

Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 368  
DOA Yayın No: 49

ISBN:978-605-393-042-6



## **TARSUS EVSEL ARITMA ÇAMURUNUN OKALİPTÜS VE KIZILÇAM FİDANLARI ÜRETİMİNDE KULLANILMASI**

ODC: 232.32;114.5

Production of Fast Growing Tree Species Seedlings Using  
Sewage Sludge from Tarsus-City Domestic Waste Water  
Treatment Plant

**Dr. Sedat TÜFEKÇİ**

**A. Gani GÜLBABA**

**Faruk TOKGÖNÜL**

TEKNİK BÜLTEN NO: 28

**ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI  
DOĞU AKDENİZ  
ORMANCILIK ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ**

**EASTERN MEDITERRANEAN  
FORESTRY RESEARCH INSTITUTE  
TARSUS**

Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 368  
DOA Yayın No: 49

ISBN:978-605-393-042-6



## **TARSUS EVSEL ARITMA ÇAMURUNUN OKALİPTÜS VE KIZILÇAM FİDANLARI ÜRETİMİNDE KULLANILMASI**

ODC: 232.32;114.5

Production of Fast Growing Tree Species Seedlings Using  
Sewage Sludge from Tarsus-City Domestic Waste Water  
Treatment Plant

**Dr. Sedat TÜFEKÇİ**

**A. Gani GÜLBABA**

**Faruk TOKGÖNÜL**

TEKNİK BÜLTEN NO: 28

**ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI  
DOĞU AKDENİZ  
ORMANCILIK ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ**

**EASTERN MEDITERRANEAN  
FORESTRY RESEARCH INSTITUTE  
TARSUS**

## **YAYIN KOMİSYONU**

**Başkan** : Dr. Ersin YILMAZ

**Üyeler** : Abdulkadir YILDIZBAKAN  
A. Haluk TÜRKER  
Celalettin DURAN

## **SAYFA DÜZENLEMESİ**

Zeynep GÖKOĞLU

## **YAYINLAYAN**

Doğu Akdeniz  
Ormancılık Araştırma Enstitüsü  
P.K.18, 33401  
Tarsus/TÜRKİYE

## **Published by**

Eastern Mediterranean  
Forestry Research Institute  
P.O.Box 18, 33401  
Tarsus/TURKEY

Tel : 0 (324) 6487453  
Fax : 0 (324) 6487337  
E-mail : doa09@cevreorman.gov.tr

**2008**

**Baskı**

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	I
<b>ÖNSÖZ</b> .....	III
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	V
<b>EK TABLolar DİZİNİ</b> .....	VII
<b>EK ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	IX
<b>ÖZ</b> .....	XI
<b>ABSTRACT</b> .....	XIII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	2
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1. Deneme Yeri ve Tohum Materyali.....	7
3.1.2. Deneme Saksısı.....	7
3.1.3. Yetiştirme Materyalleri (Harç Malzemeleri).....	8
3.2. Yöntem.....	10
3.2.1. Deneme Deseni.....	10
3.2.2. Fidan Yetiştirme Materyallerinin Hazırlanması.....	10
3.2.3. Yapılan Ölçümler.....	10
3.2.3.1. Fidanların Morfolojik Özellikleri.....	11
3.2.3.2. Yetiştirme Materyallerinin Özellikleri.....	12
3.2.3.3. Bitki Besin Elementlerinin Analizleri.....	12
3.2.4. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi.....	13
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	14
4.1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> 'e Ait Bulgular.....	15
4.1.1. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyuna Etkileri.....	16
4.1.2. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıklarına Etkileri .....	17
4.1.3. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Katlılık ve Kalite İndeksi Değerlerine Uygulamaların Etkileri .....	17
4.1.4. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Makro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri.....	18
4.1.5. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Mikro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri.....	19
4.2. <i>Eucalyptus grandis</i> 'e Ait Bulgular.....	21
4.2.1. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.grandis</i> Fidanlarının Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyuna Etkileri.....	21

	<b>Sayfa</b>
4.2.2. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.grandis</i> Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıklarına Etkileri.....	22
4.2.3. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.grandis</i> Fidanlarının Katlılık ve Kalite İndeksi Değerlerine Uygulamaların Etkileri.....	23
4.2.4. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.grandis</i> Fidanlarının Makro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri.....	23
4.2.5. Yetiştirme Materyallerinin <i>E.grandis</i> Fidanlarının Mikro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri.....	25
4.3. Kızılçam ( <i>Pinus brutia</i> Ten.)'a Ait Bulgular.....	26
4.3.1. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyuna Etkileri.....	26
4.3.2. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıklarına Etkileri.....	28
4.3.3. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Katlılık ve Kalite İndeksi Değerlerine Uygulamaların Etkileri.....	28
4.3.4. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Makro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri.....	29
4.3.5. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Mikro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri.....	31
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>32</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>37</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>39</b>
<b>YARARLANILAN KAYNAKLAR.....</b>	<b>41</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>45</b>

## **ÖNSÖZ**

“Tarsus Evsel Arıtma Çamurunun Okaliptüs ve Kızılcam Fidanları Üretiminde Kullanılması” başlıklı bu çalışma, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü’nün fidanlık ve serasında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin analizlerini gerçekleştiren Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü ve Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Çevre Referans Laboratuvarına, bitki örneklerinin analizlerini gerçekleştiren Eskişehir Orman Ekolojisi ve Toprak Araştırmaları Enstitüsüne sonsuz teşekkür ederiz. Yine çalışma için kullanılan arıtma çamurunu bize sağlayan Tarsus Arıtma Tesisi çalışanlarına da teşekkürlerimizi sunarız.

Projenin yürütülmesinde her türlü katkılar sağlayan Araştırma Müdürlüğümüz yönetici ve elemanlarına, ayrıca proje sonuç raporunun hazırlanması sırasında katkılarını esirgemeyen Çalışma Grubumuzun başkan ve üyelerine teşekkürü bir borç biliriz.

Bu çalışmanın arıtma çamuru üreticilerine, fidan üreticilerine ve bakanlığımızın birimlerine yararlı bir kaynak olmasını dileriz.

**Yazarlar**

Tarsus, 2008

## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri.....	3
Tablo 2. Arıtma Çamurlarının AB ve ABD Ülkelerindeki Uzaklaştırma Oranları.....	5
Tablo 3. Toprakta Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin İzin Verilen Ağır Metal Sınır Değerleri.....	6
Tablo 4. Tarsus Evsel Arıtma Çamurunun Ağır Metal Analiz Sonuçları ve Toprakta Kullanılabilecek Arıtma Çamurunda İzin Verilebilecek Maksimum Ağır Metal Değerlerinin Karşılaştırılması.....	9
Tablo 5. Tarsus Evsel Arıtma Çamurunun Kimyasal Özellikleri.....	9
Tablo 6. Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Çamurunun Gübre Değeri Parametreleri.....	10
Tablo 7. Fidan Yetiştirmede Kullanılan Harçların ve Materyallerin Analiz Sonuçları.....	14
Tablo 8. Fidan Yetiştirmede Kullanılan Harçların ve Materyallerin Besin Elementleri İçerikleri.....	15
Tablo 9. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri.....	16
Tablo 10. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Besin Elementleri İçeriklerine Ait Varyans Analizi .....	19
Tablo 11. <i>E.grandis</i> Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri .....	22
Tablo 12. <i>E.grandis</i> Fidanlarının Besin Elementleri İçeriklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri .....	24
Tablo 13. Kızılcım Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri .....	27
Tablo 14. Kızılcım Fidanlarının Besin Elementleri İçeriklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri .....	30

## EK TABLOLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Ek Tablo 1. <i>E.camaldulensis</i> Fidan Ölçüm Parametreleri Arasındaki Korelasyon Matrisi.....	47
Ek Tablo 2. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Ortalama Kök Boğazı Çapına Ait Ortalamalar.....	48
Ek Tablo 3. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Ortalama Fidan Boyuna Ait Ortalamalar.....	48
Ek Tablo 4. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Yaş Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi.....	48
Ek Tablo 5. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Kuru Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi.....	49
Ek Tablo 6. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Katlılık Oranına Ait Newman-Keuls Testi.....	49
Ek Tablo 7. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Kalite İndeksine Ait Newman-Keuls Testi.....	50
Ek Tablo 8. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Azot İçeriğine Ait Ortalamalar.....	50
Ek Tablo 9. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Fosfor İçeriğine Ait Ortalamalar.....	51
Ek Tablo 10. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Potasyum İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	51
Ek Tablo 11. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Demir İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	52
Ek Tablo 12. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Mangan İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	52
Ek Tablo 13. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Çinko İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	53
Ek Tablo 14. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Bakır İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	53
Ek Tablo 15. <i>E.grandis</i> Fidan Ölçüm Parametreleri Arasındaki Korelasyon Matrisi.....	56
Ek Tablo 16. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Ortalama Kök Boğazı Çapına Ait Ortalamalar.....	57
Ek Tablo 17. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Ortalama Fidan Boyuna Ait Newman-Keuls Testi.....	57
Ek Tablo 18. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Yaş Ağırlığına Ait Ortalamalar....	57
Ek Tablo 19. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Kuru Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi.....	58
Ek Tablo 20. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Katlılık Oranına Ait Newman-Keuls Testi.....	58

Ek Tablo 21. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Kalite İndeksine Ait Newman-Keuls Testi.....	59
Ek Tablo 22. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Azot İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	59
Ek Tablo 23. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Fosfor İçeriğine Ait Ortalamalar.....	60
Ek Tablo 24. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Potasyum İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	60
Ek Tablo 25. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Demir İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	61
Ek Tablo 26. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Mangane İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	61
Ek Tablo 27. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Çinko İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	62
Ek Tablo 28. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Bakır İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	62
Ek Tablo 29. Kızılçam Fidan Ölçüm Parametreleri Arasındaki Korelasyon Matrisi.....	65
Ek Tablo 30. Kızılçam Fidanlarının Ortalama Kök Boğazı Çapına Ait Ortalamalar.....	66
Ek Tablo 31. Kızılçam Fidanlarının Ortalama Fidan Boyuna Ait Newman-Keuls Testi.....	66
Ek Tablo 32. Kızılçam Fidanlarının Yaş Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi.....	67
Ek Tablo 33. Kızılçam Fidanlarının Kuru Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi.....	67
Ek Tablo 34. Kızılçam Fidanlarının Katlılık Oranına Ait Ortalamalar....	68
Ek Tablo 35. Kızılçam Fidanlarının Kalite İndeksine Ait Ortalamalar...	68
Ek Tablo 36. Kızılçam Fidanlarının Azot İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	68
Ek Tablo 37. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Fosfor İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	69
Ek Tablo 38. Kızılçam Fidanlarının Potasyum İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	69
Ek Tablo 39. Kızılçam Fidanlarının Demir İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	70
Ek Tablo 40. Kızılçam Fidanlarının Mangane İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	70
Ek Tablo 41. Kızılçam Fidanlarının Çinko İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	71
Ek Tablo 42. Kızılçam Fidanlarının Bakır İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi.....	71

## EK ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Ek Şekil 1. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının ap ve Boy Gelişimleri .....	54
Ek Şekil 2. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıkları .....	54
Ek Şekil 3. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Kalite İndeksi ve Katlılık Oranları.....	54
Ek Şekil 4. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Makro Element İçerikleri.....	55
Ek Şekil 5. <i>E.camaldulensis</i> Fidanlarının Mikro Element İçerikleri.....	55
Ek Şekil 6. <i>E.grandis</i> Fidanlarının ap ve Boy Gelişimleri.....	63
Ek Şekil 7. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıkları.....	63
Ek Şekil 8. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Kalite İndeksi ve Katlılık Oranları..	63
Ek Şekil 9. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Makro Element İçerikleri.....	64
Ek Şekil 10. <i>E. grandis</i> Fidanlarının Mikro Element İçerikleri .....	64
Ek Şekil 11. Kızılçam Fidanlarının ap ve Boy Gelişimleri .....	72
Ek Şekil 12. Kızılçam Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıkları .....	72
Ek Şekil 13. Kızılçam Fidanlarının Kalite İndeksi ve Katlılık Oranları..	72
Ek Şekil 14. Kızılçam Fidanlarının Makro Element İçerikleri.....	73
Ek Şekil 15. Kızılçam Fidanlarının Mikro Element İçerikleri.....	73

## ÖZ

Orman fidanlıklarında fidan üretiminde orman toprağının yoğun bir şekilde kullanılması, ormanlarda humus tahribatına yol açmaktadır. Bu kaybın önüne geçebilmek için en ucuz, organik madde içeriği yüksek ve besin elementleri yönünden zengin alternatif kaynaklardan arıtma çamurunun kullanılması önem arz etmektedir.

Ağaçlandırma çalışmalarında başarılı sonuca ulaşmanın koşullarının başında kaliteli fidan kullanımı gelmektedir. Bunun için ağaçlandırma sahalarına kök ve gövdesi iyi gelişmiş, sağlıklı fidanların tesis edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile arıtma çamurlarının bazı fidan yetiştirme materyalleri ile değişik oranlarda karıştırılarak kullanılması sonucu yetiştirilen fidanların büyüme ve beslenmelerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Doğu Akdeniz bölgesinin hızlı gelişen türlerinden *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanlarının üretiminde, Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Tesisi'nin arıtma çamurları kullanılmıştır. Deneme, fidanlık koşullarında on iki yetiştirme materyali ve rastlantı blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak düzenlenmiştir. Vejetasyon dönemi sonunda elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamurunun bazı yetiştirme materyallerinin karıştırılmasıyla kullanılan fidanların gelişmesini önemli derecede artırdığı tespit edilmiştir.

---

**Anahtar Kelimeler:** *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, Kızılçam, Evsel Atıksu Arıtma Çamuru, Fidan Yetiştirme Materyalleri

## ABSTRACT

The over use of humus rich forest soils for seedling production in the forest nurseries has caused humus deficiency in the forests. In order to prevent this damage, the sewage sludge can be used as a seedling medium (organic fertilizer) for seedling production in the nurseries because it is the cheapest and contains high amount of organic matter and nutrients.

One of the conditions for successful plantations is to use high quality seedlings. Because, the quality of seedlings affects their survival and growth after they have been transplanted in the field. The aim of this the study is to produce healthy and high quality seedlings and determine effects of the sewage sludge and its various rates with mixed some substances on seedling properties.

In this study, the sewage sludge of Tarsus-City Domestic Waste Water Treatment Plants was used for production of the seedlings of some fast growing tree species of Eastern Mediterranean region such as *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.). Twelve treatments were used to produce containerized seedlings. The experiment was conducted using a completely randomized blocks design with tree replicates in the nursery conditions. According to results obtained from at the end of the first vegetation period; sewage sludge with mixed some of materials gave the best seedlings growth.

---

**Key Words:** *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, Turkish red pine, Domestic Wastewater Sewage Sludge, Seedling Medium

## 1. GİRİŞ

Yerel yönetimler evsel atıklardan oluşan atıksuların giderek artması nedeniyle, bunların çevreye verebilecekleri zararları önlemek amacıyla atıksu arıtma tesisleri inşa etmektedirler. Arıtma tesisleri ile birlikte arıtma çamurlarında (biyokatırlar) da artışlar gerçekleşmektedir. Bu çamurların doğaya zarar vermeden, yeni kirliliklere yol açmadan değerlendirilmesi bütün ülkelerin ciddi sorunlarından biri haline gelmiştir. Evsel ve endüstriyel kökenli atık su miktarı, hızlı nüfus artışına paralel olarak artmış ve bu suların çevreye herhangi bir arıtmadan geçirilmeden bırakılması çok önemli çevre ve sağlık sorunları oluşturmaktadır.

Arıtma çamurlarını uzaklaştırma yöntemleri arasında; tarımda kullanma, ormancılık ve verimsiz arazilerin ıslahı, depolama, yakma, kompostlamada katkı maddesi olarak kullanma, göl ve denizlere deşarj deşarj şeklinde olmaktadır. Son yıllarda arıtma çamurlarının araziye uygulanması tercih edilen bir yol olmuştur. Atıksunun arıtılma sürecinde mikrobiyal besin zincirinin doğal son ürünü olan arıtma çamurlarındaki azot ve fosfor gibi besin elementlerinin atığa yararlı bir gübre, organik maddelerin ise iyi bir toprak ıslah edici madde özelliği kazandırması nedeniyle ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA) başta olmak üzere birçok ülkede bu materyalin tamamen uzaklaştırılması yerine, sürdürülebilir ve yararlı bir şekilde arazide kullanılması amaçlanmaktadır. ABD’de üretilen biyokatının %33’ü arazide kullanılmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinde de bu oran %37 düzeyindedir (ÖBEK ve ark., 2004).

DİE verileri göz önünde tutulduğunda, ülkemizde oluşan yıllık evsel arıtma çamuru miktarının 1,38 milyon ton/yıl olduğu tahmin edilebilir. Oluşan arıtma çamurlarının tarım arazilerinde kullanımına yönelik çeşitli çalışmalar yapılsa da bu konu ile ilgili belirgin gelişmeler sağlanamamıştır. Oluşan arıtma çamurlarının büyük bir kısmı katı atık depolama sahalarında yada arazide depolanmak sureti ile bertaraf edilmektedir (AKÇA, 2005).

Atıkların çevreye azami uyum sağlaması için bilinçli bertarafı ve arazide kullanılma olanakları, doğal çevrenin korunmasının en önemli unsurlarındandır. Ekosistem sürdürülebilirliğinde, üretilen atıkların doğaya zarar vermeden değerlendirilebilmesi ön koşuldur.

Atıksu arıtma tesislerindeki artış, arıtma çamurlarının değerlendirilme konusuna önem verilmesi gerektiğini göstermektedir. Ancak bu konuyla ilgili yeteli bilgi birikimi bulunmamaktadır. Bilinçsizce yapılan uygulamalar çevreye ve özellikle insanlara olumsuz etkileri beraberinde getirmektedir.

Arıtma çamurlarının, toprağın organik madde içeriği ile bitkinin gereksinim duyduğu bitki besin elementlerini sağladığı, ürün verimi ile kalitesini artırdığı, bitkilerde olumlu gelişmeye neden olduğu ve ayrıca farklı bölgelerdeki ve farklı iklim koşulları altındaki verimsiz toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerini de geliştirdiği bir çok araştırma çalışmalarında belirlenmiştir.

Orman fidanlıklarında fidan üretiminde orman toprağının yoğun bir şekilde kullanılması, ormanlarda humus tahribatına yol açmaktadır. Bu kaybın önüne geçebilmek için en ucuz, organik madde içeriği yüksek ve besin elementleri yönünden zengin alternatif kaynaklardan arıtma çamurunun kullanılması yerinde bir uygulama olabilir.

Tarsus Atıksu Arıtma Tesisi, evsel atıksuların arıtılmasını sağlamaktadır. Tesiste günde yaklaşık 16 ton arıtma çamuru elde edilmekte olup, Çevre ve Orman Bakanlığından bu çamurun arazide kullanımı izni de alınmıştır. Bu materyalin çöp depolama alanlarına dökülmemesi ve bilinçsiz bir şekilde çiftçilerce gübre olarak kullanılmasının önlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma ile, ülkemizde arıtma çamurunun hızlı gelişen orman ağacı fidanı üretiminde kullanılmasının ilk defa gerçekleştirileceği tarafımızdan yapılan kaynak taramasına göre anlaşılmıştır. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün araştırılmasını istediği konular arasında yer alması da bu çalışmanın yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Bu çalışmada Tarsus Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamurları, bölgemizdeki hızlı gelişen türler olan *E.camaldulensis*, *E.grandis* ve kızılçam fidanı üretiminde kullanılmıştır. Bu nedenle arıtma tesisinden alınan arıtma çamuru örnekleri çeşitli fidan yetiştirme materyalleri ile karıştırılmış ve kullanılan diğer ortamlar ile fidan üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen fidanların kök boğazı çapları, gövde boyları, yaş ve kuru ağırlıkları ile beslenme durumlarına bakılarak arıtma çamurunun hızlı gelişen fidan türlerine etkileri araştırılmıştır.

