1,48	19	13
Mihalıççık	B	7-30	Tozlu Kil	12	1,66	20	14
Mihalıççık	BC	30-110	Killi Balçık	17	1,74	17	10

Çizelge 2.9. Dikim yapılan sahalardaki toprakların kimyasal özellikleri

Blök Adı	Horizon	Derinlik (cm)	pH	Toplam kireç (%)	Tuzluluk EC (dSm ⁻¹)	Organik C (%)	Toplam N (%)	P (mg kg ⁻¹)	Ca ⁺⁺ (mg kg ⁻¹)	Mg ⁺⁺ (mg kg ⁻¹)	Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mg kg ⁻¹)	K.D.K. (Cmol _c kg ⁻¹ toprak)
Taşoluk	A	0-14	6,66	0,04	0,13	2,36	0,19	10	1950	176	4,6	246	15
Taşoluk	B	14-40	5,66	0,04	0,03	0,83	0,08	3,5	872	121	9,2	121	9
Taşoluk	BC	40-55	5,72	0,04	0,04	0,52	0,07	3,1	738	116	2,3	78	8
Taşoluk	Cv	55+	5,68	0,04	0,03	0,37	0,04	3,1	606	113	6,9	62	7
Sobran	A	0-8	6,78	0,08	0,13	4,24	0,41	4,4	2894	1306	20,7	659	41
Sobran	B	8-20	6,87	0,08	0,09	1,54	0,17	3,1	3902	1945	34,5	503	55
Sobran	Cv	20+	7,15	0,08	0,11	1,09	0,14	3,1	4340	2184	55,2	464	62
Mihalıççık	Ah	0-7	7,39	2	0,17	1,03	0,11	8	36600	5988	379,5	3190	31
Mihalıççık	B	7-30	7,70	1,1	0,17	0,78	0,10	6,1	37800	3708	400,2	2281	29
Mihalıççık	BC	30-110	7,88	1,6	0,18	0,22	0,04	3,3	30000	3444	400,2	1349	21

Her deneme ünitesinde fidanların kök bölgesinin yaklaşık 20 cm ve bir metre uzağından dört yönden toprağın ilk 30 cm'sindeki nem içeriği TDR (Time Domain Reflectometry, Soil Moisture Equipment Corp., 6050x3K5B MiniTrase Kit) aleti kullanılarak ilkbahar ve yaz aylarında ölçülmüştür (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. TDR (Time Domain Reflectometry) aleti ile toprak nemi ölçümü.

İkinci vejetasyon döneminden itibaren her deneme ünitesinde yerleri rastgele yöntemle belirlenen beş noktadaki fidanların rizosfer bölgesinde yaklaşık 6-7 cm derinliğine 10 gram anyon katyon karışık reçine içeren reçine torbaları yerleştirilerek sahalardaki bazı anyon ve katyon miktarları karşılaştırılmıştır.

Reçine torbalarının hazırlanmasında anyon ve katyon tutucu reçine (Purolite® MB400 Mixed-Bed Resin) ve diz altı kadın çorabı kullanılmıştır (Şekil 2.15).



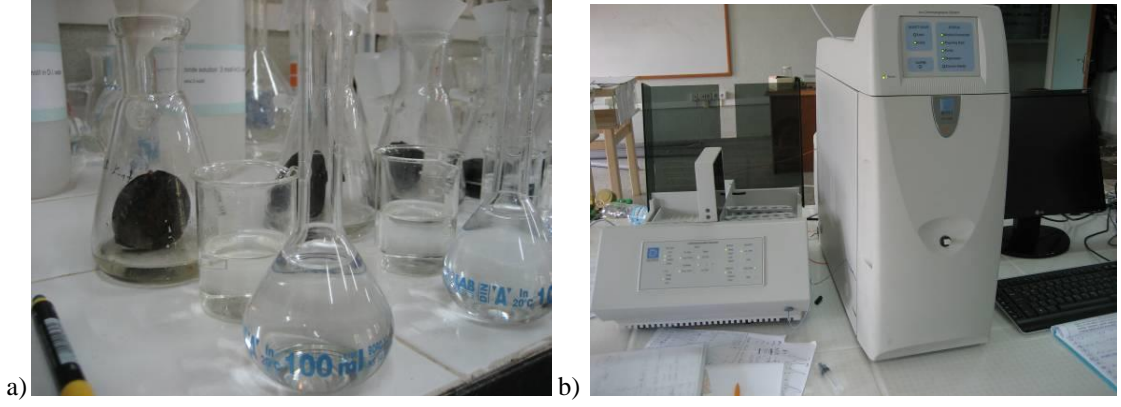
Şekil 2.15. Anyon ve katyon karışık reçine torbalarının hazırlanışı.

Reçine torbalarının sahalara yerleştirilmesi ve toplanması nisan ayı ile toprakta su noksanlığının başladığı haziran ayı arasındaki dönemde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.16). Toplamda 27 deneme ünitesi x 5 nokta olmak üzere yılda toplam 135 torba kullanılmıştır. Araziden alınan reçine torbaları buzluklarda laboratuvara getirilerek analiz yapılincaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiş ve iyon kromatografide anyon ve katyon analizleri yapılmıştır (Hart ve diğ. 1986, Binkley ve Matson 1983, Toprak 2011, Yıldız ve diğ. 2011).



Şekil 2.16. Anyon ve katyon karışık reçine torbalarının araziye yerleştirilmesi

Araziden getirilen anyon-katyon tutucu reçineler 100 ml'lik 2 M KCl çözeltisinde bir saat çalkalanmıştır. Çalkalama işlemi bittikten sonra bir saat bekletilen çözeltiler filtre kağıdı (Macherey-Nagel, MN 640 m. Ø 125 mm) yardımıyla süzülerek analiz için çözelti elde edilmiştir (Binkley ve Matson 1983, Binkley 1984, Toprak 2011, Yıldız ve diğ. 2011, Şekil 2.17). Katyon analizi için K pikinin çok büyük çıkmasından dolayı Na^+ , NH_4^+ ve Li^+ piklerini örttüğü, anyon analizi için ise Cl^- pikinin çok büyük çıkmasından dolayı NO_2^- , F^- ve NO_3^- piklerinin doğru okunmasını engellediği için elde edilen çözelti katyonlar için 50, anyonlar için 20 kat seyreltilerek iyon kromatografide analiz edilmiştir. Anyon analizinde 20 kat seyreltme sonucunda Cl^- pikinin, NO_2^- okumasının gerçekleşeceği alanı örttüğü saptanmıştır. NO_2^- okumasının yapılabilmesi için analiz edilecek çözeltinin 10 bin kat seyreltilmesi gerektiğinden dolayı okuma yapılamamıştır.



Şekil 2.17. a) Reçine torbalarının analize hazırlanması b) İyon kromatografisi.

2.3. İSTATİSTİKİ ANALİZLER

Fidanlık aşamasındaki veriler her tür ayrı ayrı tesadüfi parseller deneme desenine göre analiz edilmiştir. Araziden elde edilen verilere ait analizler ise rastgele blok deseninde tekrarlı ölçümler kullanılarak yapılmıştır. 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. Bazı değişkenlerin arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Fidanların kök boğazı çapları ile diğer ölçülen fidan değişkenleri arasında çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Bütün istatistiki analizler için SAS (Statistical Analysis Software 1996) programından yararlanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. FİDANLIK AŞAMASI

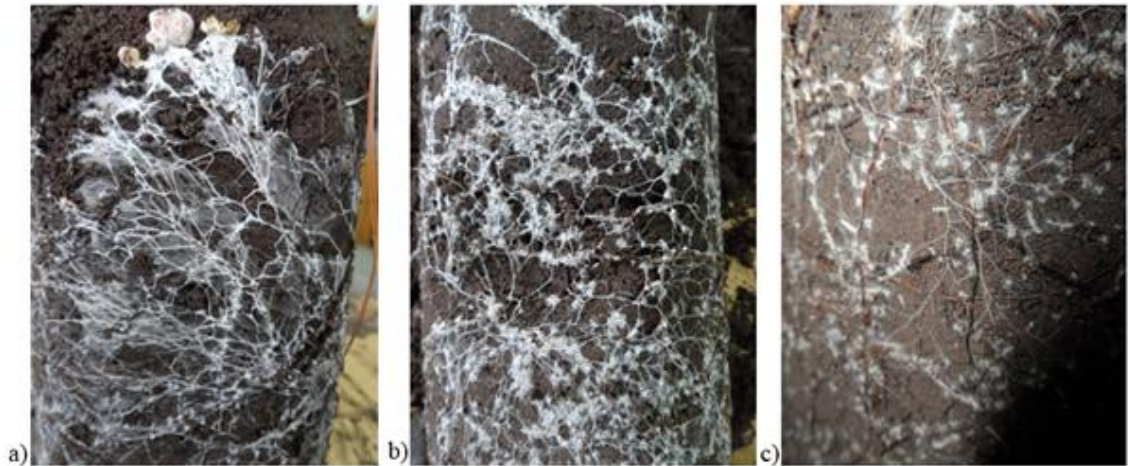
3.1.1. Mikorizal Kolonizasyon

Nisan 2012’de mikorizal karışımlar Karaçam, Saçlı Meşe ve Toros Sediri’ne uygulanmış ve mikorizal mantar aşılması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Karaçam, Saçlı Meşe ve Toros Sediri fidanlarında mikorizal karışımların uygulandığı (K1-K2) ve uygulanmadığı kontrol (Kn) ünitelerdeki ektomikorizal (sırasıyla *P-değerleri* <0,0001; <0,0001; 0,0002) ve arbusküler mikorizal (*P-değeri* <0,0001) kolonizasyon oranlarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizege 3.1; Şekil 3.1, 3.2, 3.3).

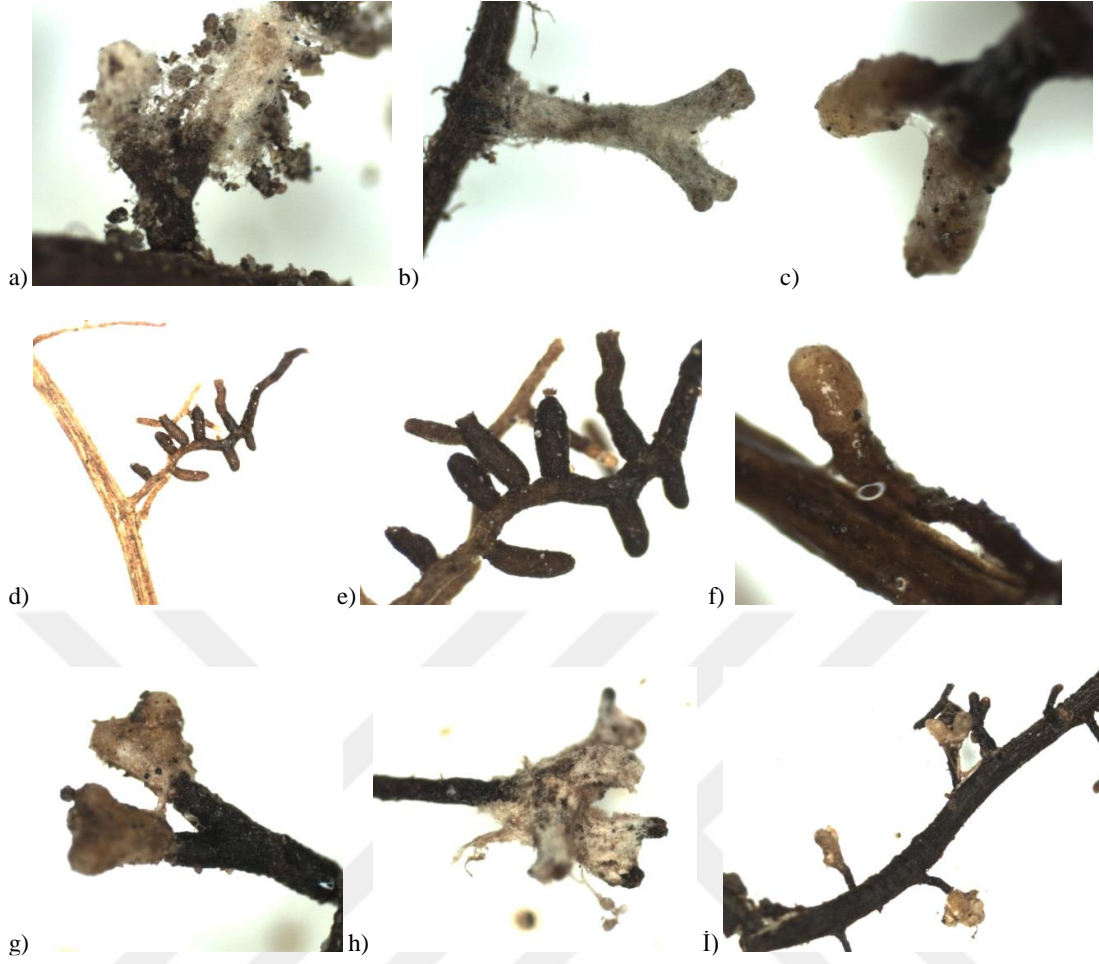
Çizelge 3.1. Mikorizal enfeksiyon oranları.

İşlem	Ağaç Türü	Ektomikoriza (%)	Arbusküler Mikoriza (%)
K1	Karaçam	86±4 a	4±1 b
	Saçlı Meşe	81±3 a	4±1 b
	Toros Sediri	13±2 a	12±2 b
K2	Karaçam	12±1 b	44±2 a
	Saçlı Meşe	8±2 b	37±2 a
	Toros Sediri	0 b	40±3 a
Kn	Karaçam	12±1 b	0 b
	Saçlı Meşe	10±1 b	0 b
	Toros Sediri	0 b	0 c

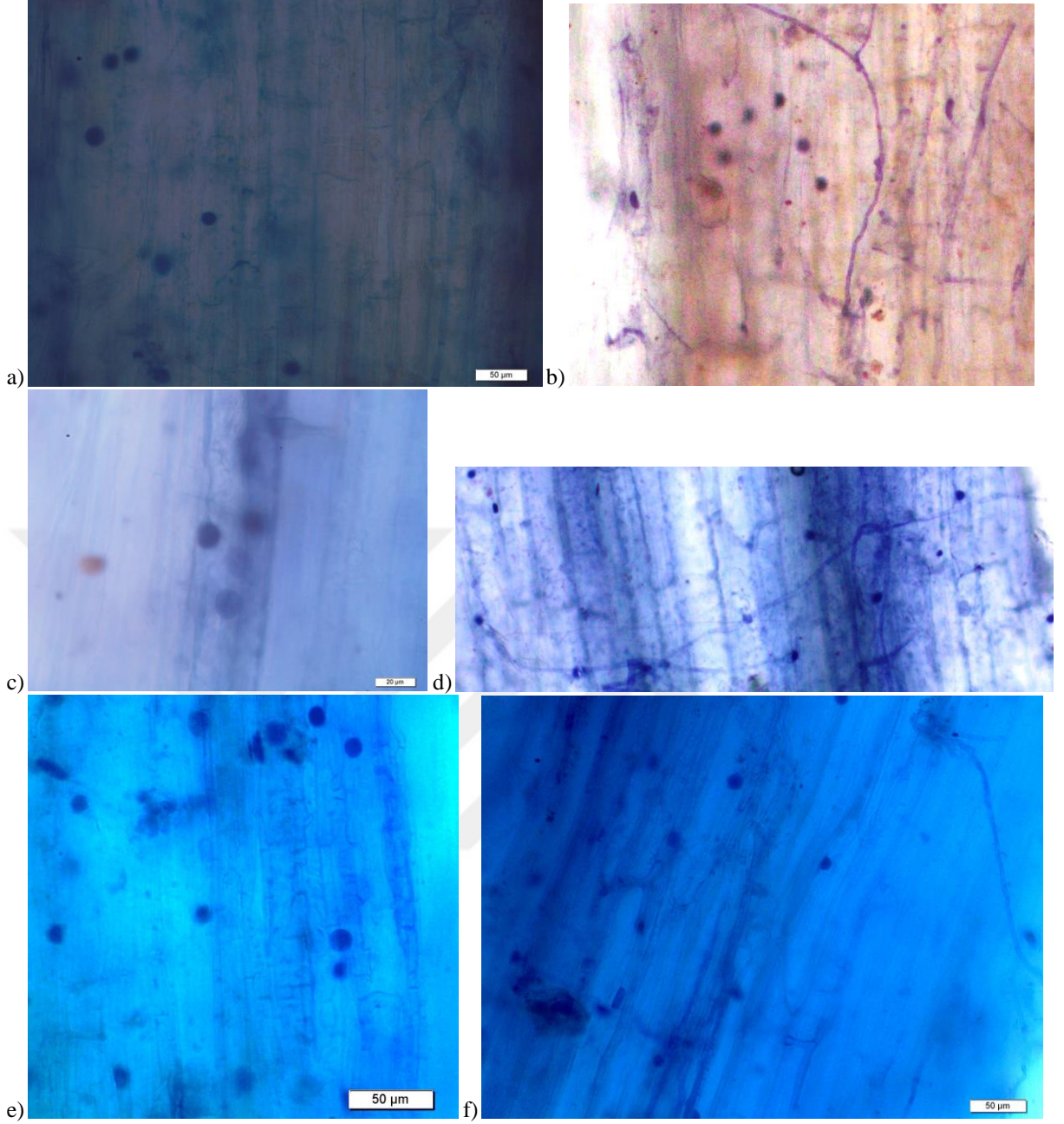
Not: Her tür için aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.



Şekil 3.1. a-b-c) Rizosferdeki miselyum (Foto: Bülent Toprak).

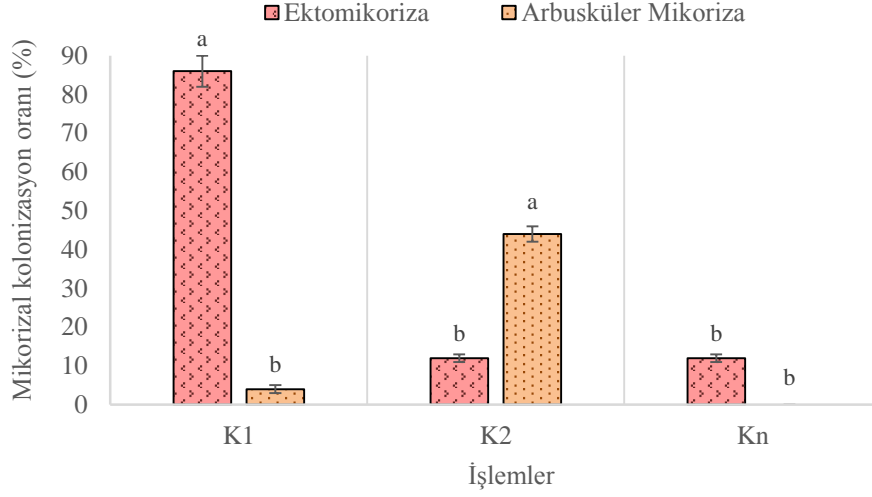


Şekil 3.2. a-b-c) Karaçam d-e-f) Saçlı Meşe ve g-h-i) Toros Sediri'nin köklerindeki ektomikorizal yapılar (Foto: Bülent Toprak).



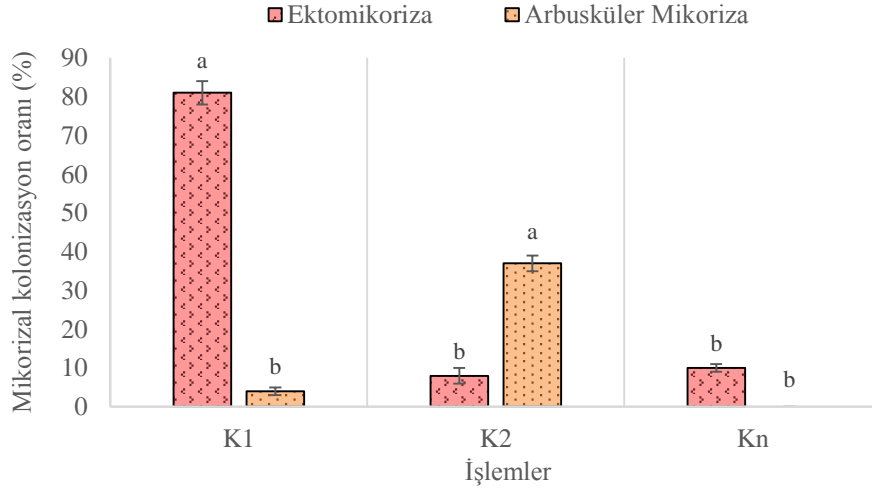
Şekil 3.3. a-b) Karaçam c-d) Saçlı Meşe ve e-f) Toros Sediri'nin köklerindeki arbusküler mikorizal yapılar (Foto: Bülent Toprak).

Karaçam fidanlarında ektomikorizal kolonizasyon oranı K1 ünitesinde K2 ve Kn ünitelerine göre yaklaşık yedi kat daha fazladır. K2 ünitesinde K1 ünitesine göre yaklaşık 11 kat daha fazla arbusküler mikorizal kolonizasyon oranı tespit edilmiştir (Şekil 3.4).



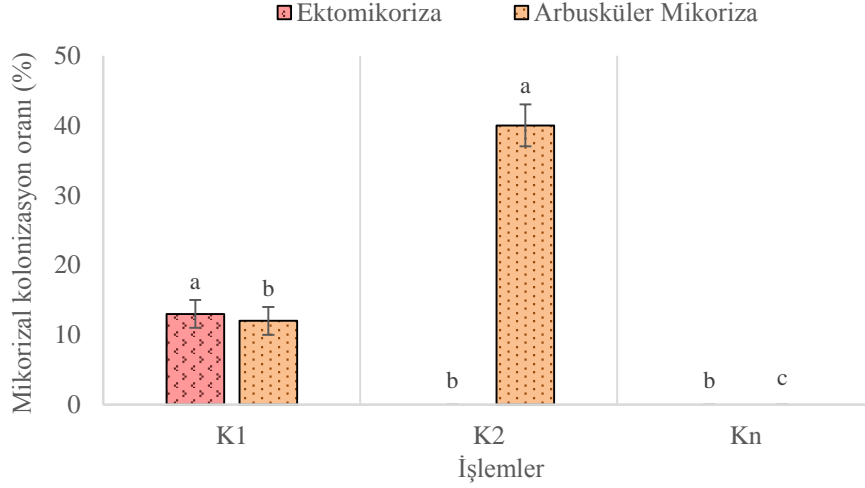
Şekil 3.4. Karaçam fidanlarının mikorizal kolonizasyon oranı.

Meşe fidanlarında ektomikorizal kolonizasyon oranı K1 ünitesinde K2 ve Kn ünitelerine göre sırasıyla yaklaşık 10 ve 8 kat fazladır. K2 ünitesinde K1 ünitesine göre yaklaşık 9 kat fazla arbusküler mikorizal kolonizasyon oranı tespit edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Saçlı Meşe fidanlarının mikorizal kolonizasyon oranı.

Sedir için K1 ünitesinde % 13 oranında ektomikorizal kolonizasyon oranı hesaplanmıştır. K2 ünitesinde K1 ünitesine göre yaklaşık üç kat daha fazla arbusküler mikorizal kolonizasyon oranı tespit edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Toros Sediri fidanlarının mikorizal kolonizasyon oranı.

3.1.2. Fidanların Gelişimi

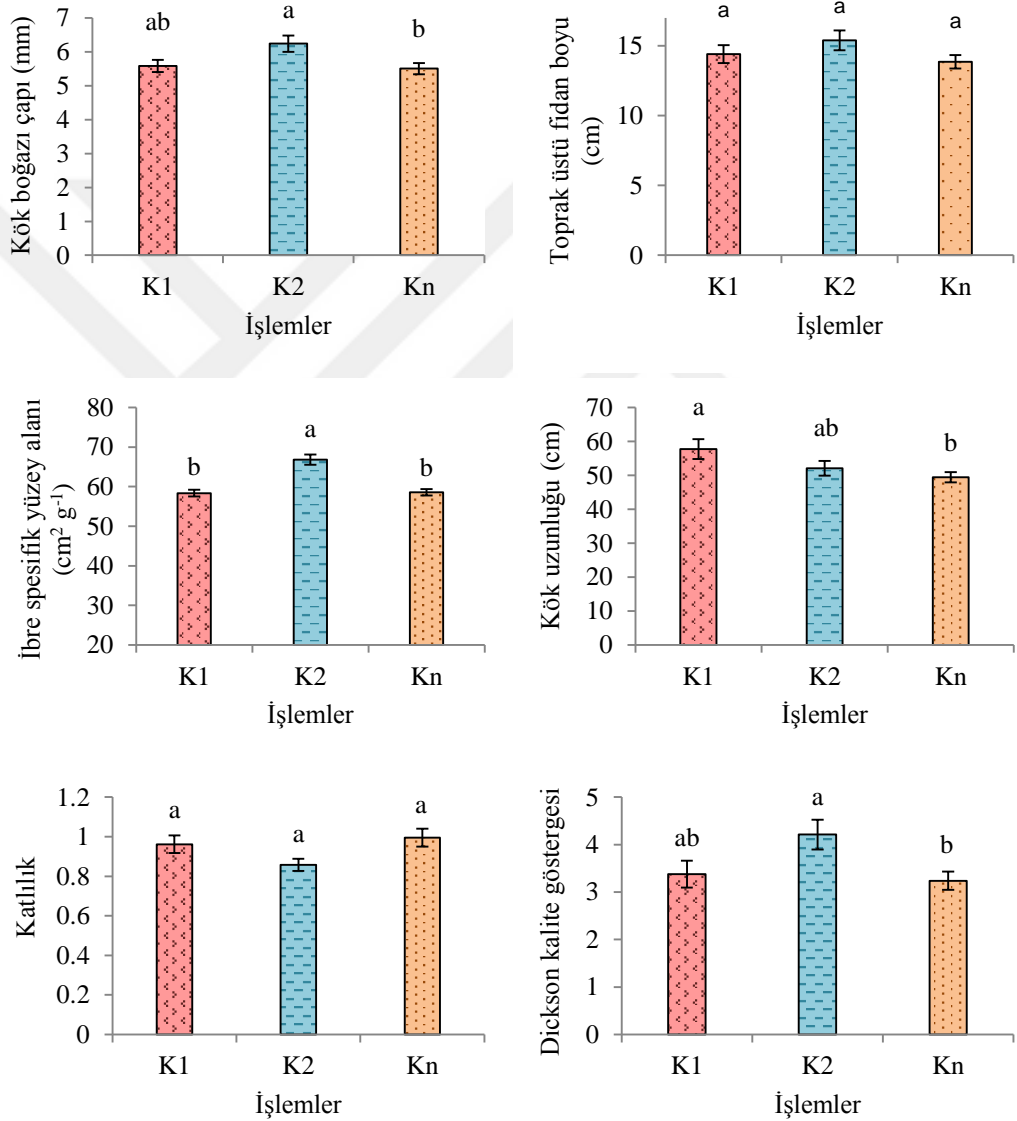
3.1.2.1. Mikorizal İşlemlerin Karaçam Fidanlarının Büyümesine Etkisi

Mikoriza aşılmasının Karaçam fidanlarının çap artımını, ibre spesifik yüzey alanlarını, kök uzunluklarını ve Dickson kalite göstergelerini etkilediği ortaya çıkmıştır (*P*-değerleri sırasıyla 0,0240; <0,0001; 0,0383; 0,0388). En fazla çap, ibre yüzey alanı ve Dickson kalite göstergesi değerleri K2 işleminin uygulandığı fidanlarda; en fazla kök uzunluğu ise K1 işleminin uygulandığı fidanlarda tespit edilmiştir (Şekil 3.7).



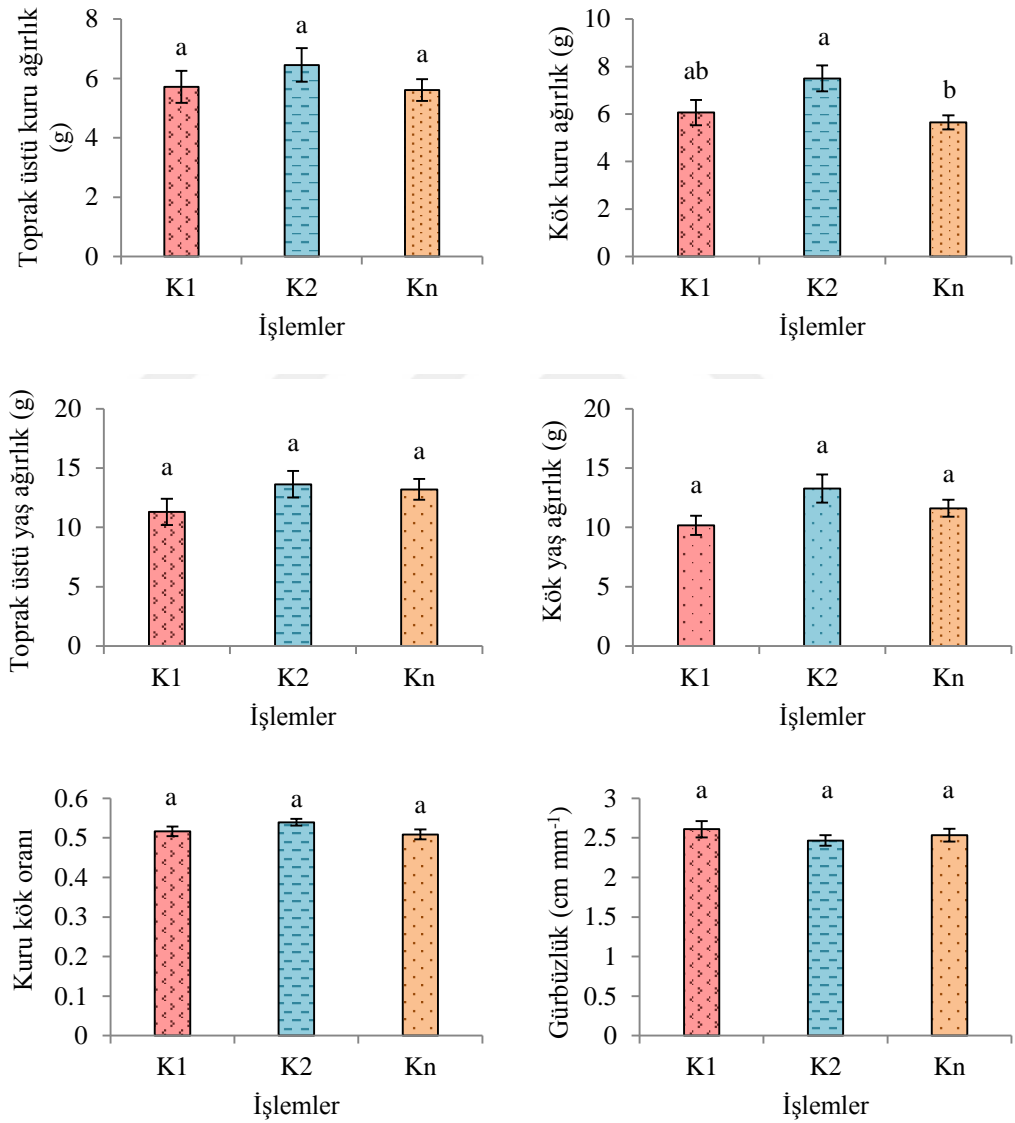
Şekil 3.7. K1 (solda), K2 (ortada) işleminin uygulandığı ve mikoriza uygulamasının yapılmadığı (sağda) Karaçam fidanları (Foto: Bülent Toprak).

K2 ünitesindeki fidanların çaplarının Kn ünitesindekilere göre yaklaşık % 19 daha kalın; K2 ünitesindeki ibre spesifik yüzey alanlarının K1 ve Kn ünitelerindekine göre yaklaşık % 16 daha büyük; K1 ünitesindeki fidanların köklerinin Kn ünitesindekilere göre yaklaşık % 16 daha uzun; K2 ünitesindeki fidanların DKİ'sinin Kn ünitesindekine göre yaklaşık % 30 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İşlem farkı olmaksızın, Karaçam fidanlarının toprak üstü fidan boyunun ortalaması 15 cm ve katlılık ortalaması ise 1 g olarak belirlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Farklı mikorizal işlem görmüş Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı, toprak üstü fidan boyu, ibre spesifik yüzey alanı, kök uzunluğu, katlılık ve Dickson kalite göstergesi ortalamaları ± standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

Mikoriza aşılmasının Karaçam fidanlarının kök kuru ağırlıklarını etkilediği belirlenmiştir (P -değeri=0,0307). En fazla kök kuru ağırlıkları K2 işlemindeki fidanlarda tespit edilmiştir. K2 ünitesindeki fidanların kök kuru ağırlıklarının Kn ünitesindekilere göre yaklaşık % 33 daha ağır oldukları belirlenmiştir. İşlem farkı olmaksızın, Karaçam fidanlarının toprak üstü kuru ağırlıklarının ortalamasının 6 g; toprak üstü yaş ağırlıkları ortalamasının 13 g; kök yaş ağırlıkları ortalamasının 12 g; kuru kök oranı ortalamasının % 52 ve gürbüzlük göstergesi ortalamasının ise 2,5 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Farklı mikorizal işlem görmüş Karaçam fidanlarının toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, kuru kök oranı ve gürbüzlük göstergesi ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

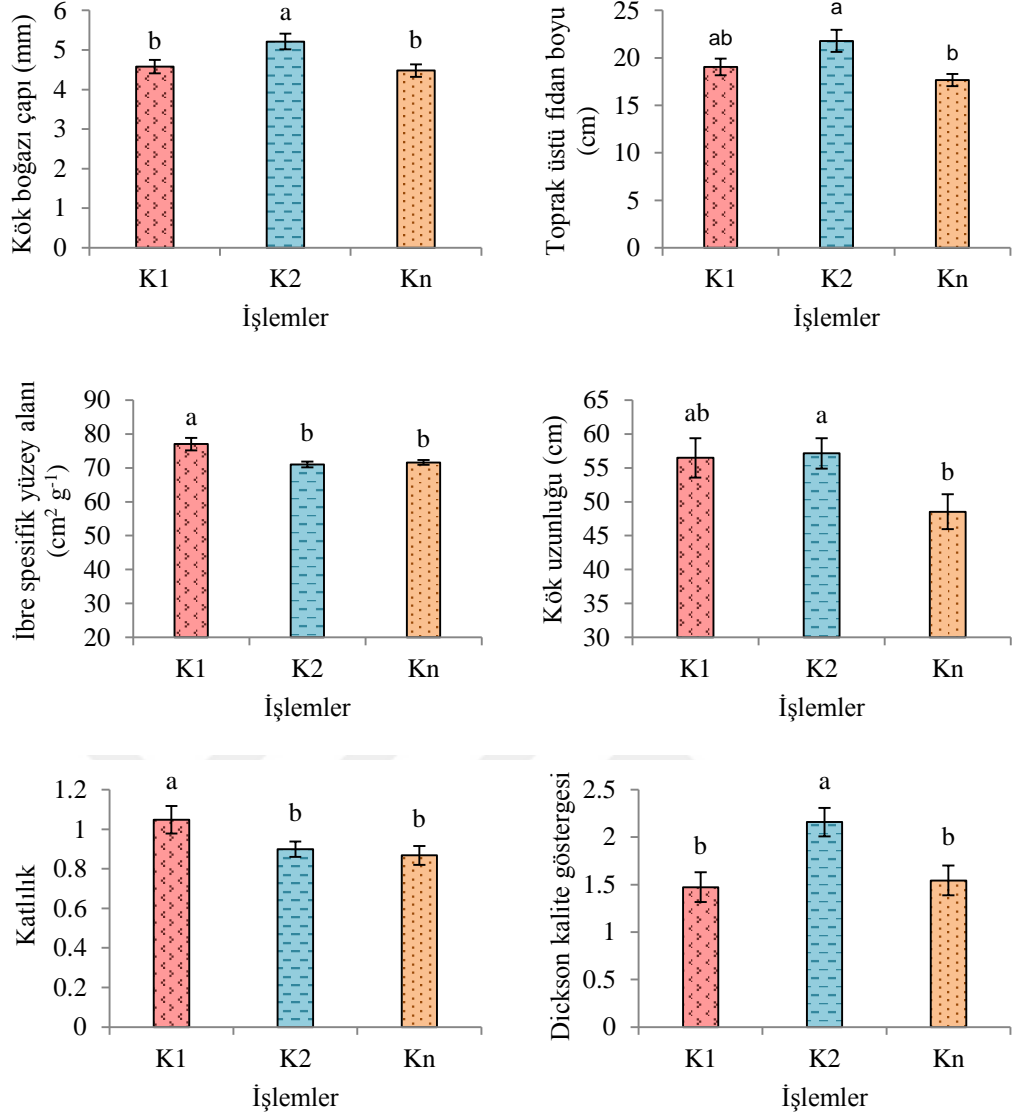
3.1.2.2. Mikorizal İşlemlerin Toros Sediri Fidanlarının Büyümesine Etkisi

Mikoriza aşılmasının sedir fidanlarının çap artımını, boy büyümesini, ibre spesifik yüzey alanlarını, kök uzunluklarını, katlılık oranlarını ve Dickson kalite göstergelerini etkilediği ortaya çıkmıştır (*P*-değerleri sırasıyla 0,0104; 0,0148; 0,0009; 0,0434; 0,0488; 0,0032). En fazla çap, boy, kök uzunluğu ve Dickson kalite göstergesi değerleri K2 işleminin uygulandığı fidanlarda; en fazla ibre spesifik yüzey alanı ve katlılık değeri ise K1 işleminin uygulandığı fidanlarda tespit edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. K1 (solda), K2 (ortada) işleminin uygulandığı ve mikoriza uygulamasının yapılmadığı (sağda) Toros Sediri fidanları (Foto: Bülent Toprak).

K2 ünitesindeki fidan çaplarının Kn ve K1 ünitesindeki fidanlardan sırasıyla yaklaşık % 17 ve 14 daha kalın; K2 ünitesindeki ortalama fidan boyunun Kn ünitesindekilerden yaklaşık % 23 daha uzun; K1 ünitesindeki fidanların ibre spesifik yüzey alanlarının K2 ve Kn ünitelerindekinden yaklaşık % 8 daha geniş; K2 işlemindeki fidanların köklerinin Kn ünitesindekilerden % 18 daha uzun; K1 ünitesindeki fidanların katlılık ortalamasının Kn ve K2 ünitelerindekinden sırasıyla yaklaşık olarak % 21 ve 17 daha fazla; K2 ünitesindeki fidanların Dickson kalite göstergesi ortalamasının K1 ve Kn ünitelerindekinden sırasıyla yaklaşık olarak % 47 ve 40 daha büyük olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.11).

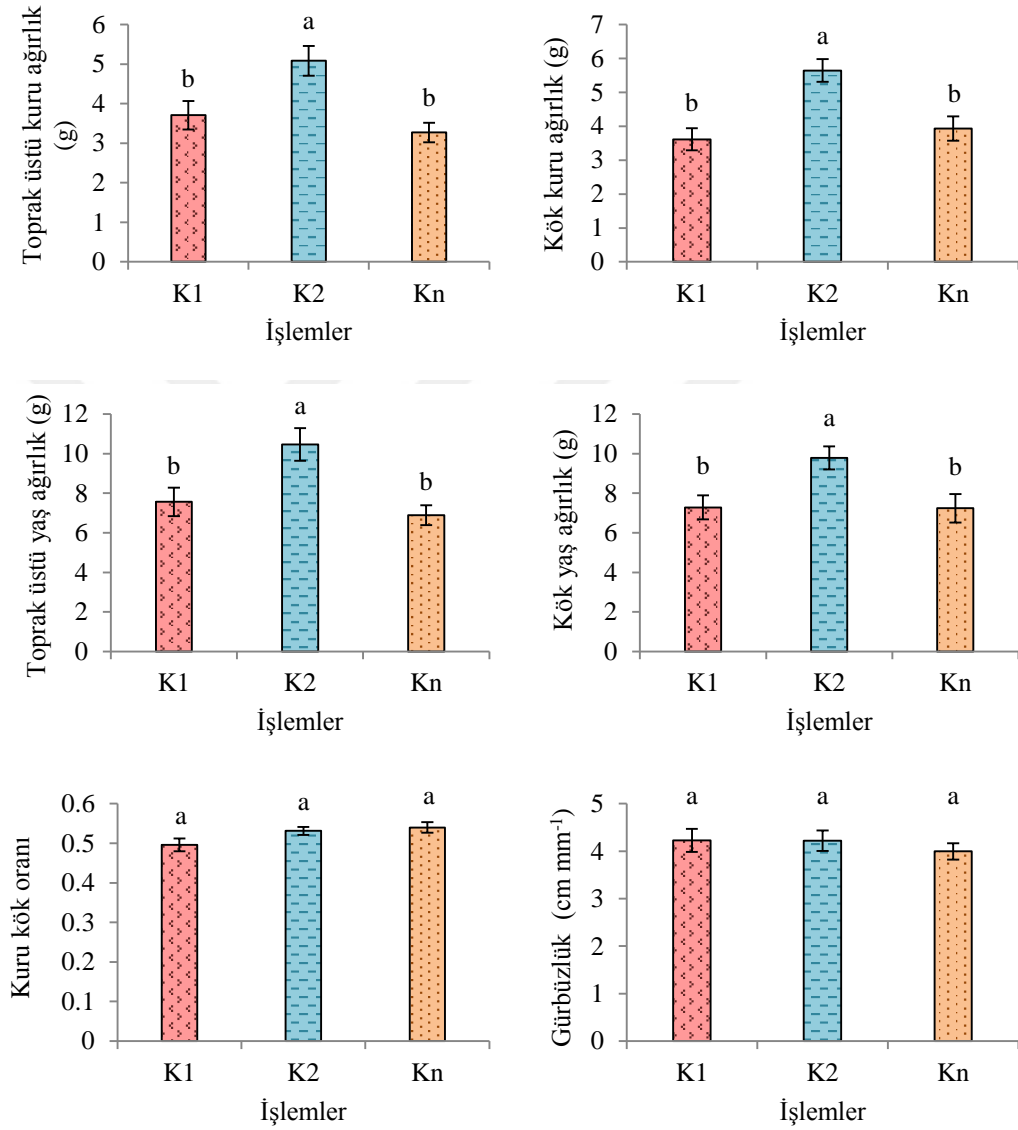


Şekil 3.11. Farklı mikorizal işlem görmüş Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı, toprak üstü fidan boyu, ibre spesifik yüzey alanı, kök uzunluğu, katlılık ve Dickson kalite göstergesi ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

Mikoriza aşılmasının sedir fidanlarının toprak üstü ve kök kuru ağırlıkları ile birlikte toprak üstü ve kök yaş ağırlıklarını etkilediği belirlenmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0010; 0,0001; 0,0022; 0,0051). Toprak üstü ve kök kuru ağırlıkları ile birlikte toprak üstü ve kök yaş ağırlıkları en yüksek K2 işleminin uygulandığı fidanlarda tespit edilmiştir.

K2 ünitesindeki fidanların toprak üstü kuru ağırlıkları Kn ve K1 ünitelerindekinden sırasıyla yaklaşık % 55 ve 37; K2 ünitesindeki fidanların kök kuru ağırlıklarının K1 ve Kn ünitelerindekinden sırasıyla yaklaşık % 56 ve 44; K2 ünitesindeki fidanların toprak

üstü yaş ağırlık ortalamalarının Kn ve K1 ünitelerinde sırasıyla yaklaşık % 52 ve 38; K2 ünitesindeki fidanların köklerinin yaş ağırlık ortalamalarının Kn ve K1 ünitelerinde sırasıyla yaklaşık % 35 ve 34 daha fazla oldukları belirlenmiştir. Kuru kök oranı işlem farkı olmaksızın yaklaşık % 52 ve gürbüzlük değerlerinin ortalamasının ise $4,15 \text{ cm mm}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Farklı mikorizal işlem görmüş Toros Sediri fidanlarının toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, kuru kök oranı ve gürbüzlük göstergesi ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

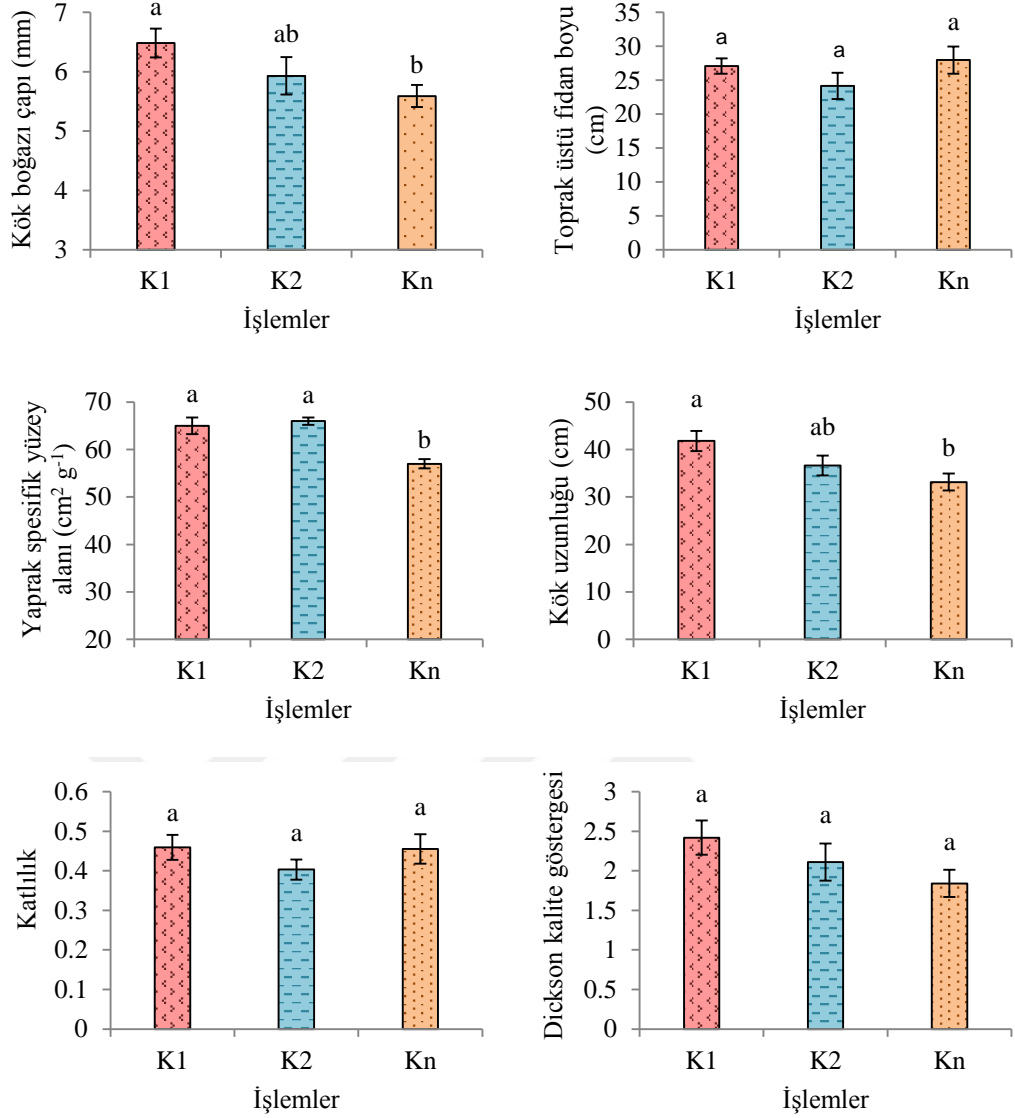
3.1.2.3. İşlemlerin Saçlı Meşe Fidanlarının Büyümesine Etkisi

Mikoriza aşılmasının meşe fidanlarının çap artımını, yaprak spesifik yüzey alanlarını ve kök uzunluklarını etkilediği ortaya çıkmıştır (*P-değerleri* sırasıyla 0,0344; <0,0001; 0,0104). En fazla çap ve kök uzunluğu K1 işleminin uygulandığı fidanlarda; en fazla yaprak spesifik yüzey alanı ise K2 işleminin uygulandığı fidanlarda tespit edilmiştir (Şekil 3.13).



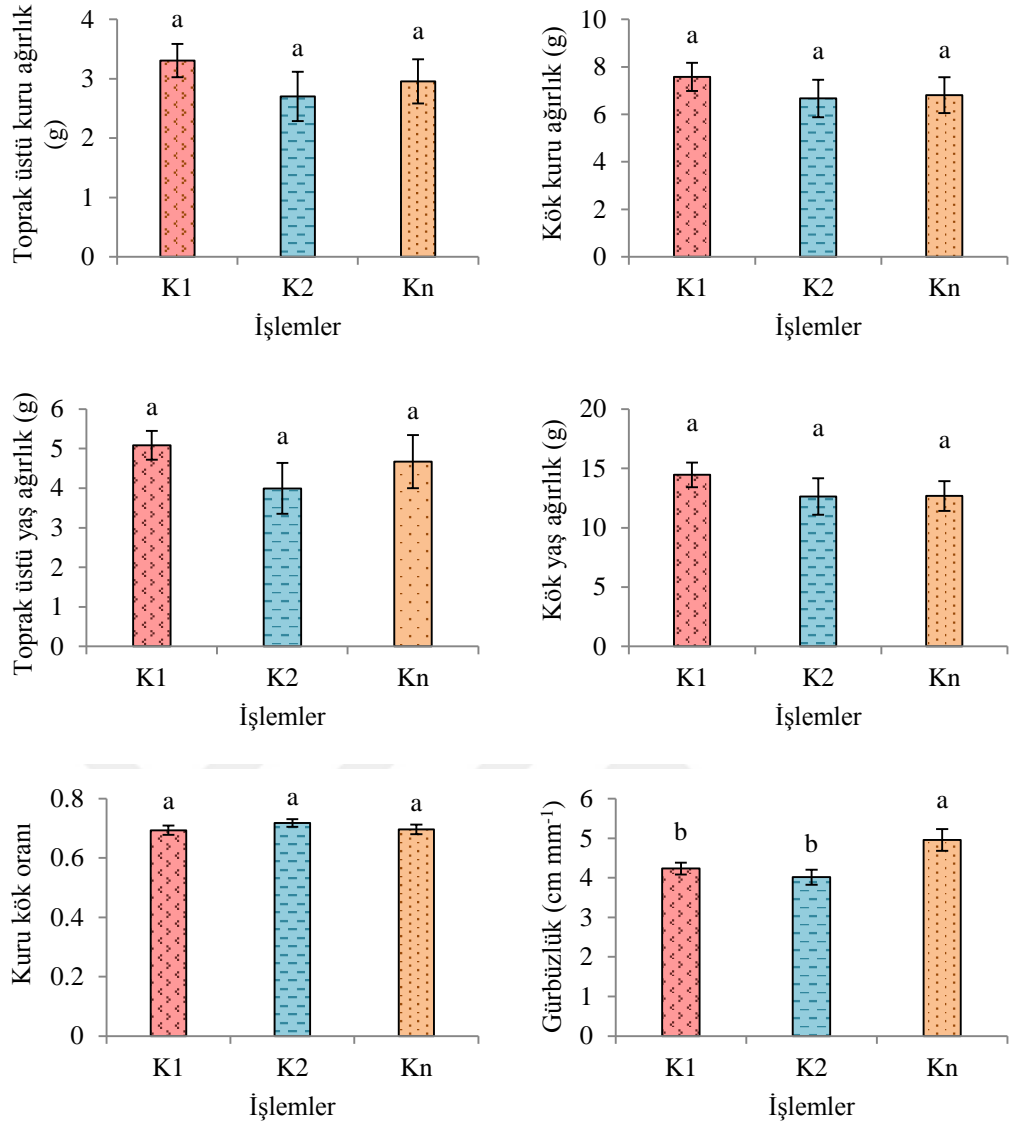
Şekil 3.13. Mikoriza uygulamasının yapılmadığı (solda), K2 (ortada) ve K1(sağda) işleminin uygulandığı Saçlı Meşe fidanları (Foto: Bülent Toprak).

K1 ünitesindeki fidan çaplarının Kn ünitesindekilerden yaklaşık % 16 daha kalın; K2 ve K1 ünitelerindeki fidanların yaprak spesifik yüzey alanlarının Kn ünitesindekinden sırasıyla yaklaşık % 16 ve 14 daha geniş; K1 işleminin uygulandığı fidanların köklerinin Kn ünitesindekilerden % 26 daha uzun olduğu belirlenmiştir. Fidanlarının toprak üstü boy ortalamasının işlem farkı olmaksızın 26 cm; katlılık ortalamasının 0,44 g; Dickson Kalite göstergesinin ise 2 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Farklı mikorizal işlem görmüş Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı, toprak üstü fidan boyu, yaprak spesifik yüzey alanı, kök uzunluğu, katlılık ve Dickson kalite göstergesi ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

Mikoriza aşılmasının meşe fidanlarının gürbüzlük göstergesi değerlerini etkilediği belirlenmiştir (P -değeri=0,0071). Gürbüzlük göstergesi en yüksek Kn ünitesindeki fidanlarda tespit edilmiştir. Kn ünitesindeki fidanların gürbüzlük göstergesi değeri K2 ve K1 ünitelerinden sırasıyla yaklaşık % 24 ve 17 fazladır. Fidanlarının toprak üstü kuru ağırlık ortalamasının işlem farkı olmaksızın 3 g; kök kuru ağırlık ortalamasının 7 g; toprak üstü yaş ağırlık ortalamasının 5 g; kök yaş ağırlık ortalamasının 13 g ve kuru kök oranı ortalamasının % 70 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Farklı mikorizal işlem görmüş Saçlı Meşe fidanlarının toprak üstü kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, toprak üstü yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, kuru kök oranı ve gürbüzlük göstergesi ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.1.2.4. Karaçam Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Karaçam fidanlarında KBC ile diğer morfolojik özellikleri arasında genelde pozitif ilişkiler tespit edilmiştir (Ek-5,6,7).

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

3.1.2.5. Karaçam Fidanlarının Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik

Özelliklerinin Değişimi

K1 işlemindeki fidanların KBCÇ'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 istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla 0,0200; <0,0001; <0,0001; <0,0001; <0,0001; <0,0001) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.16). KBCÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = 5,73904 + 1,55337 x KBCÇ (mm) \quad (3.1)$$

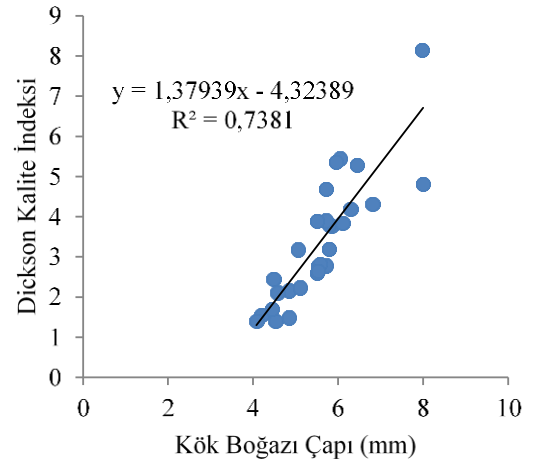
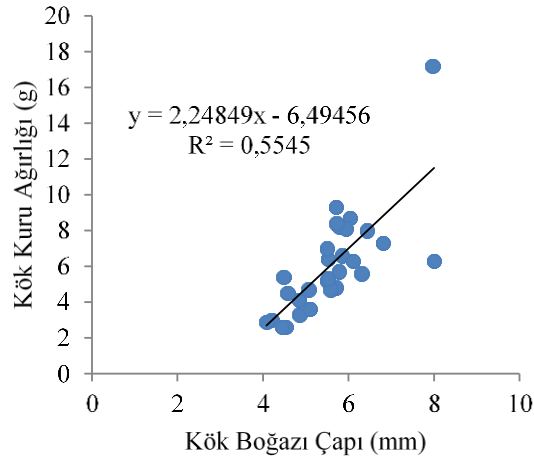
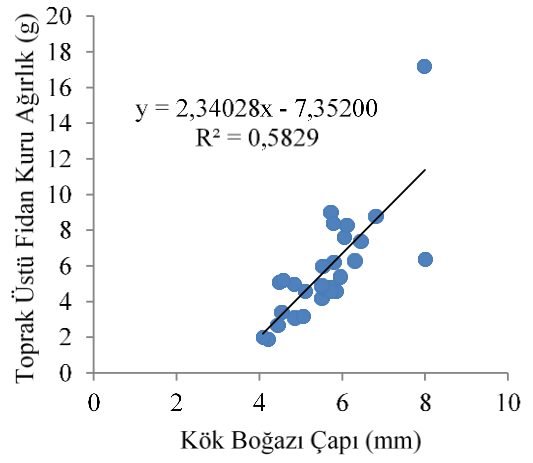
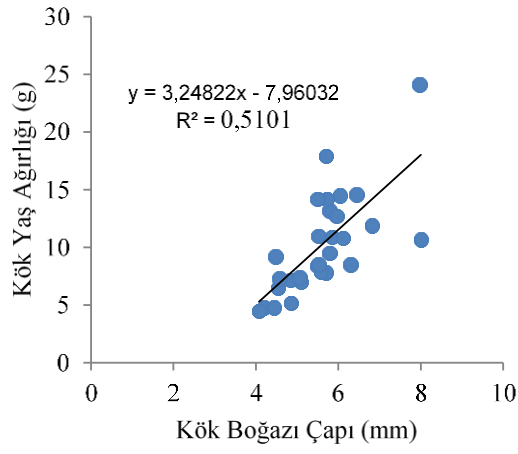
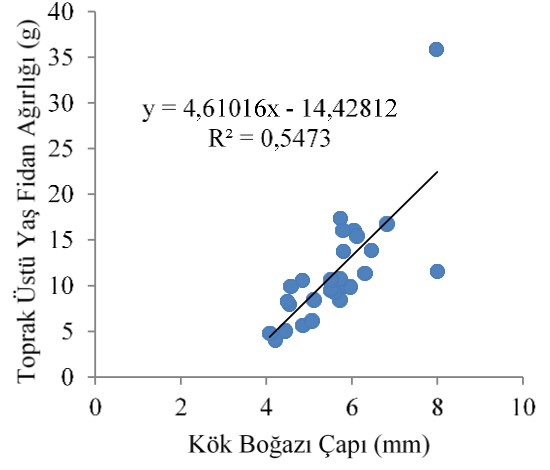
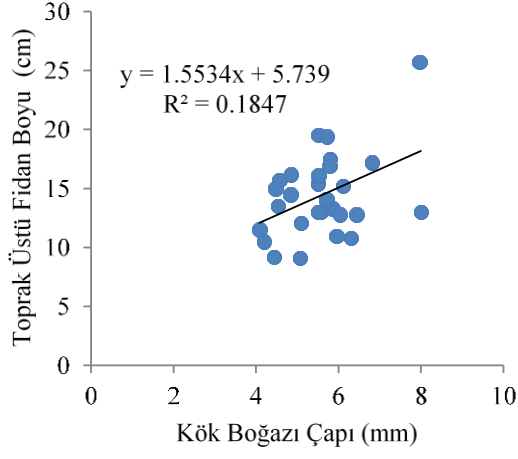
$$TÜYA (g) = -14,42812 + 4,61016 x KBCÇ (mm) \quad (3.2)$$

$$KYA (g) = -7,96032 + 3,24822 x KBCÇ (mm) \quad (3.3)$$

$$TÜKA (g) = -7,35200 + 2,34028 x KBCÇ (mm) \quad (3.4)$$

$$KKA (g) = -6,49456 + 2,24849 x KBCÇ (mm) \quad (3.5)$$

$$DKİ = -4,32389 + 1,37939 x KBCÇ (mm) \quad (3.6)$$



Şekil 3.16. K1 ünitesindeki Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin 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 3.17). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 ve 3.12'de verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = -0,04583 + 2,47449 x KBÇ (mm) \quad (3.7)$$

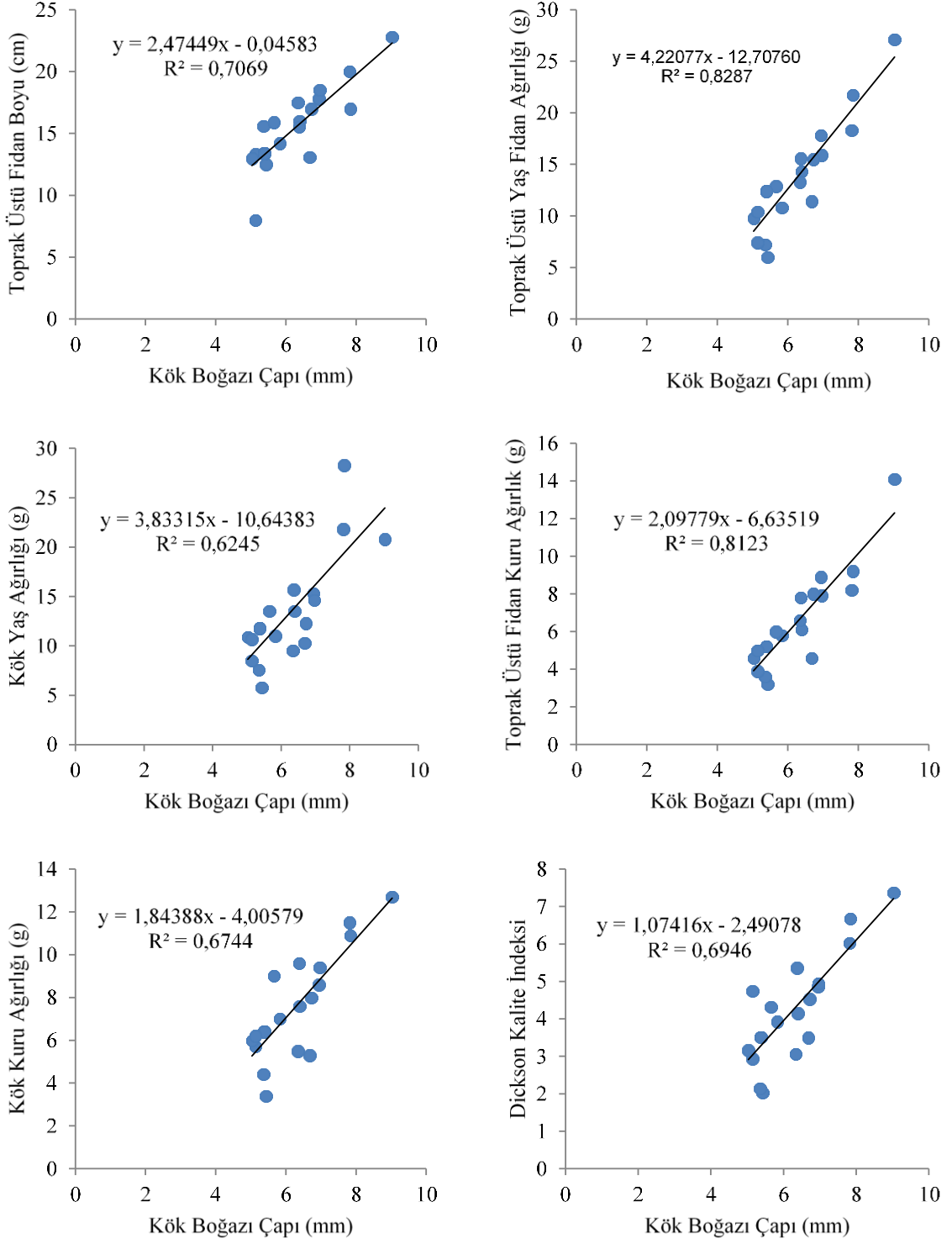
$$TÜYA (g) = -12,70760 + 4,22077 x KBÇ (mm) \quad (3.8)$$

$$KYA (g) = -10,64383 + 3,83315 x KBÇ (mm) \quad (3.9)$$

$$TÜKA (g) = -6,63519 + 2,09779 x KBÇ (mm) \quad (3.10)$$

$$KKA (g) = -4,00579 + 1,84388 x KBÇ (mm) \quad (3.11)$$

$$DKİ = -2,49078 + 1,07416 x KBÇ (mm) \quad (3.12)$$



Şekil 3.17. K2 ünitesindeki Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

Kn ünitesindeki fidanların KBÇ'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 istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$; $<0,0001$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.18). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 ve 3.18'de verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = 4,92573 + 1,62215 x KBÇ (mm) \quad (3.13)$$

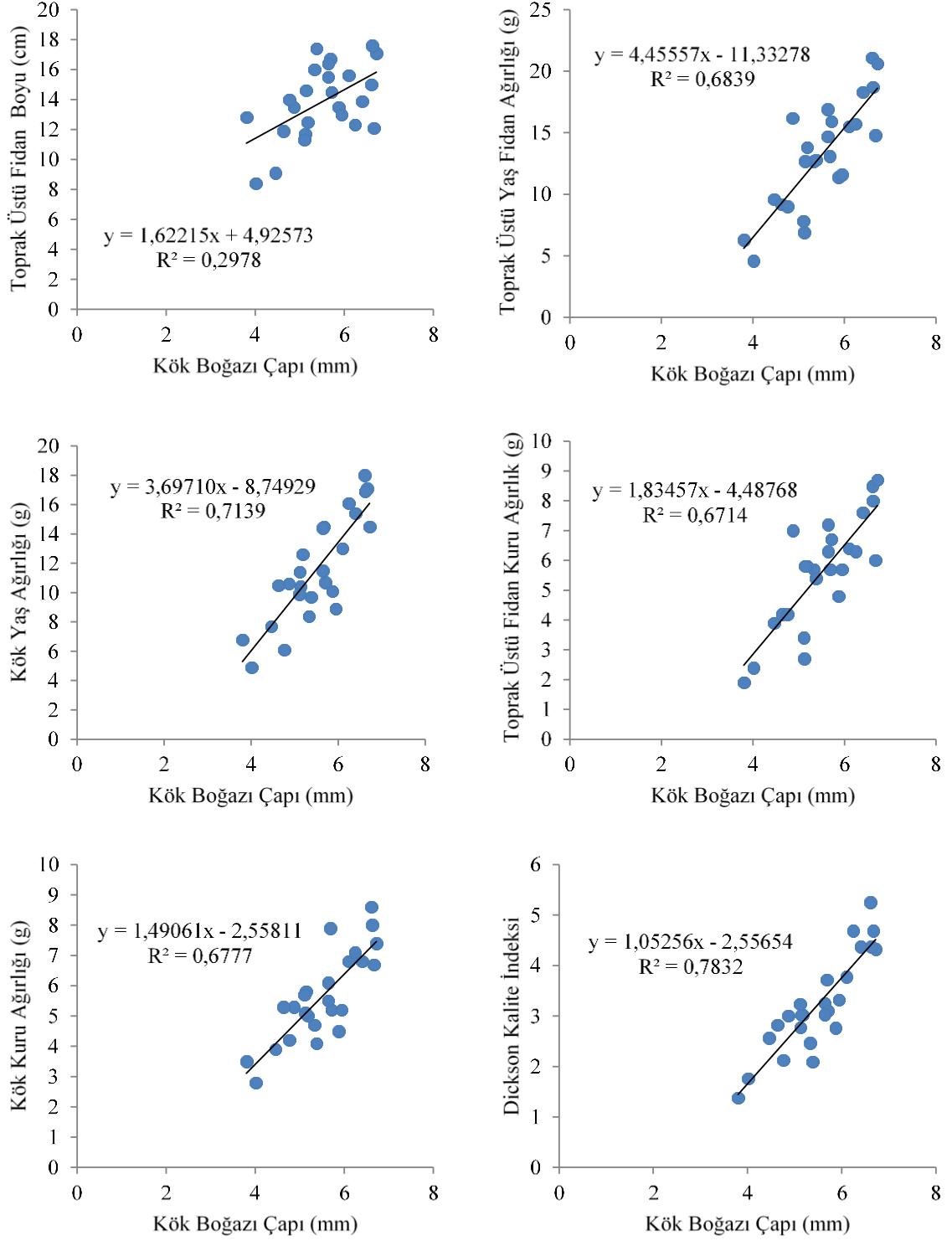
$$TÜYA (g) = -11,33278 + 4,45557 x KBÇ (mm) \quad (3.14)$$

$$KYA (g) = -8,74929 + 3,69710 x KBÇ (mm) \quad (3.15)$$

$$TÜKA (g) = -4,48768 + 1,83457 x KBÇ (mm) \quad (3.16)$$

$$KKA (g) = -2,55811 + 1,49061 x KBÇ (mm) \quad (3.17)$$

$$DKİ = -2,55654 + 1,05256 x KBÇ (mm) \quad (3.18)$$



Şekil 3.18. Kn ünitesindeki Karaçam fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

3.1.2.6. *Toros Sedir Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler*

Sedir fidanlarının KBC ile diğer morfolojik özellikleri arasında genelde pozitif ilişkiler görülmektedir (Ek-8,9,10).