Ülkemizde elde edilen arıtma çamurlarının ormancılıkta (fidan üretiminde ve ağaçlandırma alanlarında) kullanımını bilimsel ölçekte inceleyerek bu çamurların çevreye vereceği zararların bertaraf edilmesinin yanında, gübreye olan gereksinimin azaltılması ile ekonomik girdi de sağlanmış olacaktır. Ayrıca arıtma çamurunun fidan yetiştirme materyali olarak kullanımı sonucu iyi gelişmiş, sağlıklı, ucuz ve kaliteli fidanlar üretilecektir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğine göre arıtma çamuru, kentsel atıksu arıtma tesislerinden çıkan ham veya stabilize olmuş çamuru; evsel atıksu ise, yaygın olarak yerleşim bölgelerinden ve yoğunlukla evsel faaliyetler ile insanların günlük yaşam faaliyetlerinin yer aldığı okul, hastane, otel gibi hizmet sektörlerinden kaynaklanan atıksuları; kentsel atıksu ifadesi de evsel atıksu ya da evsel atıksuyun endüstriyel atıksu ve/veya yağmur suyu ile karışımı olarak tanımlanmıştır (ANON, 2006).

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine (TKKY) göre; hiçbir işlemde geçirilmeyen ham çamur, evsel ya da kentsel atıksuları işleyen arıtma tesislerinden ve evsel ve kentsel atıksulara benzeyen bileşimdeki atık suları arıtan diğer arıtma tesislerinden gelen arıtma çamurlarını; işleme tabi tutulan stabilize arıtma çamuru ise, fermente edilebilirliğini ve kullanımından kaynaklanan sağlık tehlikelerini önemli ölçüde azaltılmak üzere, biyolojik, kimyasal ya da ısıl işlemde, uzun süreli depolama ya da diğer uygun işlemlerden geçirilmiş arıtma çamurları olarak ifade edilmiştir (ANON, 2005).

Atıksuların arıtım işleminden sonraki çözünmeyen kalıntı kısmı olan ham çamurların alıcı ortamlara verilebilmeleri için stabilize edilmeleri gerekmektedir. Ham çamurların stabilize edildikten sonra aldığı isim "Biyokati"dır (BİLGİN ve ark., 2002).

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (TKKY) EK I-C'ye göre, stabil arıtma çamurunun toprakta on yıllık ortalama esas alınarak her yıl uygulanması halinde toprağa verilebilecek maksimum ağır metal miktarlarının Tablo 1'de verilen değerleri aşmaması zorunludur.

**Tablo 1: Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri**

Table 1: Heavy Metal Limit Values in the Soil

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6 Fırın Kuru Toprak mg/kg	pH>6 Fırın Kuru Toprak mg/kg
Kurşun	50	300
Kadmiyum	1	3
Krom	100	100
Bakır*	50	140
Nikel*	30	75
Çinko *	150	300
Cıva	1	1,5

Kaynak: Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2005

\*pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir.

Arıtma çamurları, su ve atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi sırasında oluşan bir yan üründür. Arıtılan suyun niteliğine ve uygulanan arıtma işlemlerine bağlı olarak arıtma çamurlarının özellikleri değişmektedir. Genel olarak arıtma çamurları, sıvı ya da yarı katı halde, kokulu, %0,25 ile %12 arasında katı madde içeren atıklardır. Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamur, stabilizasyon işlemlerinden önce %50-70 C, %6,5-7,3 H, %21-24 O, %15-18 N, %1-1,5 P ve %0-2,4 S içermektedir (AKÇA, 2005).

LARSON ve ark. (1974) bir çalışmalarında, şehir arıtma çamurlarının tarımsal ürünün ihtiyaç duyduğu azot, fosfor ve mikro besin elementlerini sağlayabildiği ve uygun şekilde ele alındığı takdirde tarımsal arazilerde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

KÜÇÜKHEMEK ve ark. (2005), arıtma çamurunun organik madde ile bitki besin elementlerinden azot, fosfor ve çinko miktarı açısından çiftlik gübresine göre daha zengin olduğunu belirlemişlerdir.

PEDRENO ve ark. (1996) ise, arıtma çamurunun toprağın N, P, Fe, Cu, Zn ve organik madde içeriğini artırdığını belirtmişlerdir.

Çamurların tarım alanlarında değerlendirilmesi, yeniden kullanım için tercih edilen yöntemlerden biridir. Arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılması özellikle bitki bünyesinde ve mahsul eldesinde önemli role sahiptir. Çamur aynı zamanda zemin ıslahı ve toprak kalitesinin artırılması için de faydalıdır. Killi zeminlerde zemin gözenliğini artırarak bitkinin su ve hava almasını kolaylaştırır. Kumlu zeminlerde ise su tutma kapasitesini artırıcı etki yapar (AKÇA ve ark., 1996).

Ankara arıtma tesisinden üretilen arıtma çamurlarının erozyona uğramış toprakların ıslahında kullanıldığında, fiziksel ve kimyasal özellikleri iyileştirmenin yanında bitkisel üretimde önemli bir yere sahip olan mikro element içeriklerinde de belirgin artışlar sağlamaktadır (YAKUPOĞLU ve ÖZDEMİR, 2007).

Arıtma çamurlarını uzaklaştırma yöntemleri arasında; tarımda kullanma, ormancılık ve verimsiz arazilerin ıslahında kullanma, depolama, yakma, kompostlamada katkı maddesi olarak kullanma, göl ve denizlere deşarj bulunmaktadır. Son zamanlarda ise, arıtma çamurlarının araziye uygulanması tercih edilen bir yol olmuştur. Atıksu arıtma proseslerindeki mikrobiyal besin zincirinin doğal son ürünü olan arıtma çamurlarındaki azot ve fosfor gibi besin elementlerinin atığa faydalı bir gübre, organik maddelerin ise iyi bir toprak ıslah edici madde özelliği vermesi nedeni ile ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA) başta olmak üzere birçok ülkedeki yetkili kuruluş arıtma çamuru gibi biyolojik katıların tarımda kullanımını desteklemeye başlamışlardır (ÖBEK ve ark., 2004).

GÖÇMEZ (2006)'in bildirdiğine göre, son yıllarda arıtma çamurları ağaçlandırmada başarı ile kullanılmakta ve bu alanlarda kullanım gün geçtikçe önem kazanmaktadır. ABD'de yapılan çalışmalarda arıtma çamurlarının fidan dikiminden önce ve sonra kullanılabilmesi belirlenmiştir. Arıtma çamurlarının bu şekilde kullanımının, fidan ölümüne neden olmadığı, iğne yapraklı ve yaprağını döken ağaçların birçoğunun fidan gelişimine etkili olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmalar, arıtma çamuru kullanımının fidanların büyüme hızını artırdığını da ortaya koymuştur. Büyümeye etkinin % 2-100 arasında değiştiği, erozyona uğramış, toprak derinliğinin az, verimliliğinin düşük olduğu ağaçlandırma alanlarında etkisinin %1000 seviyesine ulaştığı belirlenmiştir (U.S. EPA, 1994a).

ABD'de arıtma çamurlarının % 33'nün arazide kullanıldığı, arazide kullanılan bu çamurların % 67'sinin tarım alanlarında, % 3'ünün orman

alanlarında, % 9'unun arazi ıslahında, % 9'unun yeşil alanlarda kullanılmakta ve % 12'si ise torbalanarak satılmaktadır (U.S.EPA, 1994b).

CHANG ve ark. (2002), Bastain (1997) ve Davis (1992)' e atfen; ABD ve AB ülkelerinin çamur uzaklaştırma çeşitleri ve bunların oranlarını toparlamıştır (Tablo 2). Buna göre, gelişmiş ülkelerde arıtma çamurlarının önemli bir bölümü (%43) düzenli depolanarak uzaklaştırılmış, önemli bir kısmı da (%38) tarım alanlarında kullanılarak değerlendirilmiştir.

**Tablo 2: Arıtma Çamurlarının AB ve ABD Ülkelerindeki Uzaklaştırma Oranları**

Table 2: To Remove Ratio of the Sewage Sludge in the EU and USA Countries

Ülke Country	Tarım % Agriculture	Düzenli Depolama % Landfill	Yakma % Incineration	Diğer % Other
Avusturya	13	56	31	0
Belçika	31	56	9	4
Danimarka	37	33	28	2
Fransa	50	50	0	0
Almanya	25	63	12	0
Yunanistan	3	97	0	0
İtalya	34	55	11	0
Hollanda	44	53	3	0
Portekiz	80	13	0	7
İspanya	10	50	10	30
İngiltere	51	16	5	28
ABD	36	38	16	10
<b>Ortalama</b>	<b>38</b>	<b>43</b>	<b>10</b>	<b>9</b>

Kaynak: Chang ve ark. 2002

Arıtma çamurlarının zaman içinde birikmeleri sonucunda toksik etki yapması olası elementler, Potansiyel Toksik Element (PTE) olarak tanımlanmaktadır. Arıtma çamurlarının toprakta kullanılabilmesi için TKKY, ABD ve AB ülkelerince izin verilen PTE sınır değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

KÜÇÜKHEMEK ve ark. (2005), araştırmalarında kullandıkları arıtma çamurunda tespit edilen potansiyel toksik element miktarlarının (PTE), yönetmelikte yer alan sınır değerlerden oldukça düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun, araştırmada kullanılan arıtma çamuru kaynağının sanayi kaynaklı olmaması ile ifade edildiği çalışmada; arıtma çamurunun fiziko-kimyasal özellikleri ile bitki gelişimi ve toprak ıslahı için uygun bir organik materyal olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Tablo 3: Toprakta Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin İzin Verilen Ağır Metal Sınır Değerleri**

Table 3: Utilizable Sewage Sludge in the Soil for Allowable Heavy Metal Limit Values

Ülke	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
<b>ABD (EPA)*</b>	85	3000	4300	57	420	840	7500
<b>A.B.**</b>	40		1750	25	400	1200	4000
<b>Türkiye***</b>	40	1200	1750	25	400	1200	4000
<b>Türkiye****</b>	15	1500	1200	10	300	1500	3000

\*Sınırlı kullanım. Yılda belli bir yükleme oranını geçemez (U.S.EPA, 1993)

\*\*Topluluğa üye ülkelerde tavsiye edilen maksimum değerler (86/278/EEC)

\*\*\* Toprakta kullanılacak arıtma çamurunda izin verilen maksimum ağır metal içeriği (TKKY,2005)

\*\*\*\* Toprakta on yıllık dönem dikkate alınarak bir yılda verilmesine izin verilen ağır metal yükü (TKKY, 2005)

TOLUNAY (1997), arıtma çamurlarının içeriğindeki yüksek düzeydeki besin maddesi ve organik madde nedeniyle tarım topraklarında gübre olarak kullanıldığı ve evsel atık suların arıtılması sonucunda elde edilen arıtma çamurlarında pek sorun olmadığını bildirmiştir. Ancak endüstriyel atık sularda ve bunların arıtılması sonucu oluşan arıtma çamurlarında N, P, K gibi besin maddelerinin yanında önemli miktarda iz element, özellikle ağır metal bulunduğunu (Metcalf ve Eddy'den, 1991) da vurgulamıştır.

BOZKURT ve ark. (2000), kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılmasına yönelik yaptıkları çalışmada; inorganik azotlu gübre ile arıtma çamurunu karşılaştırmışlar ve bütün uygulamalarda kontrole göre bitkide azot içeriği ve alımının arttığını, bu artışın arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olduğunu, arıtma çamurları uygulanan bitkilerde tanede P, Fe, Mn ve Cu konsantrasyonlarının arttığını ancak toprakta sadece Zn ve Cu miktarlarında artma olduğunu fakat bu miktarların da toksik düzeyin altında kaldığını belirtmişlerdir.

KOCAER ve BAŞKAYA (2001)'nın bildirdiğine göre, NICHOLS (1989), Washington Üniversitesi ve Seattle Büyükşehir Belediyesi arasında 1973 yılında yapılan bir işbirliği protokolü kapsamında başlatılan çalışmada, arıtma çamuru içerisindeki faydalı maddelerin ağaç büyümesini geliştirip geliştirmediği, çamurun ormanlık alanlara uygulanması sonucu ekosistemin ne şekilde etkilendiği ve yer seçimi ve sistem tasarımının nasıl olacağı araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar son derece olumludur. Arıtma çamuru uygulaması neticesinde ağaç kalitesi çok az etkilenmiş ve çap, boy ve hacimde büyük bir gelişim gözlenmiştir. Çamurla gübrelenmiş ağaçlar yüksek kalitedeki gübrelerin uygulandığı ağaçlarla benzer bir büyüme göstermişlerdir. Orman ekosisteminin incelenmesi neticesinde, uygun şekilde tasarlanmış ve yönetilmiş

bir projenin çevresel açıdan oldukça güvenli olduğu ve halka sağladığı risklerinin minimum düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Atık sularla ilgili ülkemizde en güncel veri, 2006 yılında DİE tarafından yayınlanan belediye kanalizasyon istatistikleridir. Buna göre; toplam 3225 belediye içinde kanalizasyon şebekesi olan belediye sayısı 2321 olarak verilmiştir. Kanalizasyon şebekeleri ile hizmet edilen nüfusun toplam nüfusa oranı %72 ve kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen yıllık atık su miktarı 3,37 milyar m<sup>3</sup> olmuştur. 184 atıksu arıtma tesisin bulunduğu ülkemizde, yıllık arıtılan atıksu miktarı 2,14 milyar m<sup>3</sup>'tür. Atıksu arıtma tesisi ile hizmet edilen nüfusun toplam nüfusa oranı ise %42 olmuştur (DİE, 2006).

Arıtma çamurundaki ağır metallerin azaltılması ya kanalizasyon sistemine deşarj edilmeden önce kaynak kontrolü ile ya da çamurda metallerin ekstraktif giderimiyle sağlanabilir. Kaynak kontrolündeki büyük sıkıntı, kaynağın belirlenmesi olduğundan tek olası pratik çözüm, çamurdan ağır metalleri ekstraktif olarak gidermektir (HANAY ve HASAR, 2007).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Deneme Yeri ve Tohum Materyali**

Deneme, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü (Tarsus-Karabucak) sera, fidanlık ve laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemede hızlı gelişen türlerden okaliptüsün Türkiye'de en iyi uyum sağlayan ve mukayese çalışmaları ile başarılı bulunan *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. ve *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden ile yine bölgenin hızlı gelişen doğal ağaç türlerinden kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tohumları kullanılmıştır. Okaliptüs tohumları Tarsus-Karabucak *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* tohum plantasyonlarından alınmış, kızılçam tohumları ise 750 m yükseklikteki Mersin-Fındıkpınarı orijinelidir.

##### **3.1.2. Deneme Saksısı**

Denemede, orijinalinin Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğüne değişikliğe uğratarak geliştirdiği ve orman fidanlıklarınca da kullanılan *Karabucak tipi* tüpler kullanılmıştır. GÜLBABA (1997)'nin tanımlamasına göre, tüpler; yüksek yoğunlukta sert plastikten, kesik kare

piramit şeklinde, iç kısmının her yüzeyinde kök kıvrılmasını veya sarılmasını engelleyecek şekilde geliştirilmiş iki adet seti bulunan, 12 cm boyunda ve 260 cm<sup>3</sup> hacim kapasitesindedirler.

### 3.1.3. Yetiştirme Materyalleri (Harç Malzemeleri)

Fidan üretiminde 12 ayrı yetiştirme materyali kullanılmıştır. Bunlar:

1. 1/2 arıtma çamuru+1/2 perlit,
2. 1/2 arıtma çamuru+1/2 andezit tufü,
3. 1/2 arıtma çamuru+1/2 akarsu kumu,
4. 1/3 arıtma çamuru+2/3 andezit tufü,
5. 1/3 arıtma çamuru+2/3 akarsu kumu,
6. 1/3 arıtma çamuru+1/3 perlit+1/3 mısır kompostu,
7. 1/3 arıtma çamuru+1/3 akarsu kumu+1/3 mısır kompostu,
8. 1/2 arıtma çamuru+1/4 akarsu kumu+1/4 mısır kompostu,
9. 1/2 arıtma çamuru+1/4 andezit tufü +1/4 mısır kompostu,
10. 1/2 arıtma çamuru+1/4 perlit+1/4 mısır kompostu,
11. Kontrol I (saf arıtma çamuru)
12. Kontrol II (uygulamada okaliptüs fidanları için kullanmakta olduğu; 1/3 mısır kompostu +1/3 orman toprağı (humusça zengin üst orman toprağı) +1/3 andezit tufü ile uygulamanın kızılçam fidanı üretiminde kullanılan 2/3 orman toprağı+1/3 mısır kompostu).

Orman üst toprağı, humus kaynağı olarak orman fidanı yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanıldığı için doğal kızılçam meşceresinden alınmıştır. Andezit tufü (beyaz volkanik tuf) kolay ve ucuz olarak sağlanan bir materyal olarak Nevşehir-Göreme-Çardak'tan sağlanmıştır. Harçlarda kullanılan mısır kompostu ise, organik kaynak olarak kullanılmıştır.

Fidan yetiştirme materyallerinde kullanılan arıtma çamurları, Tarsus Belediyesi atıksu arıtma tesisinden sağlanmıştır. Tesiste evsel atıksulardan arıtılarak elde edilen arıtma çamurları 3 ay boyunca açıkta tutularak, havada kurumaya bırakıldıktan sonra kullanılmaya başlanmıştır.

Tablo 4'te denemede kullanılan arıtma çamurunun TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM-18892 sayılı rapor), Ankara Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü ve Tarsus Arıtma Tesisini inşa eden firmanın Almanya'da yaptırdığı analizler ve "Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" (TKKY) EK I-B'ye göre toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda izin verilecek ağır metal içerikleri ile karşılaştırılmıştır (ANON, 2002).

**Tablo 4: Tarsus Evsel Arıtma Çamurunun Ağır Metal Analiz Sonuçları ve Toprakta Kullanılabilecek Arıtma Çamurunda İzin Verilebilecek Maksimum Ağır Metal Değerlerinin Karşılaştırılması**

Table 4: Analysis Results of Heavy Metals of the Tarsus Municipal Waste Treatment Sludge and Comparison with Allowable Maximum Heavy Metal Values in the Soil

Parametreler Parameters	Tarsus Evsel Arıtma Çamuru Sewage Sludge			TKKY / EK I-B	AB EU	ABD USA
	MAM	KHGM Ar. Ens.	Alman Firması			
Kurşun (mg/kg)	43,2	40	52-66	1200	1200	840
Kadmiyum (mg/kg)	<2	0,93	1,2	40	40	85
Krom (mg/kg)	75	53-69	72-80	1200	-	3000
Bakır (mg/kg)	113	106-113	105-144	1750	1750	4300
Nikel (mg/kg)	37,4	68-88	93-99	400	400	420
Cıva (mg/kg)	2	-	0,66-0,77	25	25	57
Çinko (mg/kg)	794	613-790	601-829	4000	4000	7500

Tablo 4'ten de görüldüğü gibi, Tarsus Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi (TAAT) evsel arıtma çamuruna ait ağır metal değerleri TKKY'nin toprakta kullanılmasına izin verilecek en yüksek değerlerinin oldukça altında yer almıştır. Buna göre tesisten elde edilen arıtma çamurlarının topraklara uygulanmasında herhangi bir sakınca oluşturmayacağı anlaşılmaktadır.

Ankara Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü'nce yapılan TAAT arıtma çamurunun bazı kimyasal özelliklerine ait analiz değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5: Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Çamurunun Kimyasal Özellikleri**

Table 5: Chemical Properties of Tarsus Municipal Waste Treatment Sludge

<i>Parametreler</i> <i>Parameters</i>	<i>Sonuçlar (%)</i> <i>Results</i>
Azot (N)	3,14
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,61
Amonyum azotu (NH <sub>4</sub> -N)	0,24
Potasyum (K <sub>2</sub> O)	0,27
Kalsiyum (CaO)	9,90
Magnezyum (MgO)	1,67
Organik Madde (Yanma kaybı)	59,42

Tarsus Arıtma Tesisini inşa eden Alman firmasının TAAT çamurunun gübre değeri parametrelerine ait analiz sonuçları da Tablo 6'daki gibidir (ANON, 2002; MAM 18892 sayılı rapor).

**Tablo 6: Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Çamurunun Gübre Değeri Parametreleri**

Table 6: Fertilizer Parameters of Tarsus Municipal Waste Treatment Sludge

<b>Parametreler</b> <i>Parametres</i>	<b>Alman Firması</b>	<b>MAM</b>
pH	6,42-6,85	6,23
Organik Madde (yanma kaybı)	% 50-56	% 79
Toplam N	% 2,6-2,7	64774 mg/kg
Toplam Fosfor	% 0,9	1440 mg/kg
Toplam Potasyum	% 0,2	-
EC (ds/m)	2,36-4,50	-
C/N	10,11	5,93
Kuru Madde	% 22-24	% 16,87

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Deneme Deseni

Çalışma, üç yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Her biri yirmi fidan alabilen özel kasalar içerisinde kendi içinde tekrar olması için ayrıca 20'şer adet tüp yerleştirilmiştir. Deneme 12 ortam x 3 ağaç türü x 3 yineleme : 108 işlem olarak düzenlenmiştir.