KBC kalınlaştıkça TÜFB değerlerinin K2 ünitesinde arttığı görülmektedir. Fidanlarda KBC kalınlaşmasıyla TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ değerlerinin her üç ünite de arttığı belirlenmiştir. Fakat K1 ve Kn ünitelerinde KBC ile Gİ arasında tersine bir ilişki olduğu görülmektedir.

TÜFB'nun artması ile K2 ve Kn ünitesindeki TÜYA, K2 ünitesindeki KYA, TÜKA ve KKA, tüm ünitelerdeki Gİ, K1 ve K2 ünitesindeki K değerlerinin arttığı görülmüştür. Fakat TÜFB'deki artış ile KKY değerinin K1 ve K2 ünitelerinde azaldığı belirlenmiştir.

KU ile KKA arasında sadece K2 ünitesinde pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. TÜYA ile KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında tüm ünitelerde pozitif ilişkiler görülürken, TÜYA ile K arasında sadece K2 ünitesinde pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan K2 ünitesinde TÜYA ile KKY arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Her üç işlemde de KYA ile TÜKA, KKA ve DKİ arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. KYA ile KKY arasında sadece Kn ünitesinde pozitif bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca K1 ünitesinde KYA ile Gİ, Kn ünitesinde KYA ile K arasında negatif ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Her üç işlemde de TÜKA ile KKA ve DKİ değerlerinin pozitif yönde bir ilişkiye sahip oldukları belirlenmiştir. K2 işlem ünitesinde TÜKA ile K arasında pozitif, TÜKA ile KKY arasında ise negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

K1 ünitesinde KKA ile Gİ arasında negatif bir ilişki, Kn ünitesinde ise KKA ile K arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Fakat Kn ünitesinde KKA ile KKY arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Her üç işlemde de KKA ile DKİ arasında pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Gİ ile K arasında K1 ve K2 ünitesinde pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Her üç işlemde de Gİ ile DKİ arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Gİ ve KKY arasında ise K1 ve K2 ünitelerinde tersine bir ilişki olduğu görülmektedir. K ile KKY arasında her üç işlemde de tersine bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

3.1.2.7. Toros Sedir Fidanlarının Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik Özelliklerinin Değişimi

K1 işlemindeki fidanların KBCÇ'si ile TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (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 belirlenmiştir. K1 işlemindeki fidanların KBCÇ'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 3.19). KBCÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜYA, KYA, TÜKA, KKA, DKİ ve Gİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23 ve 3.24'de verilmiştir.

$$TÜYA (g) = -8,03997 + 3,40479 x KBCÇ (mm) \quad (3.19)$$

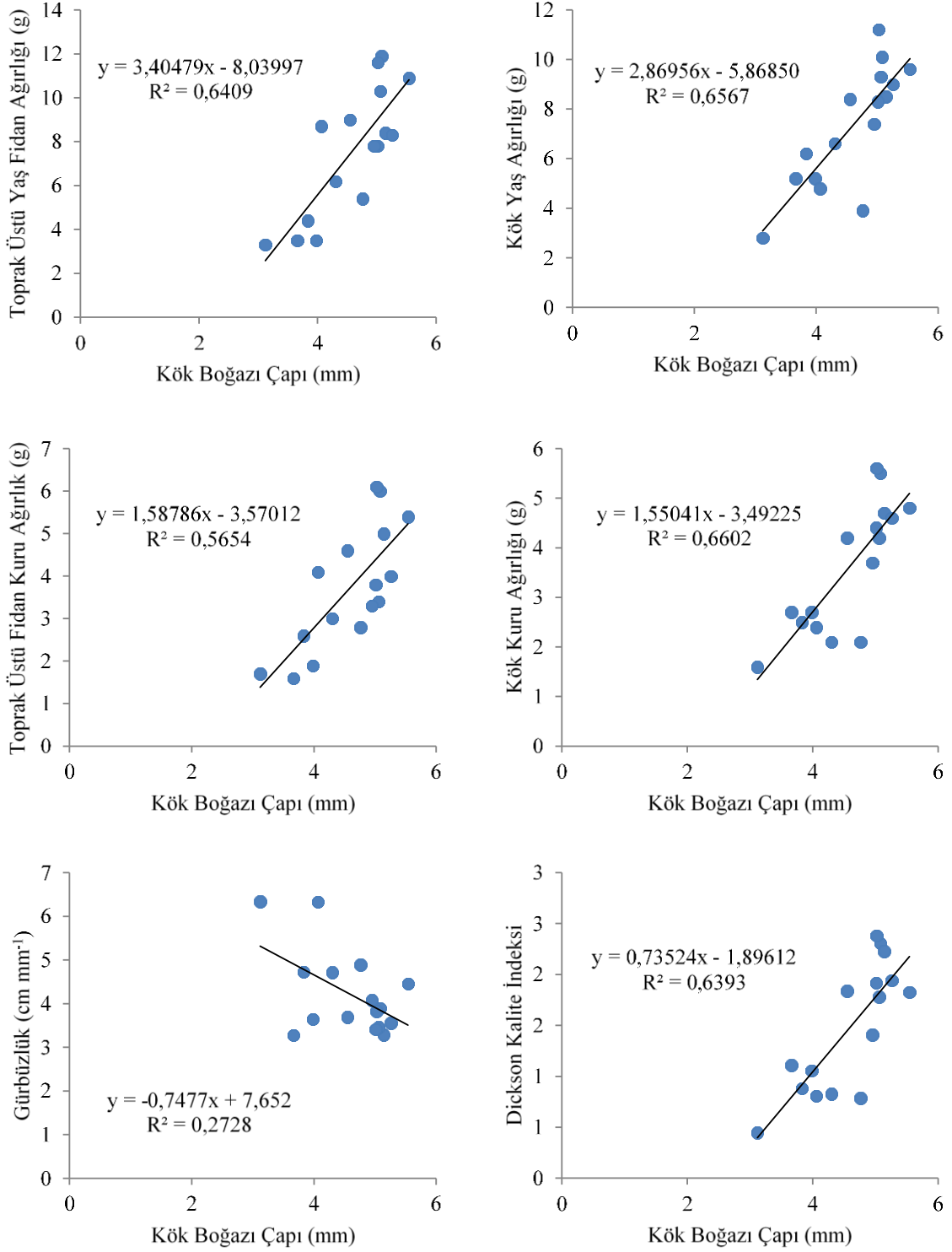
$$KYA (g) = -5,86850 + 2,86956 x KBCÇ (mm) \quad (3.20)$$

$$TÜKA (g) = -3,57012 + 1,58786 x KBCÇ (mm) \quad (3.21)$$

$$KKA (g) = -3,49225 + 1,55041 x KBCÇ (mm) \quad (3.22)$$

$$DKİ = -1,89612 + 0,73524 x KBCÇ (mm) \quad (3.23)$$

$$Gİ (cm mm^{-1}) = 7,65501 - 0,74837 x KBCÇ (mm) \quad (3.24)$$



Şekil 3.19. K1 ünitesindeki Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin 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 0,1884; 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 3.20). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29 ve 3.30'da verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = 8,37666 + 2,57319 x KBÇ (mm) \quad (3.25)$$

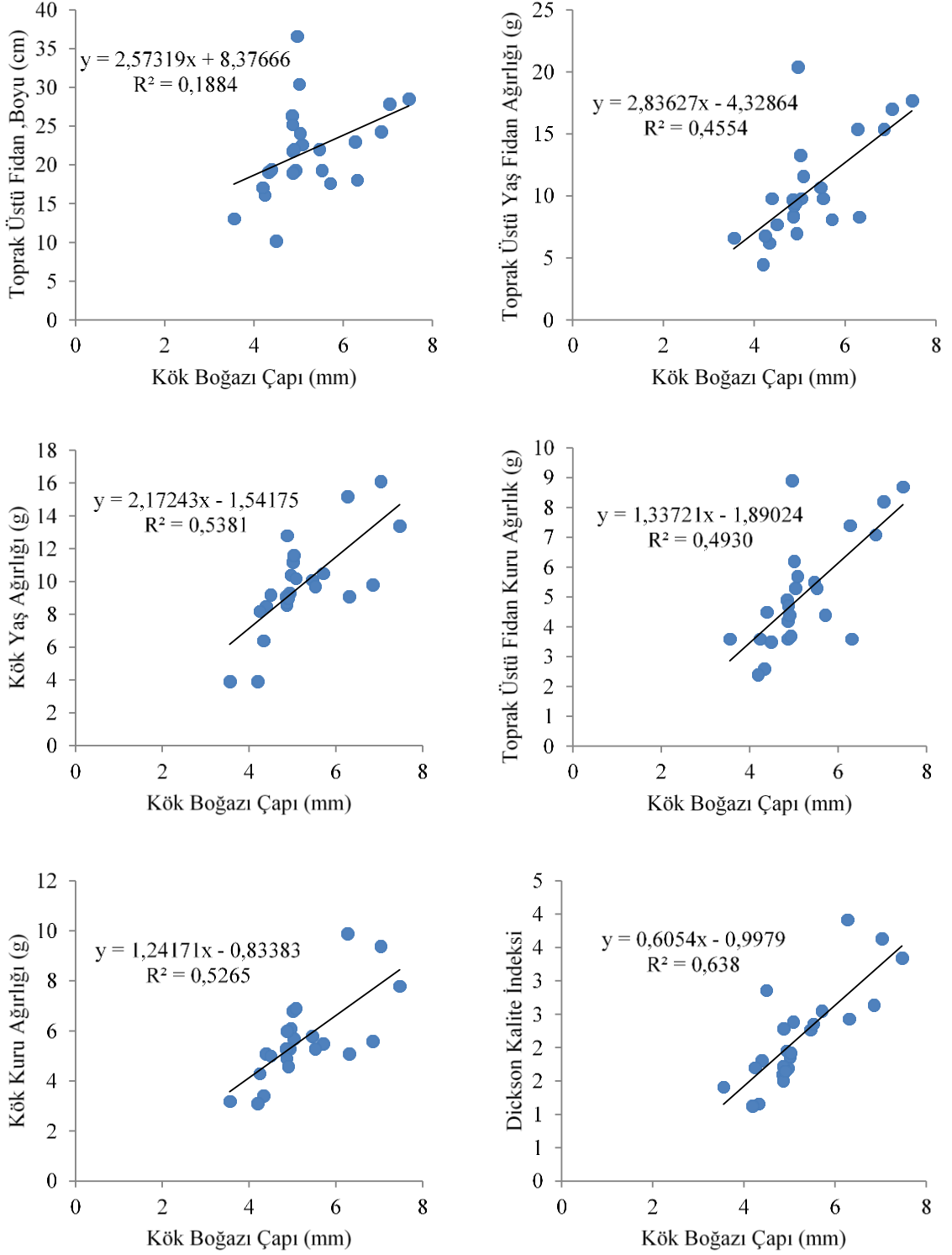
$$TÜYA (g) = -4,32864 + 2,83627 x KBÇ (mm) \quad (3.26)$$

$$KYA (g) = -1,54175 + 2,17243 x KBÇ (mm) \quad (3.27)$$

$$TÜKA (g) = -1,89024 + 1,33721 x KBÇ (mm) \quad (3.28)$$

$$KKA (g) = -0,83383 + 1,24171 x KBÇ (mm) \quad (3.29)$$

$$DKİ = -1,00634 + 0,60692 x KBÇ (mm) \quad (3.30)$$



Şekil 3.20. K2 ünitesindeki Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

Kn işlemindeki fidanların KBÇ'si ile TÜYA, KYA, TÜKA ve KKA arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (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 KBÇ'si ile Gİ ve DKİ 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) belirlenmiştir (Şekil 3.21). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve Gİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.31, 3.32, 3.33, 3.34, 3.35 ve 3.36'da verilmiştir.

$$TÜYA (g) = -4,80363 + 2,61102 x KBÇ (mm) \quad (3.31)$$

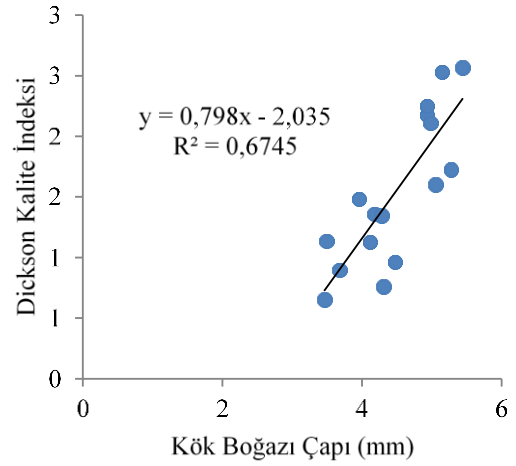
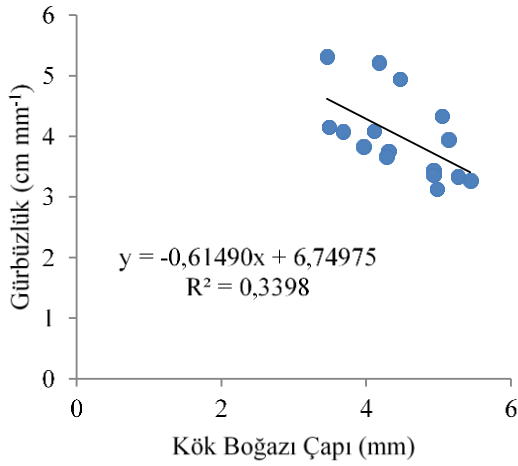
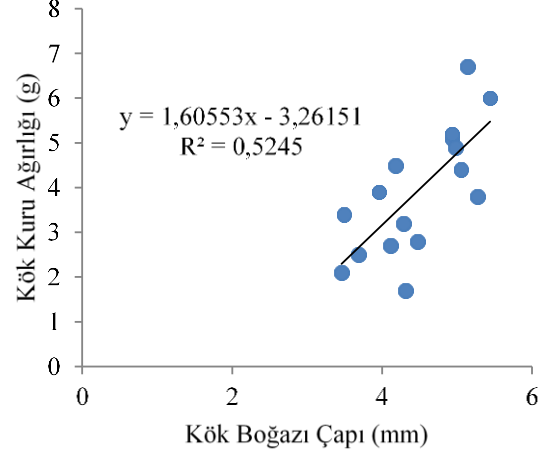
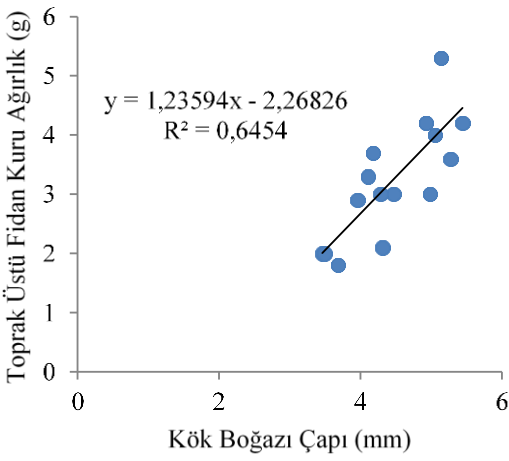
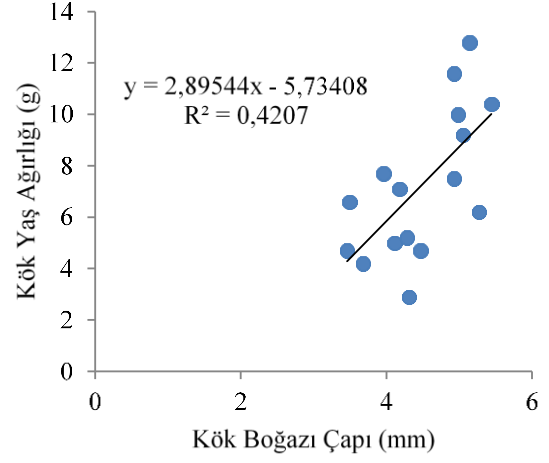
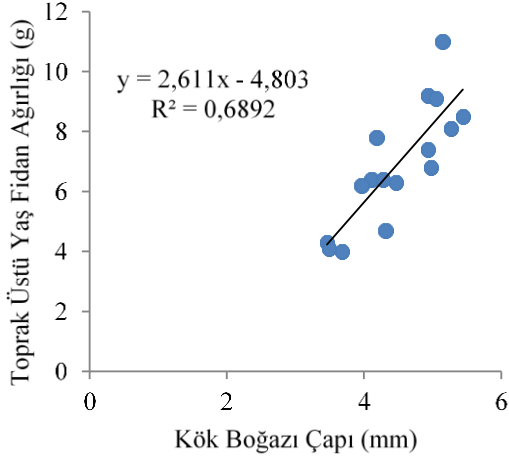
$$KYA (g) = -5,73408 + 2,89544 x KBÇ (mm) \quad (3.32)$$

$$TÜKA (g) = -2,26826 + 1,23594 x KBÇ (mm) \quad (3.33)$$

$$KKA (g) = -3,26151 + 1,60553 x KBÇ (mm) \quad (3.34)$$

$$Gİ (cm mm^{-1}) = 6,74975 - 0,61490 x KBÇ (mm) \quad (3.35)$$

$$DKİ = -2,03858 + 0,79963 x KBÇ (mm) \quad (3.36)$$



Şekil 3.21. Kn ünitesindeki Toros Sediri fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

3.1.2.8. Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Saçlı Meşe fidanlarında KBC ile diğer morfolojik özellikleri arasında genellikle pozitif ilişkiler tespit edilmiştir (Ek-11,12,13).

Her üç işlem ünitesinde de KBC ile TÜFB, TÜYA KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. K2 ünitesinde KBC ile K arasında pozitif ve KBC ile KKY arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Her üç ünite de TÜFB ile TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve Gİ arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. K2 ünitesinde TÜFB ile K ve DKİ arasında pozitif ve TÜFB ile KKY arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Kn ünitesinde KU ile K arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Her üç işlem uygulanan sahalarda da TÜYA ile KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Kn ünitesinde TÜYA ile Gİ ve K arasında pozitif bir ilişki bulunurken, TÜYA ile KKY arasında negatif bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.

Her üç işlem ünitesinde de KYA ile TÜKA, KKA ve DKİ arasında pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. K1 ünitesinde KYA ile K arasında negatif ve KYA ile KKY arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Her üç işlem uygulanan ünitelerde de TÜKA ile KKA ve DKİ arasında pozitif, TÜKA ile KKY arasında ise negatif ilişkilerin olduğu bulunmuştur. Kn ünitesinde TÜKA ile Gİ arasında pozitif bir ilişki tespit edilirken K2 ve Kn ünitelerinde TÜKA ve K arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Her üç işlem uygulanan ünitelerde de KKA ile DKİ arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. K1 ünitesinde Gİ ile DKİ arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Her üç işlem ünitesinde de K ile KKY arasında tersine bir ilişki bulunmuştur.

3.1.2.9. Saçlı Meşe Fidanlarının Kök Boğazı Çaplarına Göre Diğer Morfolojik

Özelliklerinin Değişimi

K1 işlemindeki fidanların KBC'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (R^2 değerleri sırasıyla 0,2667; 0,7037; 0,6051; 0,4545; 0,5911; 0,7440) ve elde edilen denklemlerde doğrusal çizgilerin eğiminin istatistiki olarak önemli (P -değerleri sırasıyla 0,0058; <0,0001; <0,0001; 0,0001; <0,0001; <0,0001) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.22). KBC'ye bağlı olarak

fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.37, 3.38, 3.39, 3.40, 3.41 ve 3.42’de verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = 11,46301 + 2,41288 x KBÇ (mm) \quad (3.37)$$

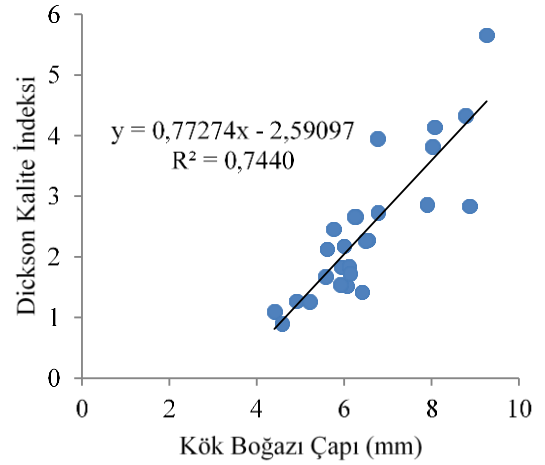
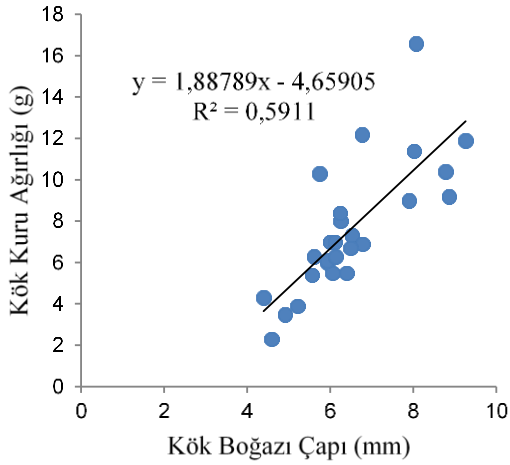
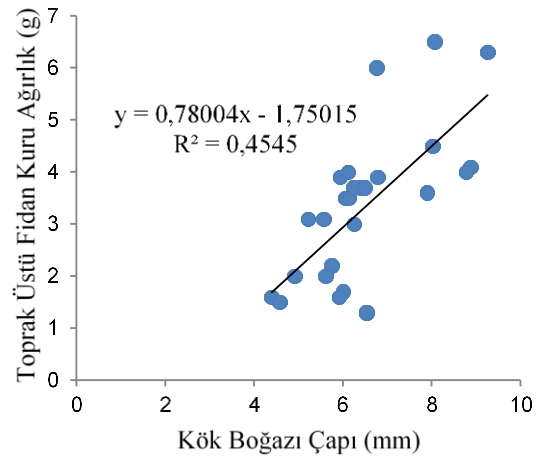
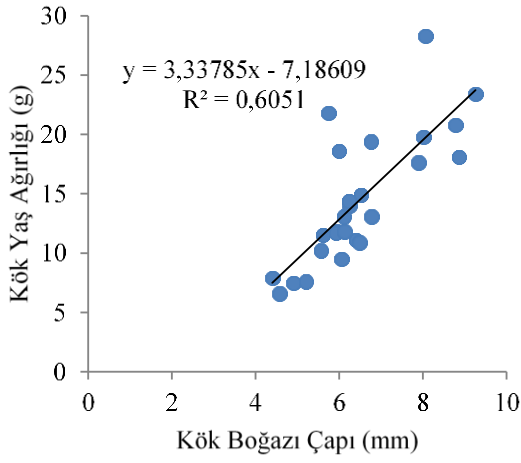
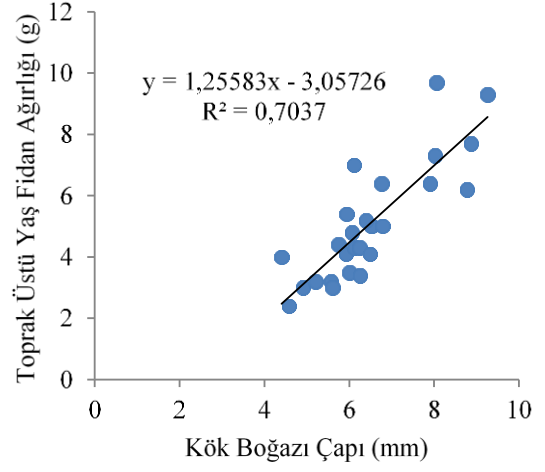
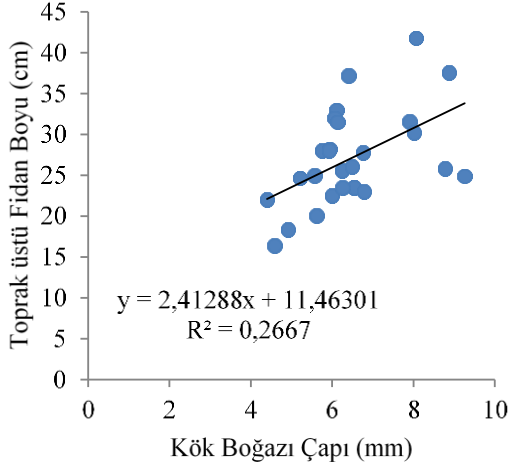
$$TÜYA (g) = -3,05726 + 1,25583 x KBÇ (mm) \quad (3.38)$$

$$KYA (g) = -7,18609 + 3,33785 x KBÇ (mm) \quad (3.39)$$

$$TÜKA (g) = -1,75015 + 0,78004 x KBÇ (mm) \quad (3.40)$$

$$KKA (g) = -4,65905 + 1,88789 x KBÇ (mm) \quad (3.41)$$

$$DKİ = -2,59097 + 0,77274 x KBÇ (mm) \quad (3.42)$$



Şekil 3.22. K1 ünitesindeki Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

K2 işlemindeki fidanların KBÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA, K ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (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; 0,0089; <0,0001) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.23). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA, K ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.43, 3.44, 3.45, 3.46, 3.47, 3.48, ve 3.49'da verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = -7,18787 + 5,28672 x KBÇ (mm) \quad (3.43)$$

$$TÜYA (g) = -7,00945 + 1,85557 x KBÇ (mm) \quad (3.44)$$

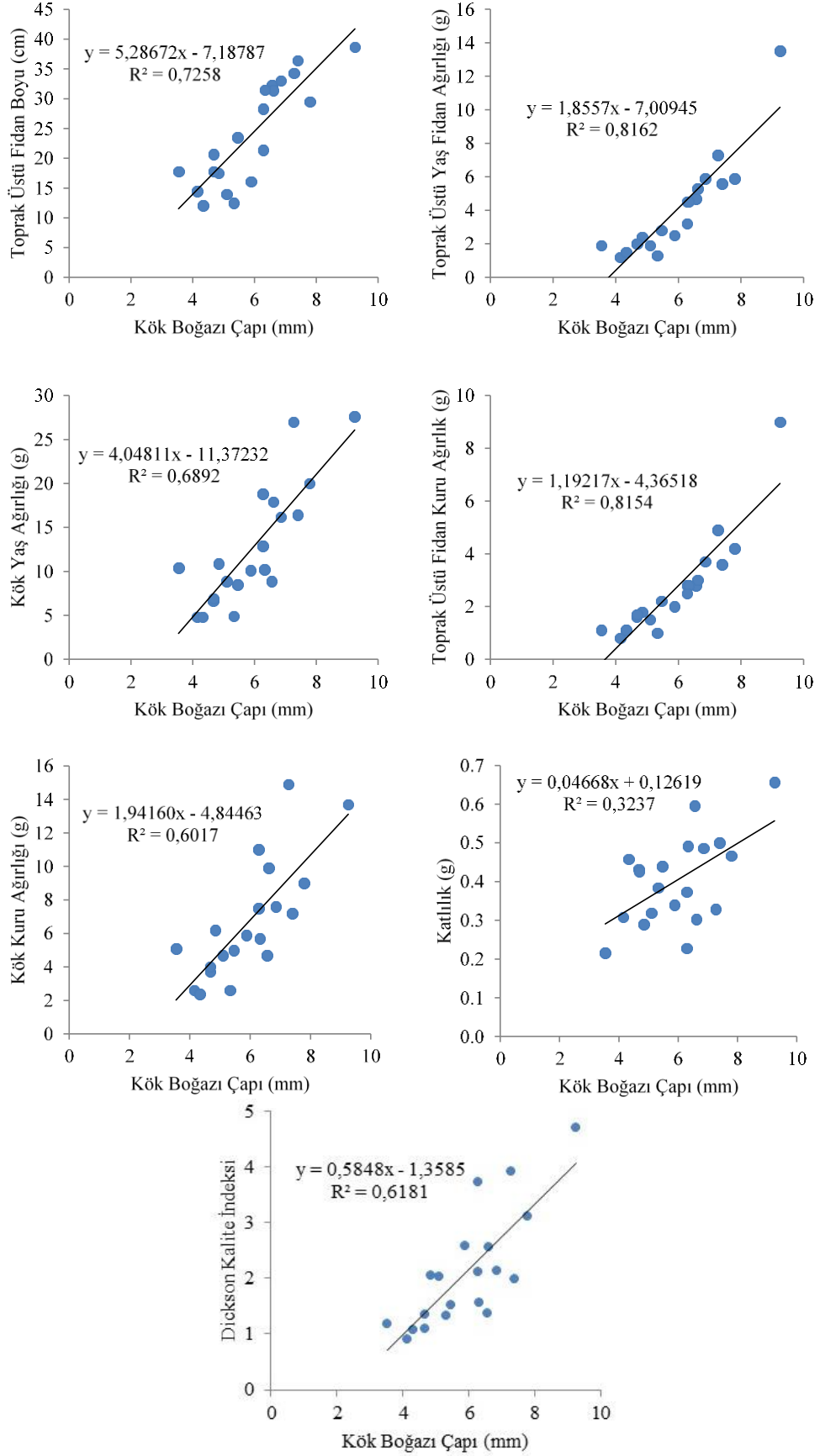
$$KYA (g) = -11,37232 + 4,04811 x KBÇ (mm) \quad (3.45)$$

$$TÜKA (g) = -4,36518 + 1,19217 x KBÇ (mm) \quad (3.46)$$

$$KKA (g) = -4,84463 + 1,94160 x KBÇ (mm) \quad (3.47)$$

$$K = 0,12619 + 0,04668 x KBÇ (mm) \quad (3.48)$$

$$DKİ = -1,35660 + 0,58437 x KBÇ (mm) \quad (3.49)$$



Şekil 3.23. K2 ünitesindeki Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

Kn işlemindeki fidanların KBÇ'si ile TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ arasında doğru orantılı ve pozitif ilişkiler olduğu (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 3.24). KBÇ'ye bağlı olarak fidanların TÜFB, TÜYA, KYA, TÜKA, KKA ve DKİ tahminine yönelik regresyon modelleri denklem 3.50, 3.51, 3.52, 3.53, 3.54 ve 3.55'de verilmiştir.

$$TÜFB (cm) = -11,46054 + 7,05625 x KBÇ (mm) \quad (3.50)$$

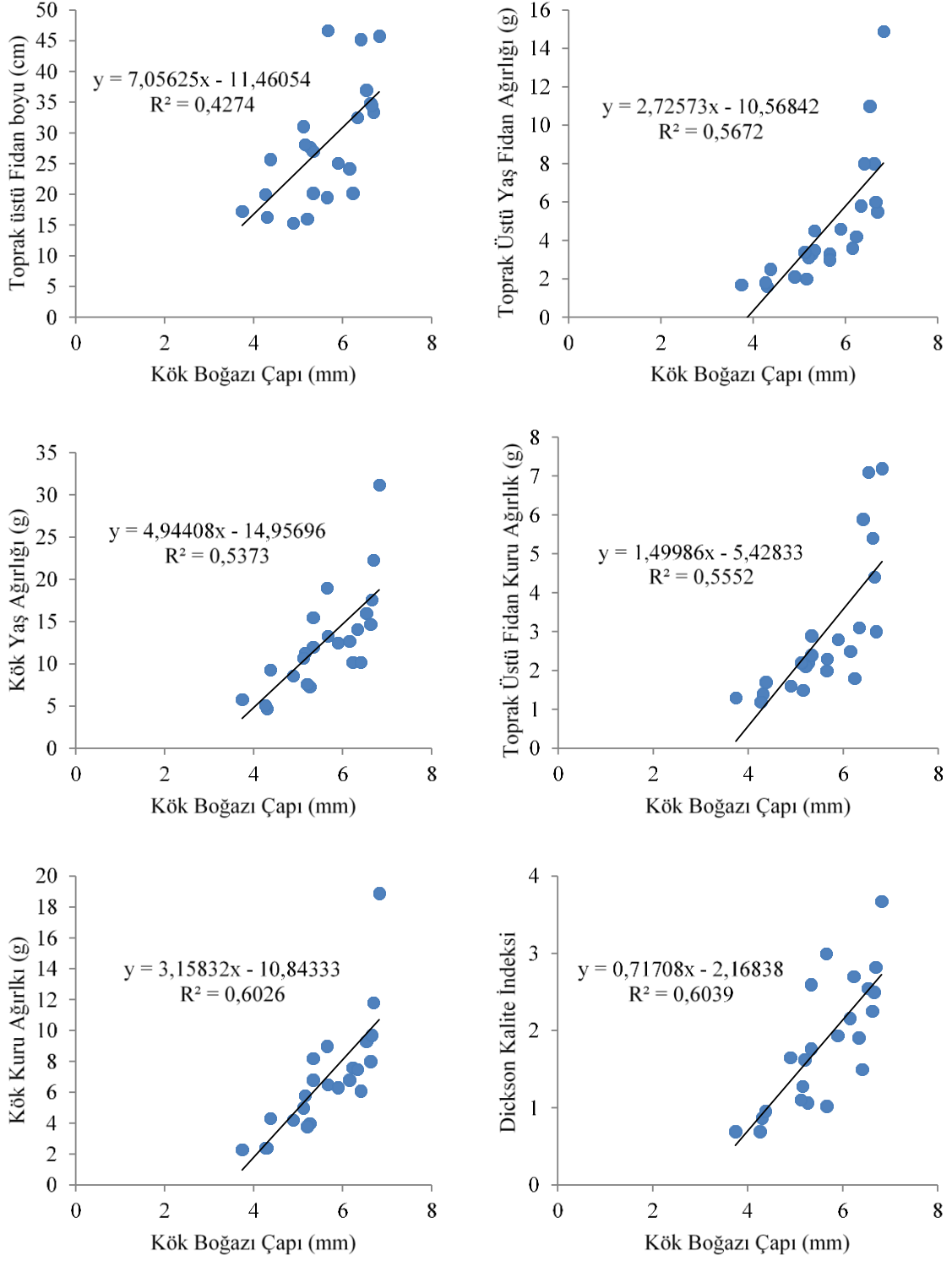
$$TÜYA (g) = -10,56842 + 2,72573 x KBÇ (mm) \quad (3.51)$$

$$KYA (g) = -14,95696 + 4,94408 x KBÇ (mm) \quad (3.52)$$

$$TÜKA (g) = -5,42833 + 1,49986 x KBÇ (mm) \quad (3.53)$$

$$KKA (g) = -10,84333 + 3,15832 x KBÇ (mm) \quad (3.54)$$

$$DKİ = -2,16838 + 0,71708 x KBÇ (mm) \quad (3.55)$$



Şekil 3.24. Kn ünitesindeki Saçlı Meşe fidanlarının kök boğazı çapı ile diğer bazı değişkenlerinin ilişkisi.

3.1.3. Beslenme

3.1.3.1. Karaçam İbrelerinin Besin Yoğunlukları

Karaçam ibrelerindeki N, P, K, Fe, Mn, Cu, Zn, B ve Mo yoğunlukları ve C/N oranları bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0001; 0,0055; 0,0009; <0,0001; <0,0001; 0,0005; <0,0001; 0,0005; 0,0002; <0,0001; Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Karaçam ibrelerindeki besin yoğunlukları.

Element	Birim	K1	K2	Kn
C	%	53 ± 0,1 a	52 ± 0,4 a	52 ± 0,1 a
N		1,6 ± 0,02 a	1,4 ± 0,01 b	1,3 ± 0,02 c
C/N		34 ± 0,4 c	37 ± 0,3 b	39 ± 0,6 a
P	%	0,13 ± 0,001 a	0,12 ± 0,004 a	0,11 ± 0,007 b
K		0,6 ± 0,009 a	0,5 ± 0,02 b	0,5 ± 0,004 b
Fe	mg kg ⁻¹	44 ± 0,2 c	46 ± 0,4 b	59 ± 0,6 a
Mn		16 ± 0,1 a	10 ± 0,3 c	11 ± 0,01 b
Cu		5,5 ± 0,06 a	4,1 ± 0,14 b	3,9 ± 0,04 b
Zn		7,8 ± 0,11 a	5,5 ± 0,02 c	6 ± 0,05 b
B		4,3 ± 0,01 a	4 ± 0,03 b	4 ± 0,04 b
Mo		0,8 ± 0,02 a	0,8 ± 0,01 a	0,7 ± 0,001 b

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

K1 işlemindeki ibrelerin N yoğunluğunun Kn ve K2 işlemlerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 23 ve 14; K2 ünitesindeki ibrelerin N yoğunluğu ise Kn ünitesindekinden yaklaşık % 8; Kn işlemindeki ibrelerin C/N oranı K1 ve K2 ünitelerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 15 ve 5; K2 ünitesindeki ibrelerin C/N oranı ise K1 ünitesindekinden yaklaşık % 9; K1 ve K2 ünitelerindeki ibrelerindeki P yoğunlukları Kn ünitesindekinden sırasıyla yaklaşık % 18 ve 9; K1 işlemindeki ibrelerin K yoğunluğu Kn ve K2 ünitelerindekilerden yaklaşık % 20; Kn işlemindeki ibrelerin Fe yoğunluğu K1 ve K2 işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 34 ve 28; K2 ünitesindeki ibrelerin Fe yoğunluğu ise K1 ünitesindekinden yaklaşık % 5; K1 işlemindeki ibrelerin Mn yoğunluğu K2 ve Kn işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 60 ve 45; Kn ünitesindeki ibrelerin Mn yoğunluğu ise K2 ünitesindekinden yaklaşık % 10; K1 işlemindeki ibrelerin Cu yoğunluğu Kn ve K2 işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 41 ve 34; K1 işlemindeki ibrelerin Zn yoğunluğu K2 ve Kn işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 42 ve 30; Kn ünitesindeki ibrelerin Zn yoğunluğu ise K2 ünitesindekinden yaklaşık % 9; K1 işlemindeki ibrelerin B yoğunluğu K2 ve Kn işlemlerindekilerden yaklaşık % 10; K1 ve

K2 işlemlerindeki Mo yoğunlukları Kn işlemindekinden yaklaşık % 14 daha fazladır. Karaçam ibrelerindeki C oranı ortalaması işlem farkı olmaksızın % 52 olarak belirlenmiştir.

3.1.3.2. Toros Sediri İbrelerinin Besin Yoğunlukları

Toros Sediri ibrelerindeki C, N, K, Fe, Mn, Cu, Zn, B ve Mo yoğunlukları ve C/N oranları bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P-değerleri* sırasıyla 0,0004; <0,0001; 0,0030; <0,0001; <0,0001; 0,009; <0,0001; <0,0001; <0,0001; <0,0001; Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Toros Sediri fidanlarındaki ibrelerin besin yoğunlukları.

Element	Birim	K1	K2	Kn
C	%	50 ± 0,01 a	49,5 ± 0,1 b	49 ± 0,1 c
N		1,5 ± 0,003 b	1,4 ± 0,003 c	1,7 ± 0,001 a
C/N		33 ± 0,06 b	37 ± 0,12 a	29 ± 0,07 c
P	%	0,2 ± 0,002 a	0,2 ± 0,001 a	0,2 ± 0,005 a
K		0,48 ± 0,002 a	0,45 ± 0,006 b	0,43 ± 0,008 b
Fe	mg kg ⁻¹	86 ± 0,42 b	32 ± 0,25 c	89 ± 1,15 a
Mn		10 ± 0,07 b	6 ± 0,07 c	12 ± 0,30 a
Cu		4,4 ± 0,007 b	6,1 ± 0,04 a	3,7 ± 0,06 c
Zn		6 ± 0,05 a	5 ± 0,24 b	6 ± 0,05 a
B		4 ± 0,009 b	33 ± 0,06 a	4 ± 0,02 b
Mo		0,7 ± 0,008 b	0,6 ± 0,009 c	0,9 ± 0,007 a

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Mikorizal işlem uygulanmış sedir ibrelerindeki C yoğunluğu, mikorizal işlem uygulanmamış olan kontrol ünitelerindekinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. K1 ünitesindeki ibrelerin C yoğunluğu, Kn ve K2 ünitelerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 2 ve 1; K2 ünitesindeki ibrelerin C yoğunluğu ise Kn ünitesine göre yaklaşık %1; Kn ünitesindeki ibrelerin N yoğunlukları K2 ve K1 ünitelerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 21 ve 13; K1 ünitesindeki ibrelerin N yoğunluğu da K2 ünitesine göre yaklaşık % 11; K2 ünitesindeki ibrelerin C/N oranı Kn ve K1 ünitelerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 28 ve 12; K1 ünitesindeki ibrelerin C/N oranı ise Kn ünitesine göre yaklaşık % 14; K1 işlemindeki ibrelerin K yoğunluğu Kn ve K2 işlemlerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 12 ve 7; Kn işlemindeki ibrelerin Fe yoğunluğu K2 ve K1 işlemlerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 178 ve 3; K1 ünitesindeki ibrelerin Fe yoğunluğu ise K2 ünitesine göre yaklaşık % 169; Kn işlemindeki ibrelerin Mn

yoğunluğu Mn yoğunluğu K2 ve K1 işlemlerindekilere göre yaklaşık % 100 ve 20; K1 ünitelerindeki ibrelerin Mn yoğunluğu ise K2 ünitesindeki göre yaklaşık % 67; K2 işlemindeki ibrelerin Cu yoğunluğu Kn ve K1 işlemlerindekilere göre göre sırasıyla yaklaşık % 65 ve 39; K1 ünitesindeki ibrelerin Cu yoğunluğu ise Kn ünitesindeki göre yaklaşık % 19; K1 ve Kn işlemlerindeki ibrelerin Zn yoğunluğu K2 işlemindeki göre yaklaşık olarak % 20; K2 işlemindeki ibrelerin B yoğunluğu Kn ve K1 işlemlerindekilere göre yaklaşık % 725; Kn işlemindeki ibrelerin Mo yoğunluğu K2 ve K1 işlemlerindekilere göre yaklaşık % 50 ve 29; K1 ünitesindeki ibrelerin Mo yoğunluğu ise K2 ünitesindeki göre yaklaşık % 17 daha fazla tespit edilmiştir. İşlem farkı olmaksızın ibrelerdeki P yoğunluğu ortalaması ise % 0,2 olarak belirlenmiştir.

3.1.3.3. Saçlı Meşe Yapraklarının Besin Yoğunlukları

Saçlı Meşe yapraklarındaki C, N, P, K, Fe, Mn, Cu, Zn, B ve Mo yoğunlukları ve C/N oranı bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P-değerleri* sırasıyla 0,0021; <0,0001; 0,0001; <0,0001; <0,0001; <0,0001; 0,0028; 0,009; <0,0001; <0,0001; <0,0001; Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Saçlı Meşe yapraklarındaki besin yoğunlukları.

Element	Birim	K1	K2	Kn
C	%	48 ± 0,03 a	46 ± 0,01 b	46 ± 0,1 b
N		1,5 ± 0,005 b	1,9 ± 0,004 a	1,3 ± 0,007 c
C/N		32 ± 0,25 b	25 ± 0,07 c	36 ± 0,25 a
P	%	0,11 ± 0,004 c	0,15 ± 0,004 b	0,17 ± 0,003 a
K		0,43 ± 0,002 c	0,56 ± 0,003 a	0,44 ± 0,001 b
Fe	mg kg ⁻¹	39 ± 0,34 b	29 ± 0,30 c	43 ± 0,19 a
Mn		22 ± 0,08 a	18 ± 0,21 b	17 ± 0,07 c
Cu		4 ± 0,003 b	5 ± 0,12 a	4 ± 0,11 b
Zn		6,2 ± 0,09 b	7,2 ± 0,02 a	5,6 ± 0,03 c
B		9 ± 0,10 a	5 ± 0,04 c	6 ± 0,02 b
Mo		0,42 ± 0,01 a	0,38 ± 0,004 b	0,29 ± 0,004 c

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

K1 işlemindeki yaprakların C yoğunluğu Kn ve K2 işlemlerindekilere göre yaklaşık % 4; K2 işlemindeki yaprakların N yoğunluğu Kn ve K1 işlemlerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 46 ve 27; K1 ünitesindeki yaprakların N yoğunluğu ise Kn ünitesindeki göre yaklaşık % 15; Kn işlemindeki yaprakların C/N oranı K2 ve Kn işlemlerindekilere göre sırasıyla yaklaşık % 44 ve 13; K1 ünitesindeki yaprakların C/N oranı ise K2

ünitesindekinden yaklaşık % 28; Kn işlemindeki yaprakların P yoğunluğu K1 ve K2 işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 55 ve 13; K2 ünitesindeki yaprakların P yoğunluğu ise K1 ünitesindekinden yaklaşık % 36; K2 işlemindeki yaprakların K yoğunluğu K1 ve Kn işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 31 ve 28; Kn ünitesindeki yaprakların K yoğunluğu ise K1 ünitesindekinden yaklaşık % 3; Kn işlemindeki yaprakların Fe yoğunluğu K2 ve K1 işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 48 ve 10; K1 ünitesindeki yaprakların Fe yoğunluğu ise K2 ünitesindekinden yaklaşık % 34; K2 işlemindeki yaprakların Cu yoğunluğu Kn ve K1 işlemlerindekilerden yaklaşık % 25; K1 işlemindeki yaprakların Mn yoğunluğu Kn ve K2 işlemlerindekilerden yaklaşık % 29 ve 22; K2 ünitesindeki yaprakların Mn yoğunluğu Kn ünitesindekinden yaklaşık % 6; K2 işlemindeki yaprakların Zn yoğunluğu Kn ve K1 işlemlerindekilerden yaklaşık % 29 ve 16; K1 ünitesindeki yaprakların Zn yoğunluğu ise Kn ünitesindekinden yaklaşık % 11; K1 işlemindeki yaprakların B yoğunluğu K2 ve Kn işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 80 ve 5; Kn ünitesindeki yaprakların B yoğunluğu ise K2 ünitesindekinden yaklaşık % 20; K1 işlemindeki yaprakların Mo yoğunluğu Kn ve K2 işlemlerindekilerden sırasıyla yaklaşık % 45 ve 11; K2 ünitesindeki yaprakların Mo yoğunluğu ise Kn ünitesindekinden yaklaşık % 31 daha fazladır.

3.2. ARAZİ AŞAMASI

3.2.1. Karaçam

3.2.1.1. Fidanların Yaşama Oranları

Fidanların birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama oranları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 79, 76 ve 73 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.5).

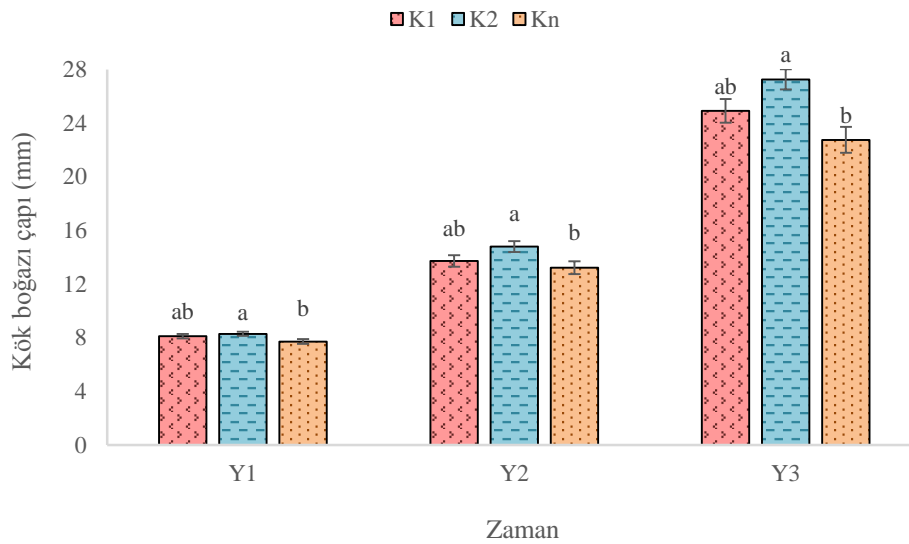
Çizelge 3.5. Karaçam fidanlarının yaşama oranları ortalamaları.

İşlem	1. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata	2. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata	3. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata
K1	85 ± 11 a	83 ± 14 a	81 ± 17 a
K2	81 ± 14 a	77 ± 16 a	76 ± 17 a
Kn	72 ± 13 a	68 ± 14 a	63 ± 15 a

Not: Her sütunda aynı harflerle takip eden ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

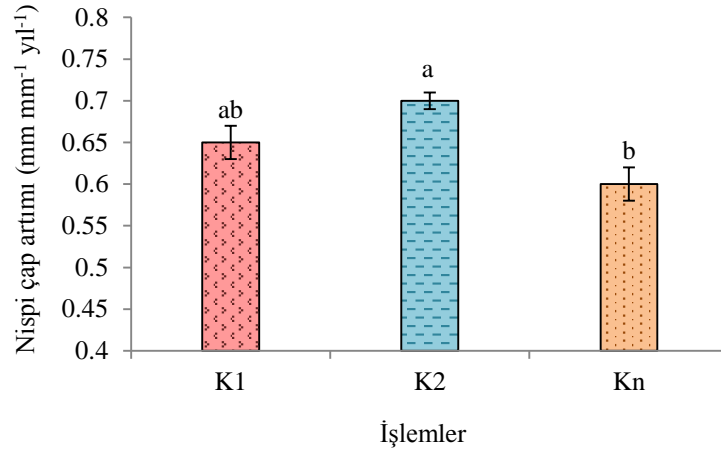
3.2.1.2. Çap Artımı

Fidanların KBC'leri bakımından birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemlerinin sonunda işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0248; 0,0127; <0,0001). Fidanların dikimini takip eden ilk büyüme dönemi sonunda K2 sahasındaki fidanların KBC'sinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 7, ikinci büyüme dönemi sonunda K2 sahasındaki fidanların KBC'sinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 12 ve üçüncü büyüme dönemi sonunda K2 sahasındaki fidanların KBC'sinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 20 daha kalın olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Karaçam fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) KBC ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemdeki ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

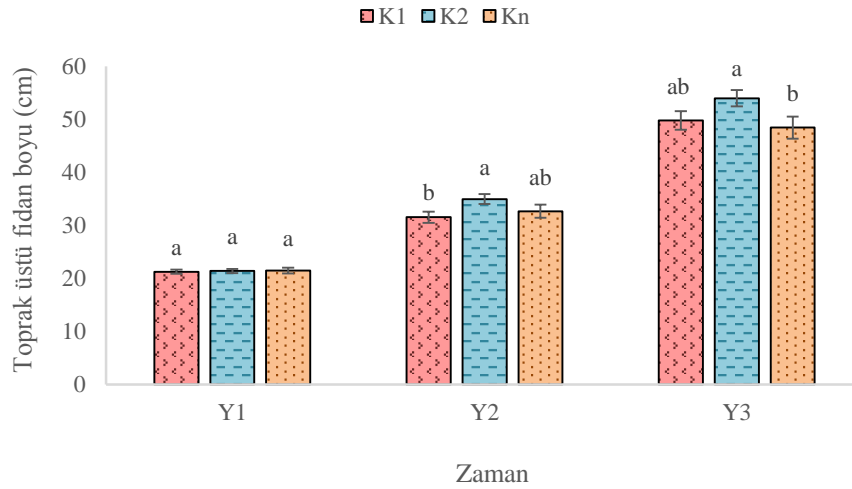
Üçüncü büyüme dönemi sonunda K2 sahasındaki fidanların NÇA'sının Kn sahasındakinden yaklaşık % 17 fazla olduğu belirlenmiştir (*P*-değeri 0,0046; Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Karaçam fidanlarının NÇA ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemdeki ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

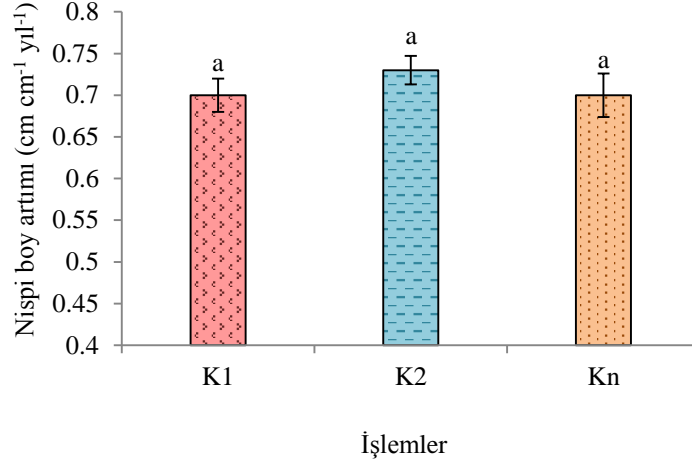
3.2.1.3. Boy Artımı

Fidanların ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki TÜFB'leri bakımından işlemler arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P-değerleri* sırasıyla 0,0499; 0,0340). İkinci büyüme dönemi sonunda K2 sahasındaki fidanların TÜFB'sinin K1 sahasındakinden yaklaşık % 7 ve üçüncü büyüme dönemi sonunda K2 sahasındaki fidanların TÜFB'sinin ise Kn sahasındakinden yaklaşık % 11 daha uzun olduğu belirlenmiştir. Fidanların birinci büyüme dönemi sonundaki TÜFB'leri işlem farkı olmaksızın ortalama 21 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Karaçam fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) TÜFB ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işleme ait ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

Üçüncü büyüme dönemi sonunda fidanların NBA'ları bakımından işlemler arasında farklılık bulunmamaktadır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Karaçam fidanlarının NBA ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemdeki ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.1.4. Beslenme

İbrelerin C, N, P, K, Fe ve Mn yoğunlukları bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla $<0,0001$; $0,0022$; $0,0067$; $0,0461$; $0,0445$; $<0,0001$). K2 sahasındaki ibrelerin C yoğunluğunun Kn ve K1 sahasındakilerden sırasıyla yaklaşık % 6 ve 4; K1 sahasındaki ibrelerin N yoğunluğunun Kn ve K2 sahasındakilerden yaklaşık % 100; Kn sahasındaki ibrelerin P yoğunluğunun K1 ve K2 sahasındakilerden yaklaşık % 18; Kn sahasındaki ibrelerin K yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 12; Kn sahasındaki ibrelerin Fe yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 55; Kn ve K1 sahaslarındaki ibrelerin Mn yoğunluklarının K2 sahasındakinden sırasıyla yaklaşık % 44 ve 41 fazla olduğu belirlenmiştir. İbrelerindeki Ca, Mg, Cu ve Zn yoğunlukları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 0,2, % 0,1, 5 mg kg⁻¹ ve 19 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.24).

Çizelge 3.6. Karaçam ibrelerindeki besin yoğunlukları.

	Birim	K1	K2	Kn
C	%	49 ± 1 b	51 ± 1 a	48 ± 1 b
N		2 ± 0,3 a	1 ± 0,05 b	1 ± 0,04 b
P		0,11 ± 0,01 b	0,11 ± 0,01 b	0,13 ± 0,004 a
K		0,44 ± 0,03 ab	0,42 ± 0,03 b	0,47 ± 0,02 a
Ca		0,2 ± 0,02 a	0,2 ± 0,01 a	0,2 ± 0,02 a
Mg		0,1 ± 0,01 a	0,1 ± 0,01 a	0,1 ± 0,01 a
Fe	mg kg ⁻¹	252 ± 34 ab	203 ± 20 b	315 ± 70 a
Mn		86 ± 23 a	61 ± 16 b	88 ± 20 a
Cu		5 ± 0,2 a	5 ± 0,2 a	6 ± 0,1 a
Zn		20 ± 2 a	18 ± 2 a	20 ± 2 a

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2.1.5. Topraktaki Değişim

Üçüncü yılın sonunda fidanların yetiştiği toprakların nem, pH ve toplam kireç değerleri bakımından işlemler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0025; 0,0131; 0,0030). K2 sahasındaki toprakların nem değerinin K1 ve Kn sahaslarından yaklaşık % 60; K2 sahasındaki toprakların pH değerinin Kn sahasından yaklaşık % 3; K1 sahasındaki toprakların toplam kireç değerinin Kn sahasından yaklaşık % 100 fazla olduğu belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı, OM ve EC değerleri işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 1,02 g cm⁻³, % 2 ve 0,5 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Hacim ağırlığı, OM, nem, pH, EC ve toplam kireç değerleri.

	Birim	K1	K2	Kn
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1,01 ± 0,05 a	1,05 ± 0,06 a	1,01 ± 0,06 a
OM	%	2 ± 0,2 a	2 ± 0,2 a	2 ± 0,2 a
Nem	%	5 ± 1 b	8 ± 1 a	5 ± 1 b
pH		6,9 ± 0,4 ab	7 ± 0,02 a	6,8 ± 0,01 b
EC	dS m ⁻¹	0,5 ± 0,1 a	0,5 ± 0,1 a	0,4 ± 0,1 a
Toplam Kireç	%	2 ± 0,4 a	1,5 ± 0,2 ab	1 ± 0,2 b

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Fidanların yetiştiği toprakların C, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn yoğunlukları bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0019; <0,0001; 0,0015; 0,0339; <0,0001; 0,0293; 0,0055). K1 sahasındaki toprakların C yoğunluğunun K2 sahasından yaklaşık % 300; K1 ve K2 sahaslarındaki toprakların

Ca yoğunluklarının Kn sahasındaki sırasıyla yaklaşık % 24 ve 14; Kn sahasındaki toprakların Mg yoğunluğunun K1 ve K2 sahaslarındakinden sırasıyla yaklaşık % 41 ve 30; Kn sahasındaki toprakların Fe yoğunluğunun K2 sahasındaki yaklaşık % 66; Kn sahasındaki toprakların Cu yoğunluğunun K1 ve K2 sahaslarındakinden sırasıyla yaklaşık % 29 ve 13; Kn sahasındaki toprakların Zn yoğunluğunun K1 sahasındaki yaklaşık % 100; Kn sahasındaki toprakların Mn yoğunluğunun K1 sahasındaki yaklaşık % 83 fazla olduğu tespit edilmiştir. Toprakların N, P ve K yoğunlukları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 0,2, 6 mg kg⁻¹ ve 133 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Topraktaki besin yoğunlukları.

	Birim	K1	K2	Kn
C	%	4 ± 1 a	1 ± 0,2 b	2 ± 1 ab
N		0,2 ± 0,01 a	0,2 ± 0,01 a	0,2 ± 0,02 b
P	mg kg ⁻¹	5 ± 0,3 a	6 ± 0,4 a	6 ± 0,6 a
K		124 ± 23 a	126 ± 34 a	148 ± 44 a
Ca		4979 ± 866 a	4601 ± 862 a	4028 ± 709 b
Mg		548 ± 110 b	595 ± 167 b	774 ± 190 a
Fe		7 ± 1 ab	6 ± 1 b	10 ± 3 a
Mn		6 ± 0,3 b	8 ± 1 ab	11 ± 2 a
Cu		0,7 ± 0,1 b	0,8 ± 0,1 b	0,9 ± 0,1 a
Zn		0,2 ± 0,1 b	0,3 ± 0,1 ab	0,4 ± 0,1 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2.1.6. Topraktan Sızan İyonlar

Fidanların arazideki ikinci büyüme döneminde toprağın ilk 7 cm derinliğinden sızan NO₃⁻, Ca⁺², Mg⁺² ve SO₄⁻² iyonları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 43, 43, 15 ve 126 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.9).

Çizelge 3.9. Topraktan sızan iyonlar (ikinci büyüme dönemi).

	Birim	K1	K2	Kn
NO₃⁻	mg kg ⁻¹	29 ± 5 a	52 ± 23 a	48 ± 16 a
Ca⁺²		42 ± 8 a	54 ± 5 a	33 ± 7 a
Mg⁺²		15 ± 3 a	16 ± 2 a	15 ± 2 a
SO₄⁻²		120 ± 7 a	134 ± 6 a	124 ± 6 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Üçüncü büyüme döneminde topraktan sızan NO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 46, 46, 38 ve 134 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. PO_4^{-3} iyonunun sadece K1 sahasından sızdığı ve sızan PO_4^{-3} iyonunun 0,5 mg kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.10).

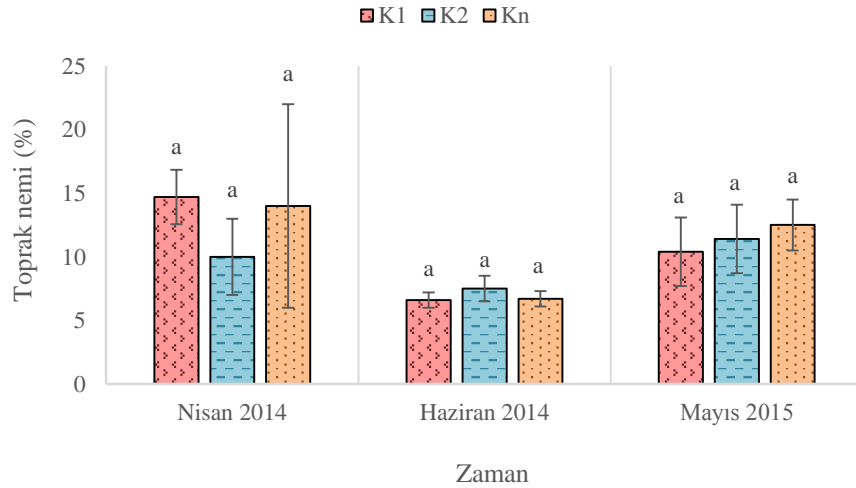
Çizelge 3.10 . Toprakтан sızan iyonlar (üçüncü büyüme dönemi).