#### 3.2.2. Fidan Yetiştirme Materyallerinin Hazırlanması

Bu denemede kullanılan yöntem, doğrudan tüpe ekimdir. Doğrudan tüpe ekimin avantajı, şaşırma işlemine oranla işçilik giderinin daha az olmasıdır. Harçta kullanılan harç malzemeleri 2 mm'lik eleklerde elenerek, her biri ayrı ayrı mısır kompostu ile elle mümkün olduğu kadar homojen olarak karıştırılmış ve tüplere doldurulmuştur.

#### 3.2.3. Yapılan Ölçümler

*E.camaldulensis*, *E.grandis* ve kızılçam tohumları belirlenen yetiştirme materyallerine ekilerek, fidanlar yetiştirilmiştir. Vejetasyon dönemi sonunda (1 yaşlı), uygulamaların fidan gelişimine olan etkisini incelemek amacıyla bitkisel kütle (fitomas) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce fidanlar tüplerden dikkatlice çıkartılarak, kılcal köklerin zarar görmemesi sağlanmıştır. Kökler sarmalanmış yetiştirme materyalinden zedelenmeden temizlenerek

ayıklanmıştır. Fidanların boy ve çap ölçümleri yapıldıktan sonra her işlemin yinelemelerinden ayrı ve eşit sayıda fidan laboratuara taşınıp saf su ile yıkanmışlardır. Yıkanan bitki gövde ve kökleri emici kağıtlarla hafifçe kurularak analize hazır hale getirilmiştir. Fidanlar tek tek kök boğazından kesilerek kök ve gövdeleri ayrı ayrı tartılmış ve yaş ağırlıkları kaydedilmiştir.

Tüm fidanların kök boğazı çapları, gövde boyları, kök yaş ağırlığı, kök üstü yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök üstü kuru ağırlığı gibi ölçüm ve tartımlar yapılmıştır. Hasat sonrası fidan toprak üstü materyalleri 65 °C'de kurutma fırınına alınarak kurutulmuştur. Kurutulan bitki materyallerindeki azot, fosfor ve potasyum gibi makro besin elementleri ile demir, çinko, mangan ve bakır gibi mikro besin elementlerinin analizleri yapılmıştır.

### 3.2.3.1. Fidanların Morfolojik Ölçümleri

**Kök Boğazı Çapı (mm):** Fidanın gövde ile kök arasında kalan kök boğazı kısmı, toprak seviyesinden itibaren ±0,1 mm duyarlılıktaki kompas yardımıyla ölçülmüştür.

**Fidan Boyu (cm):** Fidanın toprak seviyesinden itibaren terminal tomurcuk ucu arasındaki uzaklık ±1 mm duyarlılıktaki bir metre yardımıyla ölçülmüştür.

**Fidan Yaş Ağırlığı (g):** Kök boğazından kesilmiş fidanın toprak üstü ile toprakaltı kısımları sökümünden hemen sonra bekletilmeden ±0,001 g duyarlılıktaki hassas terazide tartılmıştır.

**Fidan Kuru Ağırlığı (g):** Fidanın toprak üstü ve toprakaltı organlarının fırın kurusu (105 °C de 24 saat) ağırlığı alınmıştır.

**Katlılık (g):** Kuru kök üstü ağırlığı (gövde) değerinin, kuru kök ağırlığı değerine oranıdır.

**Dickson Kalite İndeksi :** Fidan kalitesinin belirlemek için ASLAN (1986)'nın bildirdiğine göre, DICKSON ve ark. (1960) tarafından geliştirilen Fidan Kalite İndeksi 1 e yakın ve daha yüksek bulunan fidanlar yüksek kaliteli olarak kabul edilmiştir. Fidan Kalite İndeksi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Dickson Kalite İndeksi (Kİ) = \frac{Fidan Kuru Ağırlığı (g)}{\frac{Fidan Boyu (cm)}{Kök Boğazı Çapı (mm)} + \frac{Gövde Kuru Ağ. (g)}{Kök Kuru Ağ. (g)}}$$

### 3.2.3.2. Yetiştirme Materyallerinin Özellikleri

Hava kurusu hale getirilen yetiştirme materyalleri, laboratuarda 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Fiziksel özellikler olarak; su tutma kapasitesi, hava kapasitesi, pH, tuz, hacim ağırlığı, tane yoğunluğu ve gözenekliği ile kimyasal özelliklerden azot, fosfor ve potasyum analizleri de aşağıdaki yöntemlere göre Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü tarafından yapılmıştır.

Su Tutma Kapasitesi (%): Yetiştirme materyali belirli ağırlık ve hacimdeki altı delikli bir kaba konmuş, 24 saat süreyle suda bekletilmiş ve ardından kurutma kağıdı üzerinde serbest drenaja bırakılmıştır. Ağırlıkları belirlenen örnekler, 105 °C de iki gün süreyle kurutulduktan sonra tartılmıştır (PUUSTJARVI, 1969).

Hava Kapasitesi (%): Örneklerin toplam gözeneklilikleri, 100 cm<sup>3</sup> lük dereceli silindir kullanılarak, deneysel olarak belirlenmiştir (TUNCAY, 1984).

Tane Yoğunluğu (Özgül Ağırlığı) (gr/cm<sup>3</sup>): Gözeneklilik, hacim ağırlık ve su ile dolu boşluklar hacmi değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (TUNCAY, 1984).

Hacim Ağırlığı (gr/cm<sup>3</sup>): % 80 ıslatılmış harç, hacmi ve darası bilinen kaplara doldurulup 60 °C de 48 saat kurutulduktan sonra tartıldıktan sonra belirlenmiştir (TUNCAY, 1984).

Gözenek Hacmi (%): Aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Gözenek hacmi (\%)} = \frac{\text{Tane yoğunluğu} - \text{Hacim Ağırlığı}}{\text{Tane Yoğunluğu}} \times 100$$

Toprak Reaksiyonu ve Tuz : Örnek-su 1:5 oranında hazırlanıp, bir gece bekletildikten sonra pH metre ve iletkenlik ölçer ile ölçülmüştür (GÜLÇUR, 1974).

Azot (ppm): Modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (GÜLÇUR, 1974).

Alınabilir Fosfor (ppm): Sodyum bikarbonat yöntemine göre yapılmıştır (OLSEN ve ark., 1954).

Alınabilir Potasyum (ppm): 1 N amonyum asetat yöntemine göre belirlenmiştir (GÜLÇUR, 1974).

### 3.2.3.3. Bitki Besin Elementlerinin Analizleri

Fidanların ölçüleri yapıldıktan sonra her işlemin yinelemelerinden ayrı ayrı toprak üstü aksamaları saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra örnekler kağıt torbalara konmuş ve etiketlenerek kurutma dolabında bekletilmiştir. Örnekler, kurutma dolabında 65 °C'de 48 saat bekletildikten sonra bitki öğütme cihazında

öğütülmüştür. Her örneğe ait öğütülmüş materyal iyice karıştırılarak şişelere konulduktan sonra etiketlenmiştir. Analize hazır hale getirilmiş bitki örnekleri Eskişehir Orman Ekolojisi ve Toprak Araştırmaları Enstitüsü tarafından aşağıdaki yöntemlere göre bitki örneklerinin analizli yapılmıştır.

Toplam Azot : Kurutulup öğütülen örneklerin azot tayini, modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (GÜLÇUR, 1974).

Fosfor : KACAR (1972)'nin bildirdiği şekilde, nitrik-perklorik asit karışımı (4:1) yaş yakma yöntemi ile elde edilen süzüklerde fosfor vanadamolibdofosforikasit sarı renk yöntemine göre spectronic 20D kolorimetrede okunmuştur.

Potasyum : Yaş yakma ile elde edilen ekstraktın K düzeyi fleym fotometre ile okunmuştur.

Demir, Çinko, Manganez, Bakır : Yaş yakma ile elde edilen ekstraktın Fe, Zn, Mn, ve Cu düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometre ile okunmuştur (CHAPMAN ve PRATT, 1961; KACAR, 1972).

Okumalar sonucunda elde edilen değerler N, P ve K için kuru maddede %; Fe, Zn, Mn ve Cu için kuru maddede mg kg<sup>-1</sup> (ppm) olarak verilmiştir.

### **3.2.4. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi**

Denemede elde edilen veriler TARİST istatistik paket programı (AKKAŞ, 1994) ile değerlendirilmiştir. Çoğul varyans analizleri için araştırma desenine uygun olan “iki faktörlü tesadüf blokları” modeli seçilmiştir. Varyans analizi sonrasında istatistiksel anlamda ortaya çıkan önemli farklılıkların belirlenmesi için “Newman-Keuls” çoklu testi uygulanmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Denemede kullanılan fidan yetiştirme materyallerinin analizlerine ilişkin sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7: Fidan Yetiştirmede Kullanılan Harçların ve Materyallerin Analiz Sonuçları**

Table 7: Analysis Results of Seedling Medium and Materials

Harç No.	Su Tutma Kap. %	Hava Kap. %	pH 1/5 su	ECx10 mmhos/cm	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Tane Yoğ. (g/cm <sup>3</sup> )	Gözenek %
1	48,76	19,32	7,05	0,903	0,516	1,618	68,08
2	40,20	20,05	7,23	0,697	0,760	1,911	60,25
3	38,64	7,52	7,42	0,542	1,073	1,993	46,16
4	47,24	13,39	7,21	0,613	0,759	1,927	60,63
5	42,00	3,37	7,64	0,417	1,276	2,120	39,81
6	45,84	20,06	7,24	1,031	0,626	1,836	65,91
7	37,32	9,22	7,36	0,978	0,923	1,726	46,55
8	49,28	2,80	7,25	0,938	0,930	1,941	52,09
9	53,00	16,39	7,13	1,086	0,611	1,997	69,39
10	50,40	20,68	6,92	1,250	0,512	1,771	71,08
Kontrol I (saf çamur)	45,28	13,24	6,97	1,060	0,786	1,896	58,53
Kontrol II (okaliptüs)	38,08	20,06	7,53	0,859	0,800	1,841	56,15
Kontrol II (kızılçam)	53,12	16,12	7,64	1,047	0,594	1,933	69,25

Makro element analizleri (azot, fosfor ve potasyum) Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü’nce ve mikro element analizleri (demir, mangan, çinko ve bakır) de Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü’nün Çevre Referans Laboratuvarı’na yapılan fidan yetiştirme harçlarına ait analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8: Fidan Yetiştirmede Kullanılan Harçların ve Materyallerin Besin Elementleri İçerikleri**

**Table 8: Nutrient Contents of Seedling Medium and Materials**

Harç No.	N mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg
1	0.532	44,01	759	11128	339	110	27
2	0.337	74,31	521	12292	377	75	23
3	0.412	216,6	357	7741	228	58	16
4	0.252	96,69	398	12072	367	64	21
5	0.188	170,4	214	6061	170	41	11
6	0.471	133,38	1360	11899	358	77	26
7	0.362	80,03	925	881	267	66	21
8	0.569	44,01	788	9904	293	76	38
9	0.524	118,13	941	12120	368	85	27
10	0.687	131,47	1430	11642	350	103	28
Kontrol I (saf çamur)	0.738	60,97	940	12783	403	110	30
Kontrol II (okaliptüs)	0.267	104,8	622	9935	117	34	22
Kontrol II (kızılçam)	0.696	99,06	907	8638	269	82	21

#### **4.1. *Eucalyptus camaldulensis*'e Ait Bulgular**

Çalışmada kullanılan üç fidan türünün morfolojik karakterleri ve besin maddeleri arasındaki ikili ilişkilerin belirlenmesi için korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir (Ek Tablo 1). *E.camaldulensis* fidan kök boğazı çapının sadece fidan boyu ile pozitif bir ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Fidan boyu, çap yanında kalite indeksi ile de anlamlı bir ilişki sağlamıştır. Fidan ağırlıkları kalite indeksi ve özellikle besin elementleri (K, Zn ve Cu) ile düşük de olsa ilişkiler oluşturmuştur. Fidanların katlılık oranı ile kalite indeksi arasında sıkı bir pozitif ilişki gösterdiği görülmektedir. Besin elementlerine bakıldığında, özellikle potasyumun mikro besin elementleri ile istatistiksel önemlilikte ilişkileri bulunmuştur. Demirin de mikro besin elementleri ile zayıf da olsa anlamlı ilişkileri saptanmıştır.

#### 4.1.1. Yetiştirme Materyallerinin *E.camaldulensis* Fidanlarının Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyuna Etkileri

*E.camaldulensis* fidanlarının kök boğazı çapı (KBÇ) değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda yetiştirme materyalleri arasında istatistiksel anlamda farklılık çıkmamıştır (F= 1,270 ns; Tablo 9). İşlemlerin ortalama çaplarına bakıldığında; 1 nolu ortam 5,8 mm çap ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 3 ve 4 nolu ortamlar gelmiştir. arıtma çamurunun yer aldığı Kontrol I işlemi 5,2 mm çap ile sekizinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 4,9 mm çap ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 2; Ek Şekil 1).

**Tablo 9: *E.camaldulensis* Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri**

Table 9: F Ratios and Significance Levels According to Analysis of Variance Based on Morphological Properties of *E.camaldulensis* Seedlings

Fidan Morfolojik Özellikleri Seedling Morphological Properties	Bloklar Blocks		İşlemler Treatments	
	n	F	n	F
<b>Kök Boğazı Çapı (KBÇ)</b> Root Collar Diameter	2	2,490 ns	11	1,270 ns
<b>Fidan Boyu (FB)</b> Seedling Height	2	0,310 ns	11	2,191 ns
<b>Fidan Yaş Ağırlığı (FYA)</b> Seedling Wet Weight	2	0,576 ns	11	4,409**
<b>Fidan Kuru Ağırlığı (FKA)</b> Seedling Dry Weight	2	1,224 ns	11	5,052***
<b>Katılık Oranı (KT)</b> Stem Dry Weight/Root Dry Weight Ratio	2	2,385ns	11	2,480*
<b>Kalite İndeksi (KI)</b> Quality Indexes	2	2,014ns	11	4,720**

Fidan boyu (FB) değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda işlemler arasında istatistiksel anlamda farklılık çıkmamıştır (F= 2,191 ns; Tablo 9). İşlemlerin ortalama boylarına bakıldığında; 4 nolu ortam 82,0 cm boy ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 2 ve 3 nolu ortamlar gelmiştir. Saf arıtma çamurunun yer aldığı Kontrol I işlemi 73,7 cm boy ile beşinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 61,8 cm boy ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 3; Ek Şekil 1).

#### **4.1.2. Yetiştirme Materyallerinin *E.camaldulensis* Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıklarına Etkileri**

Yetiştirme materyallerinin okaliptüs fidanlarının yaş ağırlıkları (FYA) ortalamalarına etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki yetiştirme materyalinin FYA artışına olan etkisinin  $p < 0,01$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F = 4,409^{**}$ ). Yetiştirme materyallerinin hangisinin FYA artışında daha etkili olduğunu belirlemek için ortalamalara Newman-Keuls çoklu testi uygulanmış ve dört grup oluşmuştur. İşlemlerin ortalama yaş ağırlıkları incelendiğinde; arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 42,1 g yaş ağırlığı ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 1 ve 10 nolu fidan materyalleri gelmiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 20,6 g ağırlığı ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 4; Ek Şekil 2).

*E.camaldulensis* fidanlarının fidan kuru ağırlıkları (FKA) ortalamalarına uygulanan varyans analizi uygulanmış ve yetiştirme materyallerinin FKA artışına olan etkisinin istatistiksel yönden  $p < 0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F = 5,025^{***}$ ; Tablo 9). Uygulamalardan hangisinin FKA değerinde daha etkili olduğunu bulmak için yapılan çoklu teste göre, ortalamalar arasında beş farklı grup oluşmuştur. Fidanların FKA değerleri, FYA değerlerine paralellik göstermiştir. Kontrol I işlemi 14,8 g kuru ağırlığı ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 1 ve 10 nolu ortamlar gelmiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 7,0 g ağırlık ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 5; Ek Şekil 2).

#### **4.1.3. Yetiştirme Materyallerinin *E.camaldulensis* Fidanlarının Katlılık ve Kalite İndeksi Değerlerine Uygulamaların Etkileri**

Fidanların kök üstü kuru ağırlığı / kök kuru ağırlığı oranını veren katlılık (KT) oranına fidan yetiştirme materyallerinin etkisini belirlemek için uygulanan varyans analizinde, çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin KT değerine olan etkisinin  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F = 2,480^{*}$ ; Tablo 9). Yetiştirme materyallerinin hangisinin KT artışında daha etkili olduğunu belirlemek için ortalamalara çoklu test uygulanmış ve dört grup oluşmuştur. İşlemlerin ortalama KT değerleri incelendiğinde; arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 4,0 KT değeri ile ilk sırada yer almış ve onu 3 ile 1 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II uygulaması 2,8 ile dokuzuncu, 6 nolu işlem ise son (2,1) sırada bulunmuştur (Ek Tablo 6; Ek Şekil 3).

Fidan kalitesinin göstergelerinden biri olan Kalite İndeksi (Kİ) değerine fidan yetiştirme materyallerinin yarattığı farklılık  $p < 0,01$  olasılık düzeyinde önemli ( $F = 4,720^{**}$ ) bulunmuştur (Tablo 9). Ortalamalara ait çoklu testte üç farklı gruplanma oluşmuş ve ortalama Kİ değerlerine bakıldığında; arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 6,09 Kİ ile ilk sırada yer almış ve onu 3 ile 1 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı kontrol uygulaması 3,60 ile onuncu, 6 nolu işlem ise son (3,31) sırada bulunmuştur (Ek Tablo 7; Ek Şekil 3).

#### **4.1.4. Yetiştirme Materyallerinin *E.camaldulensis* Fidanlarının Makro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri**

*E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki azot (N) içeriklerine fidan yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların N içeriğine istatistiksel anlamda farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir ( $F = 1,577$  ns). Ortalama % N değerlerinde 1 nolu yetiştirme materyali %1,82 ile en yüksek N içeriğine ulaşmış, onu 3 ve 10 nolu işlemler izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi %1,70 değeri ile dördüncü sırada yer alırken, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise %1,62 ile yedinci sırada yer almışlardır. 7 nolu işlem ise %1,53 N içeriği ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 8; Ek Şekil 4).

Fidan yetiştirme materyallerinin *E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki fosfor (P) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve kullanılan yetiştirme materyallerinin fidanların P içeriğine istatistiksel anlamda farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir ( $F = 1,887$  ns; Tablo 10). Ortalama % P değerlerinde 3 nolu yetiştirme materyali %0,24 ile en yüksek P içeriğine ulaşmış, onu 10 ve 5 nolu işlemler izlemiştir. Arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi %0,20 değeri ile dokuzuncu sırada yer alırken, uygulamanın kullandığı işlem ise %0,18 ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 9; Ek Şekil 4).

Bu sonuçlar, İBRİKÇİ ve ark. (1994)'nin orman ağaçlarının yaprak kuru maddelerindeki azot ve fosfor için vermiş oldukları yeterli düzeylere (%1,1-3,0 N, %0,12-0,30 P) uygunluk göstermiştir. Elde edilen N bulguları, TÜFEKÇİ (1998)'nin, *E.camaldulensis* fidanı yapraklarında azot içeriği için belirlemiş olduğu değerlerin (%1,35-1,52) üzerinde çıkmıştır. Bu durum, arıtma çamurundaki yüksek organik madde ve N içeriğine bağlanabilir. P bulguları ise aynı çalışmada belirlenen *E.camaldulensis* fidanı yapraklarındaki fosfor içeriğine (%0,22-0,23) uygun düşmektedir.