	Birim	K1	K2	Kn
NO_3^-	mg kg^{-1}	73 ± 55 a	27 ± 9 a	38 ± 17 a
PO_4^{-3}		0,5 ± 0,5 a	0 a	0 a
Ca^{+2}		58 ± 26 a	53 ± 17 a	28 ± 7 a
Mg^{+2}		47 ± 18 a	29 ± 8 a	38 ± 13 a
SO_4^{-2}		137 ± 16 a	122 ± 2 a	144 ± 33 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

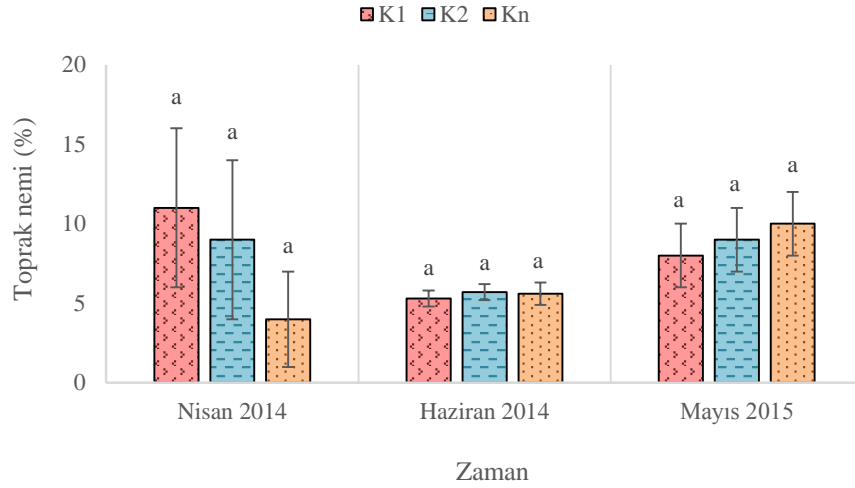
3.2.1.7. Toprak Nemi

Nisan ve Haziran 2014 ile Mayıs 2015 tarihlerinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık 20 cm uzaklıktaki toprak nemi işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 13, 7 ve 11 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Karaçam fidanlarının yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nem yüzdelerinin ortalamaları ± standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

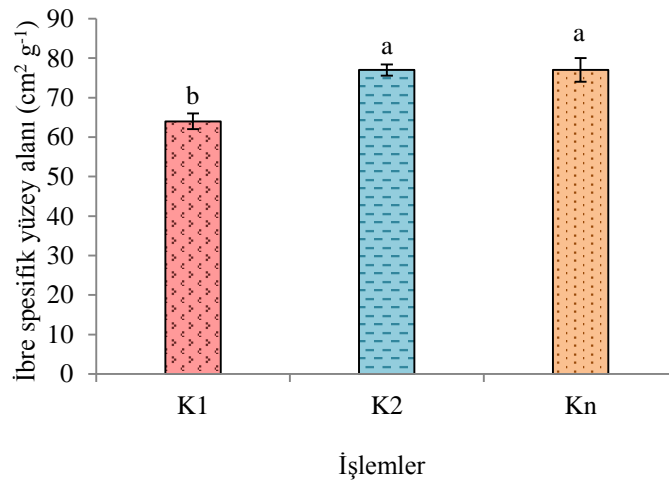
Nisan ve Haziran 2014 ile Mayıs 2015 tarihlerinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık bir m uzaktaki toprak nemi işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 8, 6 ve 9 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Karaçam fidanlarının yaklaşık 1 m uzağındaki toprak nem yüzdelerinin ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.1.8. İbre Spesifik Yüzey Alanı

Üçüncü büyüme dönemindeki fidanların ibre spesifik yüzey alanlarının işlemler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (P -değeri $<0,0001$). K2 ve Kn sahalarındaki spesifik ibre yüzey alanlarının K1 sahasındakinden yaklaşık % 20 fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Karaçam fidanlarının ibre spesifik yüzey alanı ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.2. Toros Sediri

3.2.2.1. Fidanların Yaşama Oranları

Fidanların birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama oranları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 97, 96 ve 94 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.11).

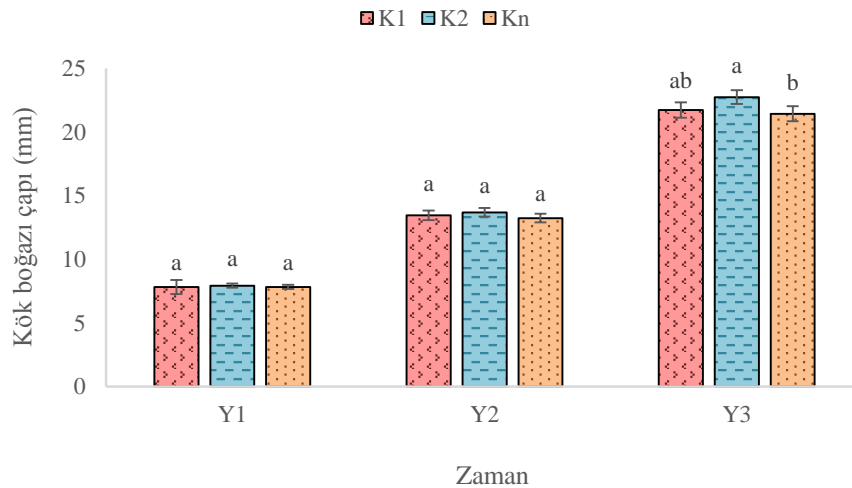
Çizelge 3.11. Toros Sediri fidanlarının yaşama oranları ortalamaları.

İşlem	1. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata	2. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata	3. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata
K1	94 ± 4 a	93 ± 4 a	93 ± 5 a
K2	99 ± 1 a	99 ± 1 a	99 ± 1 a
Kn	98 ± 1 a	96 ± 3 a	91 ± 7 a

Not: Her sütunda aynı harflerle takip eden ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

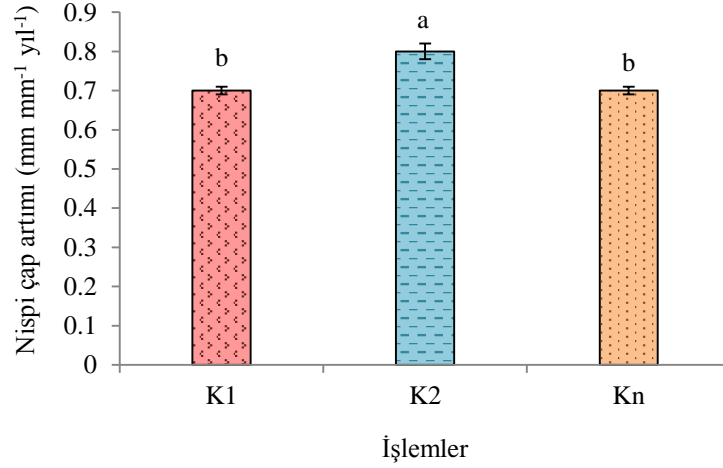
3.2.2.2. Çap Artımı

Fidanların KBC' si bakımından sadece üçüncü büyüme döneminin sonunda işlemler arasında farklılığın olduğu tespit edilmiştir (P -değeri 0,0151). Üçüncü büyüme dönemi sonunda K2 sahasındaki fidanların KBC'sinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 10 daha kalın olduğu belirlenmiştir. Fidanların birinci ve ikinci büyüme dönemleri sonundaki KBC'leri işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 8 ve 13 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Toros Sediri fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) KBC ortalamaları ± standart hataları (Aynı işleme ait ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

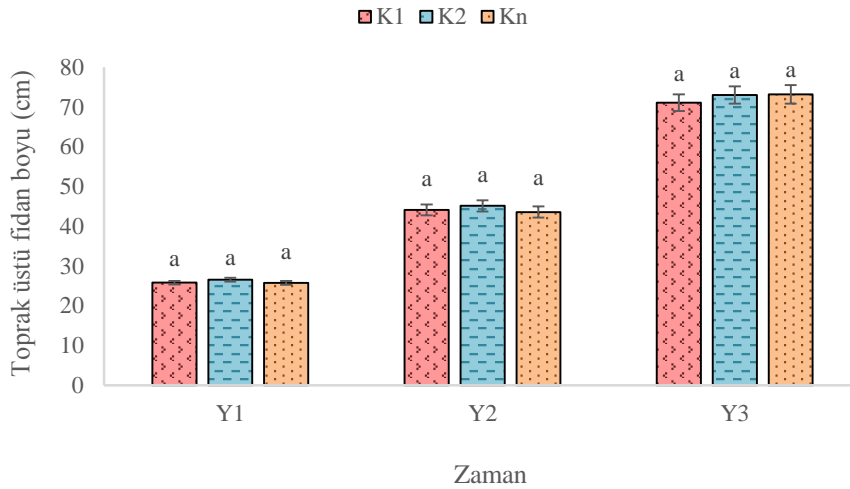
Fidanların NÇA'ları bakımından üçüncü büyüme dönemi sonunda işlemler arasında farklılığın olduğu tespit edilmiştir (P -değeri 0,0045). K2 sahasındaki fidanların NÇA'sının Kn ve K1 sahalarındakinden yaklaşık % 14 fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. Toros Sediri fidanlarının NÇA ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemdeki ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

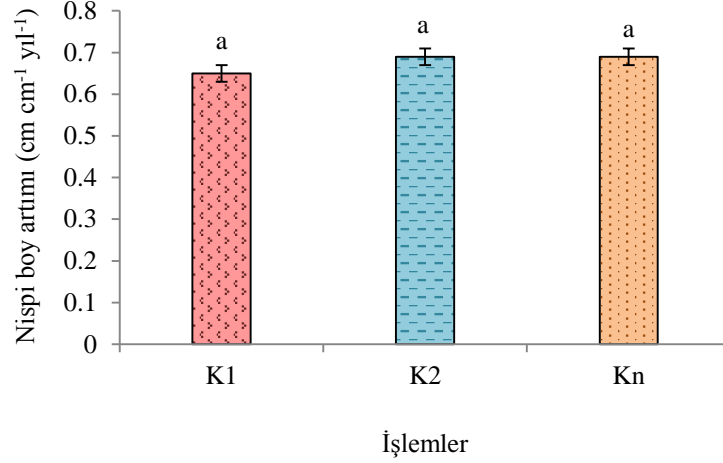
3.2.2.3. Boy Artımı

Fidanların birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki TÜFB'leri işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 26, 44 ve 72 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Toros Sediri fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) TÜFB ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işleme ait ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

Üçüncü büyüme dönemi sonunda fidanların NBA'ları bakımından işlemler arasında bir farklılık bulunmamaktadır (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Toros Sediri fidanlarının NBA ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemdeki ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.2.4. Beslenme

İbrelere C ve Zn yoğunlukları bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0122; 0,0340). Kn sahasındaki ibrelere C yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 9 ve K1 sahasındaki ibrelere Zn yoğunluğunun Kn sahasındakinden yaklaşık % 27 fazla olduğu belirlenmiştir. N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn ve Cu yoğunlukları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 1, % 0,1, % 0,4, % 0,5, % 0,1, 532 mg kg⁻¹, 82 mg kg⁻¹ ve 7 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Toros Sediri ibrelerindeki besin yoğunlukları.

	Birim	K1	K2	Kn
C	%	49 \pm 1 ab	46 \pm 1 b	50 \pm 1 a
N		1 \pm 0,1 a	1 \pm 0,1 a	1 \pm 0,1 a
P		0,1 \pm 0,004 a	0,1 \pm 0,004 a	0,1 \pm 0,005 a
K		0,4 \pm 0,01 a	0,4 \pm 0,01 a	0,4 \pm 0,01 a
Ca		0,5 \pm 0,01 a	0,5 \pm 0,03 a	0,5 \pm 0,02 a
Mg		0,1 \pm 0,003 a	0,1 \pm 0,002 a	0,1 \pm 0,002 a
Fe		mg kg ⁻¹	557 \pm 96 a	570 \pm 131 a
Mn	82 \pm 14 a		81 \pm 14 a	84 \pm 16 a
Cu	7 \pm 1 a		7 \pm 1 a	7 \pm 0,4 a
Zn	14 \pm 2 a		13 \pm 2 ab	11 \pm 2 b

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2.2.5. Topraktaki Değişim

Üçüncü yılın sonunda fidanların yetiştiği toprakların OM, nem, pH ve EC değerleri bakımından işlemler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0273; <0,0001; 0,0023; 0,0029). K1 sahasındaki toprakların OM değerinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 13; K1 ve K2 sahaslarındaki toprakların nem değerlerinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 20; K2 sahasındaki toprakların pH değerinin K1 ve Kn sahaslarındakinden yaklaşık % 1; K1 sahasındaki toprakların EC değerinin K2 sahasındakinden yaklaşık % 66 fazla olduğu belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı ve toplam kireç değerleri işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 1,04 g cm⁻³ ve % 1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.13. Hacim ağırlığı, OM, nem, pH, EC ve toplam kireç değerleri.

	Birim	K1	K2	Kn
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1,03 ± 0,04 a	1,03 ± 0,05 a	1,06 ± 0,05 a
OM	%	1,7 ± 0,1 a	1,6 ± 0,2 ab	1,5 ± 0,1 b
Nem	%	6 ± 1 a	6 ± 1 a	5 ± 2 b
pH		6,9 ± 0,3 b	7 ± 0,3 a	6,9 ± 0,3 b
EC	dS m ⁻¹	0,5 ± 0,1 a	0,3 ± 0,1 b	0,4 ± 0,1 ab
Toplam Kireç	%	1 ± 0,3 a	1 ± 0,3 a	1 ± 0,3 a

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Toprakların Fe, Cu ve Zn yoğunlukları bakımından işlemler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0232; 0,0339; 0,0187). K1 sahasındaki toprakların Fe yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 57; K1 sahasındaki toprakların Cu yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 25; K1 sahasındaki toprakların Zn yoğunluğunun K2 ve Kn sahaslarındakinden yaklaşık % 67 fazla olduğu tespit edilmiştir. Toprakların C, N, P, K, Ca, Mg ve Mn yoğunlukları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 1, % 0,2, 7 mg kg⁻¹, 156 mg kg⁻¹, 4264 mg kg⁻¹, 861 mg kg⁻¹ ve 8 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14. Topraktaki besin yoğunlukları.

	Birim	K1	K2	Kn
C	%	1 ± 0,1 a	1 ± 0,02 a	1 ± 0,2 a
N		0,2 ± 0,02 a	0,2 ± 0,02 a	0,2 ± 0,03 a
P	mg kg ⁻¹	8 ± 2 a	6 ± 1 a	6 ± 1 a
K		161 ± 22 a	153 ± 35 a	153 ± 29 a
Ca		4319 ± 818 a	4641 ± 827 a	3833 ± 800 a
Mg		860 ± 229 a	807 ± 244 a	915 ± 335 a
Fe		11 ± 2 a	9 ± 2 ab	7 ± 1 b
Mn		9 ± 1 a	8 ± 1 a	8 ± 1 a
Cu		1 ± 0,1 a	0,9 ± 0,1 ab	0,8 ± 0,1 b
Zn		0,5 ± 0,1 a	0,3 ± 0,1 b	0,3 ± 0,03 b

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2.2.6. Topraktan Sızan İyonlar

Fidanların arazideki ikinci büyüme döneminde toprağın ilk 7 cm derinliğinden sızan NO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 25, 39, 14 ve 123 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. Topraktan sızan iyonlar (ikinci büyüme dönemi).

	Birim	K1	K2	Kn
NO_3^-	mg kg ⁻¹	19±3 a	26 ± 8 a	31 ± 12 a
Ca^{+2}		41±9 a	43 ± 11 a	33 ± 8 a
Mg^{+2}		15±3 a	15 ± 7 a	13 ± 3 a
SO_4^{-2}		124±2 a	124 ± 4 a	120 ± 4 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Üçüncü büyüme döneminde toprağın ilk 7 cm derinliğinden sızan Ca^{+2} iyonu bakımından işlemler arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir (*P-değeri* 0,0453). K2 sahasındaki topraktan sızan Ca^{+2} iyonunun K1 sahasındakinden yaklaşık % 365 fazla olduğu belirlenmiştir. Üçüncü büyüme döneminde topraktan sızan NO_3^- , PO_4^{-3} , Mg^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 10, 1, 20 ve 117 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.16).

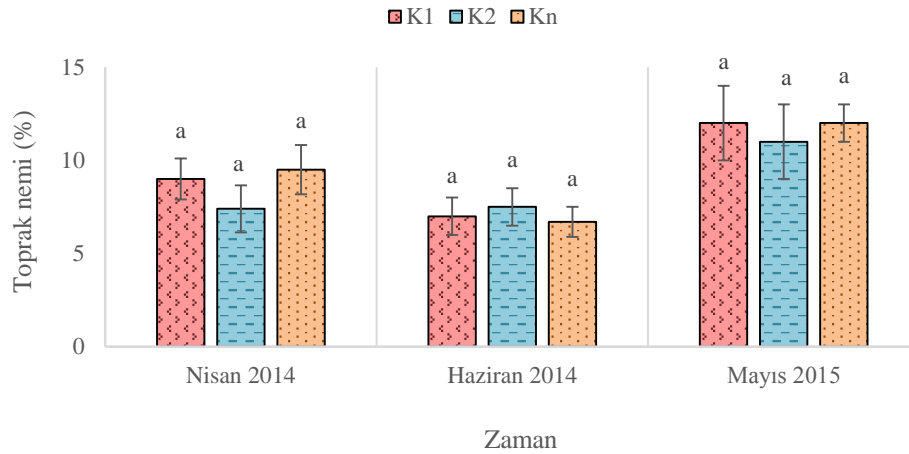
Çizelge 3.16. Toprakta sızan iyonlar (üçüncü büyüme dönemi).

	Birim	K1	K2	Kn
NO_3^-	mg kg ⁻¹	10 ± 2 a	7 ± 1 a	12 ± 2 a
PO_4^{3-}		1,4 ± 0,7 a	1 ± 0,6 a	0,4 ± 0,1 a
Ca^{+2}		17 ± 4 b	79 ± 26 a	41 ± 12 ab
Mg^{+2}		8 ± 2 a	23 ± 7 a	30 ± 10 a
SO_4^{2-}		120 ± 2 a	118 ± 2 a	112 ± 4 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

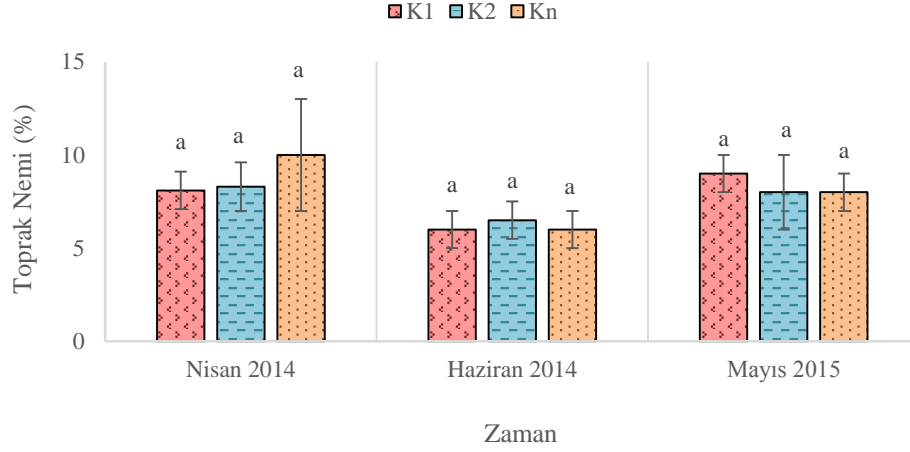
3.2.2.7. Toprak Nemi

Nisan-Haziran 2014 ile Mayıs 2015 tarihlerinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık 20 cm uzaklıktaki toprak nemi işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 9, 7 ve 12 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Toros Sediri fidanlarının yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları ± standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

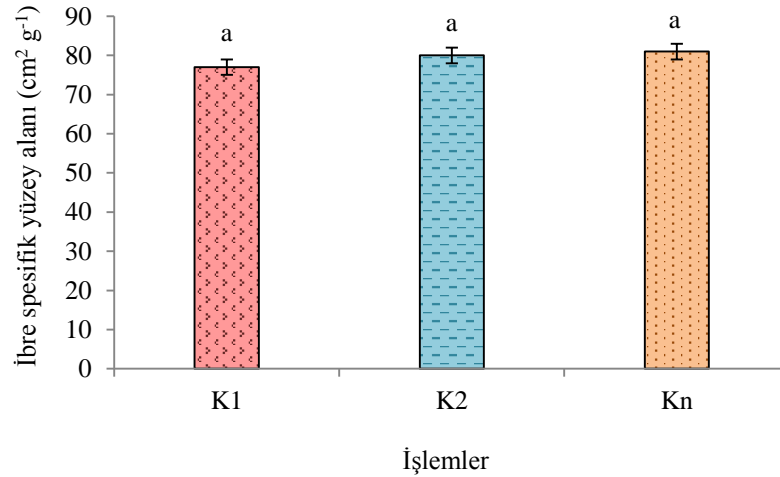
Nisan-Haziran 2014 ile Mayıs-Temmuz 2015 tarihlerinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık 1 m uzaktaki toprak nemi işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 9, 6, 7 ve 8 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Toros Sediri fidanlarının yaklaşık 1 m uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.2.8. İbre Spesifik Yüzey Alanı

Üçüncü büyüme dönemindeki ibrelerin spesifik yüzey alanları işlem farkı olmaksızın ortalama $79 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.38).



Şekil 3.38. Toros Sediri fidanlarının ibre spesifik yüzey alanı ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.3. Saçlı Meşe

3.2.3.1. Fidanların Yaşama Oranları

Fidanların birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama oranları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 97, 85 ve 77 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.17).

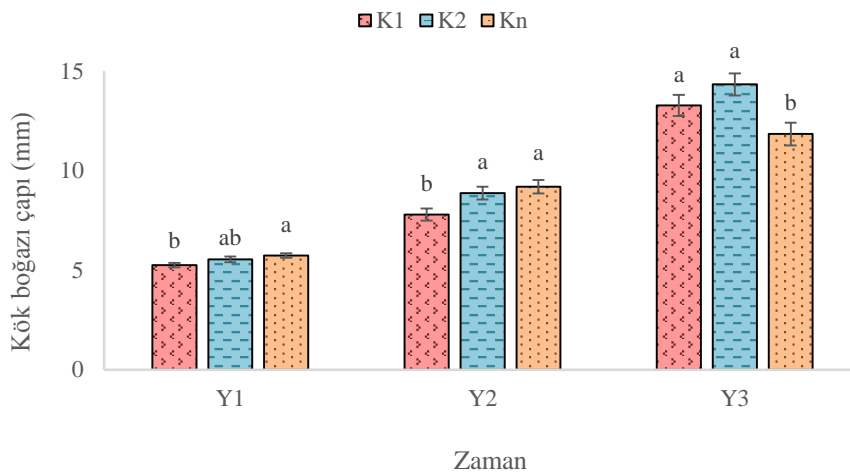
Çizelge 3.17. Saçlı Meşe fidanlarının yaşama oranları ortalamaları

İşlem	1. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata	2. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata	3. Yıl Yaşama Oranları (%) Ort. ± Std. Hata
K1	99 ± 1 a	85 ± 8 a	73 ± 16 a
K2	95 ± 1 a	83 ± 11 a	70 ± 18 a
Kn	98 ± 1 a	88 ± 5 a	88 ± 5 a

Not: Her sütunda aynı harflerle takip eden ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

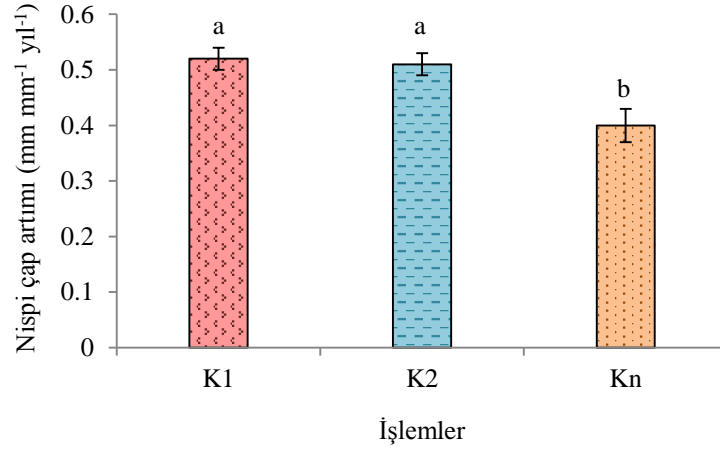
3.2.3.2. Çap Artımı

Fidanların KBC'leri bakımından birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemlerinin sonunda işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P -değerleri sırasıyla 0,0091; <0,0001; 0,0442). Fidanların dikimini takip eden ilk büyüme dönemi sonunda Kn sahasındaki fidanların KBC'sinin K1 sahasındakinden yaklaşık % 9; ikinci büyüme dönemi sonunda Kn ve K2 sahaslarındaki fidanların KBC'lerinin K1 sahasındakinden sırasıyla yaklaşık % 18 ve 4 ve üçüncü büyüme dönemi sonunda K2 ve K1 sahaslarındaki fidanların KBC'lerinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 21 daha kalın olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Saçlı Meşe fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) KBC ortalamaları ± standart hataları (Aynı işleme ait ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

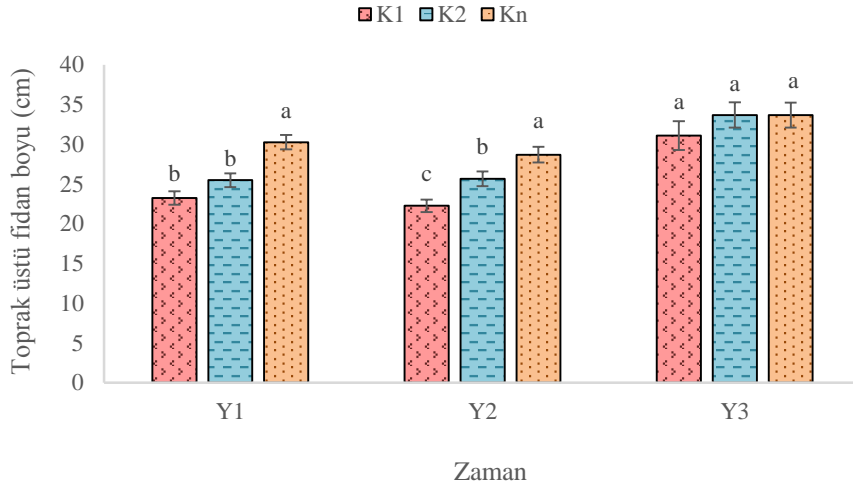
Fidanların NÇA'ları bakımından üçüncü büyüme dönemi sonunda işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P -değeri 0,0316). K1 ve K2 sahalarındaki fidanların NÇA'larının Kn sahasındakinden yaklaşık % 25 fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40. Saçlı Meşe fidanlarının NÇA ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemdeki ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

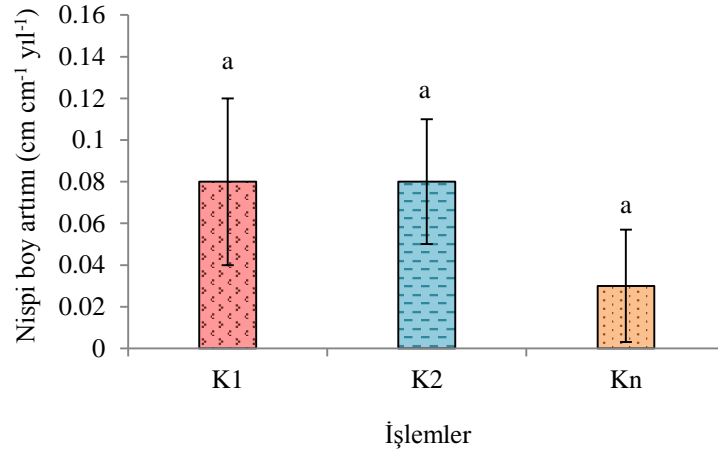
3.2.3.3. Boy Artımı

Birinci ve ikinci büyüme dönemleri sonundaki fidanların TÜFB'leri bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P -değerleri $<0,0001$; $<0,0001$). Birinci büyüme dönemi sonunda Kn sahasındaki fidanların TÜFB'si K1 ve K2 sahalarındakinden sırasıyla yaklaşık % 30 ve 19; ikinci büyüme döneminin sonunda ise Kn sahasındaki fidanların TÜFB'si K1 ve K2 sahalarındakinden sırasıyla yaklaşık % 29 ve 12 daha uzun ölçülmüştür. Üçüncü büyüme dönemi sonundaki TÜFB işlem farkı olmaksızın ortalama 33 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Saçlı Meşe fidanlarının birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki (sırasıyla Y1, Y2, Y3) TÜFB ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

Üçüncü büyüme dönemi sonunda meşe fidanlarının NBA'ları bakımından işlemler arasında bir farklılık bulunmamaktadır (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. Saçlı Meşe fidanlarının NBA ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemdeki ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.3.4. Beslenme

Yaprakların C, K, Mn ve Cu yoğunlukları bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0143; 0,0084; 0,0123; 0,0184). K2 sahasındaki yaprakların C yoğunluğunun K1 sahasındakinden yaklaşık % 4; K1 sahasındaki yaprakların K yoğunluğunun Kn sahasındakinden yaklaşık % 29; K1 sahasındaki yaprakların Cu yoğunluğunun Kn sahasındakinden yaklaşık % 10; Kn

sahasındaki yaprakların Mn yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 30 fazla olduğu belirlenmiştir. Yaprakların N, P, Ca, Mg, Fe ve Zn yoğunlukları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 2, % 0,2, % 1, % 0,4, 534 mg kg⁻¹ ve 21 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.18).

Çizelge 3.18. Saçlı Meşe yapraklarındaki besin yoğunlukları.

	Birim	K1	K2	Kn
C	%	47 ± 1 b	49 ± 1 a	48 ± 1 ab
N		2 ± 0,1 a	2 ± 0,1 a	2 ± 0,04 a
P		0,2 ± 0,02 a	0,2 ± 0,02 a	0,2 ± 0,02 a
K		0,9 ± 0,04 a	0,8 ± 0,05 ab	0,7 ± 0,04 b
Ca		1 ± 0,01 a	1 ± 0,01 a	1 ± 0,02 a
Mg		0,4 ± 0,02 a	0,4 ± 0,02 a	0,4 ± 0,03 a
Fe	mg kg ⁻¹	417 ± 31 a	784 ± 228 a	401 ± 33 a
Mn		542 ± 70 ab	218 ± 53 b	283 ± 84 a
Cu		11 ± 0,4 a	10,5 ± 0,3 ab	10 ± 0,3 b
Zn		23 ± 2 a	18 ± 4 a	22 ± 1 a

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2.3.5. Topraktaki Değişim

Üçüncü yılın sonunda fidanların yetiştiği toprakların pH ve toplam kireç değerleri bakımından işlemler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0317; 0,0262). K2 sahasındaki toprakların pH değerinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 3; K2 sahasındaki toprakların toplam kireç değerinin Kn sahasındakinden yaklaşık % 100 fazla olduğu belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı, OM, nem ve EC değerleri işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 1 g cm⁻³, % 2, % 4 ve 0,6 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19. Hacim ağırlığı, OM, nem, pH, EC ve toplam kireç değerleri.

	Birim	K1	K2	Kn
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1 ± 0,1 a	1 ± 0,1 a	1 ± 0,06 a
OM	%	2 ± 0,2 a	2 ± 0,1 a	2 ± 0,1 a
Nem	%	5 ± 1 a	4 ± 1 a	4 ± 1 a
pH		6,8 ± 0,3 ab	6,9 ± 0,4 a	6,7 ± 0,4 b
EC	dS m ⁻¹	0,6 ± 0,1 a	0,6 ± 0,2 a	0,5 ± 0,1 a
Toplam Kireç	%	1,9 ± 0,6 ab	2 ± 0,6 a	1 ± 0,2 b

Not: Aynı satırda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Toprakların C, Ca, Fe ve Mn yoğunlukları bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*-değerleri sırasıyla 0,0427; 0,0009; 0,0051; <0,0001). K1 sahasındaki toprakların C yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 50; K2 ve K1 sahaslarındaki toprakların Ca yoğunluklarının Kn sahasındakinden sırasıyla yaklaşık % 23 ve 19; Kn sahasındaki toprakların Fe yoğunluğunun K2 sahasındakinden yaklaşık % 43; Kn sahasındaki toprakların Mn yoğunluğunun K1 sahasındakinden yaklaşık % 29 fazla olduğu tespit edilmiştir. Toprakların N, P, K, Mg, Cu ve Zn yoğunlukları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 0,2, 8 mg kg⁻¹, 164 mg kg⁻¹, 634 mg kg⁻¹, 0,8 mg kg⁻¹ ve 0,5 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.20).