**Tablo 10: *E.camaldulensis* Fidanlarının Besin Elementleri İçeriklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri**

Table 10: F Ratios and Significance Levels According to Analysis of Variance Based on Nutrient Contents of *E.camaldulensis* Seedlings

Fidan Morfolojik Özellikleri Seedling Morphological Properties	Bloklar Blocks		İşlemler Treatments	
	n	F	n	F
<b>Azot İçeriği (N)</b> Nitrogen Content	2	2,323 ns	11	1,577 ns
<b>Fosfor İçeriği (P)</b> Phosphorus Content	2	1,739 ns	11	1,887 ns
<b>Potasyum İçeriği (K)</b> Potassium Content	2	0,048 ns	11	2,780*
<b>Demir İçeriği (Fe)</b> Iron Content	2	3,372 ns	11	9,175***
<b>Mangan İçeriği (Mn)</b> Manganese Content	2	4,942*	11	8,312**
<b>Çinko İçeriği (Zn)</b> Zinc Content	2	0,631ns	11	5,389**
<b>Bakır İçeriği (Cu)</b> Copper Content	2	0,631 ns	11	6,159***

*E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki potasyum (K) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyali, fidanların K içeriğinde  $p < 0,05$  düzeyinde farklılık yaratmıştır ( $F = 2,780^*$ ). Ortalamalara uygulanan çoklu testinde saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi %0,46 ile en yüksek K içeriğine ulaşmış, onu 10 ve 6 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise %0,32 K içeriği ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 10; Ek Şekil 4).

#### **4.1.5. Yetiştirme Materyallerinin *E.camaldulensis* Fidanlarının Mikro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri**

*E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki demir (Fe) içeriklerine fidan yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların Fe içeriğine istatistiksel anlamda farklılık oluşturduğu ( $F = 9,175^{***}$ ) belirlenmiştir. Ortalama Fe değerlerinde yapılan çoklu testinde dört farklı grubaşma gerçekleşmiş ve Kontrol I işlemi

156,7 mg/kg ile ilk sırayı almıştır. Onu 9 ve 4 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 84,7 mg/kg ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 11; Ek Şekil 5).

Fidan yetiştirme materyallerinin *E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki mangan (Mn) içeriklerine etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve kullanılan yetiştirme materyallerinin fidanların Mn içeriğine istatistiksel anlamda farklılık oluşturduğu görülmüştür (F= 8,312\*\*); Tablo 10). Ortalama Mn değerleri arasında üç grup oluşmuş ve en yüksek Mn değerine 92,3 mg/kg ile Kontrol I yetiştirme materyali ulaşmış, onu 2 ve 4 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi 51,7 mg/kg ile dokuzuncu, 5 nolu işlem ise 43,7 mg/kg ile son sırada yer almışlardır. (Ek Tablo 12; Ek Şekil 5).

*E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki çinko (Zn) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların Zn içeriğine  $p < 0.05$  olasılık düzeyinde önemli etkiye bulunduğu belirlenmiştir (F= 5,389\*\*). Ortalamalara uygulanan çoklu testinde üç grup oluşmuş ve 1 nolu işlem 51,0 mg/kg ile ilk sırada yer almış, onu 10 nolu işlem 10,7 mg/kg ile izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 45,3 mg/kg ile üçüncü sırada, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 31,7 mg/kg ile dokuzuncu ve 3 nolu işlem de 30,7 mg/kg ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 13; Ek Şekil 5).

Fidan yetiştirme materyallerinin *E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki bakır (Cu) içeriklerine etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların Cu içeriğine  $p < 0.001$  olasılık düzeyinde farklılık oluşturduğu görülmüştür (F= 6,159\*\*\*). Ortalamalara uygulanan çoklu testinde 8 nolu işlem 11,5 mg/kg ile ilk sırada yer almıştır. Onu 2 ve 10 nolu işlemler izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 10,35 mg/kg ile dördüncü sırada yer alırken, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi 8,2 mg/kg içeriği ile onbirinci, 4 nolu işlem ise 8,1 mg/kg ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 14; Ek Şekil 5).

*E.camaldulensis* fidanlarının yapraklarındaki mikro besin içeriklerine ait bu bulgular TÜFEKÇİ (1998)'nin, *E.camaldulensis* fidanı yapraklarında demir içeriği için belirlemiş olduğu 50-81 mg/kg arasındaki değerlerin oldukça üzerinde çıkmıştır. Bunun nedeni, arıtma çamurundaki Fe içeriğinin yüksekliğinden kaynaklanmış olabilir. Bu çalışma sonucunda sözü edilen çalışmada elde edilen mangan değerlerinden (22-42 mg/kg) de yüksek sonuçlara ulaşılmıştır. Yine çalışmalar karşılaştırıldığında diğer çalışmada elde edilen bakır içeriğinin (4,1-10,8 mg/kg) üzerinde değerler elde edilmiştir. Yine arıtma çamuru içeriğindeki bakır fazlalığı buna neden oluşturabilmektedir.

## 4.2. *Eucalyptus grandis*'e Ait Bulgular

*E. grandis* fidanlarının karakteristikleri arasında yapılan korelasyon analizlerine bakıldığında; fidan kök boğazı çapı ile fidan boyu, fidan ağırlıkları, kalite indeksi ve fosfor arasında istatistiksel önemlilikte pozitif ilişkiler saptanmıştır. Fidan boyu, çapı kalite indeksi, fidan ağırlıkları, katlılık ve azot ile anlamlı pozitif ilişkiler sağlayabilmiştir. Fidanların katlılık oranı ile kalite indeksi, azot ve bakır ile pozitif ilişkiler gösterdiği görülmektedir. Besin elementlerine bakıldığında, özellikle potasyumun mikro besin elementleri ile azot arasında istatistiksel önemlilikte ilişkileri bulunmuştur. Demirin de özellikle mangan ile sıkı bir ilişki oluşturmuştur (Ek Tablo 15).

### 4.2.1. Yetiştirme Materyallerinin *E. grandis* Fidanlarının Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyuna Etkileri

*E. grandis* fidanlarının kök boğazı çapı (KBCÇ) değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda fidan yetiştirme materyalleri arasında bir farklılık çıkmamıştır ( $F= 1,789$  ns; Tablo 11). İşlemlerin ortalama çaplarına bakıldığında; 3 nolu ortam 4,3 mm çap ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 5 ve 9 nolu ortamlar gelmiştir. Saf arıtma çamurunun yer aldığı Kontrol I işlemi 4 mm çap ile yedinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 3,5 mm çap ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 16; Ek Şekil 6). Bloklar arasındaki farklılık, Kontrol II işleminin bir bloğuna ait fidanların iyi gelişmemesinden kaynaklanmıştır.

Fidan yetiştirme materyallerinin etkisini belirlemek için fidan boyu (FB) değerlerine uygulanan varyans analizinde, çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin FB büyümesine olan etkisinin  $p<0,01$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F= 3,397^{**}$ ; Tablo 11). Yetiştirme materyallerinin hangisinin FB artışında daha etkili olduğunu belirlemek için ortalamalara çoklu test uygulanmış ve üç grup oluşmuştur. İşlemlerin ortalama boyları incelendiğinde; 3 nolu ortam 77,1 cm boy ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 8 ve 5 nolu ortamlar gelmiştir. Saf arıtma çamurunun yer aldığı Kontrol I işlemi 70,2 cm boy ile beşinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 50,4 cm boy ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 17; Ek Şekil 6).

**Tablo 11: *E.grandis* Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri**

Table 11: F Ratios and Significance Levels According to Analysis of Variance Based on Morphological Properties of *E.grandis* Seedlings

Fidan Morfolojik Özellikleri Seedling Morphological Properties	Blokler Blocks		İşlemler Treatments	
	n	F	n	F
<b>Kök Boğazı Çapı (KBÇ)</b> Root Collar Diameter	2	10,938***	11	1,789 ns
<b>Fidan Boyu (FB)</b> Seedling Height	2	1,575 ns	11	3,397**
<b>Fidan Yaş Ağırlığı (FYA)</b> Seedling Wet Weight	2	9,105**	11	2,109 ns
<b>Fidan Kuru Ağırlığı (FKA)</b> Seedling Dry Weight	2	10,245***	11	2,352*
<b>Katılık Oranı (KT)</b> Stem Dry Weight/Root Dry Weight Ratio	2	0,130ns	11	2,575*
<b>Kalite İndeksi (KI)</b> Quality Indexes	2	1,103ns	11	3,626**

#### 4.2.2. Yetiştirme Materyallerinin *E.grandis* Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıklarına Etkileri

Yetiştirme materyallerinin *E.grandis* fidanlarının yaş ağırlıkları (FYA) ortalamalarına etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki yetiştirme materyalinin FYA artışına istatistiksel anlamda bir etkisinin olmadığı görülmüştür (F= 2,109 ns). Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 31,0 g yaş ağırlığı ile ilk sırada yer almış, bunu 3 ve 6 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 16,2 g ağırlığı ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 18; Ek Şekil 7). Bloklar arasındaki farklılık, Kontrol II işleminin bir bloğuna ait fidanların çap gelişiminin zayıf olmasından kaynaklanmıştır.

*E.grandis* fidanlarının fidan kuru ağırlıkları (FKA) ortalamalarına uygulanan varyans analizi uygulanmış ve yetiştirme materyallerinin FKA artışına olan etkisinin istatistiksel yönden  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (F= 2,352\*; Tablo 11). Uygulamalardan hangisinin FKA değerinde daha etkili olduğunu bulmak için yapılan çoklu testine göre, ortalamalar arasında iki farklı grup oluşmuştur. Ortalama değer incelendiğinde; saf arıtma çamurlu materyal 9,9 g ile ilk sırada bulunurken, onun ardından 3 ve 6 nolu işlemler gelmiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 5,0 g ile sonuncu sırada yer almıştır (Ek Tablo 19; Ek Şekil 7). Bloklar arasındaki farklılık, YFA’da olduğu gibi, Kontrol II işleminin bir bloğuna ait fidanların çap gelişiminin zayıf olmasından kaynaklanmıştır.

#### 4.2.3. Yetiştirme Materyallerinin *E.grandis* Fidanlarının Katlılık ve Kalite İndeksi Değerlerine Uygulamaların Etkileri

Katlılık (KT) oranına fidan yetiştirme materyallerinin etkisini belirlemek için uygulanan varyans analizinde, çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin KT değerine olan etkisinin  $p<0,05$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F= 2,575^*$ ; Tablo 11). Yetiştirme materyallerinin hangisinin KT artışında daha etkili olduğunu belirlemek için ortalamalara çoklu test uygulanmış ve iki grup oluşmuştur. İşlemlerin ortalama KT değerleri incelendiğinde; 1 nolu işlem 3,46 KT değeri ile ilk sırada yer almıştır. Onu 9 ile 10 nolu işlemler izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 3,0 KT değeri ile beşinci sırada ve Uygulamanın kullandığı kontrol uygulaması 1,9 KT ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 20; Ek Şekil 8).

Fidanların Kalite İndeksi (Kİ) değerine fidan yetiştirme materyallerinin yarattığı farklılık  $p<0,01$  olasılık düzeyinde önemli ( $F= 3.626^{**}$ ) bulunmuştur (Tablo 11). Ortalamalara ait çoklu testte iki farklı gruplanma oluşmuş ve ortalama Kİ değerlerine bakıldığında; saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 4,85 Kİ değeri ile birinci, onun ardından 1 ve 10 nolu yetiştirme materyalleri yer almıştır. Uygulamanın kullandığı kontrol uygulaması da 2,63 Kİ değeri ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 21; Ek Şekil 8).

#### 4.2.4. Yetiştirme Materyallerinin *E.grandis* Fidanlarının Makro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri

*E.grandis* fidanlarının yapraklarındaki azot (N) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların N içeriğine yarattığı farklılık  $p<0,001$  olasılık düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ( $F= 5,126^{***}$ ). Ortalama % N değerlerinde 10 nolu yetiştirme materyali %2,00 ile en yüksek N içeriğine ulaşmış, onu 3 ve 8 nolu işlemler izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi %1,85 değeri ile altıncı sırada yer alırken, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise %1,64 ile onuncu sırada yer almışlardır. 7 nolu işlem ise %1,63 N içeriği ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 22; Ek Şekil 9).

**Tablo 12: *E.grandis* Fidanlarının Besin Elementleri İçeriklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri**

Table 12: F Ratios and Significance Levels According to Analysis of Variance Based on Nutrient Contents of *E.grandis* Seedlings

Fidan Morfolojik Özellikleri Seedling Morphological Properties	Bloklar Blocks		İşlemler Treatments	
	n	F	n	F
<b>Azot İçeriği (N)</b> Nitrogen Content	2	0,232 ns	11	5,126***
<b>Fosfor İçeriği (P)</b> Phosphorus Content	2	4,007*	11	1,858 ns
<b>Potasyum İçeriği (K)</b> Potassium Content	2	2,965 ns	11	11,174***
<b>Demir İçeriği (Fe)</b> Iron Content	2	1,586 ns	11	11,815***
<b>Mangan İçeriği (Mn)</b> Manganese Content	2	1,962 ns	11	16,541***
<b>Çinko İçeriği (Zn)</b> Zinc Content	2	1,344 ns	11	2,511*
<b>Bakır İçeriği (Cu)</b> Copper Content	2	0,970 ns	11	13,930***

Fidan yetiştirme materyallerinin *E.grandis* fidanlarının yapraklarındaki fosfor (P) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve kullanılan yetiştirme materyallerinin fidanların P içeriğine istatistiksel anlamda farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir (F= 1,858 ns; Tablo 12). Ortalama % P değerlerinde 3 nolu yetiştirme materyali %0,23 ile en yüksek P içeriğine ulaşmış, onu 9 ve 5 nolu işlemler izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi %0,21 değeri ile altıncı sırada iken, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi %0,22 ile dördüncü sırada, 4 nolu işlem ise %0,18 ile son sırada yer almışlardır (Ek Tablo 23; Ek Şekil 9).

*E.grandis* fidanlarının yapraklarındaki potasyum (K) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin K değerine olan etkisinin  $p < 0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (F= 11,174\*\*\*). Ortalama % K değerlerinde 9 nolu işlem %0,48 K değeri ile en yüksek K içeriğine ulaşmış, onu 10 ve saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi %0,36 ile sekizinci, 2 nolu işlem ise %0,33 K içeriği ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 24; Ek Şekil 9).

TÜFEKÇİ (1998)’nin de, 1 yaşındaki *E.grandis* fidanı yapraklarındaki azot miktarını %1,62-2,45 aralığında bulması bu çalışmaya uyumluluk göstermiştir. Bu sonuçlar İBRİKÇİ ve ark. (1994)’nin orman ağaçlarının yaprak kuru maddelerindeki azot için vermiş oldukları yeterli düzeylere (%1,1-3,0) de

uygunluk göstermiştir. Bu bulgular ayrıca SCHÖNAU (1981)'nin *E.grandis*'te yapmış olduğu denemede dikiminden 6-12 ay sonra yapılan yapraktaki azot tayini sonucuna da (%0,85-3,85) uyumlu olmuştur. Yine aynı araştırmacılar tarafından *E. grandis* fidanı yapraklarındaki fosfor miktarları da bu çalışmaya uygunluk göstermiştir. Ancak TÜFEKÇİ (1998) *E. grandis* fidanı yapraklarındaki potasyum miktarını %0,33-0,68 olarak elde etmiştir. Buna göre, *E.camaldulensis* fidanlarında olduğu gibi *E. grandis* fidanı yapraklarındaki potasyum içeriği alt düzeylerde çıkmıştır.

#### 4.2.5. Yetiştirme Materyallerinin *E.grandis* Fidanlarının Mikro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri

*E.grandis* fidanlarının yapraklarındaki demir (Fe) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların Fe içeriğine yarattığı farklılık  $p<0,001$  olasılık düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ( $F= 11,815^{***}$ ). Ortalama Fe değerlerine yapılan çoklu testte üç grup oluşmuş, 2 nolu işlem 178,3 mg/kg ile ilk sırada yer almıştır. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 176,0 mg/kg ile ikinci sırada yer alırken, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 90,0 mg/kg ile onuncu sırada yer almışlardır. 8 nolu işlem ise 83,3 mg/kg ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 25; Ek Şekil 10).

Fidan yetiştirme materyallerinin *E.grandis* fidanlarının yapraklarındaki mangan (Mn) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve kullanılan yetiştirme materyallerinin fidanların Mn içeriğine  $p<0,001$  düzeyinde farklılık oluşturduğu belirlenmiştir ( $F= 16,541^{***}$ ; Tablo 12). Ortalama Mn değerlerine uygulanan çoklu testte beş grup oluşmuş ve 2 nolu yetiştirme materyali 83,0 mg/kg ile en yüksek Mn içeriğine ulaşmıştır. Onu saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi ile 4 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 48,7 mg/kg ile dokuzuncu, 3 nolu işlem ise 43,7 mg/kg ile son sırada yer almışlardır. (Ek Tablo 26; Ek Şekil 10).

*E.grandis* fidanlarının yapraklarındaki çinko (Zn) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin Zn değerine olan etkisinin  $p<0,05$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F= 2,511^*$ ). 9 nolu işlem 53,7 mg/kg ile en yüksek Zn içeriğine ulaşmış, onu 4 ve 1 işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi 47,0 mg/kg içeriği ile beşinci, saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi ise altıncı sırada yer alırken, 3 nolu işlem 35,7 mg/kg Zn içeriği ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 27; Ek Şekil 10).

*E.grandis* fidanlarının yapraklarındaki bakır (Cu) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin Cu değerine olan etkisinin  $p<0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F= 13,930^{***}$ ). Ortalama Cu değerlerinde üç farklı grup oluşmuş, 10 nolu işlem 12,0 mg/kg ile ilk sırada yer almıştır. Onun ardından 8 ve 9 nolu işlemler gelmiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 11,6 mg/kg ile beşinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 8,6 mg/kg ile onbirinci ve 5 nolu işlem de 8,3 mg/kg içeriği ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 28; Ek Şekil 10).

TÜFEKÇİ (1998)’nin 1 yaşındaki *E.grandis* fidanı yapraklarındaki demir miktarını 105-202 mg/kg, aralığında bulması bu çalışmaya uyumluluk göstermiştir. Mn miktarı ise 26 ila 73 mg/kg arasında bulunarak, çalışma verilerinin üzerinde değerler elde edilmiştir. Aynı çalışmada belirlenen çinko miktarı (37-109 mg/kg) ise bu çalışma verilerinin alt düzeylerde çıktığını göstermiştir. Yine diğer çalışmada elde edilen bakır miktarının (4,6-18,5 mg/kg) altında sonuçlar ortaya çıkmış, ancak İBRİKÇİ ve ark. (1994)’nin orman ağaçlarının yaprak kuru maddelerindeki bakır için vermiş oldukları yeterli düzeylere (2-12 mg/kg) göre ise yüksek çıkmıştır.

### **4.3. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)’a Ait Bulgular**

Kızılçam fidan karakteristikleri için de korelasyon analizi uygulanmıştır (Ek Tablo 29). Kızılçam fidan kök boğazı çapının diğer büyüme ve beslenme karakteristikleriyle istatistiksel önemlilikte ilişkiler göstermediği görülmektedir. Fidan boyu ile fidan ağırlıkları, çinko ve fosfor arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Fidan ağırlıkları bazı besin elementleri (fosfor ve çinko) ile düşük de olsa ilişkiler oluşturmuştur. Fidanların katlılık oranı ile kalite indeksi ve azot arasında ilişkiler söz konusu olmuştur. Besin elementlerine bakıldığında, özellikle çinkonun diğer mikro besin elementleri ile istatistiksel önemlilikte ilişkileri bulunmuştur.

#### **4.3.1. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyuna Etkileri**

1 yaşlı kızılçam fidanlarının kök boğazı çapı (KBÇ) değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda işlemler arasında istatistiksel anlamda farklılık çıkmamıştır ( $F= 1,916$  ns; Tablo 13). İşlemlerin ortalama çaplarına bakıldığında; 3 nolu ortam 3,6 mm çap ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 6 ve 9 nolu ortamlar gelmiştir. Saf arıtma çamurunun yer aldığı

Kontrol I işlemi 2,7 mm çap ile onbirinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 2,3 mm çap ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 30; Ek Şekil 11). Bloklar arasındaki farklılık, Kontrol II işleminin bir bloğuna ait fidanların çap gelişiminin zayıf olmasından kaynaklanmıştır.

ANON (1976), 1 yaşlı kızılcam (*Pinus brutia* Ten.) için fidan kalite standartlarında (TS 2265), asgari fidan çapını 3 mm olarak vermiştir. Ek Tablo 30'da görüleceği gibi, ilk altı işlem bu değer üzerinde çıkmıştır.