Çizelge 3.20. Topraktaki besin yoğunlukları.

	Birim	K1	K2	Kn
C	%	1,5 ± 0,2 a	1,2 ± 0,3 ab	1 ± 0,1 b
N		0,2 ± 0,02 a	0,1 ± 0,01 a	0,2 ± 0,02 a
P	mg kg ⁻¹	8 ± 1 a	8 ± 2 a	8 ± 1 a
K		171 ± 35 a	161 ± 28 a	160 ± 38 a
Ca		4665 ± 951 a	4807 ± 922 a	3916 ± 675 b
Mg		650 ± 206 a	609 ± 188 a	644 ± 157 a
Fe		9 ± 2 ab	7 ± 1 b	10 ± 2 a
Cu		0,8 ± 0,1 a	0,8 ± 0,1 a	0,8 ± 0,1 a
Zn		0,5 ± 0,1 a	0,5 ± 0,1 a	0,4 ± 0,1 a
Mn		7 ± 1 b	8 ± 1 ab	9 ± 1 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2.3.6. Topraktan Sızan İyonlar

İkinci büyüme döneminde toprağın ilk 7 cm derinliğinden sızan NO₃⁻ iyonu bakımından işlemler arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir (*P*-değeri 0,0260). K1 sahasındaki topraktan sızan NO₃⁻ iyonunun Kn sahasındakinden yaklaşık % 100 fazla olduğu belirlenmiştir. Topraktan sızan Ca⁺², Mg⁺² ve SO₄⁻² iyonları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 39, 16 ve 124 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.21).

Çizelge 3.21. Toprakta sızan iyonlar (ikinci büyüme dönemi).

	Birim	K1	K2	Kn
NO ₃ ⁻	mg kg ⁻¹	36 ± 7 a	21 ± 6 ab	18 ± 4 b
Ca ⁺²		37 ± 9 a	52 ± 15 a	29 ± 4 a
Mg ⁺²		12 ± 2 a	18 ± 5 a	17 ± 4 a
SO ₄ ⁻²		127 ± 4 a	122 ± 3 a	123 ± 5 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Üçüncü büyüme döneminde topraktan sızan NO₃⁻, PO₄⁻³, Ca⁺², Mg⁺², ve SO₄⁻² iyonları işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama 9, 2, 67, 28 ve 112 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.22).

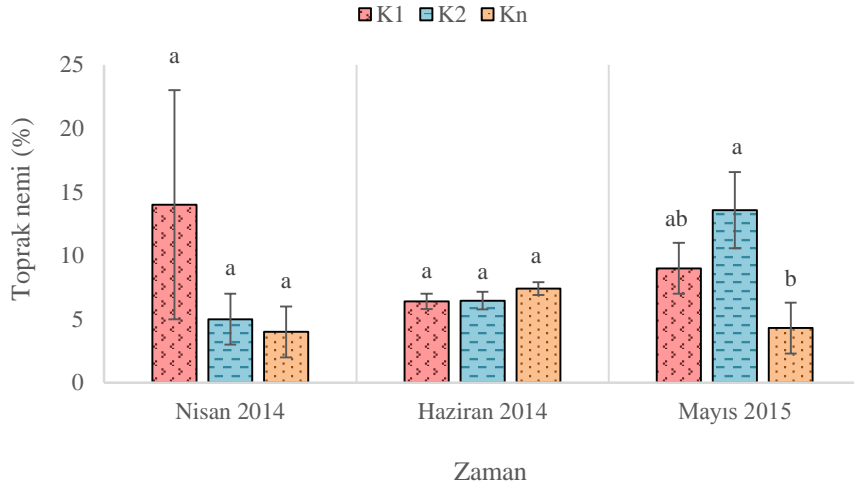
Çizelge 3.22. Toprakta sızan iyonlar (üçüncü büyüme dönemi).

	Birim	K1	K2	Kn
NO ₃ ⁻	mg kg ⁻¹	8 ± 1 a	9 ± 2 a	9 ± 1 a
PO ₄ ⁻³		4 ± 1 a	2 ± 1 a	1 ± 0,7 a
Ca ⁺²		65 ± 20 a	80 ± 27 a	56 ± 16 a
Mg ⁺²		20 ± 4 a	37 ± 1 a	27 ± 6 a
SO ₄ ⁻²		113 ± 2 a	108 ± 5 a	116 ± 2 a

Not: Aynı satırda ortak harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

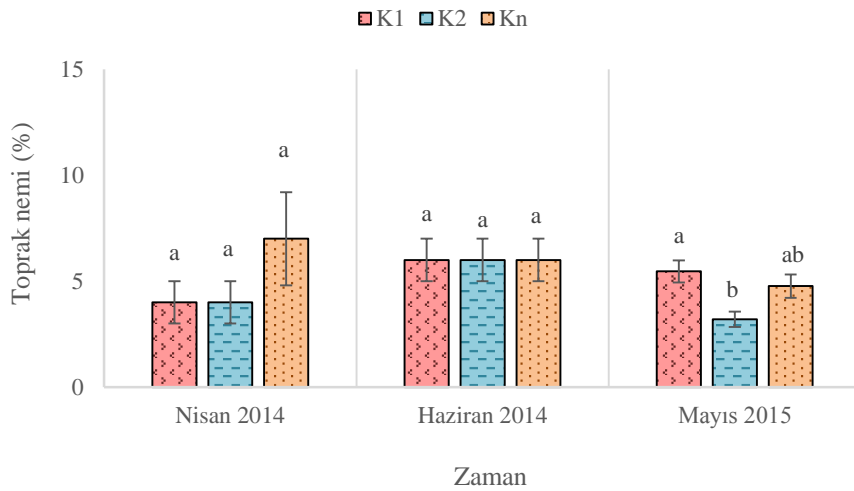
3.2.3.7. Toprak Nemi

Mayıs 2015 tarihinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık 20 cm uzaklıktaki toprak nemi bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir (*P*-değeri 0,0324). K2 sahasındaki toprak neminin Kn sahasındakinden yaklaşık % 225 fazla olduğu belirlenmiştir. Nisan ve Haziran 2014 tarihlerinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık 20 cm uzaklıktaki toprak nemi işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 8 ve 6 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43. Saçlı Meşe fidanlarının yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

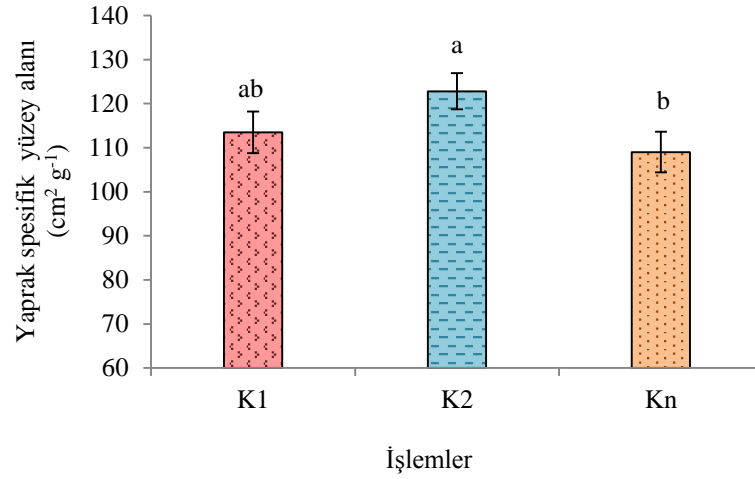
Mayıs 2015 tarihinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık 1 m uzaklıktaki toprak nemi bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir (*P-değeri* 0,0395). K1 sahasındaki toprak neminin K2 sahasındakinden yaklaşık % 71 fazla olduğu belirlenmiştir. Nisan ve Haziran 2014 tarihlerinde fidanların dikim sırası üzerindeki ve fidanlardan yaklaşık 1 m uzaklıktaki toprak nemi işlem farkı olmaksızın sırasıyla ortalama % 5 ve 6 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. Saçlı Meşe fidanlarının yaklaşık 1 m uzağındaki toprak nem yüzdelерinin ortalamaları \pm standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

3.2.3.8. Yaprak Spesifik Yüzey Alanı

Üçüncü büyüme dönemindeki fidanların spesifik yaprak yüzey alanlarının işlemler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (P -değeri 0,0179). K2 sahasındaki yaprak spesifik yüzey alanlarının Kn sahasındakinden yaklaşık % 13 fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.45).



Şekil 3.45. Saçlı Meşe fidanlarının yaprak spesifik yüzey alanı ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1. FİDANLIK AŞAMASI

Arbusküler mikorizaların genellikle *Pinaceae* hariç tüm *Gymnosperm* familyalarındaki türleri içeren vasküler bitkilerde buldukları düşünölmekteydi. Fakat *Pinaceae* familyasındaki türlerde de arbusküler mikorizal mantarların bulunduğuna dair yayınlar giderek artmaktadır (Cázares ve Trappe 1993, Vardavakis 1992, Cázares ve Smith 1996, Smith ve diğ. 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 diğ. 2008). Cázares ve Smith (1996) *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco ve *Tsuga mertensiana* (Bong.) Carr. (mountain hemlock) fidanlarında arbusküler mikorizal yapıları gözlemlemişlerdir. Yine Smith ve diğ. (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. Bu çalışmada da Karaçam'ın ektomikorizanın yanında arbusküler mikorizayla da ilişki kurduğu ve bu ilişkinin fidan gelişimi üzerinde etkili olduğu görölmüştür.

Meşe türleri için de önceden sadece ektomikorizalı oldukları düşünölmekte iken *Quercus rubra*, *Quercus falcata* Michaux, *Quercus palustris* Münchhasuen, *Quercus imbricaria* Michaux türlerinde vesiküler-arbusküler mikorizal enfeksiyonun olduğu belirlenmiştir (Henry 1933, Grand 1969, Rothwell ve diğ. 1983, Watson ve diğ. 1990).

Her iki mikoriza türünün de bulunduğu bitkilerde arbusküler mikorizal ve ektomikorizal kök kolonizasyon yüzdeleri arasında negatif bir ilişki görölebilmektedir (Chilvers ve diğ. 1987, Lodge 1989, Lodge ve Wentworth 1990, Watson ve diğ. 1990). Bunun sebebi ise ektomikorizal kök kolonizasyonunun, arbusküler mikorizal kök kolonizasyonunun yerine geçebilmesinden kaynaklanmaktadır (Chen ve diğ. 2000, Chilvers ve diğ. 1987, Lapeyrie ve Chilvers 1985, Lodge ve Wentworth 1990). *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. (eastern cottonwood) türünün aynı kök sistemi içerisinde arbusküler mikoriza ile ektomikoriza kolonizasyonu arasında negatif bir ilişki bulunmuştur (Lodge ve Wentworth 1990).

Bu çalışmada Karaçam, Toros Sediri ve Saçlı Meşe fidanlarının köklerinde hem ektomikorizal ve hem de arbusküler mikorizanın aynı kök sistemi içerisinde kolonizasyon oluşturduğu belirlenmiş ve iki mikoriza türüne ait kolonizasyon oranlarının ters orantılı oldukları tespit edilmiştir. K1 ve K2 ünitelerine uygulanan mikorizal karışımların arbusküler mikorizal mantar oranları arasında çok fazla bir fark olmamasına rağmen K1 ünitesinde ektomikorizanın varlığı bu üniteadaki bitki köklerinde arbusküler mikorizal kolonizasyon oranını önemli miktarda azaltmıştır. Kontrol fidanlarında arbusküler mikorizal enfeksiyon teşhis edilememiştir. Arbusküler mikorizanın çam, sedir ve meşenin kökleriyle ilişki kurması bu mikoriza türünün de orman fidanlıklarında alternatif olarak kullanılabilmesine işaret etmektedir.

Ektomikorizal mantar sadece K1 ünitesinde kullanıldığından bu işlemdeki fidanlarda yüksek oranda ektomikorizal kolonizasyon görülmektedir. Diğer iki üniteye ektomikorizal mantar aşılması yapılmamasına rağmen Karaçam ve Saçlı Meşe’de düşük miktarda ektomikorizal kolonizasyon belirlenmiştir. Bu durum fidanlıkta torbalamada ve yastıklarda kullanılan toprak karışımına yöredeki ormanlardan toplanan humus karıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Fidanlıkta uygulanan harç ortamına humus karıştırma işlemi neticesinde kolonizasyon oranları çok düşük kaldığı için fidan gelişimine olan katkı da düşük olmaktadır. Ayrıca bütün deneme parsellerinde aynı harç ortamı kullanıldığından deneme üniteleri arasında işlemlerden önce bir fark oluşmamaktadır. İşlemlere başlamadan önce kullanılan toprak karışımı farklı yöntemlerle sterilize edilebilirdi fakat bu çalışma ile daha çok uygulamacıya yönelik veriler üretmek amaçlandığından ve sterilize işleminin kitlesel fidan yetiştirilmesi istenen büyük fidanlıklarda pratikte uygulanmasının zor olması dolayısıyla bu çalışmada fidanlıkta rutin olarak kullanılan malzemedan faydalanılmıştır.

Haase (2008) ile Mexal ve Landis (1990) ağaçlandırmalarda tutma oranının fidanın daha çok çapı ile ilgili olduğunu tutan fidanların büyümesinde ise boyunun daha etkili olduğunu belirtmektedirler. Ürgenç (1998) ise kurak ve yarı kurak sahalardaki ağaçlandırma çalışmalarında düşük nem ve yüksek sıcaklıktan dolayı toprak yüzeyinde oluşan aşırı ısınmalara ve kuraklık stresine karşı ilk yıllarda kalın çaplı ve kısa boylu fidanların daha dayanıklı olduğunu iddia etmektedir. South ve diğ. (1993) tarafından fidanlık aşamasında yapılan çalışmada kök boğazı çapının artımına bağlı olarak fidanların arazide tutma oranlarının arttığı saptanmıştır. Bu çalışmada mikorizal işlem görmüş

fidanların en yüksek kök boğazı çapına sahip oldukları belirlenmiştir.

Mikorizanın fidanların morfolojik özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu; mikoriza aşılana fidanların bazı morfolojik özelliklerinin aşılamaayanlara göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Üç fidan türünde de en geniş yaprak/ibre spesifik yüzey alanı mikoriza aşılı fidanlarda tespit edilmiştir.

Mikoriza aşılamaş fidanların kök uzunluğu, aşılamaş olan fidanlara göre daha uzun olabilmektedir (Shresta 2002, Zaefarian ve diğ 2013). Çalışmada en kısa fidan kökü kontrol fidanlarında tespit edilirken en uzun köke sahip olan fidanlar ise mikoriza aşılamaş olanlarda belirlenmiştir. Kök uzunluğu besin ve suyun topraktan alınacağı hacmi artırarak topraktaki kaynaklara karşı bitkinin daha az stres çekmesine ve dolayısıyla daha iyi büyümesine doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu nedenle mikoriza aşılamaş fidanların aşılamaş olanlara göre daha fazla çap, boy ve biyokütle artımı yapmasını kök artımları nedeniyle topraktan daha fazla kaynak kullanmalarına bağlanabilir.

Katlılık terleme ile su kaybının gerçekleştiği toprak üstü kısmı ile su alımının gerçekleştiği kök kısmının oranını ortaya koyduğundan kurak saha ağaçlandırmalarında fidanlarda ölçülen önemli bir değışkendir (Bernier ve diğ. 1995, Thompson 1985). Katlılığın, normal koşullarda yetişen fidanlar için 3 civarında olması uygun görülse de kuraklık arttıkça bu oran 1 ve hatta 1'den daha küçük olması yani bitkinin toprak üstünden çok toprak altı kısma çalışması beklenmektedir (Ürgenç 1998). Bu çalışmada her üç fidan türü için de tüm işlemlerde katlılık oranının bir veya birden küçük değerler aldığı belirlenmiştir. Tespit edilen bu oranların kurak ve yarı kurak sahalara dikilecek fidanlara ait olması gereken oranlar içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. İşlemler arasında katlılık oranları bakımından fark olmaması fidan büyüklüklerinin aynı olduğu anlamına gelmemektedir. Toprak üstü kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı fazla olan fidan ile düşük olan fidan aynı katlılığa sahip olabilmektedir. Bundan dolayı sadece katlılık oranı esas alınarak dikilecek fidanların belirlenmesi doğru bir yaklaşım olmayacaktır.

Her koşulda tutma ve büyüme başarısını olumlu yönde etkileyen bir fidan özelliğı bulunmamaktadır. Farklı arazi koşullarında fidanların farklı özellikleri öne çıkarak tutma ve büyüme başarılarına etkili olmaktadır. Örneğın, diri-örtü rekabetinin fazla olduğu yarı

kurak bir sahaya ışık isteği olan tür dikildiğinde bitkinin öncelikle üretim yapması için otların arasından yükselip ışığa ulaşması gerekir. Dolayısıyla karbon kaynağının kök yerine boy büyümesine harcanması bu durumda öncelik olacaktır. Aynı dönemde su stresi olur ve bitki bu strese dayanabilirse yaşamını sürdürecektir. Fakat aynı koşullarda diri örtü rekabeti olmayan sahada ışık artık sınırlı kaynak olmaktan çıkmakta ve kökler karbon kaynağının sevkiyatında (C-allocation) öncelik alabilmektedir. Dolayısıyla aynı su potansiyeline sahip sahalarda ışık rekabeti bitki içindeki farklı kısımlara fotosentez sevkiyatını değiştirebilmektedir. Dolayısıyla fidanların tutma ve büyüme başarılarını tek bir morfolojik özellik üzerinden değil çeşitli morfolojik özellikleri ele alan kalite indekslerinin kullanılarak ilişkilendirmenin daha doğru olacağı görüşü artmaktadır (Mattsson 1996, Haase 2008, Bayala ve diğ. 2009, Manas ve diğ. 2009, Tsakaldimi ve diğ. 2012). Dickson ve diğ. (1960) tarafından geliştirilen kalite indeksine (DKİ) göre kaliteli bir fidan için bu değer en az 1 olması gerekmektedir (Aslan 1986). Bu değer arttıkça fidanların tutma ve büyüme başarıları artmaktadır. Bu çalışmada en yüksek DKİ değerleri sadece arbusküler mikorizal aşılmanın yapıldığı (K2) Karaçam ve Toros Sediri fidanlarında tespit edilmiştir.

Etkileşim tipi, hifsel morfolojileri, hücrel biyokimyaları, enzimatik kapasiteleri ve konukçu bitkiden karbon taleplerinin farklı olmasından arbusküler mikoriza ve ektomikorizaların bitki beslenmesindeki işlevleri arasında farklılıklar olabilmektedir (Taylor ve Alexander 2005, Smith ve Read 2008). Birçok yayın ile de bu iki mikorizal türün karbon ve mineral besin döngüsünde farklı etkiler sergilediği ortaya konulmuştur (Langley ve Hungate 2003, Phillips ve Fahey 2006, Clemmensen ve diğ. 2013, Phillips ve diğ. 2013, Averill ve diğ. 2014).

Mikorizaların N, P, K, Zn, Cu ve Fe gibi besinlerin alımını arttırabildikleri bilinmektedir (Al-Karaki 2000, Porrás-Soriano ve diğ. 2009). Bu çalışmada Karaçam ibrelerdeki N, P, K, Mn, Cu, Zn, B ve Mo yoğunlukları; sedir ibrelerindeki K, Cu, Zn ve B yoğunlukları ve Saçlı Meşe'de ise N, K, Mn, Cu, Zn, B ve Mo yoğunlukları bakımından mikorizal işlem uygulanmış fidanların daha iyi beslendiği görülmektedir. Mikoriza aşılınmış fidanların hem daha fazla büyümesi hem de bu büyümeye karşın besinlerde seyreltme etkisinin görülmeyip aksine besin yoğunluklarının da artması mikorizal ortaklığın fidanların beslenmesine doğrudan etkisi olduğunu göstermektedir.

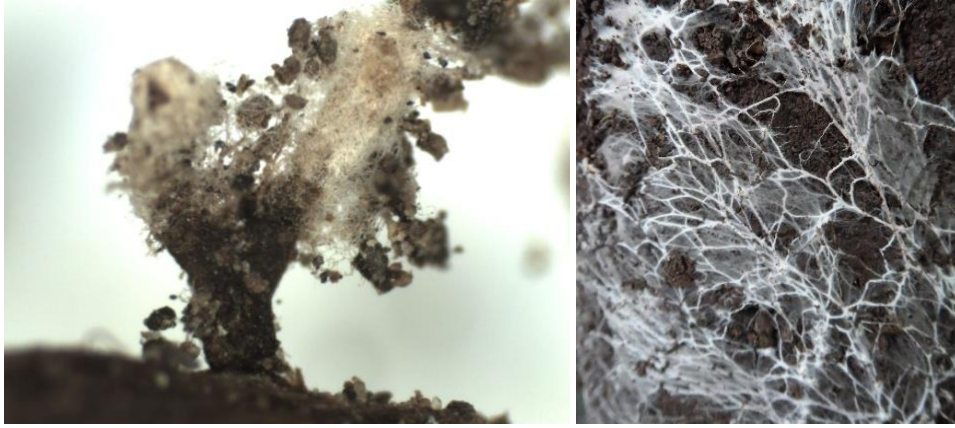
Hareketsiz besin elementi olan fosforun topraktan alımı doğrudan temas yoluyla olduğundan kök uzantısı gibi hareket eden miseller aktif fosfor alımına önemli katkı sağlamaktadır (Harley ve Smith 1983, Marchner 1995, Bolan 1991, Smith ve Read 2008, Cairney 2011). K1 ve K2 ünitelerindeki mikorizalı Karaçam ibrelerinin P yoğunlukları Kn ünitesine göre sırasıyla yaklaşık % 18 ve 9 fazla olduğu belirlenmiştir. Fosfor kök gelişimini olumlu yönde etkileyebilmektedir. Potansiyel ağaçlandırma sahalarının büyük bir kısmının kurak ve yarı kurak sahalarda yer aldığı Türkiye koşullarında kök gelişimi fazla olan mikorizalı fidan kullanımı bu bölgelerdeki en kısıtlayıcı kaynak olan su stresinin azaltılmasında uygulamacılar açısından büyük kolaylık sağlayabilir.

Tarımsal alanlarda yapılan çalışmalarda saprotrofik, arbusküler, erikoid ve ektomikorizal mantarların toprakların kesikleşmesine katkı sağladığı gözlenmiştir (Tisdall 1994, Tisdall ve diğ. 1997, Rillig 2005, Rillig ve Mummey 2006, Ambriz ve diğ. 2010, Zheng ve diğ. 2014). Fungal hifler toprakların kesikleşmesine üç şekilde katkı yapmaktadırlar; Birincisi, hiflerin toprak taneciklerini sararak daha büyük parçalara dönüştürdüğü fiziksel birleştirme (Andrade ve diğ. 1998, Thomas ve diğ. 1993; Rillig ve Mummey 2006); ikincisi, polisakkaritler, musilajlar veya glomalin gibi bileşikler salgılayarak kimyasal bir şekilde toprak taneciklerini yapıştırma (Wright ve Upadhyaya 1996; Bronick ve Lal 2005, Six ve diğ. 2004); üçüncü olarak ta besin ağının bir parçası olarak biyolojik yoldan toprak kesikleşmesine katkı sağlamaktadırlar (Andrade ve diğ. 1998, Andrade ve diğ. 1997, Artursson ve diğ. 2005).

Özellikle arbusküler mikorizaların ürettikleri glomalin adlı protein toprak taneciklerinin yapışmasında çimento görevi görmektedir (Wright ve Upadhyaya 1996, Wright ve Upadhyaya 1998, Rillig ve diğ. 2002, Rillig 2004, Borie ve diğ. 2008). Böylece toprak kırıntılaşması artmakta ve erozyon azalmaktadır (Sutton ve Sheppard 1976).

Çalışmada işlemlerin doğrudan toprak kırıntılaşmasına etkileri ölçülmemesine rağmen toprak içerisinde gelişen mikorizal hiflerin etrafında kırıntılaşmanın arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.1). Çalışmanın yapıldığı İç Anadolu'nun yarı kurak sahalarda mikorizal yapıların katkısıyla toprak kırıntılaşmasındaki artışın bitki yetişmesine katkısının olup olmayacağı araştırılması gereken bir konudur. Ayrıca İç Anadolu'nun taban arazilerinde önemli miktarda sodik ve tuzlu sodik toprak özelliği gösteren sahalarda bulunmaktadır. Bu sahalarda sodyum oranının fazlalığı toprak keseklerini dağıtarak mimari yapıyı bozmaktadır. Böylece geniş düzlüklerde toz haline gelen üst topraklar rüzgar

erozyonunun etkisi altındadır. Dolayısıyla bu tür sorunlu sahalarda mikorizal fidan kullanımı restorasyon çalışmalarının başarısını arttırabilir.



Şekil 4.1. Mikorizal hiplerin toprak taneciklerini bir arada tutuşu

4.2. ARAZİ AŞAMASI

Mikoriza aşılmasının fidanların yaşama yüzdesini arttırdığı bilinmektedir. Çolak ve Pitterle (1999) yüksek rakımlı sahalardaki ağaçlandırmalarda mikoriza aşılınmış fidanların aşılınmamışlara göre yaşama oranlarının yaklaşık beş kat ve büyümelerinin ise iki kat daha fazla olduğunu belirtmektedirler. Steinfeld ve diğ. (2003) tarafından Oregon'daki 385 m rakımda bulunan 650 mm yıllık yağış alan ve 426 m rakımda bulunan 500 mm yıllık yağış alan iki sahada yapılan araştırmada dikimden sonra *Rhizopogon* aşılınmış olan *Pinus ponderosa* (Ponderosa pine) fidanlarının aşılınmamış olanlarına göre 1,5 kata kadar daha yüksek tutma oranına sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Richter ve Bruhn (1989) *Laccaria bicolor* ile aşılınmış olan *Pinus resinosa* (Red pine) fidanlarının arazide tutma başarılarının aşılınmamış fidanlardan yaklaşık % 20 daha fazla olduğunu belirtmektedir. Theodorou ve Bowen (1970) hızlı gelişen türlerden olan *Pinus radiata*'nın da *Rhizopogon luteolus* ve *Suillus granulatus* ile aşılınması ile araziye dikilen fidanların tutma oranlarının arttırılabileceğini göstermiştir. Yine Anderson ve diğ. (1983) ektomikoriza aşılınmış meşe fidanlarının tutma başarıları ve büyüme oranlarının aşılınmamış fidanlara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Mrabet ve diğ. (2014) tarafından Morocco'nun güneybatısında yer alan yıllık yağışı 243 mm olan 63 m yükseltiye sahip kurak sahada yapılan çalışmada arbusküler mikorizal mantarların *Argania spinosa*'nın yaşama oranı, büyümesi ve topraktan besin alımını arttırdığı belirlenmiştir. Şimdiki çalışmada üçüncü büyüme sezonu sonunda her üç türde de

işlemler arasında fidanların tutma başarısı açısından bir fark görülmezken Karaçam ve Saçlı Meşe’de bütün sahalarda fidanların yaklaşık 3/4’ünün hayatta kaldığı belirlenmiştir. Sedirde ise sadece birkaç fidanın öldüğü tespit edilmiştir. Sedir bölgede kullanılan ve en yüksek tutma oranına sahip türler arasında yer almaktadır. Buna rağmen Karaçam ve Saçlı Meşe’nin de üçüncü büyüme dönemi sonunda % 75’ten fazlasının hayatta kalması hektarda 1200’den fazla fidan olduğu anlamına gelir ki bu tür sahalarda bu sayı oldukça yüksek bir rakamdır. Dolayısıyla bu sahalarda fidanların tutma başarısı açısından bir sorun görülmemektedir. Fakat karasal iklimin hüküm sürdüğü bu sahalarda yıllar ve mevsimler arası önemli derecede yağış ve sıcaklık dalgalanmaları görülmektedir. Bir sezonun daha yağışlı, bir sezonun daha kurak ve sıcak geçmesi arazideki dikim başarılarını önemli derece de etkilemektedir. Bu nedenle ağaçlandırma açısından iklim koşulları olumlu geçen yıllarda görülmeyen bu tür uygulamaların farkı olumsuz geçen yıllarda görülebilir. Dolayısıyla bu tür çalışmaların olumsuz geçen yıllardaki durumu da açığa çıkaracak şekilde sürdürülmesi işlemlerin fidanların tutmasına etkileri konusunda daha sağlıklı sonuçların çıkarılmasına katkı sağlayacaktır.

Farklı coğrafyalarda yapılan ağaçlandırma çalışmalarında kalın çaplı fidan kullanımının tutma başarısını arttırdığı, arazide güneş yanıklarına karşı direnci arttırdığı, daha az hayvan zararlarına maruz kaldığı ve kalın çaplı fidanların aynı yaştaki ince çaplılara göre topraktan su ve besin alımının daha fazla olduğu yönünde sonuçlar bulunmuştur (South ve Mexal 1984, Ritchie 1984, Mexal ve Landis 1990, Shiver ve diğ. 1990).

Bu çalışmada üçüncü büyüme dönemi sonunda her üç tür için de fidanlıktan sahaya getirilen fidanlardaki çap farklılıkları işlemler bazında daha da belirginleşmiş ve her iki işlem ile mikoriza aşılınmış fidanların herhangi bir işlem görmemiş fidanlardan daha kalın çap artımı yapmaya devam ettikleri hem mutlak hem de nispi değerlerin karşılaştırmasında görülmektedir.

Arazideki meşe fidanlarına ait boyların üç yıl boyunca 20-35 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Meşe fidanları boy yaptıktan sonra uçtan kurumuş ertesi sene tekrar sürmüştür. Bu sebepten dolayı Saçlı Meşe fidanlarına ait boyların bu sahalarda üç yıl boyunca yerinde saydığı belirlenmiştir. Meşelerin arazideki ilk iki senesinde kontrol fidanlarının boyları mikorizalı fidanlara göre üstünlük kurmuşken, üçüncü senede mikorizalı fidanlar kontrol fidanlarına yetişmiştir. Bunun sebebi olarak ilk iki sene mikorizalı Saçlı Meşe fidanlarının çap artımına enerji harcamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mikorizalı meşe fidanlarının daha iyi beslenmelerinden ve daha kalın çap yapımlarından dolayı muhtelemen sonraki yıllarda mikorizalı fidanlar kontrol fidanlarını boy bakımından geçebileceklerdir.

Üçüncü büyüme dönemi sonunda meşe ve sedirde işlemler arası fidan boyu bakımından fark görülmezken Karaçam'da sadece arbusküler mikorizal işlem uygulanmış K2 sahasındaki fidanların kontrol sahasındakinden daha uzun boylu oldukları görülmektedir. Fidanların sahaya dikildiği dönemde görülmeyen boydaki bu farklılık arazi koşullarında üçüncü büyüme dönemi sonunda K2 işlemindeki fidanlar lehine belirginleşmeye başlamıştır. Doğal ortamlarda meşçerelerin kuruluş aşamasında veya ağaçlandırmalardaki ilk yıllarda ışık rekabeti fidanların ayakta kalıp kalmayacağını doğrudan belirleyen etkenlerdendir. Tahrip görmüş sahalarda fidanların ışık rekabetini kazanmaları için sahaya gelen öncü türlerin gölgesinden kurtulması gerekmektedir. Bu nedenle boylu fidanlar etrafındaki otsu türlerle olan ışık rekabetini kazanmada daha avantajlıdır. Işık alan yapraklarda gölgede kalan yapraklara oranla fazladan mezofil katmanı bulunduğundan ışık alan yaprakların spesifik yaprak yüzey alanları daha düşüktür (Stenberg ve diğ., 1995). Dolayısıyla spesifik yaprak yüzey alanları hesaplanarak farklı sahalardaki fidanların ışık rekabetine girip girmediği kontrol edilebilir. Şimdiki çalışmada aynı tür içerisinde uzun boylu olan fidanların spesifik yüzey alanları daha az olması beklenirken Karaçam'da K2 ve kontrol sahalardaki fidanların K1 sahasındakilere göre, Saçlı Meşe'de ise K2 sahasındaki fidanların diğer sahadakilere göre daha az ışık aldıkları görülmektedir. İşlemler arasındaki bu farklılığın diri örtü mücadelesi ile doğal ortamdaki ışık rekabetinin ortadan kaldırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bütün sahalarda fidan çevresindeki diri örtünün uzaklaştırılması kısa boylu fidanların da ışık almalarını sağlamaktadır. Ancak sabah ve öğleden sonra düşük açıyla gelen ışınların alınmasını fidan çevrelerinde açılan sahanın genişliği etkilemektedir. Bu çalışmada işlemler arasında birim ağırlığa düşen yaprak yüzey alanlarının farklılığı diri örtü mücadelesine rağmen bazı fidanların hala ışık rekabetinde olduklarını göstermektedir. Bu durum ya fidanlar etrafında açılan alanın yeteri kadar geniş olmadığını sahadan sahaya ve çalışmayı yapan işçilere göre değiştiğini ya da büyüme mevsiminde yapılan diri örtü mücadelesinin tekrarlanması gerektiğini göstermektedir.

Alt toprak işleminin de yapıldığı saha hazırlığı sırasında üstteki bitki örtüsünden toprağın 70-80 cm derinliğine kadar olan kısım geniş alanda şiddetli bir tahribe uğramaktadır. Bu tahriple hem gelen ışığın sistemde tutulan miktarı (süzülen, yansıtılan, kullanılan vb) hem de besin ve su döngüsü önemli miktarda değişikliğe uğramaktadır. Bu tür tahriplerde bitki örtüsü yok edildiği için besinlerin toprak üstü kısımlar tarafından alımı kesintiye uğramakta, organik madde ayrışması ve mineralizasyon hızlandırılarak topraktan sızma yoluyla besin kaybı tetiklenmektedir (Yildiz 1997). Saha hazırlığı sırasında geniş ölçekte tahrip gerçekleştirilen ortama, doğal olarak etraftaki öncü türlerden gelmeye çalışırken bir taraftan da dikim yoluyla dışarıdan topluma daha ileriki bir süksesyonel aşamadan bitki sokulmaktadır. Yapılan kültürel işlemlerle de kaynaklar bu türe kanalizasyon edilmeye çalışılmaktadır. Sahadaki diğer türler ise diri örtü olarak sahadan uzaklaştırılmak istenmektedir. Ancak tahrip gören sahalarda hızlı bir şekilde kaplayan öncü türler tahrip sonrası hızlanan mineralizasyon ile açığa çıkan bol miktardaki besini tutarak sistemden kaybını önlemede oldukça önemlidirler (Yildiz 2000). Ayrıca türler arası besin ve toprak katmanlarını kullanım farklılığından dolayı üst toprakların verimliliğinde ve yaralanılabilir besin miktarında otsu türler önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca besin döngüsüne giren topraktaki azot daha çok süksesyonun ilk aşamasındaki ışık ihtiyacı fazla olan türlerce bağlanmaktadır. Dolayısıyla tahrip gören sahalarda öncü türlerle çabucak kaplanması sistemden besin ve organik madde kaybını azaltmakta hatta ilaveten azotun bağlanması da gerçekleşebilmektedir (Marks ve Borman, 1972, Kimmins 1996, Waring ve Running, 2000).

Reçine torbaları kullanarak sistemden besin kaybı hakkında veri elde edilmeye çalışılmıştır. Ancak saha hazırlığı ve dolayısıyla tahrip tam alanda gerçekleştiği için işlem farkı olmaksızın tüm sahalarda benzer şekilde inorganik besin sızıntısının olduğu görülmektedir. Diğer taraftan bazı toprak kısımlarında bol mineralizasyon olsa bile yağışın azlığından dolayı sahalarda bu fark ortaya çıkmamış olabilir. Tahrip sonrası besin kaybının şiddeti tahrip öncesi sahanın verimliliği, tahribin şiddeti, tahribin etkili olduğu alanın genişliği ve tahrip sonrası sahayı kaplayacak türlerin miktarı, türü ve kompozisyonuna göre değişmektedir. Bu nedenle ilk yıllardaki fidan beslenmesinde fidanların kendi özelliklerinden çok sahadaki oldukça değişken olan mineralizasyon oranları daha belirleyici olabilir. Hatta bazı ortamdaki bol besin miktarı fidanların mikoriza ile olan ilişkisinin sonlandırılmasına da neden olabilir. Dolayısıyla fidanlıklarda mikorizalı fidan getirilmesi bu tür kararsız ortamlarda bitki ile mantar ilişkisinin devamını

garanti etmeyebilir. Tahrip sonrası besin kayıpları birkaç aydan bir iki yıla kadar sürmekte sonra sistem durağanlaşmaktadır (Yıldız 1997). Dolayısıyla bu tür çalışmalarda saha hazırlığının bir yıl önceden yapılması bu sorunu ortadan kaldırabilir. Ancak sahanın tahrip öncesi durumuna dönmesi (ekolojik rotasyon) yıllar alabilmektedir. Bitki beslenmesinde mikorizaların katkısının tahrip sonrası etkinin durağanlaşmasından sonra belirginleşmesi beklenmektedir. Bu nedenle ağaçlandırma sahalarında başarıyı arttırmak için bir taraftan mikorizalı türler dikilip bir taraftan da diri örtü mücadelesi yapılırken diğer taraftan da uzun vadede saha verimliliğini olumsuz etkileyecek şiddette ve genişlikte doğal bitki kompozisyonunun bozulmamasına da özen gösterilmelidir.

Hacimsel nem ölçümlerinde bütün sahalardaki toprak tiplerine göre yaralanılabilir su seviyesinin altında nem bulunduğu görülmektedir. Mikorizanın bitkinin su stresini azaltmaya katkısının olup olmadığı yağmurdan hemen sonraki ve yağmursuz dönemler arasındaki su potansiyellerinin işlemler bazında karşılaştırılmasını içeren bir çalışmayla değerlendirilebilir.

Bu çalışma, farklı mikorizal işlem görmüş fidanlara ait uzun vadeli veriler alınmasına katkı sağlamaktadır. İklim değişikliği senaryolarının doğruluğu halinde kurak sahaların artacağı tehdidi öngörülmektedir. Dolayısıyla bu tür senaryolar karşısında toprak, bitki örtüsü ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konusunda farklı çözüm yolları önerebilecek verilere şiddetle ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile sözü edilen verilere katkı sağlanacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Agely A.A., Ogram A., *Soil Microbial Ecology, Mycorrhizal Association, Short Course*, University of Florida, Gainesville, FL, (2013).
- Aggangan N.S., Moon H.K., Han S.H., Growth response of *Acacia mangium* Willd. seedlings to arbuscular mycorrhizal fungi and four isolates of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker and Couch, *New Forests*, 39 (2) (2010) 215–230.
- Akça H., Yarı kurak bölgelerde yapılacak ağaçlandırmalarda mikorizaların önemi, *Türkiye’de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, Çalıştay Kitapçığı*, Cilt:1 (2006) 428-435.
- Al-Karaki G.N., Growth and mineral acquisition by mycorrhizal tomato grown under salt stress, *Mycorrhiza*, 10 (2) (2000) 51-54.
- Allen M.F., *The Ecology of Mycorrhizae*, Cambridge, U.K., (1991).
- Ambriz E., Báez-Pérez A., Sánchez-Yáñez J.M., Moutoglis P., Villega J., *Fraxinus–Glomus–Pisolithus* symbiosis: Plant growth and soil aggregation effects, *Pedobiologia*, 53 (6) (2010) 369–373.
- Anderson L.M., Clark S.L., Marx D.H., Growth of oak seedlings with specific ectomycorrhizae in urban stress, *Journal of Arboriculture*, 9 (6) (1983) 156-159.
- Andrade G., Mihara K.L., Linderman R.G., Bethlenfalvai G.J., Bacteria from rhizosphere and hyphosphere soils of different arbuscular mycorrhizal fungi, *Plant and Soil*, 192(1), (1997) 71-79.
- Andrade G., Linderman R.G., Bethlenfalvai G.J., Bacterial associations with the mycorrhizosphere and hyphosphere of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*, *Plant and Soil*, 202 (1) (1998) 79–87.

- Anonim, 1/500.000 *Türkiye jeoloji haritaları*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (2002).
- Anonim, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı 2008-2012*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, (2008).
- Anonim, *Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Asli Ağaç Türleri*, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, (2010).
- Anonim, Türkiye Harita ve Uydu görüntüleri. 08 Temmuz 2014'de World Wide Web (2014 a): <http://www.turkcebilgi.com/harita/t%C3%BCrkiye/turkiyenin-konumu-2>.
- Anonim, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Kurumsal Web Sitesi, Türkiye Orman Varlığı Haritası. 08 Temmuz 2014'de World Wide Web (2014 b): <http://web.ogm.gov.tr/InteraktifYayinlar/Harita/ormanharita.jpg>.
- Anonim, Mikorizanın bitki kök sistemine etkisi. <http://www.appliedturf.com/organic-fertilizer/mycorrhizae>, (2015-a).
- Anonim, Mikorizalı ve mikorizasız kökün besin elementi alımı, <http://www.mycorrhiza.eu/e/home-e>, (2015-b).
- Aquino M. T., Plassard C., Dynamics of ectomycorrhizal mycelial growth and p transfer to the host plant in response to low and high soil p availability, *Microbiology Ecology*, 48(2) (2004) 149-156.
- Arora D., All that the rain promises and more, *A Hip Pocket Guide to Western Mushrooms*, Berkeley: Ten Speed Press, (1991).
- Artursson V., Finlay R.D., Jansson J.K., Combined bromodeoxyuridine immunocapture and terminalrestriction fragment length polymorphism analysis highlights differences in the active soil bacterial metagenome due to *Glomus mosseae* inoculation or plant species, *Environmental Microbiology*, 7 (12) (2005) 1952-1966.
- Aslan S., *Kazdağı Göknarı (Abies equitrojani Ascher et Sinten)'nın Fidanlık Tekniği üzerine araştırmalar*, O.A.E. Teknik Bülten Serisi 157, (1986).

- Atalay İ., *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri Ecoregions of Turkey*, Orman Bakanlığı Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir, (2014).
- Averill C., Turner B.L., Finzi A.C., Mycorrhiza-mediated competition between plants and decomposers drives soil carbon storage, *Nature*, 505 (2014) 543–545.
- Bagyaraj D.J., Menge J.A., Interaction between a VA mycorrhiza and Azotobacter and their effects on rhizosphere microflora and plant growth. *New Phytologist*, 80 (3) (1978) 567-573.
- Bayala J., Dianda Z.M., Wilson Z.J., Oue'draogo S.J., Sanon Z.K., Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa, *New Forest*, 38 (2009) 309–322.
- Bearden B.N., Petersen L., Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and aggregate stability of a vertisol, *Plant and Soil*, 218 (2000) 173–183.
- Berta G, Fusconi A., Hooker J.E., Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: Scale, mechanisms and consequences, *Mycorrhizal Technology In Agriculture*, Birkhäuser Basel, (2002) 71-85.
- Bernier P.Y., Lamhamedi M.S., Simpson D.G., Shoot: Root ratio is of limited use in evaluation the quality of container conifer stock, *Tree Planters' Notes*, 46 (3) (1995).
- Bhandari N.N., Mukerji K.G., *The Haustorium*, Research Studies Press Ltd., England (1993).
- Binkley D., Matson P., Ion exchange resin bag method for assessing forest soil nitrogen availability, *Soil Science Society of American Journal*, 47 (5) (1983) 1050-1052.
- Binkley D., Ion exchange resin bags: factors affecting estimates of nitrogen availability, *Soil Science Society of America Journal*, 48 (5) (1984) 1181–1184.
- Bolan N.S., A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants, *Plant and Soil*, 134 (1991) 189–207.

- Bonfante-Fasolo P., Peretto R., Perotto S., Cell surface interactions in endomycorrhizal symbiosis, *Perspectives In Plant Cell Recognition*, Editörler: Callow J.A., Green J.R., Cambridge University Press, Cambridge, (1992) 239-255.
- Borie F., Rubio R., Morales A., Arbuscular mycorrhizal fungi and soil aggregation, *J. Soil Sc. Plant Nutr.*, 8 (2) (2008) 9-18.
- Boyd R., The role of ectomycorrhizas in the water relations of plants, *Ph.D. Thesis*, University of Sheffield, (1987).
- Boydak M., Dirik H., Çalikoğlu M., *Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü*, OGEM Vakfı Yayınları, Ankara, (2006).
- Bremner J.M., Nitrogen—Total. In: Sparks DL et al (eds) *Methods of soil analysis—part 3—chemical methods*. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, (1996) 1085–1121.
- Bronick C. J., Lal R., Soil structure and management: a review, *Geoderma*, 124 (1-2) (2005) 3-22.
- Brundrett M., Beegher N., Dell B., Groove T., Malajczuk N., *Working With Mycorrhizas In Forestry And Agriculture*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) (1996).
- Brundrett M.C., Abbott L.K., Arbuscular mycorrhizas in plant communities, *Microorganisms In Plant Conservation And Biodiversity*, Springer Netherlands, (2002) 151-193.
- Brundrett, M. C., Cairney, J. W. Ectomycorrhizas in plant communities, In *Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity*, Springer Netherlands (2002) 105-150.
- Cairney J.W.G., Evolution of mycorrhiza systems, *Naturwissenschaften*, 87 (2000) 467–475.
- Cairney J.W.G., Ectomycorrhizal fungi: The symbiotic route to the root for phosphorus in forest soils, *Plant Soil*, 344 (2011) 51-71.

- Cázares E., Smith J.E., Occurrence of vesicular–arbuscular mycorrhizae in *Pseudotsuga menziesii* and *Tsuga heterophylla* seedlings grown in Oregon coast range soils, *Mycorrhiza*, 6 (1996) 65–67.
- Cázares E., Trappe J. M., Vesicular endophytes in roots of the Pinaceae, *Mycorrhiza*, 2 (1993) 153–156.
- Chakravarty P., Hwang S. F., Effect of an Ectomycorrhizal Fungus, *Laccaria laccata*, on Fusarium Damping off in *Pinus banksiana* Seedlings, *European Journal of Forest Pathology*, 21 (2) (1991) 97-106.
- Chen Y.L., Brundrett M.C., Dell B., Effects of ectomycorrhizas and vesicular–arbuscular mycorrhizas, alone or in competition, on root colonization and growth of *Eucalyptus globus* and *E. urophylla*, *New Phytologist*, 146 (3) (2000) 545-555.
- Chilvers G.A., Lapeyrie F.F., Horan D.P., Ectomycorrhizal vs Endomycorrhizal fungi within the same root system, *New Phytologist*, 107 (2) (1987) 441-448.
- Clark R.B., Zeto S.K., Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil, *Soil Biology and Biochemistry*, 28 (10-11) (1996) 1495-1503.
- Clemmensen K.E., Bahr A., Ovaskainen O., Dahlberg A., Ekblad A., Wallander H., Stenlid J., Finlay R.D., Wardle D.A., Lindahl B.D., Roots and associated fungi drive long-term carbon sequestration in boreal forest, *Science*, 339 (6127) (2013) 1615-1618.
- Cooper K.M., Physiology of VA mycorrhiza, Editörler: Powell C.L., Bagyaraj D.J., *VA Mycorrhiza*. CRC Press, Boca Raton, FL. (1984) 155–186.
- Çepel N., *Toprak Fiziği*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No. 374, İstanbul, (1985).
- Çolak A.H., Pitterle A., *Yüksek Dağ Silvikültürü*. Cilt 1- Orta Avrupa, (1999).
- Dickie I.A., Koide R.T., Fayish A.C., Vesicular–arbuscular mycorrhizal infection of *Quercus rubra* seedlings, *New Phytologist*, 151 (1) (2001) 257–264.
- Dickson A., Leaf A.L., Hosner J.F., Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries, *Forest Chronicle*, 36 (1) (1960) 10–13.

- Dixon R.K., Rao M.V., Garg V.K., In situ and in vitro response of mycorrhizal fungi to salt stress, *Mycorrhiza News*, 5 (1994) 6-8.
- Dörman P., The role of lipids during nodulation and arbuscular mycorrhiza formation, <http://www.imbio.uni-bonn.de/molekulare-biotechnologie/forschung/the-role-of-lipids-during-nodulation-and-arbuscular-mycorrhiza-formation> (2014).
- Duchesne L.C., Peterson R.L., Ellis B.E., The future of ectomycorrhizal fungi as biological control agents, *Phytoprotection*, 70 (1989) 51-57.
- Duñabeitia M., Rodriguez N., Salcedo I., Sarrionandia E., Field mycorrhization and its influence on the establishment and development of the seedlings in a broadleaf plantation in the basque country, *Forest Ecology and Management*, 195 (1-2) (2004) 129-139.
- Duplessis S., Tagu D., Martin F., Living together underground. A molecular glimpse of the ectomycorrhizal symbiosis, Editor: Osiewacz H. D., *Molecular biology of Fungal Development*, Marcel Dekker, Inc., New york, (2002) 297-324.
- Druva-Lusite I., Ievinsh G., Diversity of arbuscular mycorrhizal symbiosis in plants from coastal habitats, *Environmental and Experimental Biology*, 8 (2010) 17–34.
- Edmonds R.L., Agee J.K., Gara R.I., *Forest Health and Protection*, Waveland Press, USA, (2005).
- Fajardo López M., Dietz S., Grunze N., Bloschies J., Weiß M., Nehls U., The sugar porter gene family of *Laccaria bicolor*: function in ectomycorrhizal symbiosis and soil-growing hyphae, *New Phytologist*, 180 (2) (2008) 365-378.
- Finlay R.D., Functional aspects of phosphorus uptake and carbon translocation in incompatible ectomycorrhizal associations between *Pinus sylvestris* and *Suillus grevillei* and *Boletinus cavipes*, *New Phytologist*, 112 (2) (1989) 185–192.
- Frank A.B., Über die auf Wurzelymbiose beruhende Ernährung Gewisser Baume durch unterirdische Pilze, *Ber. dt. bot.* 3, (1885) 128-145.

- Frank B., 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 (2005) 267-275.
- Gamalero E., Trotta A., Massa N., Copetta A., Martinotti M.G., Berta G., Impact of two fluorescent pseudomonads and an arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition, *Mycorrhiza*, 14, (2004) 185-192.
- Gardner J.H., Malajczuk N., Recolonization of rehabilitated boaxite mine sites in Western Australia by mycorrhizal fungi, *Forest Ecology and Management*, 24 (1988) 27-42.
- Garrido N., Becerra I., Manticorea C., Oehrens E., Silva M., Horak E., Antibiotic properties of ectomycorrhizas and saprophytic fungi growing on *Pinus radiata* D. Don L., *Mycopathologia*, 77 (1982) 93-98.
- Gerdemann J. W., Vesicular-arbuscular mycorrhizae, *The Development and Function of Roots*, Academic Press, London, New York, Editors: Torrey J. G. & Clarkson D. T., (1975) 575-591.
- Giovannetti M., Mosse, B., An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular infection in roots, *New Phytologist*, 84 (1980) 489-500.
- Gopinathan S., Raman N., Indole 3-acetic acid production by ectomycorrhizal fungi, *Indian journal of experimental biology*, 30 (2) (1992) 142-143.
- Grand L.F., A beaded endotrophic mycorrhiza of northern and southern red oak, *Mycologia*, 61 (2) (1969) 408-409.
- Guerin-Laguette A., Conventi S., Ruiz G., Plassard C., Mousain D., 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 (2003) 17-25.
- Gupta R.K., Kumar P., Mycorrhizal plants in response to adverse environmental conditions, *Mycorrhizal Biology* Kluwer Academic, Editors: Mukerji K.G., Chamola B.P., Singh J., (2000) 67-84.

- Gupta V., Satyanarayana T., Garg S., Ectomycorrhiza – An Overview, *Mycorrhizal Biology*, Kluwer Academic, Editors: Mukerji K.G., Chamola B.P., Singh J., (2000) 27-44.
- Gülçur F., *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No. : 1970, O. F. Yayın No: 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul, (1974).
- Haase D.L., Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation, *Tree Planters' Notes*, 52 (2) (2008) 24-30.
- Hagerberg D., Thelin G., Wallander H., The production of ectomycorrhizal mycelium in forest: Relation between forest nutrient status and local mineral sources, *Plant and Soil*, 252 (2003) 279-290.
- Harley J.L., Smith S.E., *Mycorrhizal Symbiosis*, Academic Press, London, (1983).
- Harrier L.A., Watson C.A., The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems, *Advances in Agronomy*, 79 (2003) 185–225.
- Hart S.C., Binkley D., Campbell R.G., Predicting loblolly pine current growth and growth response to fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 50 (1) (1986) 230-233.
- Hartley J., Cairney J.W.G., Meharg A.A., Do ectomycorrhizal fungi exhibit adaptive tolerance to potentially toxic metals in the environment?, *Plant and Soil*, 189 (1997) 303–319.
- Hartmann A., Rothballer M., Schmid M., Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research, *Plant and Soil*, 312 (2008) 7–14.
- Hawkins H. J., Johansen A., George E., Uptake and transport of organic and inorganic nitrogen by arbuscular mycorrhizal fungi, *Plant and Soil*, 226 (2000) 275-285.

- Helmke P.A., Sparks D.L., Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loepert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, (1996) 551–574.
- Henry L.K., Mycorrhiza of trees and shrubs, *Botanical Gazette*, 94 (1933) 791-800.
- Hetrick B.A.D., Laslie J.F., Wilson G.T., Kitt D.G., Physical and topological assessment of effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on root architecture of big bluestem, *New Phytol*, 110 (1988) 85-96.
- Hinsinger P., Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes, *Plant and Soil*, 237 (2001) 173-195.
- Ho I., Enzyme activity and phytohormone production of a mycorrhizal fungus *Laccaria laccata*, *Canadian Journal of Forest Research*, 17 (8) (1987) 855-858.
- Ho M.D., Mccannon B.C., Lynch J.P., Optimization modeling of plant root architecture for water and phosphorus acquisition, *Journal of Theoretical Biology*, 226 (3) (2004) 331-340.
- Horton T.R., Cázares E., Bruns T.D., 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 (1998) 11-18.
- Hunt R., *Basic Growth Analysis*. Unwin Hyman, Ltd., London, England, (1990).
- Irmak A., *Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları*, İ.Ü. Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 599, O. F. Yayın No: 27, İstanbul, (1954).
- Jackson, M. L. *Soil chemical analysis*. New York: Prentice-Hall Inc., (1962).
- Jakobsen I., Abbott L.K., Robson A.D., External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium Subterraneum* L .1. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots, *New Phytologist*, 120 (3) (1992) 371-380.

- Janos D.P., VA mycorrhizas in humid tropical ecosystems, *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*. FL. Editor: Safir G.R., CRC Press, Boca Raton, **(1987)**.
- Johnson D., Leake J.R., Ostle N., Ineson P., Read D.J., In situ (CO₂)-C-13 pulse-labelling of upland grassland demonstrates a rapid pathway of carbon flux from arbuscular mycorrhizal mycelia to the soil, *New Phytol*, 153 **(2002)** 327-334.
- Jones J.B. Jr, Case V.W., Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. In: Westerman RL et al (eds) Soil testing and plant analysis, 3rd edn. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, **(1990)** 389–427.
- Kalefetoğlu T., Ekmekçi Y., The effects of drought on plant and tolerance mechanisms, G. U., *Gazi University Journal of Science*, 18 (4) **(2005)** 723-740.
- Kalotas A.C., Aboriginal knowledge and use of fungi, *Fungi of Australia Vol. 1B, Introduction - Fungi in The Environment*, Australian Biological Resources Study, Canberra, **(1996)** 269–295.
- Kibar B., Pekşen A., Lactariuspyrogalus mantar türünün farklı izolatlarının ve inokulasyon uygulamalarının fındık (*Corylus avellana*) fidanında ektomikoriza oluşumu ve fidan gelişimi üzerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 7 (2) **(2011)** 89-104.
- Kibar B., Pekşen A., Ektomikorizanın Tarım ve Ormanlık Bakımından Önemi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 22 (2) **(2007)** 232-238.
- Klironomos J.N., Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi, *Ecology*, 84 **(2003)** 2292-2301.
- Knecht M.F., Göransson A., Terrestrial plants require nutrients in similar proportions, *Tree Physiology*, 24 (4) **(2004)** 447-460.
- Kowlooski T.T., Kramer P.J., Pallardy S.G., *The physiological Ecology of Woody Plants*, Academic Press, **(1991)**.
- Kraigher H., Grayling A., Wang T.L., Hanke D.F., Cytokinin production by two ectomycorrhizal fungi in liquid culture, *Phytochemistry*, 30 (7) **(1991)** 2249-2254.

- Kwapata M.B., Hall A.E., Effects of moisture regime and phosphorus on mycorrhizal infection, nutrient uptake and growth of cowpeas (*Vigna unguiculata* L.), *Field Crops Research*, 12 (1985) 241-250.
- Kuo S (1996) Phosphorus. In: Sparks DL et al (eds) *Methods of soil analysis—part 3—chemical methods* Madison. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin, 869– 919.
- Langley J.A., Hungate B.A., Mycorrhizal controls on belowground litter quality, *Ecology*, 84 (2003) 2302–2312.
- Lapeyrie F.F., Chilvers G.A., An endomycorrhiza–ectomycorrhiza succession associated with enhanced growth of *Eucalyptus dumosa* seedlings planted in calcareous soil. *New Phytologist*, 100 (1) (1985) 93–104.
- Lewis D.H., Comparative aspects of the carbon nutrition of mycorrhizas, *Endomycorrhizas*, Editors: Sanders F.E., Mosse B., Tinker P.B., Academic Press, London and New York, (1975) 199-148.
- Lewis D.H., Interchange of metabolites in biotrophic symbiosis between angiosperms and fungi, *Perspectives in Experimental Biology*, Sutherland, Oxford, Editor: Press P., 2 (1976) 207-219.
- Lodge D.J., The influence of soil moisture and flooding on formation of VA-endo- and ectomycorrhizae in *Populus* and *Salix*, *Plant and Soil*, 117 (1989) 243-253.
- Lodge D. J., Wentworth, T. R., Negative associations among VA-mycorrhizal fungi and some ectomycorrhizal fungi inhabiting the same root system. *Oikos* (1990) 347-356.
- Manas P, Castro Z.E., De las Heras Z.J., Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media, *New Forest*, (2009) 295-311.
- Marschner, H., Zinc uptake from soils, *Zinc In Soils and Plants*, Springer Netherlands, (1993) 59-77.
- Marschner H., Dell B., Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis, *Plant and Soil*, 159 (1) (1994) 89-102.

- Marschner H., *Mineral Nutrition of High Plants*, Second Edition, Academic Press, London, (1995).
- Martin-Pinto P., Pajares J., Diez J., In vitro effects of four ectomycorrhizal fungi, *Boletus edulis*, *Rhizopogon roseolus*, *Laccaria laccata* and *Lactarius deliciosus* on Fusarium damping off in *Pinus nigra* seedlings, *New Forests*, 32 (2006) 323-334.
- Marx D.H., Mycorrhizae and feeder root disease, *Ectomycorrhizae*, Editors: Marks G.C., Kozlowsky T.T., Academic Press, London, (1973) 351-382.
- Marx D.H., Artman J.D., *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizas improve survival and growth of pine seedlings on acid coal spoils in Kentucky and Virginia, *Reclam. Rev.*, 2 (1979) 23-31.
- Mattsson A., Predicting field performance using seedling quality assessment, *New Forests*, 13 (1996) 223-248.
- Meharg A.A., Cairney J.W.G., Ectomycorrhizas—extending the capabilities of rhizosphere remediation?, *Soil Biology and Biochemistry*, 32 (11-12) (2000) 1475-1484.
- Mexal J.G., Landis T.D., Target Seedling Concepts: Height and Diameter, *Target Seedling Symposium*, 13-17 August 1990, Roseburg-Oregon, (1990) 17-35.
- Miller R.M., Jastrow J.D. Mycorrhizal fungi influence soil structure, *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*, Editors: Kapulnik Y., Douds D.D., Springer Netherlands, (2000) 3-18.
- Morgan A., *Toads and Toadstools*, Celestial arts publishing, Berkeley, (1995).
- Mosse B., Hayman D.S., Arnold D.J. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza V. Phosphate uptake by three plant species from P-deficient soils labelled with ³²P, *New Phytologist*, 72 (4) (1973) 809-815.
- Mrabet S.E., Ouahmane L., Mousadik A.E., Msanda F., Abbas Y., The effectiveness of arbuscular mycorrhizal inoculation and bio-compost addition for enhancing reforestation with *Argania spinosa* in Morocco, *Open Journal of Forestry*, 4 (1) (2014) 14-23.

- Nelson D.W., Sommers L.E., Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks C et al (eds) *Methods of soil analysis—part 3—chemical methods* Madison. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin, **(1996)** 961–1010.
- Ortaş İ., *Toprak ve Bitkide Mikoriza*, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Adana, **(1998)**.
- Osonubi O., Mulongoy, K., Awotoye, O. O., Atayese, M. O., Okali, D. U. U., Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings, *Plant and Soil*, 136 **(1991)** 131-143.
- Peiffer C.M., Bloss H.E., Growth and nutrition of guayule (*Parthenium aggentatum*) in saline soil as influenced by VAM and phosphorus fertilization, *New Phytologist*, 108 (3) **(1988)** 315-321.
- Perry A.D., Molina R., Amaranthus P.M., Mycorrhizae, Mycorrhizospheres and reforestation: Current knowledge and research needs, *Canadian Journal of Forest Research*, 17 (8) **(1987)** 929-940.
- Peterson R.L., Massicotte H.B., Melville L.H., *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada **(2004)**.
- Phillips R.P., Brzostek E., Midgley M.G., The mycorrhizal associated nutrient economy: A new framework for predicting carbonnutrient couplings in temperate forests, *New Phytologist*, 199 (1) **(2013)** 41-51.
- Philips J.M., Hayman D.S., Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, *Transactions of the British Mycological Society*, 55 (1) **(1970)** 158–161.
- Piotrowski J.S., Denich T., Klironomos J.N., Graham J.M., Rillig M.C., The effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend on the interaction between plant and fungal species, *New Phytologist*, 164 (2) **(2004)** 365-373.
- Phillips R.P., Fahey T.J., Tree species and mycorrhizal associations influence the magnitude of rhizosphere effects, *Ecology*, 87 **(2006)** 1302-1313.

- Plaxton W.C., Plant Responses to Stress: Biochemical Adaptations to Phosphate Deficiency, *Encyclopedia of Plant and Crop Science*, (2004) 976-980.
- Porrás-Soriano A., Soriano-Martín M.L., Porrás-Piedra A., Azcón R., Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions, *Journal of Plant Physiology*, 166 (13) (2009) 1350-1359.
- Querejeta J.I., Roldán A., Albaladejo J., Castillo V., The role of mycorrhizae, site preparation, and organic amendment in the afforestation of a semi-arid mediterranean site with *Pinus halepensis*, *Forest Science*, 44 (2) (1998) 203-211.
- Ragothama K.G., Phosphate Acquisition. *Annual Review of Plant Biology*, 50 (1999) 665-693.
- Raina S., Chamola B.P., Mukerji K.G., Evolution of mycorrhiza, *Mycorrhizal Biology*, Kluwer Academic Publishers, New York, Editors: Mukerji K.G., Chamola B.P., Singh J., (2000) 1-25.
- Rambelli A., The Rhizosphere of Mycorrhizae, *Ectomycorrhizae*, Academic Press, New York, Editors: Marks G.I., Koslowski T.T., (1973) 299-343.
- Rausch C., Bucher M., Molecular Mechanism of Phosphate Transport in Plants, *Planta*, 216 (2002) 23-37.
- Read, D. J. The biology of mycorrhiza in the Ericales, *Canadian Journal of Botany*, 61(3) (1983) 985-1004.
- Repac I., Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates, *Forestry*, 80 (5) (2007) 517-530.
- Richter D.L., Bruhn J.N., Field survival of containerized red and jack pine seedlings inoculated with mycelial slurries of ectomycorrhizal fungi, *New forests*, 3 (1989) 247-258.
- Rillig M.C., Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation, *Canadian Journal of Soil Science*, 84 (4) (2004) 355-363.