**Tablo 13: Kızılçam Fidanlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri**

Table 13: F Ratios and Significance Levels According to Analysis of Variance Based on Morphological Properties of Turkish Red Pine Seedlings

Fidan Morfolojik Özellikleri Seedling Morphological Properties	Blokler Blocks		İşlemler Treatments	
	n	F	n	F
<b>Kök Boğazı Çapı (KBÇ)</b> Root Collar Diameter	2	3,715*	11	1,916 ns
<b>Fidan Boyu (FB)</b> Seedling Height	2	1,157 ns	11	5,309***
<b>Fidan Yaş Ağırlığı (FYA)</b> Seedling Wet Weight	2	1,835 ns	11	8,830***
<b>Fidan Kuru Ağırlığı (FKA)</b> Seedling Dry Weight	2	3,126 ns	11	9,196***
<b>Katlılık Oranı (KT)</b> Stem Dry Weight/Root Dry Weight Ratio	2	0,149 ns	11	1,350 ns
<b>Kalite İndeksi (KI)</b> Quality Indexes	2	0,102 ns	11	1,144 ns

Kızılçamın fidan boyu (FB) büyümesine uygulanan varyans analizi uygulanmış ve yetiştirme materyallerinin FB artışına olan etkisinin istatistiksel yönden  $p < 0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F = 5.309^{***}$ ; Tablo 13). Uygulamalardan hangisinin FB değerinde daha etkili olduğunu bulmak için yapılan çoklu testine göre, ortalamalar arasında dört farklı grup oluşmuştur. 5 nolu yetiştirme materyali 14,9 cm boy ile ilk sırada yer almıştır. Ardından sırasıyla 10 ve 7 nolu ortamlar gelmiştir. Saf arıtma çamurunun yer aldığı Kontrol I işlemi 11 cm boy ile beşinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 8,9 cm boy ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 31; Ek Şekil 11).

ANON (1976), 1 yaşlı kızılcam (*Pinus brutia* Ten.) için fidan kalite standartlarında (TS 2265), asgari fidan boyunu 10 cm olarak vermiştir. Ek Tablo 11'de görüleceği gibi, Kontrol II işlemi hariç tüm işlemler bu değer üzerinde çıkmıştır.

### 4.3.2. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıklarına Etkileri

Yetiştirme materyallerinin kızılçam fidanlarının yaş ağırlıkları (FYA) ortalamalarına etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 13'te verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki yetiştirme materyalinin FYA artışına olan etkisinin  $p < 0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F = 8,830^{***}$ ). Yetiştirme materyallerinin hangisinin FYA artışında daha etkili olduğunu belirlemek için ortalamalara çoklu test uygulanmış ve beş grup oluşmuştur. İşlemlerin ortalama yaş ağırlıkları incelendiğinde; 2 nolu işlem 13,5 g yaş ağırlığı ile ilk sırada yer almış ve 1 ile 10 nolu işlemler onu izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 8,9 g ile onbirinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 7,2 g ağırlığı ile son sırada yer almıştır (Ek Tablo 32; Ek Şekil 12).

Kızılçam fidanlarının fidan kuru ağırlıkları (FKA) ortalamalarına uygulanan varyans analizi uygulanmış ve yetiştirme materyallerinin FKA artışına olan etkisinin istatistiksel yönden  $p < 0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F = 9,196^{***}$ ; Tablo 13). Uygulamalardan hangisinin FKA değerinde daha etkili olduğunu bulmak için yapılan çoklu testine göre, ortalamalar arasında dört farklı grup oluşmuştur. FKA değerleri FYA değerlerine paralellik göstermiştir. İşlemlerin ortalama kuru ağırlıkları incelendiğinde; 2 nolu işlem 4,0 g kuru ağırlığı ile ilk sırada yer almış ve 6 ile 10 nolu işlemler onu izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 2,7 g ile onbirinci, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 1,9 g ağırlığı ile son sırada yer almıştır. (Ek Tablo 33; Ek Şekil 12).

### 4.3.3. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Katlılık ve Kalite İndeksi Değerlerine Uygulamaların Etkileri

1 yaşlı kızılçam fidanlarının katlılık (KT) oranına fidan yetiştirme materyallerinin etkisini belirlemek için uygulanan varyans analizinde, çalışmada kullanılan yetiştirme materyallerinin KT değerinde istatistiksel yönden önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir ( $F = 1,350$  ns; Tablo 13). İşlemlerin ortalama KT değerleri incelendiğinde; 3 nolu yetiştirme materyali 2,0 KT oranı ile ilk sırada yer almış ve onu saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi ile 10 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı kontrol uygulaması 1,7 KT oranı ile altıncı, 4 nolu işlem ise son (1,2) sırada bulunmuştur (Ek Tablo 34; Ek Şekil 13).

Kızılçam fidanlarının Kalite İndeksi (Kİ) değerine fidan yetiştirme materyallerinin Kİ değerinde istatistiksel yönden önemli bir etkisinin

bulunmadığı belirlenmiştir (F= 1,144 ns; Tablo 13). Ortalama Kİ değerlerine bakıldığında; 3 nolu yetiştirme materyali 2,08 Kİ değeri ile ilk sırada yer almış ve onu saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi ile 10 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı kontrol uygulaması 1,76 ile altıncı sırada, 4 nolu işlem ise 1,31 Kİ değeri ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 35; Ek Şekil 13).

#### **4.3.4. Yetiştirme Materyallerinin Kızılçam Fidanlarının Makro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri**

Kızılçam fidanlarının yapraklarındaki azot (N) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 14’te verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların N içeriğine olan etkisinin istatistiksel yönden  $p < 0,01$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (F= 3,448\*\*). Ortalama % N değerlerinde 3 nolu yetiştirme materyali %1,99 ile en yüksek N içeriğine ulaşmış, onu saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi ve 6 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi %1,79 ile onuncu sırada, %1,52 N değeri ile 4 nolu işlem son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 36; Ek Şekil 14).

Bu sonuçlar KANTARCI (1987)’nin kızılçam ibrelerinde tespit ettiği %1,16-1,56 arasındaki N oranlarının üzerinde değerler vermiştir. ÇEPEL ve ZECH (1982)’ de birkaç kızılçam meşceresinde yapmış oldukları çalışmalarında ibrelerdeki ortalama N içeriğini %0,68-1,32 arasında bulmuşlardır. Yine MORRISON (1974), ibrelilerde tahmin edilen düşük, kritik ve yeterli element konsantrasyonlarında; *P.nigra* ve *P.sylvestris*’in ibrelerindeki N değerlerini %1,0-1,5 arasında vermiştir. Deneme ile fidanlarda belirlenen yüksek N değeri, çalışmada kullanılan arıtma çamurunun yüksek oranda N içermesi ve organik madde miktarının yüksekliği ile açıklanabilir.

Fidan yetiştirme materyallerinin 1 yaşlı kızılçam fidanlarının yapraklarındaki fosfor (P) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve kullanılan yetiştirme materyallerinin fidanların P içeriğine olan etkisinin istatistiksel yönden  $p < 0,01$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (F= 3,705\*\*; Tablo 14). Ortalama % P değerlerinde 10 nolu yetiştirme materyali %0,25 ile en yüksek P içeriğine ulaşmış, onu 6 ve 8 nolu işlemler izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi %0,21 değeri ile altıncı sırada yer alırken, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise %0,15 ile son sırada yer almışlardır. (Ek Tablo 37; Ek Şekil 14).

**Tablo 14: Kızılcım Fidanlarının Besin Elementleri İçeriklerine Ait Varyans Analizlerinde Belirlenen F Oranları ve Farklılıkların Önem Düzeyleri**

Table 14: F Ratios and Significance Levels According to Analysis of Variance Based on Nutrient Contents of Turkish Red Pine Seedlings

Fidan Morfolojik Özellikleri Seedling Morphological Properties	Bloklar Blocks		İşlemler Treatments	
	n	F	n	F
<b>Azot İeriği (N)</b> Nitrogen Content	2	0,240 ns	11	3,448**
<b>Fosfor İeriği (P)</b> Phosphorus Content	2	1,724 ns	11	3,705**
<b>Potasyum İeriği (K)</b> Potassium Content	2	0,838 ns	11	6,314***
<b>Demir İeriği (Fe)</b> Iron Content	2	3,249 ns	11	9,112***
<b>Mangan İeriği (Mn)</b> Manganese Content	2	1,822 ns	11	6,365***
<b>inko İeriği (Zn)</b> Zinc Content	2	2,749 ns	11	4,466**
<b>Bakır İçeriği (Cu)</b> Copper Content	2	0,544 ns	11	2,814*

Bu bulgular KANTARCI (1987)'nin kıızılcım ibrelerinde belirlediği %0,08-0,19 arasındaki P oranlarının üzerinde değerler vermiştir. ÇEPEL ve ZECH (1982) de birkaç kıızılcım meşceresinde yapmış oldukları çalışmalarında ibrelerdeki ortalama P içeriğini %0,11-0,21 arasında bulmuşlardır. Yine MORRISON (1974), ibrelilerde tahmin edilen dūřuk, kritik ve yeterli element konsantrasyonlarında; *P.nigra*'nın ibrelerindeki P değerlerini %0,13-0,18 arasında vermiştir. Deneme sonucunda fidanlarda belirlenen yūksək P değeri, çalışmada kullanılan arıtma çamurunun yūksək oranda P içermesine bağlanabilir.

Kızılcım fidanlarının yapraklarındaki potasyum (K) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 14'te verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların K içeriğine olan etkisinin istatistiksel yōnden  $p < 0,001$  düzeyinde önemli olduğu gōrūlmūřtur ( $F = 6,314^{***}$ ). Ortalama % K değerlerinde 9 nolu yetiştirme materyali %0,38 ile en yūksək K içeriğine ulaşmış, onu 8 ve saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi %0,34 K içeriği ile altıncı, 1 nolu işlem ise %0,28 değerini ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 38; Ek Őekil 14).

Bu sonuçlar MORRISON (1974)'un *P.nigra*'nın ibrelerindeki K için vermiş oldukları sınır değerlerin (%0,40-0,55) altında çıkmıştır.

#### 4.3.5. Yetiştirme Materyallerinin Kızılcım Fidanlarının Mikro Besin Elementleri İçeriklerine Etkileri

Kızılcım fidanlarının yapraklarındaki demir (Fe) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 14’te verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların Fe içeriğine olan etkisinin istatistiksel yönden  $p<0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F= 9,112^{***}$ ). Çoklu test sonucunda ortalama Fe değerlerinde dört grup oluşmuş, 2 nolu yetiştirme materyali 167,0 mg/kg ile en yüksek Fe içeriğine ulaşmış, onu saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemleri izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi de 89,7 ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 39; Ek Şekil 15).

ÇEPEL ve ZECH (1982)’in birkaç kızılcım meşceresinde yapmış oldukları çalışmalarında ibrelerdeki ortalama Fe içeriğini 41,7-103,0 mg/kg arasında bulmuşlardır. Bu çalışmaya nazaran fidanlarda belirlenen yüksek Fe değeri, çalışmada kullanılan arıtma çamurunun yüksek oranda Fe içermesi ile açıklanabilir.

Fidan yetiştirme materyallerinin 1 yaşlı kızılcım fidanlarının yapraklarındaki mangan (Mn) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve kullanılan yetiştirme materyallerinin fidanların Mn içeriğine olan etkisinin istatistiksel yönden  $p<0,001$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F= 6,365^{***}$ ; Tablo 14). Ortalama Mn değerlerine yapılan çoklu testte, 1 nolu yetiştirme materyali 77,7 mg/kg ile en yüksek Mn içeriğine ulaşmıştır. Onu saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi ile 4 nolu işlemler izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 36,7 mg/kg ile son sırada yer almışlardır. (Ek Tablo 40; Ek Şekil 15).

Elde edilen sonuçlar, ÇEPEL ve ZECH (1982)’in birkaç kızılcım meşceresinde yapmış oldukları çalışmalarında elde ettikleri ortalama 11-139 mg/kg arasındaki Mn içeriğine uyumluluk göstermiştir.

Kızılcım fidanlarının yapraklarındaki çinko (Zn) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 14’te verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların Zn içeriğine olan etkisinin istatistiksel yönden  $p<0,005$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F= 4,466^{**}$ ). Ortalama Zn değerlerinde 9 nolu yetiştirme materyali 48,3 mg/kg ile en yüksek Zn içeriğine ulaşmış, onu 1 ve saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi izlemiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi 21,7 mg/kg işlemi ise son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 41; Ek Şekil 15).

Bu sonuçlar, ÇEPEL ve ZECH (1982)’in kızılcım meşcerelerinde elde ettikleri ortalama 25-64 mg/kg arasındaki Zn içeriğinin biraz altında çıkmıştır.

Kızılçam fidanlarının yapraklarındaki bakır (Cu) içeriklerine yetiştirme materyallerinin etkilerini belirlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 14’te verilmiştir. Çalışmada kullanılan on iki fidan yetiştirme materyalinin fidanların Cu içeriğine olan etkisinin istatistiksel yönden  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu görülmüştür ( $F = 2,814^*$ ). Ortalama Cu değerlerinde 10 nolu yetiştirme materyali 13,4 ile en yüksek Cu içeriğine ulaşmış, onu 9 ve 1 nolu işlemler izlemiştir. Saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi 11,5 mg/kg Cu içeriği ile dördüncü, uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise 9,7 mg/kg ile altıncı, 7 nolu işlem ise 8,1 mg/kg değeri ile son sırada bulunmuştur (Ek Tablo 42; Ek Şekil 15).

Bu çalışmada, ÇEPEL ve ZECH (1982)’in kızılçam meşcerelerinde elde ettikleri ortalama 2,3-8,1 mg/kg arasındaki Cu içeriğinin üzerinde değerler bulunmuştur.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile, arıtma çamurlarının bazı fidan yetiştirme materyalleri ile değişik oranlarda karıştırılarak kullanılması sonucu yetiştirilen hızlı gelişen orman ağacı tür fidanlarının gelişme ve beslenmelerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

Kök boğazı çapı, fidanların kalite kriterlerinin tespitinde fidan boyundan daha önemli görülmektedir. Bundan dolayı, kök boğazı çapı kalın olan fidanların ağaçlandırma değerleri daha yüksektir. Boylu ve kalın çaplı fidanlarda daha fazla rezerv maddeler depolanır, yaprak ve ibre oranları daha fazla olur, kuvvetli kutikula teşekkül eder, ayrıca daha kalın kesitlere sahip olduklarından daha fazla su tutma kapasitelerine sahip olurlar ve böylece ilk dikimlerde susuzluğa karşı daha mukavim olurlar (ŞİMŞEK, 1987).

KILCI ve ark. (1998) da, dengeli kök-gövde gelişiminin, fidanların yetiştirme materyallerindeki beslenme koşullarından ne derece yararlanabileceğinin ve transpirasyonla meydana gelen kayıpları ne düzeyde karşılayabileceğinin göstergesi olduğunu bildirmişlerdir.

SELEK (1995), günümüzde fidan kalite sınıflamasında morfolojik özelliklerin daha çok kullanıldığını bildirmektedir. Fidan kalitesinin belirlenmesinde özellikle fidan boyu ve kök boğazı çapının başarılı kriterler olduğunu, ayrıca fidan boyunun arazide tutma başarısını gösteren önemli bir unsur olduğunu da belirtmiştir. ŞİMŞEK (1987) de, fidanların ilk yıl sonunda gerçekleşen ortalama boylanmalarının ağaçlandırma alanlarında başarının simgesi olduğunu vurgulamıştır. Bu nedenle yapılan değerlendirmeler elde edilen morfolojik parametrelerinden kök boğazı çapı ile fidan boyu kriter olarak alınmıştır. Türler itibariyle elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.

1 yaşındaki *E.camaldulensis* fidanlarının kök boğazı çapı ve boy büyümelerinde istatistiksel anlamda farklılık çıkmamıştır. En iyi fidan gelişmeleri, arıtma çamurunun perlit ve kum gibi bazı yetiştirme materyalleri ile olan karışımlarında gerçekleşmiştir. Arıtma çamurunun kullanılmadığı Kontrol II işlemi ise en düşük değerlerde kalmıştır. Yetiştirme materyallerinin yaş ve kuru ağırlıklarına olan etkisinin istatistiksel yönden önemli düzeylerde olduğu belirlenmiştir. En yüksek yaş ve kuru fidan ağırlıkları, saf arıtma çamurunun kullanıldığı uygulamalarda gerçekleşmiştir. Orman fidanlıklarında kullanılan ve arıtma çamurunun kullanılmadığı Kontrol II işlemi ise en düşük ağırlığa sahip olmuştur. *E.camaldulensis* fidanlarının kök üstü kuru ağırlığı / kök kuru ağırlığı oranını veren katlılık (KT) değerine fidan yetiştirme materyallerinin etkisinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. En yüksek KT değeri, fidan ağırlıklarında olduğu gibi yine saf arıtma çamurunun kullanıldığı işlemde görülmüştür. Fidan kalitesinin göstergelerinden biri olan Kalite İndeksi (Kİ) değerine fidan yetiştirme materyallerinin yarattığı farklılık istatistiksel yönden önemli bulunmuş ve saf arıtma çamurunun kullanıldığı işlem yine ilk sırada yer almıştır. Uygulamanın kullandığı yetiştirme materyali uygulamasının ise son sıralarda olduğu belirlenmiştir.

*E.camaldulensis* fidanlarının beslenme durumları incelendiğinde; arıtma çamurlarının perlit ve kum gibi materyallerle karışımlarının en yüksek azot içeriği sağladığı, kontrol işlemlerinin de yüksek azot içeriği barındırdıkları da gözlenmiştir. Fidan yapraklarındaki fosfor içeriklerinde ise farklı kombinasyonlar ön plana çıkmış, uygulamanın kullandığı yetiştirme materyali en düşük değer elde etmiştir. Potasyum içerikleri yönünden en yüksek içerik, tamamen arıtma çamurunun kullanıldığı yetiştirme materyalinde gerçekleşmiş, bir diğer kontrol işlemi olan uygulamanın kullandığı yetiştirme materyali ise en düşük potasyum içeriğine sahip olabilmıştır. Fidan yapraklarının mikro element içerikleri yönünden saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi en yüksek değerler elde etmiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise oldukça düşük değerler vermiştir.

Birinci yıl sonunda yapılan değerlendirmeye göre, fidan gelişimlerine, ekonomik ve ucuz temin edilmesine göre bakıldığında; *E.camaldulensis* fidan üretimi için en uygun yetiştirme materyalleri 3 ve 4 nolu işlemlerdir (*arıtma çamurunun akarsu kumu ve andezit tüf ile karışımları*). En iyi gelişim gösteren 3 nolu ortam (%50 arıtma çamuru+%50 akarsu kumu), uygulamanın kullandığı Kontrol II materyaline göre % 16 oranında daha iyi çap gelişmesi, % 25 oranında daha yüksek boy gelişmesi sağlamıştır.

*Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden

Dikim çağına gelmiş *E.grandis* fidanlarının kök boğazı çapına yetiştirme materyallerinin istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olmadığı

belirlenmiştir. Arıtma çamurunun akarsu kumu ile farklı oranlardaki karışımları en yüksek çap büyümesini sağlamıştır. Fidanların boy büyümelerine yetiştirme materyallerinin etkisi ise önemli düzeyde bulunmuştur. En iyi boy büyümesi, çap gelişmesinde olduğu gibi yine arıtma çamurunun akarsu kumu ile farklı oranlardaki karışımlarında gerçekleşmiştir. Uygulamanın kullandığı yetiştirme materyalinden elde edilen fidanlar ise en düşük boy büyümesi yapmışlardır. Yetiştirme materyallerinin fidanların yaş ve kuru ağırlıklarına olan etkisinin istatistiksel yönden farklılık yaratmadığı belirlenmiştir. En yüksek yaş ve kuru fidan ağırlıkları, *E.camaldulensis*'te olduğu gibi saf arıtma çamurunun kullanıldığı uygulamalarda görülmüş, arıtma çamurunun kullanılmadığı Kontrol II işlemi ise en düşük ağırlıklara sahip olmuştur. *E.grandis* fidanlarının kök üstü kuru ağırlığı / kök kuru ağırlığı oranını veren katlılık (KT) değerine fidan yetiştirme materyallerinin etkisinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Arıtma çamurunun akarsu kumu ve diğer materyallerle farklı oranlardaki karışımları en yüksek KT değeri sağlamıştır. Arıtma çamurunun kullanılmadığı Kontrol II işlemi ise fidanlarda en düşük katlılık değerinin oluşmasına neden olmuştur. Fidan kalitesinin göstergelerinden biri olan Kalite İndeksi (Kİ) değerine fidan yetiştirme materyallerinin yarattığı farklılık önemli bulunmuş ve saf arıtma çamurunun kullanıldığı işlem yine ilk sıralarda yer almıştır. Uygulamanın kullandığı yetiştirme materyali uygulamasının ise son sırada olduğu belirlenmiştir. Mikro element içeriklerine bakıldığında; *E.camaldulensis*'te olduğu gibi *E.grandis*'lerde de paralel sonuçlar elde edilmiştir.