- Rillig, M.C., A connection between fungal hydrophobins and soil water repellency? *Pedobiologia* 49, (2005) 395–399.
- Rillig M.C., Mummey D.L., Mycorrhizas and soil structure, *New Phytologist*, 171 (1) (2006) 41-53.
- Rillig M.C., Wright S.F., Eviner V., The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: Comparing effects of five plant species, *Plant Soil* 238 (2002) 325-333.
- Ritchie G.A., Assessing seedling quality, *Forest Nursery Manual: Production Of Bareroot Seedlings*, Springer Netherlands, (1984) 243–259.
- Rothwell F.M., Hacskeylo E., Fisher D., Ecto- and Endomycorrhizal Fungus Associations with *Quercus imbricaria* L., *Plant and Soil*, Springer Netherlands, 71 (1983) 309-312.
- Ryan M.H., Angus F.J., Arbuscular mycorrhizae in wheat and field pea crops a low P soil: Increased Zn-uptake bu yield, *Plant and Soil*, 250 (2003) 225-239.
- Saito M., Symbiotic exchange of nutrients in arbuscular mycorrhizas: transport and transfer of phosphorus, *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*, Springer Netherlands, Editörler: Kapulnik Y., Douuds D.D., Jr, (2000) 85-106.
- Santos V.L., Muchovej R.M., Borges A.C., Neves J.C.L., Kasuya M.C.M., Vesicular-arbuscular-/ecto-mycorrhiza succession in seedlings of *Eucalyptus* Spp., *Brazilian Journal of Microbiology*, 32 (2) (2001) 81-86.
- SAS Institute, Inc., *SAS/STAT Users Guide*, Version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, (1996).
- Shane M.W., De Vos M., De Roock S., Cawthray G.R., Lambers H., Effects of external phosphorus supply on internal phosphorus concentrations and the initiation, growth and exudation of cluster roots in *Hakea prostrata* R.Br., *Plant and Soil*, 248 (2003) 209-219.
- Sharma R., Rajack R.C., Pandey A.K., Growth response of *Dendrocalamus* seedlings by inoculation with ectomycorrhizal fungi, *Middle-East Journal of Scientific Research*, 3(4) (2008) 200-206.

- Shen J., Li H., Neumann G., Zhang F., Nutrient uptake, cluster root formation and exudation of protons and citrate in *Lupinus albus* as affected by localized supply of phosphorus in a split-root system, *Plant Science*, 168 (3) (2005) 837-845.
- Shiver B.D., Borders B.E., Page H.H., Raper S.M., Effect of some seedling morphology and planting quality variables on seedling survival in the Georgia Piedmont, *Southern Journal of Applied Forestry*, 14 (3) (1990) 109-114.
- Shresta G., Performance of *Pinus roxburghii* inoculated with pure culture of four indigenous ectomycorrhizal fungi, *7th International Mycological Congress*, Oslo, (2002).
- Six J., Bossuyt H., Degryze S., Deneff K., A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics, *Soil and Tillage Research*, 79 (1) (2004) 7-31.
- Smith F.W., Sulphur and phosphorus transport systems in plants, *Plant and Soil*, 232 (2001) 109-118.
- Smith J.E., Johnson K.A., Cázares E., Vesicular mycorrhizal colonization of seedlings of *Pineaceae* and *Betulaceae* after spore inoculation with *Glomus intraradices*, *Mycorrhiza*, 7 (1998) 279-285.
- Smith S.E., Read D.J., *Mycorrhizal Symbiosis*, Academic Press, San Diego, USA, (1997).
- Smith S.E., Read D.J., *Mycorrhizal Symbiosis*, Academic Press, San Diego, USA, (2008).
- Smith G.S., Roncadori R.W., Responses of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi at four soil temperatures and their effects on cotton growth, *New Phytologist*, 104 (1) (1986) 89-95.
- South D.B., Mexal J.G., *Growing The "Best" Seedlings For Reforestation Success*, Forestry Department Series No. 12. Auburn, AL: Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station, (1984).
- South D.B., Zwolinski J.B., Donald D.G.M., Interactions among seedling diameter grade, weed control and soil cultivation for *Pinus radiata* in South Africa, *Canadian Journal of Forest Research*, 23 (10) (1993) 2078-2082.

- Steinfeld D., Amaranthus M.P., Cazares E., Survival of ponderosa pine (*Pinus Ponderosa* dougl. Ex laws.) seedlings outplanted with rhizopogon mycorrhizae inoculated with spores at the nursery, *Journal of Arboriculture*, 29 (4) **(2003)** 197-208.
- Stenberg, P., E.H. DeLucia, A.W. Schoettle and H. Smolander. Photosynthetic light capture and processing from cell to canopy. In *Resource Physiology of Conifers*. Eds. W.K. Smith and T.M. Hinckley. Academic Press, New York, **(1995)** 3–38.
- Stribley D., Mineral nutrition, *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*, CRC Press, Editor: Safir, G.R., Boca Raton, FL., **(1987)** 59-69.
- Suarez D.L., Beryllium, magnesium, calcium, strontium, and barium. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loepert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, **(1996)** 575–601.
- Sumner M.E., Miller W.P., Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: Sparks DL et al (eds) *Methods of soil analysis—part 3—chemical methods* Madison. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin, **(1996)** 1201–1229.
- Sutton J. C., ve Sheppard, B., Aggregation of sand-dune soil by endomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Botany*, 54(3-4) **(1976)** 326-333.
- Taylor A.F., Alexander I.A.N., The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world, *Mycologist*, 19 (03) **(2005)** 102-112.
- Theodorou C., Bowen G.D., Mycorrhizal responses of radiata pine in experiments with different fungi, *Australian Forestry*, 34 (3) **(1970)** 183-191.
- Thomas R.S., Franson R.L., Bethlenfalvay G.J., Separation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and root effects on soil aggregation, *Soil Science Society of America Journal*, 57 (1) **(1993)** 77-81.
- Thomas GW Soil pH and soil acidity. In: Sparks DL et al (eds) *Methods of soil analysis—part 3— chemical methods* Madison. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin **(1996)** 475–490

- Thompson B.E., 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, **(1985)** 55–71.
- Thornthwaite C.W., An approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review*, 38 (1) **(1948)** 55-94.
- Timonen S., Marschner P., Mycorrhizosphere concept, *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Editors: Mukerjee K.G., Manoharachary C., Singh J., Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, **(2006)** 155-172.
- Tisdall, J.M., Possible role of soil microorganisms in aggregation of soil. *Plant Soil* 159, **(1994)** 115–121.
- Tisdall J.M., Oades J.M., Organic matter and water stable aggregates in soils, *Journal of Soil Science*, 33 (2) **(1982)** 141-163.
- Tisdall J., Smith S., Rengasamy P., Aggregation of soil by fungal hyphae, *Austral. J. Soil Res.*, 35 **(1997)** 55-60.
- Tommerup J.C., Briggs G.G., Influence of agricultural chemicals on germination of vesicular arbuscular endophyte spores, *Transactions of British Mycological Society*, 76 (2) **(1981)** 326-328.
- Toprak B., Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) gençlik sahalarında seyreltmenin fidan büyümesi ve toprağın besin durumuna etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Düzce Üniversitesi, **(2011)**.
- Treseder K.K, Masiello C.A., Lansing J.L., Allen M.F., Species-specific measurements of ectomycorrhizal turnover under N-fertilization: combining isotopic and genetic approaches, *Oecologia*, 138 **(2004)** 419-425.
- Tsakaldimi M., Ganatsas P., Jacobs D.F., Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology, *New Forests*, DOI 10.1007/s11056-012-9339-3, **(2012)**.
- Tsantrizos Y.S., Kope H.H., Fortin J.A., Ogilvie K.K., Antifungal antibiotics from *Pisolithus tinctorius*, *Phytochemistry*, 30 (4) **(1991)** 1113-1118.

- Tsimilli-Michael M., Strasser R.J., In vivo assessment of stress impact on plants' vitality: Applications in detecting and evaluating the beneficial role of Mycorrhization on host plants, *Mycorrhiza: State Of The Art, Genetics And Molecular Biology, Ecofunction, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure And Systematics*, Editor: Varma A., 3rd ed., Springer, (2008) 679-703.
- Turjaman M., Tamai Y., Segah H., Limin S.H., Osaki M., Tawaray K., Increase in Early Growth and Nutrient Uptake of *Shorea seminis* Seedlings Inoculated with Two Ectomycorrhizal Fungi, *Journal of Tropical Forest Science*, 18 (4) (2006) 243-249.
- Tüfekçi S., Doğal Populasyonlardaki Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Mikorizasının İzole Edilmesi ve Çoğaltılıp Fidan Üretiminde Kullanılması, *Doktora Tezi*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2007).
- Utobo E.B., Ogbodo E.N., Nwogbaga A.C., Techniques for Extraction and Quantification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *Libyan Agriculture Research Center Journal International*, 2 (2) (2011) 68-78.
- Ürgeç S., *Ağaçlandırma Tekniği*, Yenilenmiş ve Genişletilmiş İkinci Baskı, İ.Ü.Orman Fak.Yayınları, İ.Ü. Rektörlüğü Yayın No: 3994, Orman Fakültesi Yayın No:441, ISBN. 975-404-446-5, İstanbul. (1998).
- Vance P.C., Uhde-Stone C., Allan D., Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource, *New Phytologist*, 157 (3) (2003) 423-447.
- Vardavakis E., Mycorrhizal endogonaceae and their seasonal variations in a Greek sand dune, *Pedobiologia*, 36 (1992) 373-382.
- Vogt K.A., Grier C.C., Meier C.E., Edmonds R.L., Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* ecosystems in western washington, *Ecology*, 63 (2) (1982) 370-380.
- Wagg C., Pautler M., Massicotte H.B., Peterson R.L., The co-occurrence of ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septate fungi in seedlings of four members of the Pinaceae, *Mycorrhiza*, 18 (2008) 103-110.

- Watson G.W., Von Der Heide-Spavka K.G., Howe V.K., Ecological Significance Of Endo-/Ectomycorrhiza In The Oak Sub-Genus *Erythrobalanus*, *Arboriculture Journal*, 14 (2) (1990) 107–116.
- Wilson J.M., Comparative development of infection by three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *New Phytologist*, 97 (3) (1984) 413-426
- Wright S.F., Upadhyaya A., Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi, *Soil Science*, 161 (9) (1996) 575-586.
- Wright S.F., Upadhyaya A., A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi, *Plant and Soil*, 198 (1998) 97-107.
- Yildiz, O., Impact of Different Harvesting and Sites Preparation Methods on Soil Compaction and Nitrogen Mineralization in a Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation, Ms. Thesis, Louisiana State University, forestry, Wildlife and Fisheries, USA, (1997).
- Yildiz, O., Ecosystem effects of vegetation removal in coastal Oregon Douglas-fir experimental plantations: Impacts on ecosystem production, tree growth, nutrients, and soils. Ph.D. Dissertation. Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA, (2000).
- Yildiz O., Esen D., Karaöz M.Ö., Sargıncı M., Toprak B., Soysal Y., Effects of different site preparation methods on soil carbon and nutrient removal from eastern beech regeneration sites in Turkey's Black Sea Region, *Applied Soil Ecology*, 45 (1) (2010) 49-55.
- Yildiz O., Cromack K.Jr., Radosovich S.R., Wagner R.G., Martinez-Ghersa M.A., Baham J.E., Comparison of fifth- and fourteenth-year Douglas-fir and understory vegetation responses to selective vegetation removal, *Forest Ecology and Management*, 262 (2011) 586-597.

Zheng W., Kathryn Morris E., Rillig M.C., Ectomycorrhizal fungi in association with *Pinus sylvestris* seedlings promote soil aggregation and soil water repellency, *Soil Biology & Biochemistry*, 78 (2014) 326-331.

Zaefarian F., Rezvani M., Ardakani M.R., Rejali F., Yazdi S.A.F., Yazdi S.F.F., Effect of mycorrhizal fungus strains on some of root traits in barley (*Hordeum vulgare* L.), *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (6) (2013) 1386-1392.

Zhu Y., Smith F.A., Smith S.E., Phosphorus Efficiencies and Responses of Barley (*Hordeum vulgare* L.) to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Grown in Highly Calcareous Soil, *Mycorrhiza*, 13 (2003) 93–100.



6. EKLER

EK-1. Eskişehir İlinin Su Bilançosu

Su Bilançosu Elemanları	AYLAR												Yıllık Ort.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	-0,5	0,7	4,6	9,7	14,7	18,9	21,8	21,5	16,7	11,7	5,7	1,4	10,6
Sıcaklık indisi	0	0,1	0,9	2,7	5,1	7,5	9,3	9,1	6,2	3,6	1,2	0,1	45,9
Düzeltilmemiş PET (mm)	0	1,6	16,1	39,8	66,1	89,7	106,7	105,0	77,2	50,0	20,9	3,8	-
Düzeltilmiş PET (mm)	0	1,4	16,5	44,1	81,7	112,0	135,0	123,9	80,0	48,0	17,4	3,1	663,0
Yağış (mm)	27,9	23,5	26,1	42,0	37,4	20,7	13,4	9,4	16,3	26,8	39,6	34,1	317,2
Depo Değişikliği (mm)	27,9	18,9	0,0	-2,1	-44,3	-53,6	0	0	0	0	22,2	31,0	-
Depolama (mm)	81,1	100,0	100,0	97,9	53,6	0,0	0	0	0	0	22,2	53,2	100
Gerçek ET (mm)	0	1,4	16,5	44,1	81,7	74,3	13,4	9,4	16,3	26,8	17,4	3,1	304,4
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	37,7	121,6	114,5	63,7	21,2	0	0	358,7
Su Fazlası (mm)	0	3,3	9,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,8
Yüzeysel Akış (mm)	0	1,6	6,4	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	12,8
Nemlilik Oranı	27,9	16,3	0,6	0	-0,5	-0,8	-0,9	-0,9	-0,8	-0,4	1,3	10,1	-

EK-2. Mihallıçık İlçesinin Su Bilançosu

Su Bilançosu Elemanları	AYLAR												Yıllık Ort.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	-2,0	-1,2	3,2	8,1	12,5	16,6	19,3	19,5	16,0	10,8	4,6	-0,2	8,9
Sıcaklık indisi	0	0	0,5	2,1	4,0	6,2	7,7	7,9	5,8	3,2	0,9	0	38,2
Düzeltilmemiş PET (mm)	0	0	13,2	36,6	59,1	80,8	95,4	96,5	77,6	50,3	19,6	0	-
Düzeltilmiş PET (mm)	0	0	13,5	40,5	73,1	100,9	120,6	113,9	80,4	48,2	16,4	0	607,6
Yağış (mm)	66,9	43,2	45,2	65,5	47,0	29,4	23,7	10,8	15,6	40,6	50,3	71,9	510,1
Depo Değişikliği (mm)	0	0	0	0	-26,1	-71,5	-2,4	0	0	0	33,9	66,1	-
Depolama (mm)	100	100	100	100	73,9	2,4	0	0	0	0	33,9	100	100
Gerçek ET (mm)	0	0	13,5	40,5	73,1	100,9	26,1	10,8	15,6	40,6	16,4	0	337,6
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	0	94,5	103,1	64,8	7,6	0,0	0	270
Su Fazlası (mm)	66,9	43,2	31,7	25,0	0	0	0	0	0	0	0	5,8	172,5
Yüzeysel Akış (mm)	36,4	55,1	37,4	28,3	12,5	0	0	0	0	0	0	2,9	172,5
Nemlilik Oranı	66,9	43,2	2,3	0,6	-0,4	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8	-0,2	2,1	71,9	-

EK-3. Afyonkarahisar İlinin Su Bilançosu

Su Bilançosu Elemanları	AYLAR												Yıllık Ort.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	0,3	1,5	5,3	10,4	15,0	19,2	22,2	21,9	17,8	12,3	6,4	2,1	11,2
Sıcaklık indisi	0	0,2	1,1	3,0	5,3	7,7	9,6	9,4	6,8	3,9	1,5	0,3	48,6
Düzeltilmemiş PET (mm)	0,5	3,6	17,8	41,7	66,1	90,2	108,3	106,5	82,0	51,5	22,6	5,6	-
Düzeltilmiş PET (mm)	0,4	3,1	18,4	46,0	81,3	111,9	136,1	125,2	84,9	49,5	19,0	4,6	680,4
Yağış (mm)	40,0	36,1	42,0	50,0	47,6	32,2	20,8	14,3	15,1	37,8	37,3	45,6	418,8
Depo Değişikliği (mm)	39,6	1,1	0	0	-33,7	-66,3	0	0	0	0	18,3	41,0	-
Depolama (mm)	98,9	100	100	100	66,3	0	0	0	0	0	18,3	59,3	100
Gerçek ET (mm)	0,4	3,1	18,4	46,0	81,3	98,5	20,8	14,3	15,1	37,8	19,0	4,6	359,2
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	13,4	115,3	110,9	69,8	11,7	0	0	321,1
Su Fazlası (mm)	0	31,9	23,6	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0	59,6
Yüzeysel Akış(mm)	0	16,0	27,8	13,8	2,0	0	0	0	0	0	0	0	59,6
Nemlilik Oranı	40,0	10,8	1,3	0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8	-0,2	1,0	9,0	-

EK-4. Kütahya İlinin Su Bilançosu

Su Bilançosu Elemanları	AYLAR												Yıllık Ort.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	0,5	1,5	5,0	10,0	14,4	18,3	20,8	20,4	16,5	11,6	6,3	2,2	10,6
Sıcaklık indisi	0	0,2	1,0	2,9	5,0	7,1	8,7	8,4	6,1	3,6	1,4	0,3	44,6
Düzeltilmemiş PET (mm)	1,2	4,3	18,4	42,1	65,2	86,9	101,3	98,9	76,7	50,3	24,2	6,9	-
Düzeltilmiş PET (mm)	1,0	3,6	18,9	46,6	80,5	108,3	127,9	116,7	79,5	48,3	20,2	5,6	657,2
Yağış (mm)	67,4	53,7	50,9	60,6	50,4	28,8	19,0	17,4	20,0	40,1	57,6	82,2	548,1
Depo Değişikliği (mm)	0	0	0	0	-30,1	-69,9	0	0	0	0	37,4	62,6	-
Depolama (mm)	100	100	100	100	69,9	0,0	0	0	0	0	37,4	100	100
Gerçek ET (mm)	1,0	3,6	18,9	46,6	80,5	98,7	19,0	17,4	20,0	40,1	20,2	5,6	371,7
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	9,6	108,9	99,3	59,5	8,2	0	0	285,5
Su Fazlası (mm)	66,4	50,1	32,0	14,0	0,0	0	0	0	0	0	0	13,9	176,4
Yüzeysel Akış(mm)	40,2	58,2	41,0	23,0	7,0	0	0	0	0	0	0	7,0	176,4
Nemlilik Oranı	67,4	13,8	1,7	0,3	-0,4	-0,7	-0,9	-0,9	-0,7	-0,2	1,8	13,7	-

EK-5. K1 İşlemi Uygulanan Karaçam Fidanlarının Morfolojik Özellikler 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

KBÇ: Kök Boğazı Çapı - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

**EK-6. K2 İşlemi Uygulanana Karaçam Fidanlarının 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

KBÇ: Kök Boğazı Çapı - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

EK-7. Kn Ünitesindeki Karaçam Fidanlarının 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

KBÇ: Kök Boğazı Çapı - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

**EK-8. K1 İşlemi Uygulanan Toros Sediri Fidanlarının Morfolojik Özellikleri
Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri**

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,25361	1,00000									
	0,3432										
KU	0,37796	0,41348	1,00000								
	0,1489	0,1114									
TÜYA	0,80057	0,36985	0,31798	1,00000							
	0,0002	0,1585	0,2301								
KYA	0,8104	-0,0379	0,37285	0,85984	1,00000						
	0,0001	0,8892	0,1549	<.0001							
TÜKA	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	

KBÇ: Kök Boğazı Çapı - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

**EK-9. K2 İşlemi Uygulanan Toros Sediri Fidanlarının Morfolojik Özellikleri
Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri**

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,43404	1,00000									
	0,0341										
KU	0,29629	0,28881	1,00000								
	0,1598	0,1711									
TÜYA	0,67481	0,79983	0,33122	1,00000							
	0,0003	<,0001	0,1139								
KYA	0,73355	0,49985	0,37886	0,70721	1,00000						
	<,0001	0,0129	0,0679	0,0001							
TÜKA	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	

KBÇ: Kök Boğazı Çapı - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

EK-10. Kn Ünitesinde Toros Sediri Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,32060	1,00000									
	0,22600										
KU	0,38340	0,14519	1,00000								
	0,14270	0,59160									
TÜYA	0,83019	0,51370	0,41653	1,00000							
	<.0001	0,04180	0,10850								
KYA	0,64860	0,18663	0,29020	0,81461	1,00000						
	0,00660	0,48890	0,27560	0,00010							
TÜKA	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	

KBÇ: Kök Boğazı Çapı - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

EK-11. K1 İşlemi Uygulanan Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikler Değerleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,51645 0,0058	1,00000									
KU	0,19153 0,3385	-0,1549 0,4403	1,00000								
TÜYA	0,83889 <,0001	0,68079 <,0001	0,09999 0,6197	1,00000							
KYA	0,77789 <,0001	0,46374 0,0148	0,27674 0,1623	0,77496 <,0001	1,00000						
TÜKA	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 - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

EK-12. K2 İşlemi Uygulanan Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikler Değerleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,85195 <,0001	1,00000									
KU	0,09485 0,6908	0,07363 0,7577	1,00000								
TÜYA	0,90345 <,0001	0,8504 <,0001	0,1742 0,4626	1,00000							
KYA	0,83016 <,0001	0,75436 0,0001	0,36724 0,1112	0,86156 <,0001	1,00000						
TÜKA	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 - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

EK-13. Kn İşlemi Uygulanan Saçlı Meşe Fidanlarının Morfolojik Özellikler Değerleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	KBÇ	TÜFB	KU	TÜYA	KYA	TÜKA	KKA	Gİ	K	DKİ	KKY
KBÇ	1,00000										
TÜFB	0,65375 0,0007	1,00000									
KU	-0,1963 0,3694	-0,0225 0,9188	1,00000								
TÜYA	0,7531 <,0001	0,7128 0,0001	-0,2707 0,2116	1,00000							
KYA	0,73303 <,0001	0,56668 0,0048	0,18765 0,3912	0,74464 <,0001	1,00000						
TÜKA	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 - **TÜFB:** Toprak Üstü Fidan Boyu - **KU:** Kök Uzunluğu - **TÜYA:** Toprak Üstü Yaş Ağırlık
KYA: Kök Yaş Ağırlık - **TÜKA:** Toprak Üstü Kuru Ağırlık - **KKA:** Kök Kuru Ağırlık - **Gİ:** Gürbüzlük İndisi
K: Katlılık - **DKİ:** Dickson Kalite İndeksi - **KKY:** Kuru Kök Yüzdesi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Toprak, Bülent
Uyruğu : TC
Doğum tarihi ve yeri : 02.04.1984
Telefon : +90 380 5421137
Faks : +90 380 5421136
E-posta : bulenttoprak@duzce.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Düzce Üniversitesi	2011
Lisans	İstanbul Üniversitesi	2005
Lise	Edremit Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-2013	Düzce Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2013-2014	Florida International University (USA)	Ziyaretçi Akademisyen
2014-.....	Düzce Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

1. Yıldız, O., Esen, D., Karaöz, M. Ö, Sargıncı, M., Toprak, B. and Soysal, Y., Effects Of Different Site Preparation Methods On Soil Carbon And Nutrient Removal From Eastern Beech Regeneration Sites In Turkey's Black Sea Region. *Applied Soil Ecology* 45: (2010) 49-55.
2. Yıldız, O., Esen, D., Sargıncı, M., Toprak, B., "Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia*, Ten) Ecosystems", *Journal of Environmental Biology*, 31, (2010) 11-13.
3. Demir, Z., Yıldız, O., Toprak, B., "Water retention ratios of mulching material consisting primarily of pine bark over different soil types", *Pakistan. Journal of Botany*, 41(4), (2009) 1851-1859.

Diğer dergilerde yayınlanan makaleler

1. Yıldız, O., Eşen, D., Sargıncı, M., Toprak, B., Soysal, Y., Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Ekosistemlerinde Saha Verimliliğinin Sürdürülebilirliği. *Orman ve Av*, 5, 33-45. (2009).

Ulusal ve Uluslararası Sempozyum, Kongre ve Çalıştaylarda Sunumlar

1. Bülent Toprak, Oktay Yıldız, Murat Sargıncı, "Orman Ağaçlarında Arbusküler Mikorizanın Varlığı", II. Ulusal Mikoloji Günleri (II. Sempozyum), II. Ulusal Mikoloji Günleri (II. Sempozyum) Bildiri Özetleri Kitabı, S:84, 9-11 Eylül, (2015), Yeditepe Üniversitesi, İstanbul.
2. O. Yıldız, E. Altundağ, B. Çetin, Ş. T. Güner, İ. Gursoy, M. Sargıncı, B. Altunay, B. Toprak, Ö. Mutlu." Effects Of Gypsum And Sulfur As Soil Amendments On Afforestation Success In Inland Part Of Anatolia: Early Results", International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations", Bildiri Özetleri Kitabı, 7-10 May, (2015), Tbilisi-Batum, Georgia.
3. S. Uzun, H. Muderrisoğlu, O. Yıldız, N. Aksoy, M. Sargıncı, B. Toprak. "Impacts Of Recreational Usage", International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations", Bildiri Özetleri Kitabı, 7-10 May, (2015), Tbilisi-Batum, Georgia.

4. Oktay Yıldız, Ernaz Altundağ, Bilal Çetin, Ş.Teoman Guner, İsmail Gursoy, Murat Sargıncı, Bulent Toprak, Özgül Mutlu. "Early Results of Experimental Aridland Afforestation in the Central Anatolia Region of Turkey" XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference 2015, Bildiri Özetleri Kitabı, 26-28 May, (2015), Saint Petersburg, Russia.
5. Bülent Toprak, Oktay Yıldız, Ernaz Altundağ, Murat Sargıncı, Şükrü Teoman Güner, Aysun Pekşen, "Farklı Mikorizal İşlem Görmüş Toros Sediri (*Cedrus libani*) Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması", Ekoloji 2015 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, S:95, Ekoloji 2015 Sempozyumu, (2015), Sinop.
6. Murat Sargıncı, Oktay Yıldız, Doğanay Tolunay, Bülent Toprak. "Batı Karadeniz Kayın ve Kestane Karışık Ormanlarında Ağaçlardaki Biyokütle ve Karbon Miktarının Çap Değişkenine Bağlı Olarak Tahmini" Ekoloji 2015 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, S:104, Ekoloji 2015 Sempozyumu, (2015), Sinop.
7. Rosa, N. D. L., Toprak, B., Damaso, N., Jayachandran, K., Comparison of Rhizosphere and Non-rhizosphere Microbial Communities of Avocado Trees between Four Different Soil Conditions in Miami-Dade County, FL, 114th General Meeting American Society for Microbiology, (2014), Boston, Massachusetts, USA.
8. Sargıncı, M., Yıldız, O., Toprak, B., Doğan, S., Mutlu, Ö., Düzce Kıyı-Ardı Kesiminde Yetişen Kayın Türünde (*Fagus orientalis* Lipsky) Diri Odun İle Yaprak Yüzey Alanı İlişki, Ekoloji 2014 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, S:70, Ekoloji 2014 Sempozyumu, (2014), Gazimağusa, K.K.T.C.
9. Yıldız, O., Sargıncı, M., Toprak, B., Doğan, N., Mutlu, Ö., Düzce Yöresinde Yetişen Uludağ Göknaarı'nda (*Abies nordmanniana* (stev.) Spach. Ssp. Bormulleriana (mattf.)) Diri Odun İle Yaprak Yüzey Alanı Arasındaki İlişki, Ekoloji 2014 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, S:72, Ekoloji 2014 Sempozyumu, (2014), Gazimağusa, K.K.T.C.
10. Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Seedling Growth Differences in Ecto- and Endo-Mycorrhizae Inoculated Cedar (*Cedrus libani*) in A Nursery Experiment Conducted in Inland Part Of Turkey, COST Action FP1305 BioLink: Linking belowground biodiversity and ecosystem function in European forests, University of Reading, 4-7 Nov (2014), Reading, UK.

- 11.** O. Yıldız, E. Altundağ, B. Çetin, Ş. T. Güner, İ. Gursoy, M. Sargıncı, B. Toprak, Mutlu, Ö., Preliminary results of experimental arid land afforestation in the Central Anatolia region of Turkey, Abstract Book, P:168, Samarkand, 2nd International Conference on Arid Lands Studies / Innovations for sustainability and food security in arid and semiarid lands, (2014), Uzbekistan.
- 12.** Toprak, B., Yıldız, O., Altundağ, E., Güner, T., Sargıncı, M., Pekşen, A., Mutlu, Ö., Ektomikoriza ve Endomikoriza Aşılmasının Toros Sediri (*Cedrus libani*), Karaçam (*Pinus nigra*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının Büyüme Üzerine Etkileri, Ekoloji 2014 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, S:64, Ekoloji 2014 Sempozyumu, (2014), Gazimağusa, K.K.T.C.
- 13.** Sargıncı, M., Toprak, B., Yıldız, O., Batı Karadeniz Kayın Ekosistemlerinde Farklı Diri-Örtü Kontrol Yöntemlerinin Besin Elementleri Kaybı Üzerine Etkileri: 1. ve 17. Yıl Sonuçlarının Karşılaştırılması. Ekoloji 2013 Sempozyum Bildiri Özet Kitabı, Ekoloji 2013 Sempozyumu, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 2-4 Mayıs (2013) Tekirdağ.
- 14.** Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Reçine Torbası Yöntemi İle Topraktan Sızan Besin Miktarının Belirlenmesine Yönelik Standartlar, Ekoloji 2012 Sempozyum Özet Bildiri Kitabı, S:422 (2012), Kilis.
- 15.** Toprak, B., Sargıncı, M., Ağaçlandırma Çalışmalarında Mikoriza Aşılı Fidan Kullanımı, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, S:258, 4-7 Ekim 2011, (2011), Çanakkale.
- 16.** Sargıncı, M., Toprak, B., Uzun, S., Müderrisoğlu, H., Yıldız, O., Uludağ Milli Parkında Rekreatyonel Faaliyetlerde Kullanım Tipi Ve Yoğunluğunun Orman Zeminindeki Ölü Örtü Miktarına Etkisi", Ekoloji 2011 Sempozyum Bildiri Özet Kitabı, Ekoloji 2011 Sempozyumu, (2011) Düzce.
- 17.** Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Gençlik Sahalarında Seyreltmenin Fidan Büyümesi ve Toprağın Besin Durumuna Etkisi. Ekoloji 2011 Sempozyum Bildiri Özet Kitabı, Ekoloji 2011 Sempozyumu, (2011) Düzce.
- 18.** Müderrisoğlu, H., Sargıncı, M., Toprak, B., Uzun, S., Effects of Recreational Usage-Type and Density on Forest Floor Organic Matter in Abant Nature Park. 1st International Turkey & Japan Environment and Forestry Symposium, p: 1562-1574. 04-06 November (2010) KTU, Trabzon.

- 19.** Yıldız, O., Eşen, D., Sargıncı, M., Toprak, B., Batı Karadeniz Bölgesinde Orman Açmalarının Toprak Karbonu ve Makro-Besin Yoğunluğuna Etkisi. IX. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildiri Kitabı, 81, 7-10 Ekim (2009), Nevşehir
- 20.** Toprak B., Ediş, S., Doğal ve Yapay Kızılçam Meşçerelerinde Artım ve Büyüme İlişkilerinin Karşılaştırılması, VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi Düzce Üniversitesi, Mayıs, 294-300 (2008), Düzce.
- 21.** Toprak B., Ediş, S., Çanakkale (Ezine) Orman Fidanlığındaki Yetiştirme Ortamının İrdelenmesi, VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi" Düzce Üniversitesi, Mayıs, 434, (2008), Düzce.
- 22.** Ediş S., Toprak, B., Düzce Orman İşletme Müdürlüğü'nde Oluşan Olağanüstü Hasılat Etasının Etkileri, VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi" Düzce Üniversitesi, Mayıs, 84-87 (2008), Düzce.
- 23.** Yıldız O., Eşen, D., Soysal, Y., Toprak, B., Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Ekosistemlerinde Farklı Saha Hazırlama İşlemlerinin Besin Kaybına Etkisi" VIII. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. Bildiri Kitabı, 40. (2008), Girne/K.K.T.C.
- 24.** Yıldız O., Eşen, D., Sargıncı, M., Toprak, B.. "Efteni Sulak Alanının Kurutulması ve Toprağın Karbon Depolama Kapasitesinin Değişimi" VIII. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. Bildiri Kitabı, 161. (2008) Girne/K.K.T.C.
- 25.** Eşen D., Yıldız, O., Güneş, N., Toprak, B., Sitrik Asitle Ön İslatma ve Katlamanın *Cerasus avium* (L.) Moench Tohum Çimlenmesine Etkisi" VIII. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. Bildiri Kitabı, 108, (2008), Girne/K.K.T.C.