*E.grandis* fidanlarının beslenme durumları incelendiğinde; arıtma çamurlarının kum ve mısır kompostu gibi materyallerle karışımlarının en yüksek azot içeriği sağladığı, uygulamada kullanılan yetiştirme materyallerinin da fidanlara en düşük N içeriği kazandırdığı görülmüştür. Fidan yapraklarındaki fosfor içeriklerinde ise farklı kombinasyonlar ilk sıralarda yer almış, kontrol işlemleri orta sıralarda yer almıştır. Potasyum içerikleri yönünden de arıtma çamurunun diğer materyallerle farklı kombinasyonları ön plana çıkmıştır.

Fidan gelişimlerine, ekonomik ve ucuz temin edilmesine göre bakıldığında; *E.grandis* fidan üretimi için en uygun yetiştirme materyalleri 3, 5 ve 9 nolu işlemlerdir (*arıtma çamurunun akarsu kumu, andezit tüf ve mısır kompostu ile karışımları*). *E.camaldulensis*'te olduğu gibi en iyi gelişim gösteren 3 nolu ortam (%50 arıtma çamuru+%50 akarsu kumu), uygulamanın kullandığı Kontrol II materyaline göre % 22 oranında daha iyi çap gelişmesi, % 53 oranında daha yüksek boy gelişmesi sağlamıştır.

#### Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)

İKTÜEREN (1986), kızılçamın tutma başarısı üzerinde fidan boyu ve kök boğazı çapının olumlu yönde etkili olduğunu saptamıştır. 1 yaşındaki kızılçam fidanlarının kök boğazı çapı gelişiminde yetiştirme materyallerinin

etkisinin önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Kontrol işlemleri en düşük çap gelişmesine neden olmuşlardır. Fidanların boy büyümelerinde ise yetiştirme materyalleri istatistiksel anlamda farklılık yaratmıştır. En iyi boy büyümesi, arıtma çamurunun kum, perlit ve mısır kompostu gibi bazı yetiştirme materyalleri ile olan karışımlarında gerçekleşmiştir. Arıtma çamurunun saf olarak kullanıldığı Kontrol I işlemi ile, çamurun kullanılmadığı Kontrol II işlemi en düşük boy büyümesi oluşturmuştur. Yetiştirme materyallerinin yaş ve kuru ağırlıklarına olan etkisinin istatistiksel yönden önemli düzeylerde olduğu belirlenmiştir. En yüksek yaş ve kuru fidan ağırlıkları, arıtma çamurunun perlit ve andezit tüfü gibi bazı yetiştirme materyalleri ile olan karışımlarında gerçekleşmiştir. Arıtma çamurunun saf olarak kullanıldığı Kontrol I işlemi ile, çamurun kullanılmadığı Kontrol II işlemi, çap ve boy gelişiminde olduğu gibi yine en düşük fidan ağırlığı oluşturmuştur. Kızılcım fidanlarının katılık (KT) değerine fidan yetiştirme materyallerinin etkisinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. En yüksek KT değeri, arıtma çamurunun akarsu kumu ile karışımında ve her iki kontrol işleminde görülmüştür. Kalite İndeksi (Kİ) değerine fidan yetiştirme materyallerinin istatistiksel anlamda bir farklılık yaratmadığı görülmüştür.

Kızılcım fidanlarının beslenme durumlarına bakıldığında; arıtma çamurlarının kum, perlit ve mısır kompostu gibi materyallerle karışımlarının en yüksek azot içeriği sağladığı gözlenmiştir. Fidan yapraklarındaki fosfor içeriklerine yetiştirme materyallerinin önemli farklılık yarattığı belirlenmiş, *E.camaldulensis*'te olduğu gibi uygulamanın kullandığı yetiştirme materyali en düşük fosfor içeriği elde etmiştir. Yetiştirme materyallerinin potasyum içeriklerine etkisinin önemli düzeyde olduğu ortaya çıkmış, arıtma çamurunun kum ve mısır kompostu karışımları en yüksek potasyum değeri sağlamıştır. Fidan yapraklarının mikro element içerikleri yönünden saf arıtma çamurunun kullanıldığı Kontrol I işlemi yüksek değerler elde etmiştir. Uygulamanın kullandığı Kontrol II işlemi ise düşük değerlerde kalmıştır.

Fidan gelişimlerine, ekonomik ve ucuz temin edilmesine göre bakıldığında; kızılcım fidanı üretimi için en uygun yetiştirme materyalleri 5, 10 ve 9 nolu işlemlerdir (*arıtma çamurunun akarsu kumu, mısır kompostu ile andezit tüf karışımları*). En iyi gelişim gösteren 5 nolu ortam (1/3 arıtma çamuru+ 2/3 akarsu kumu), uygulamanın kullandığı Kontrol II materyaline göre % 35 oranında daha iyi çap gelişmesi, % 60 oranında daha yüksek boy gelişmesi sağlamıştır.

Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında; çalışılmasında zorluklar olan arıtma çamurlarının organik kaynak olarak fidan üretiminde kullanılması ile bitkisel kütle artışı sağlanmıştır. Bu uygulamalar aynı zamanda, günümüzde önemli bir sorun haline gelen arıtma çamurlarının gideriminde de rol oynamaktadır.

Fidan üretiminde yoğun bir şekilde kullanılan humusun yerine ikame bir malzeme olan arıtma çamuru ucuz, organik madde içeriği yüksek ve besin elementleri yönünden zengin alternatif kaynak olması nedeniyle, kullanılması önem arz edecektir. Hem insan sağlığı hem de fidan gelişimi bakımından, ham arıtma çamurlarının işlemlerden geçirilerek biyokatı halde fidanlıklarda kullanılması gerekmektedir. Fidanların insan besin zincirinin dışında olması nedeniyle, Üretilen biyokatların fidan üretiminde kullanılması, insan sağlığı açısından önemli ve olumsuz bir tehlike oluşturmayacaktır. Bu çalışmalar sırasında gerekli önlemler alınarak sağlığa uygun (hijyenik) çalışma koşullarının oluşturulması ön şarttır. Arıtma çamurundaki ağır metallerin ekstraktif olarak gideriminin sağlanması, bu materyalleri kullanılabilir duruma getirecektir. Çamuru kullanılmak üzere arıtma tesisinden çıkan materyallerin içeriklerinin, yönetmeliklerde izin verilen en yüksek ağır metal sınır değerlerinin altında olmasına özellikle dikkat edilmelidir.

## ÖZET

Orman ağacı fidanı üretiminde orman toprağı yoğun bir şekilde kullanılmakta, bu da ormanlarda humus kaybını beraberinde getirmektedir. Bu kaybın önüne geçebilmek için en ucuz, organik madde içeriğı yüksek ve besin elementleri yönünden zengin alternatif kaynaklardan evsel atıksu arıtma çamurunun kullanılması önem oluşturmaktadır.

Kaliteli fidan üretimi, ağaçlandırma çalışmalarının başarısı için ön koşullardan en önemlilerinden bir tanesidir. Bunun için ağaçlandırma sahalarının kök ve gövdesi iyi gelişmiş, sağlıklı fidanlarla tesis edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile, arıtma çamurlarının bazı fidan yetiştirme materyalleri ile değişik oranlarda karıştırılarak kullanılması sonucu yetiştirilen fidanların arazideki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

Tarafımızdan yapılan kaynak taramasına göre; bu çalışma ile, ülkemizde arıtma çamurunun hızlı gelişen orman ağacı fidanı üretiminde kullanılması ilk defa gerçekleştirilmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğünün araştırılmasını istediğı konular arasında yer alması da bu çalışmanın yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu çalışmada Tarsus Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi evsel arıtma çamurları, bölgemizde hızlı gelişen türler olan *E.camaldulensis* Dehn, *E.grandis* W.Hill ex Maiden ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanı üretiminde kullanılmıştır. Bu nedenle arıtma tesisinden alınan arıtma çamuru örnekleri çeşitli fidan yetiştirme materyalleri ile karıştırılmış ve kullanılan diğer ortamlar ile fidan üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen fidanların gelişimleri (kök boğazı çapları, gövde boyları, yaş ve kuru ağırlıkları) ölçülmüş, kalite indeksleri hesaplanmış ve beslenme durumlarına (N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu) bakılarak arıtma çamurunun hızlı gelişen fidan türlerine etkileri araştırılmıştır.

Deneme, Doğı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü (Tarsus-Karabucak) sera, fidanlık ve laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Fidan üretiminde 12 ayrı yetiştirme materyali kullanılmıştır. Bunlar:

1. 1/2 arıtma çamuru+1/2 perlit,
2. 1/2 arıtma çamuru+1/2 andezit tüfü,
3. 1/2 arıtma çamuru+1/2 akarsu kumu,
4. 1/3 arıtma çamuru+2/3 andezit tüfü,
5. 1/3 arıtma çamuru+2/3 akarsu kumu,
6. 1/3 arıtma çamuru+1/3 perlit+1/3 mısır kompostu,
7. 1/3 arıtma çamuru+1/3 akarsu kumu+1/3 mısır kompostu,
8. 1/2 arıtma çamuru+1/4 akarsu kumu+1/4 mısır kompostu,
9. 1/2 arıtma çamuru+1/4 andezit tüfü +1/4 mısır kompostu,
10. 1/2 arıtma çamuru+1/4 perlit+1/4 mısır kompostu,
11. Kontrol I (saf arıtma çamuru)

12. Kontrol II (uygulamada okaliptüs fidanları için kullanmakta olduğu; 1/3 mısır kompostu +1/3 orman toprağı+1/3 andezit tütü ile uygulamanın kızılçam fidanı üretiminde kullanılan 2/3 orman toprağı+1/3 mısır kompostu).

Çalışma, üç yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Fidanların birinci yılı sonunda elde edilen verilere varyans analizi ve çoklu test uygulanmıştır. Vejetasyon dönemi sonunda elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamurunun bazı yetiştirme materyalleri ile karışımının denemede kullanılan fidanların gelişmesini önemli derecede artırdığı tespit edilmiştir.

Birinci yıl sonunda yapılan değerlendirmeye göre, *E.camaldulensis* fidanı üretimi için en uygun yetiştirme materyalleri 3 ve 4 nolu işlemlerdir (*arıtma çamurunun akarsu kumu ve andezit tütü ile karışımları*). En iyi gelişim gösteren 3 nolu ortam (%50 arıtma çamuru+%50 akarsu kumu), uygulamanın kullandığı Kontrol II materyaline göre % 16 oranında daha iyi çap gelişmesi, % 25 oranında daha yüksek boy gelişmesi sağlamıştır.

*E.grandis* fidanı üretimi için en uygun yetiştirme materyalleri 3, 5 ve 9 nolu işlemlerdir (*arıtma çamurunun akarsu kumu, andezit tütü ve mısır kompostu ile karışımları*). *E.camaldulensis*'te olduğu gibi en iyi gelişim gösteren 5 nolu ortam (%50 arıtma çamuru+%50 akarsu kumu), uygulamanın kullandığı Kontrol II materyaline göre % 22 oranında daha iyi çap gelişmesi, % 53 oranında daha yüksek boy gelişmesi sağlamıştır.

Kızılçam fidanı üretimi için en uygun yetiştirme materyalleri 5, 10 ve 9 nolu işlemlerdir (*arıtma çamurunun akarsu kumu, mısır kompostu ile andezit tütü karışımları*). En iyi gelişim gösteren 5 nolu ortam (1/3 arıtma çamuru+ 2/3 akarsu kumu), uygulamanın kullandığı Kontrol II materyaline göre % 35 oranında daha iyi çap gelişmesi, % 60 oranında daha yüksek boy gelişmesi sağlamıştır.

Fidan üreticilerine, ağaç türlerine göre şu fidan yetiştirme materyalleri önerilebilir: *E.camaldulensis* için 3 ve 4 nolu uygulamalar, *E.grandis* için 3, 5 ve 9 nolu uygulamalar ve kızılçam için de 5, 10 ve 9 nolu uygulamalar.

Arıtma çamurlarının kullanılmasındaki en önemli sorun, içeriklerindeki ağır metallere oluşmaktadır. Bu nedenle kullanılacak arıtma çamurlarının evsel nitelikli olması gerekmekte ve yönetmeliklerde izin verilen en yüksek ağır metal sınır değerlerinin altında olmasına özellikle dikkat edilmelidir. Hem insan sağlığı hem de fidan gelişimi bakımından, ham arıtma çamurlarının işlemlerden geçirilerek biyokatı halde fidanlıklarda kullanılması gerekmektedir. Bu uygulamalar sırasında gerekli önlemler alınarak sağlığa uygun (hijyenik) çalışma koşullarının oluşturulması ön şarttır.

## SUMMARY

The over use of forest soils for forest tree seedlings production in nurseries has been causing humus deficiencies in the forests. In order to prevent this damage, the sewage sludge can be used as a medium for seedling production in the nurseries, because it is cheap and contains high organic matter and nutrients.

One of the conditions for successful plantations is to use high quality seedlings. Because, the quality of seedlings affects their survival and growth after they have been transplanted in the field. The aim of this study is to produce healthy and high quality seedlings and determine the effects of the sewage sludge and its various rates mixed with some other materials on seedlings properties.

Reference searches showed that no studies have been done in the field of the use of sewage sludge for producing of fast growing forest tree seedlings in Turkey yet. Therefore, General Directory of Environmental Management suggested doing this study.

This study was established in the greenhouse, nursery and laboratory of Eastern Mediterranean Forestry Research Institute. The experimental design was a completely randomized blocks with tree replicates in nursery conditions and the twelve treatments (pure sewage sludge of Tarsus-City Domestic Waste Water Treatment Plants and its mixture with some substances) were used for production the seedlings of some fast growing forest trees of Eastern Mediterranean region such as *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E.grandis* W.Hill ex Maiden and Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in this study, they were;

1. 1/2 sewage sludge+1/2 perlite,
2. 1/2 sewage sludge +1/2 andesitic tuf,
3. 1/2 sewage sludge +1/2 river sand,
4. 1/3 sewage sludge +2/3 andesitic tuf,
5. 1/3 sewage sludge +2/3 river sand,
6. 1/3 sewage sludge +1/3 perlite+1/3 corn compost,
7. 1/3 sewage sludge +1/3 sand river+1/3 corn compost,
8. 1/2 sewage sludge +1/4 sand river+1/4 corn compost,
9. 1/2 sewage sludge +1/4 andesitic tuf+1/4 corn compost,
10. 1/2 sewage sludge +1/4 perlite+1/4 corn compost,
11. Control I (pure sewage sludge)
12. Control II (nursery practice for eucalyptus; 1/3 corn compost +1/3 forest soil+1/3 andesitic tuf and for pine; 2/3 forest soil+1/3 corn compost).

At the end of the vegetation period, the development parameters of the seedlings such as root collar diameter, seedling height, and seedling wet and dry weights were measured, quality indexes were calculated and nutrient contents

(N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu) were determined, and the data were evaluated using variance analysis and Newman-Keuls test. The results were given below

According to evaluation done at the end of the one year of age, the number 3 and 4 treatments (mixture of sand river and andesitic tuf with sewage sludge) were found out as the most proper media on *E.camaldulensis*. The number 3 (50% sewage sludge+50% sand river) that was the best performing medium, 16% of increase were provided in root collar diameter against to the practice treatment (Control II). Also 25% of increase was provided in seedling height.

Number 5, 10 and 9 treatments (mixture of sand river, corn compost and andesitic tuf with sewage sludge) were found out as the best proper media on *E.grandis*. The number 3 (50% sewage sludge+50% sand river) that was the best performing medium, 22% of increase were provided in root collar diameter against to practice treatment (Control II). Also 53% of increase was provided in seedling height.

Number 5, 10 and 9 treatments (mixture of corn compost and andesitic tuf with sewage sludge) were found out as the most proper media on Turkish red pine (*P. brutia* Ten.). The number 5 (1/3 sewage sludge+2/3 sand river) that was the best performing medium, 35% of increase were provided in root collar diameter against to practice treatment (Control II). Also 60 of increase were provided in seedling height.

It could be suggested to the seedling growers: number of 3 and 4 treatments for *E.camaldulensis*, number of 5, 10 and 9 treatments for *E.grandis* and number of 5, 10 and 9 treatments for Turkish red pine.

The main problem derived from the application of sewage sludge was heavy metals. Therefore, before the use of the sewage sludge of domestic water treatment plants, heavy metals must be determined. It is necessary to use raw sewage sludges after treating as biosolid. During applications should be taken necessary measurements against the microbic organisms.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AKÇA, L., 2005.** Arıtma Çamurlarının Düzenli Depolama Tesislerinde Bertarafı, Katı Atık Düzenli Depolama Sistemleri Eğitimi (9-12 Ekim 2005), İSTAÇ A.Ş., İstanbul, 25s.
- AKÇA, L., ÇİTİL, E., TÜFEKÇİ, N., 1996.** Arıtma Çamurlarının Tarım Alanlarında Değerlendirilmesi, Tarım ve Çevre İlişkileri Sempozyumu (13-15 Mayıs 1996) Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, 35-43, Mersin.
- AKKAŞ, M. E., 1994.** Tarist-İstatistik Analiz Programı, Ege Ormancılık Araştırma Md., Ege Üniversitesi Ziraat Fak., İzmir.
- ASLAN, S., 1986.** Kazdağı Göknarı Fidanlık Tekniği Üzerine Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Serisi No: 157, 42 s.
- ANONİM, 1976.** İğne Yapraklı Ağaç Fidanları Standartları (Genel Amaç, Ağaçlama ve Fidanlıklar için), TS 2265, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- ANONİM, 1995.** Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı; Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 250 s.
- ANONİM, 2002.** Tarsus Kanalizasyon Projesi, Çamur Konsept Raporu, 70 s., Tarsus.
- BASTIAN, R. K., 1997.** Biosolids Management in the United States A State –of-the- Nation Overview, Watre Environment Technology, May 1997, p.45-50.
- BİLGİN, N., EYÜPOĞLU, H., ÜSTÜN, H., 2002.** Biyokatıların Arazide Kullanımı, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- BOZKURT, M. A., YILMAZ, İ., ÇİMRİN, K. M., 2000.** Kentsel Arıtma Çamurunun Kışık Arpada Azot Kaynağı Olarak Kullanılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi. 2000-7(1); 105-110.
- CHANG, A .C., PAN, G., PAGE, A. L., ASANO, T., 2002.** Developing Human Healthrelated Chemical Guidelines for Reclaimed Water and Sewage Sludge Applications in Agriculture, World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland. [http://www.envisci.ucr.edu/downloads/chang/who/WHO\\_report.pdf](http://www.envisci.ucr.edu/downloads/chang/who/WHO_report.pdf), Erişim Tarihi: 02.01.2006.
- CHAPMAN, H. D., PRATT, D. F., 1961.** Methods of Analysis for Soil, Plant and Matters, University of California Division of Agriculture Sciences.
- ÇEPEL, N., ZECH, W., 1982.** Çığlıkara Bölgesi Sedir Gençleştirme Alanlarında Boy Artımı ile Beslenme Arasındaki İlişkiler, Uluslar arası Sedir Sempozyumu, 22-27 Ekim 1990, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Muhtelif Yayınlar, No. 59, s.43-52.
- DAVIS, R. D., 1992.** Europe’s Mountainous Problem, Water Quality International, 3:22-22.
- DİE, 2006.** Belediye Kanalizasyon Sonuçları, 2002, T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü Haber Bülteni, <http://www.die.gov.tr>, Erişim Tarihi: 01.05.2008.

- GEDİKOĞLU, I., 1990.** Laboratuvar Analizlerinin Gübre Önerilerinde Kullanılması ve Halen Kullanılan Kriterler. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 57, Teknik Yayın No: 13, Şanlıurfa.
- GÖÇMEZ, S., 2006.** Menemen Ovası Topraklarında İZSU Kentsel Arıtma Çamuru Uygulamalarının Mikrobiyal Aktivite ve Biyomas ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Ege.Üniv. Fen Bilimleri Ens., İzmir, 224s.
- GÜLBABA, A. G., 1997.** Tohumdan Okaliptüs Fidanı Yetiştirilmesi Teknikleri, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, No: 3, s.1-16.
- GÜLÇÜR, F., 1974.** Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü.Orman Fak., Yayın No: 201.
- HANAY, Ö., HASAR, H., 2007.** Kayseri İli Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Tarımsal Amaçlı Kullanım Potansiyeli, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 19 (3), 333-337.
- İBRİKÇİ, H., GÜLÜT, K. Y., GÜZEL, N., 1994.** Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri, Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:95, Adana, 85 s.
- İKTÜEREN, Ş., 1986.** Doğu Akdeniz Yöresinde Kızılcım ve Halepçımı Orijin Denemesi, OAE Yayınları, Teknik Bülten Serisi No. 167, s.39
- KACAR, B., 1972.** Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II, Bitki Analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak. Yayın No: 453, Ankara.
- KANTARCI, M. D., 2001.** Toprak İlmi (2. baskı), İ.Ü. Orman Fak. Yayını, İ.Ü. Yayın No. 3444, Or. Fak. Yay. No. 387, XII, 370 s.
- KILCI, M., SAYMAN, M., AKGÜL, A., 1998.** Farklı Sulama Uygulamalarının Kaplı Kızılcım (Pinus brutia Ten.) Fidanlarının Gelişimi Üzerine Etkileri, Orman Bakanlığı Yayın No. 040, İzmir Orman Toprak Laboratuvar Yayınları No. 3, 82 s.
- KOCAER, F. O., BAŞKAYA, H. S., 2001.** Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanması, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık, Cilt: 11 Sayı: 41 (2001), 12-15
- KÜÇÜKHEMEK, M., GÜR, K., UYANÖZ, R., ÇETİN, Ü., 2005.** Arıtma Çamuru ve Çiftlik Gübresinin Çim Bitkisi Verimine ve Renk Özelliğine Etkisi, I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, AÇS2005 23-25 Mart.
- LARSON, W. E., SUSAG, R. H., DOWDY, R. H., CLAPPA, C. E., LARSON, R. E., 1974.** Use of Sewage Sludge in Agriculture with Adequate Environmental Safeguards, Sludge Handling and Disposal Seminar, 18-19 September 1974, Toronto, Sludge Handling and Disposal Seminar Proceedings, 27-46, Toronto.
- LINDSAY, W. L., NORVELL, W. A., 1978.** Development of ATAA Soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. Soil Soc. Am. J. 42: 421-428.
- MORRISON, I, K., 1974.** Mineral Nutrition of Conifers with Special Reference to Nutrient Status Interpretation: A Review of Literature, Dept. of the Env., Can. Forestry Service, Ottawa, Canada.

- NICHOLS, C. G., 1989.** US Forestry Uses of Municipal Sewage Sludge, Alternative Uses for Sewage Sludge Conference, 5-7 September 1989, Alternative Uses for Sewage Sludge Conference Proceedings, 155-165, U.K.
- OLSEN, S. R., COLE, C. V., WATANABE, F. S., DEAN, L. A., 1954.** Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate USDA, Circ. 939, USA.
- ÖBEK, E., TATAR, Ş. Y., HASAR, H., ARSLAN, E. I., İPEK, U., 2004.** Kentsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Değerlendirilmesi, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 16 (1), 31-38, Elazığ.
- PEDRENO, J. N., GOMEZ, I., MORAL, R., MATAIX, J., 1996.** Improving the Agricultural Value of a Semi-Arid Soil by Addition of Sewage Sludge and Almond Residue, Agriculture, Ecosystems and Environment, 58, 115-119, 1996.
- PUUSTJARVI, V., 1969.** Fixing Peat Standards, Peat and Plant News, 2: 3-8.
- SCHÖNAU, A. P. G., 1981.** The Effects of Fertilizing on the Foliar Nutrient Concentrations in Eucalyptus grandis, Fertilizier Research, V.2, p.73-87.
- SELEK, N., 1995.** Hendek Fidanlığında Yetiştirilen Kayın, Karaçam, Sarıçam ve Gökmar Fidanlarında Temel Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst., Or. Müh. Anabilim Dalı, Trabzon.
- ŞİMŞEK, Y., 1987.** Ağaçlandırmalarda Kaliteli Fidan Kullanma Sorunları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Dergi Serisi No: 65, Cilt: 33, Ankara, 5-29.
- T.K.K.Y., 2005.** Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği 31.05.2005 Tarih ve 25831 Sayılı Resmi Gazete.
- TOLUNAY, D., 1997.** Atık Su Arıtma Tesislerinden Arta Kalan Çamurların Tarım ve Orman Topraklarına Karıştırılmasının Etkileri, Trakya'nın Bugünü ve Geleceği için Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu, 6-8 Kasım 1997, Kırklareli, Bildiriler Kitabı, s.113-124.
- TUNCAY, H., 1984.** Toprak Fiziği Uygulama Kılavuzu, E.Ü. Ziraat Fak. Teksir No: 29.
- TÜFEKÇİ, S., 1998.** Farklı Yetiştirme Materyali ve Gübre Dozu Uygulamalarının Okaliptüs Fidanı Gelişimine Etkileri, İ.Ü. Orman Fak., Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu Bildiri Kitabı, İ.Ü. Yayın No: 4187, Fakülte Yayın No: 458, 1998, İstanbul, s.202-209.
- U.S.EPA, 1993.** Land Application of Municipal Sludge Process Design Manual, EPA/625/1-83-016.
- U.S.EPA, 1994a.** Land Application of Sewage Sludge – A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503. EPA/831-B-93-002b.
- U.S.EPA, 1994b.** Land Application of Biosolids. Process Design Manual U.S. EPA Cincinnati, Ohio, 1994.

**ÜSTÜN, H., EYÜBOĞLU, H., BİLGİN, N., 2002.** “Biyokatların (Aritma Çamurlarının) Arazide Kullanımı” ASKİ Aritma Tesisi Daire Başkanlığı – Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara.

**YAKUPOĞLU, T., ÖZDEMİR, N., 2007.** Erozyona Uğramış Topraklara Uygulanan Aritma Çamuru ve Çay Endüstrisi Atığının Toprakların Mikro Element İçeriklerine Etkileri, Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 22 (2), Samsun, 207-213.

# **EKLER**



**Ek Tablo 1. *E.camaldulensis* Fidan Ölçüm Parametreleri Arasındaki Korelasyon Matrisi**  
 Append. Table 1. Correlation Matrice between the Seedling Parameters of *E.camaldulensis*

	<b>KBÇ</b>	<b>FB</b>	<b>FYA</b>	<b>FKA</b>	<b>KGKA</b>	<b>Kİ</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
<b>KBÇ</b>	1.000												
<b>FB</b>	0,365**	1.000											
<b>FYA</b>	0,309ns	0,039ns	1.000										
<b>FKA</b>	0,322ns	0,025ns	0,945**	1.000									
<b>KGKA</b>	-0,011ns	0,259ns	0,198ns	0,187ns	1.000								
<b>Kİ</b>	0,033ns	0,341*	0,436**	0,441**	0,952**	1.000							
<b>N</b>	0,150ns	0,213ns	0,298ns	0,282ns	0,456**	0,493**	1.000						
<b>P</b>	0,289ns	0,104ns	0,010ns	0,083ns	0,147ns	0,130ns	0,025ns	1.000					
<b>K</b>	0,136ns	0,073ns	0,456**	0,439**	0,099ns	0,216ns	0,013ns	0,234*	1.000				
<b>Fe</b>	-0,036ns	0,196ns	0,144ns	0,114ns	0,287ns	0,313ns	0,141ns	0,032ns	0,469**	1.000			
<b>Zn</b>	-0,265ns	0,123ns	0,429**	0,368*	0,278ns	0,345*	0,320ns	-0,111ns	0,342*	0,547**	1.000		
<b>Mn</b>	0,096ns	0,038ns	0,160ns	0,193ns	-0,003ns	0,111ns	-0,018ns	-0,341*	0,281ns	0,624**	0,219ns	1.000	
<b>Cu</b>	-0,046ns	0,116ns	0,365*	0,244ns	0,260ns	0,318ns	0,110ns	-0,178ns	0,444**	0,323ns	0,446**	0,183ns	1.000

**KBÇ:** Kök boğazı çapı (mm)

**FB:** Fidan boyu (cm)

**FYA:** Fidan Yaş Ağırlığı (g)

**FKA:** Fidan Kuru Ağırlığı (g)

**KGKA:** Gövde/Kök Kuru

Ağırlık Oranı (Katlılık)

**Kİ:** Kalite İndeksi

**N:** Azot (%)

**P:** Fosfor (%)

**K:** Potasyum (%)

**Fe:** Demir (ppm)

**Zn:** Çinko (ppm)

**Mn:** Mangan (ppm)

**Cu:** Bakır (ppm)

ns : Önemsiz \* : Önemli %5 alfa seviyesinde \*\* : Önemli %1 alfa seviyesinde \*\*\* : Önemli %0.1 alfa seviyesinde

**Ek Tablo 2. *E.camaldulensis* Fidanlarının Kök Boğazı Çapına Ait Ortalamalar**

Append. Table 2. Means of Root Collar Diameter of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (mm) Means
1	5,75
3	5,61
4	5,46
5	5,44
6	5,32
8	5,24
10	5,24
11	5,24
7	5,15
9	4,93
2	4,93
12	4,85

**Ek Tablo 3. *E.camaldulensis* Fidanlarının Boyuna Ait Ortalamalar**

Append. Table 3. Means of Height of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (cm) Means
4	81,96
2	77,65
3	77,10
1	76,48
11	73,67
8	71,67
5	71,27
9	67,93
7	64,43
6	63,85
10	63,28
12	61,77

**Ek Tablo 4. *E.camaldulensis* Fidanlarının Yaş Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 4. Newman-Keuls Test of Mean Wet Weight of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (g) Subset		
	1	2	3
11	42,10		
1	35,10	35,10	
10	34,50	34,50	34,50
8		31,89	31,89
3		30,22	30,22
5		29,81	29,81
6		28,70	28,70
9		27,97	27,97
7		26,65	26,65
2		26,32	26,32
4		22,43	22,43
12			20,6

**Ek Tablo 5. *E.camaldulensis* Fidanlarının Kuru Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 5. Newman-Keuls Test of Mean Dry Weight of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (g) Subset		
	1	2	3
11	14,75		
1	11,98	11,98	
10	11,60	11,60	11,60
3		10,63	10,63
5		10,54	10,54
8		10,00	10,00
6		9,87	9,87
7		9,78	9,78
9		9,42	9,42
2		8,60	8,60
4		8,05	8,05
12			6,98

**Ek Tablo 6. *E.camaldulensis* Fidanlarının Katılılık Oranına Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 6. Newman-Keuls Test of Mean Stem Dry Weight/Root Dry Weight Ratio of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar Subset	
	1	2
11	4,02	
3	3,89	3,89
1	3,68	3,68
9	3,00	3,00
8	2,99	2,99
2	2,92	2,92
12	2,81	2,81
7	2,61	2,61
10	2,60	2,60
4	2,45	2,45
5	2,39	2,39
6		2,12

**Ek Tablo 7. *E.camaldulensis* Fidanlarının Kalite İndeksine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 7. Newman-Keuls Test of Mean Quality Indexes of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar Subset		
	1	2	3
11	6,09		
3	5,34	5,34	
1		5,27	5,27
8		4,35	4,35
9		4,31	4,31
2		4,28	4,28
10		4,00	4,00
7		3,84	3,84
5		3,78	3,78
12		3,70	3,70
4		3,65	3,65
6			3,31

**Ek Tablo 8. *E.camaldulensis* Fidanlarının Azot İçeriğine Ait Ortalamalar**

Append. Table 8. Means of Nitrogen Content of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (%) Means
1	1,82
3	1,78
10	1,73
11	1,70
9	1,63
4	1,62
12	1,62
8	1,61
2	1,61
5	1,58
6	1,56
7	1,53

**Ek Tablo 9. *E.camaldulensis* Fidanlarının Fosfor İçeriğine Ait Ortalamalar**  
Append. Table 9. Means of Phosphorus Content of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (%) Means
3	0,24
10	0,24
5	0,23
4	0,22
6	0,22
7	0,22
9	0,21
1	0,20
11	0,20
2	0,19
8	0,19
12	0,18

**Ek Tablo 10. *E.camaldulensis* Fidanlarının Potasyum İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 10. Newman-Keuls Test of Potassium Content of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (cm) Subset	
	1	2
11	0,46	
10	0,46	
6	0,45	
1	0,44	0,44
9	0,44	0,44
2	0,43	0,43
7	0,43	0,43
8	0,43	0,43
3	0,42	0,42
4	0,40	0,40
5	0,37	0,37
12		0,32

**Ek Tablo 11. *E.camaldulensis* Fidanlarının Demir İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 11. Newman-Keuls Test of Iron Content of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset			
	1	2	3	4
11	156,7			
9	154,3			
4	147,0	147,0		
2	139,7	139,7		
6	128,7	128,7	128,7	
10	127,7	127,7	127,7	
7	124,0	124,0	124,0	
1	122,0	122,0	122,0	122,0
8		118,3	118,3	118,3
3			99,3	99,3
5			93,3	93,3
12				84,7

**Ek Tablo 12. *E.camaldulensis* Fidanlarının Mangan İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 12. Newman-Keuls Test of Manganese Content of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset		
	1	2	3
11	92,3		
2	81,0	81,0	
4	79,7	79,7	
9	79,7	79,7	
6	70,0	70,0	70,0
10		64,3	64,3
8		61,7	61,7
7		61,3	61,3
12			51,7
1			49,3
3			48,7
5			43,7

**Ek Tablo 13. *E.camaldulensis* Fidanlarının Çinko İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

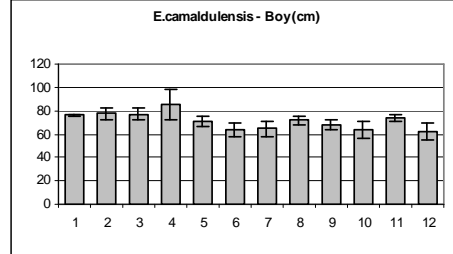
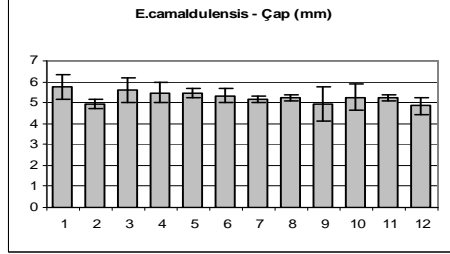
Append. Table 13. Newman-Keuls Test of Zinc Content of *E.camaldulensis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset		
	1	2	3
1	51,0		
10	46,3	46,3	
11	45,3	45,3	45,3
9	43,7	43,7	43,7
4	38,0	38,0	38,0
2	37,0	37,0	37,0
8	36,7	36,7	36,7
6	35,7	35,7	35,7
12	31,7	31,7	31,7
5	31,3	31,3	31,3
7	31,3	31,3	31,3
3			30,7

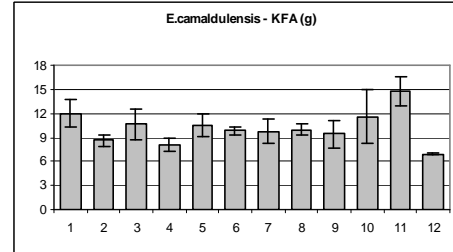
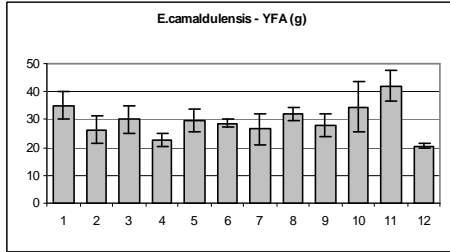
**Ek Tablo 14. *E.camaldulensis* Fidanlarının Bakır İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 14. Newman-Keuls Test of Copper Content of *E.camaldulensis* Seedlings

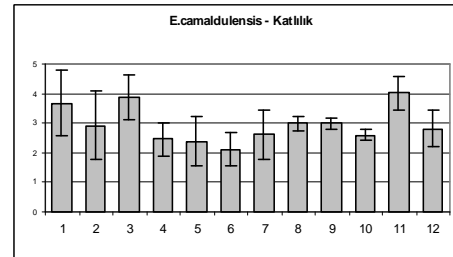
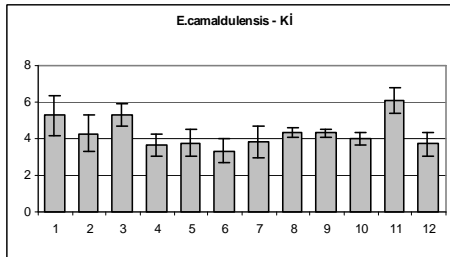
Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset			
	1	2	3	4
8	11,5			
2	10,7	10,7		
10	10,5	10,5	10,5	
1	10,3	10,3	10,3	10,3
11	10,3	10,3	10,3	10,3
9	9,9	9,9	9,9	9,9
3		9,0	9,0	9,0
6		9,0	9,0	9,0
7		8,9	8,9	8,9
5			8,4	8,4
12				8,2
4				8,1



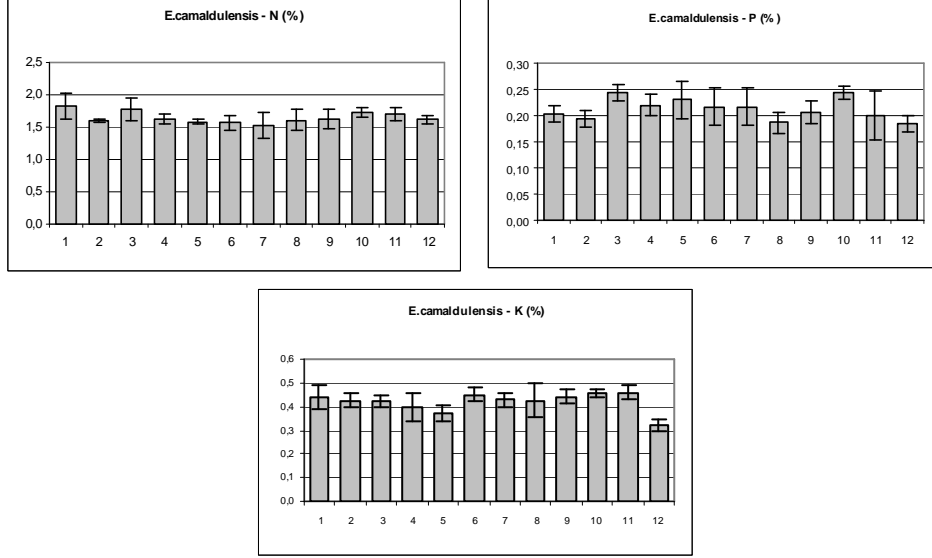
**Ek Şekil 1. *E.camaldulensis* Fidanlarının Çap ve Boy Gelişimleri**  
 Append. Figure 1. Root Collar Diameter and Height of *E.camaldulensis* Seedlings



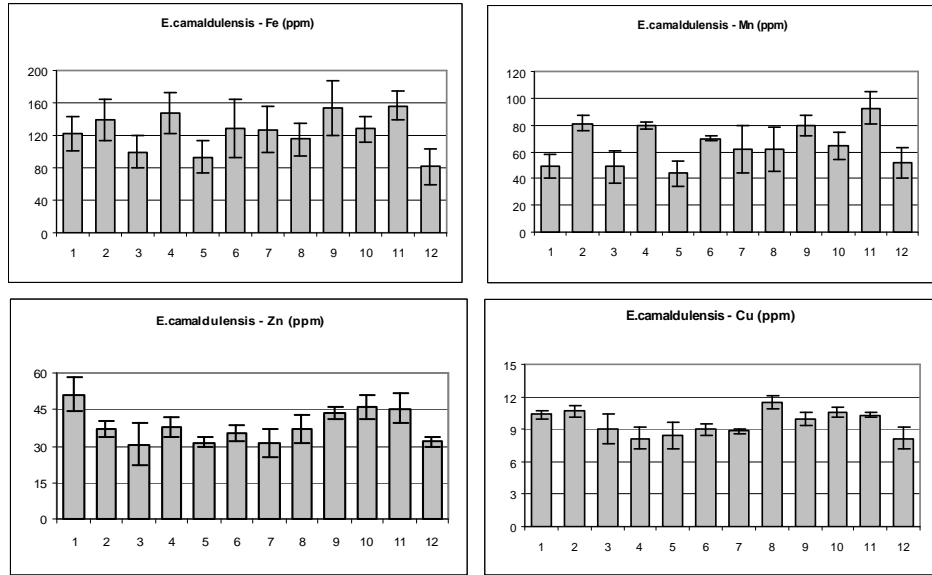
**Ek Şekil 2. *E.camaldulensis* Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıkları**  
 Append. Figure 2. Wet and Dry Weight of *E.camaldulensis* Seedlings



**Ek Şekil 3. *E.camaldulensis* Fidanlarının Kalite İndeksi ve Katlılık Oranları**  
 Append. Figure 3. Quality Indexes and Stem Dry Weight/Root Dry Weight of *E.camaldulensis* Seedlings



**Ek Şekil 4. *E.camaldulensis* Fidanlarının Makro Element İçerikleri**  
 App. Figure 4. Macro Nutrient Contents of *E.camaldulensis* Seedlings



**Ek Şekil 5. *E.camaldulensis* Fidanlarının Mikro Element İçerikleri**  
 App. Figure 5. Micro Nutrient Contents of *E.camaldulensis* Seedlings

**Ek Tablo 15. *E.grandis* Fidan Ölçüm Parametreleri Arasındaki Korelasyon Matrisi**  
 Append. Table 15. Correlation Matrice between the Seedling Parameters of *E.grandis*

	<b>KBÇ</b>	<b>FB</b>	<b>FYA</b>	<b>FKA</b>	<b>KGKA</b>	<b>Kİ</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
<b>KBÇ</b>	1.000												
<b>FB</b>	0,564**	1.000											
<b>FYA</b>	0,544**	0,475**	1.000										
<b>FKA</b>	0,510**	0,498**	0,967**	1.000									
<b>KGKA</b>	0,274ns	0,445**	0,153ns	0,173ns	1.000								
<b>Kİ</b>	0,387*	0,644**	0,530**	0,570**	0,897**	1.000							
<b>N</b>	0,271ns	0,368*	0,221ns	0,263ns	0,653**	0,650**	1.000						
<b>P</b>	0,398*	0,082ns	0,192ns	0,174ns	0,082ns	0,103ns	0,042ns	1.000					
<b>K</b>	0,076ns	0,053ns	0,301ns	0,309ns	0,271ns	0,347*	0,452**	0,114ns	1.000				
<b>Fe</b>	0,025ns	0,159ns	0,117ns	0,094ns	0,150ns	0,178ns	0,030ns	-0,026ns	0,030ns	1.000			
<b>Zn</b>	-0,037ns	-0,122ns	-0,105ns	-0,150ns	0,052ns	-0,037ns	0,018ns	0,132ns	0,344*	0,284ns	1.000		
<b>Mn</b>	-0,009ns	0,060ns	0,089ns	0,087ns	0,125ns	0,141ns	0,000ns	-0,030ns	0,140ns	0,887**	0,267ns	1.000	
<b>Cu</b>	0,052ns	0,264ns	0,213ns	0,215ns	0,578**	0,580**	0,644**	0,048ns	0,564**	0,124ns	0,272ns	0,153ns	1.000

**KBÇ:** Kök boğazı çapı (mm)

**FB:** Fidan boyu (cm)

**FYA:** Fidan Yaş Ağırlığı (g)

**FKA:** Fidan Kuru Ağırlığı (g)

**KGKA:** Gövde/Kök Kuru

Ağırlık Oranı (Katlılık)

**Kİ:** Kalite İndeksi

**N:** Azot (%)

**P:** Fosfor (%)

**K:** Potasyum (%)

**Fe:** Demir (ppm)

**Zn:** Çinko (ppm)

**Mn:** Mangan (ppm)

**Cu:** Bakır (ppm)

ns : Önemsiz

\* : Önemli %5 alfa seviyesinde

\*\* : Önemli %1 alfa seviyesinde

\*\*\* : Önemli %0.1 alfa seviyesinde

**Ek Tablo 16. *E.grandis* Fidanlarının Kök Boğazı Çapına Ait Ortalamalar**  
 Append.Table16. Means of Root Collar Diameter of *E.grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (mm) Means
3	4,34
5	4,23
9	4,20
1	4,19
6	4,11
10	4,09
11	3,99
2	3,99
4	3,97
7	3,94
8	3,92
12	3,54

**Ek Tablo 17. *E.grandis* Fidanlarının Boyuna Ait Newman-Keuls Testi**  
 Append. Table 17. Newman-Keuls Test of Mean Height of *E.grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (cm) Subset	
	1	2
3	77,09	
8	72,03	
5	71,92	
9	71,11	
11	70,18	
10	69,52	
2	68,85	
4		68,76
1		67,27
6		66,34
7		61,25
12		50,37

**Ek Tablo 18. *E.grandis* Fidanlarının Yaş Ağırlığına Ait Ortalamalar**  
 Ek Table 18. Mean Wet Weight of *E.grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (g) Means
11	31,03
3	27,76
6	27,48
10	27,09
1	26,14
7	23,58
4	23,48
9	23,43
8	22,11
2	20,58
5	20,52
12	16,22

**Ek Tablo 19. *E.grandis* Fidanlarının Kuru Ağırlığına Newman-Keuls Testi**  
 Append. Table 19. Newman-Keuls Test of the Dry Weight of *E.grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (g) Subset	
	1	2
11	9,91	
3	9,29	
6	9,15	
1	8,53	
10	8,44	
9	7,83	7,83
7	7,43	7,43
4	7,38	7,38
8	7,10	7,10
2	6,74	6,74
5		6,17
12		4,98

**Ek Tablo 20. *E.grandis* Fidanlarının Katlılık Oranına Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 20. Newman-Keuls Test of Mean Stem Dry Weight/Root Dry Weight Ratio of *E.grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar Subset	
	1	2
1	3,46	
9	3,26	3,26
10	3,24	3,24
2	3,12	3,12
11	3,02	3,02
3	3,00	3,00
8	2,74	2,74
6	2,38	2,38
5	2,24	2,24
7		1,91
12		1,90
4		1,90

**Ek Tablo 21. *E.grandis* Fidanlarının Kalite İndeksine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 21. Newman-Keuls Test of Mean Quality Indexes of *E.grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar Subset	
	1	2
11	4,85	
1	4,79	
10	4,70	4,70
3	4,65	4,65
9	4,61	4,61
2	4,28	4,28
8	4,05	4,05
6	3,87	3,87
5	3,28	3,28
4	3,17	3,17
7	3,07	3,07
12		2,63

**Ek Tablo 22. *E.grandis* Fidanlarının Azot İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 22. Newman-Keuls Test of Mean Nitrogen Content of *E.grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset			
	1	2	3	4
10	2,00			
3	1,96			
8		1,94		
9		1,94	1,94	
1		1,88	1,88	1,88
11		1,85	1,85	1,85
2		1,75	1,75	1,75
6		1,74	1,74	1,74
4		1,71	1,71	1,71
12		1,64	1,64	1,64
5		1,64	1,64	1,64
7			1,63	1,63

**Ek Tablo 23. *E.grandis* Fidanlarının Fosfor İçeriğine Ait Ortalamalar**  
 Append. Table 23. Means of the Phosphorus Content of *E. grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (%) Means
3	0,23
9	0,23
5	0,22
12	0,22
6	0,22
11	0,21
10	0,21
1	0,20
2	0,20
7	0,20
8	0,19
4	0,18

**Ek Tablo 24. *E. grandis* Fidanlarının Potasyum İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 24. Newman-Keuls Test of Potassium Content of *E. grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (%) Subset				
	1	2	3	4	5
9	0,48				
10	0,46	0,46			
11	0,46	0,46	0,46		
6	0,45	0,45	0,45	0,45	
1		0,41	0,41	0,41	0,41
8		0,41	0,41	0,41	0,41
5			0,38	0,38	0,38
12				0,36	0,36
7				0,36	0,36
3				0,35	0,35
4				0,34	0,34
2					0,33

**Ek Tablo 25. *E. grandis* Fidanlarının Demir İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 25. Newman-Keuls Test of Iron Content of *E. grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset		
	1	2	3
2	178,3		
11	176,0		
4	156,0	156,0	
9		134,3	134,3
10		117,0	117,0
6			106,3
1			105,0
3			94,7
7			92,0
12			90,0
5			85,7
8			83,3

**Ek Tablo 26. *E. grandis* Fidanlarının Mangane İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 26. Newman-Keuls Test of Manganese Content of *E. grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset				
	1	2	3	4	5
2	83,0				
11	82,7				
4	79,3	79,3			
9	72,7	72,7	72,7		
6		66,0	66,0	66,0	
1			57,7	57,7	57,7
10			55,7	55,7	55,7
12				48,7	48,7
7					47,3
8					46,3
5					46,0
3					43,7

**Ek Tablo 27. *E. grandis* Fidanlarının Çinko İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

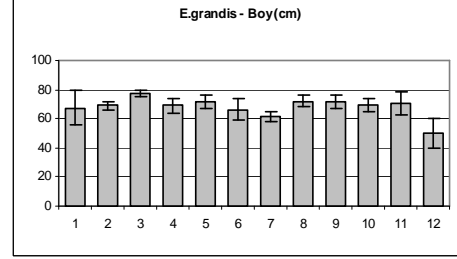
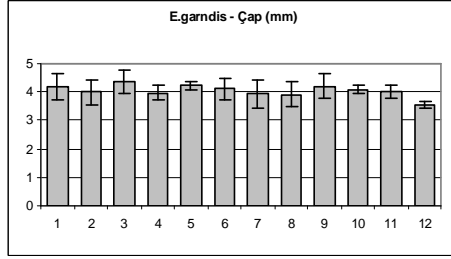
Append. Table 27. Newman-Keuls Test of Zinc Content of *E. grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset	
	1	2
9	53,7	
4	50,3	50,3
1	47,3	47,3
10	47,3	47,3
12	47,0	47,0
11	46,3	46,3
8	44,3	44,3
5	43,0	43,0
2	41,7	41,7
7	38,3	38,3
6	37,0	37,0
3		35,7

**Ek Tablo 28. *E. grandis* Fidanlarının Bakır İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

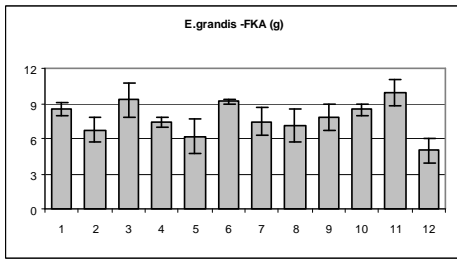
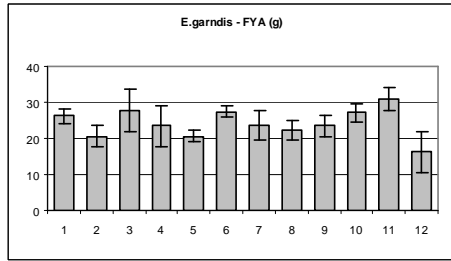
Append. Table 28. Newman-Keuls Test of Copper Content of *E. grandis* Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset		
	1	2	3
10	12,0		
8	11,9		
9	11,9		
1	11,7	11,7	
11	11,6	11,6	
7		10,1	10,1
3			9,7
2			9,6
6			9,5
4			9,0
12			8,6
5			8,3



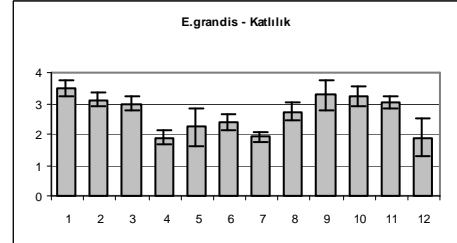
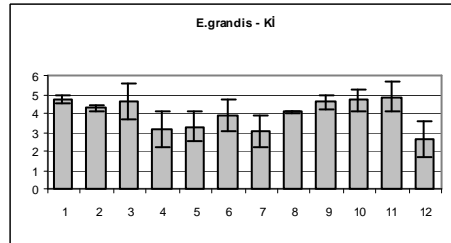
**Ek Şekil 6. *E. grandis* Fidanlarının Çap ve Boy Gelişimleri**

Append. Figure 6. Root Collar Diameter and Height of *E. grandis* Seedlings



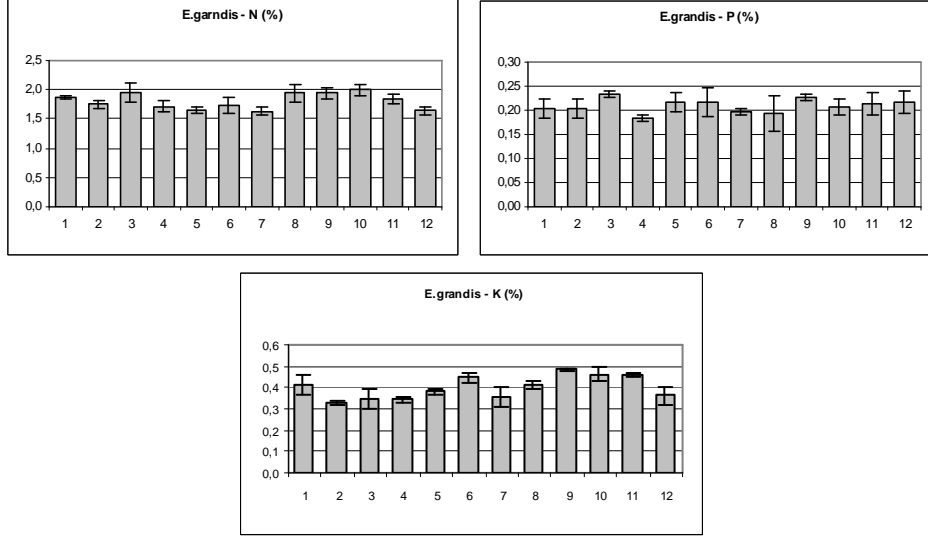
**Ek Şekil 7. *E. grandis* Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıkları**

Append. Figure 7. Wet and Dry Weight of *E. grandis* Seedlings

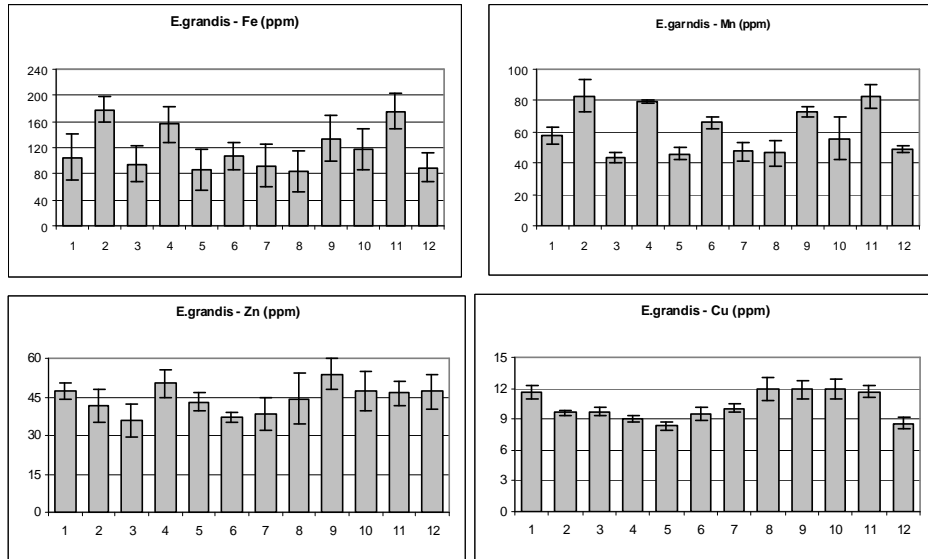


**Ek Şekil 8. *E. grandis* Fidanlarının Kalite İndeksi ve Katlılık Oranları**

Append. Figure 8. Quality Indexes and Stem Dry Weight/Root Dry Weight of *E. grandis* Seedlings



**Ek Şekil 9. *E.grandis* Fidanlarının Makro Element İçerikleri**  
 Append. Figure 9. Macro Nutrient Contents of *E.grandis* Seedlings



**Ek Şekil 10. *E.grandis* Fidanlarının Mikro Element İçerikleri**  
 Append. Figure 10. Micro Nutrient Contents of *E.grandis* Seedlings

**Ek Tablo 29. Kızılcım Fidan Ölçüm Parametreleri Arasındaki Korelasyon Matrisi**  
 Append. Table 29. Correlation Matrice between the Seedling Parameters of Turkish Red Pine

	KBÇ	FB	FYA	FKA	KGKA	Kİ	N	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
KBÇ	1.000												
FB	0,268ns	1.000											
FYA	0,244ns	0,570**	1.000										
FKA	0,283ns	0,582**	0,970**	1.000									
KGKA	0,123ns	-0,204ns	-0,229ns	-0,309ns	1.000								
Kİ	0,118ns	-0,125ns	-0,139ns	-0,222ns	0,984**	1.000							
N	0,236ns	-0,096ns	-0,206ns	-0,177ns	0,477**	0,461**	1.000						
P	0,317ns	0,414*	0,388*	0,421*	-0,079ns	-0,046ns	0,271ns	1.000					
K	-0,092ns	0,158ns	-0,102ns	-0,006ns	-0,112ns	-0,111ns	0,174ns	0,308ns	1.000				
Fe	-0,013ns	-0,078ns	0,259ns	0,311ns	-0,086ns	-0,071ns	-0,075ns	-0,122ns	-0,031ns	1.000			
Zn	0,214ns	0,516**	0,448**	0,494**	-0,118ns	-0,071ns	0,014ns	0,338*	0,101ns	0,352*	1.000		
Mn	-0,117ns	0,023ns	0,271ns	0,299ns	-0,223ns	-0,206ns	-0,171ns	0,045ns	0,025ns	0,611**	0,403**	1.000	
Cu	-0,079ns	0,078ns	0,075ns	0,088ns	-0,092ns	-0,082ns	0,094ns	0,158ns	0,275ns	0,126ns	0,347*	0,188ns	1.000

**KBÇ:** Kök boğazı çapı (mm)

**FB:** Fidan boyu (cm)

**FYA:** Fidan Yaş Ağırlığı (g)

**FKA:** Fidan Kuru Ağırlığı (g)

**KGKA:** Gövde/Kök Kuru

Ağırlık Oranı (Katlılık)

**Kİ:** Kalite İndeksi

**N:** Azot (%)

**P:** Fosfor (%)

**K:** Potasyum (%)

**Fe:** Demir (ppm)

**Zn:** Çinko (ppm)

**Mn:** Mangan (ppm)

**Cu:** Bakır (ppm)

ns : Önemsiz

\* : Önemli %5 alfa seviyesinde

\*\* : Önemli %1 alfa seviyesinde

\*\*\* : Önemli %0.1 alfa seviyesinde

**Ek Tablo 30. Kızılcım Fidanlarının Kök Boğazı Çapına Ait Ortalamalar**  
 Append. Table 30. Means of Root Collar Diameter of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar (mm) Means
3	3,56
6	3,23
9	3,09
10	3,05
2	3,02
5	3,00
4	2,95
8	2,94
1	2,84
7	2,80
11	2,72
12	2,23

**Ek Tablo 31. Kızılcım Fidanlarının Boyuna Ait Newman-Keuls Testi**  
 Append. Table 31. Newman-Keuls Test of Mean Height of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (cm) Subset		
	1	2	3
5	14,92		
10	14,03	14,03	
7	13,25	13,25	
1	13,12	13,12	
9	13,02	13,02	
6	13,01	13,01	
4	12,75	12,75	
8	12,53	12,53	
2	12,51	12,51	
3		11,52	11,52
11			11,05
12			8,95

**Ek Tablo 32. Kızılcım Fidanlarının Yaş Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi**  
 Ek Table 32. Newman-Keuls Test of Mean Wet Weight of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (g) Subset			
	1	2	3	4
2	13,52			
1	12,42	12,42		
10	12,42	12,42		
4	12,33	12,33		
6	12,21	12,21		
9	11,66	11,66	11,66	
8	11,60	11,60	11,60	
7	11,22	11,22	11,22	
5	10,90	10,90	10,90	
3		9,85	9,85	9,85
11			8,96	8,96
12				7,20

**Ek Tablo 33. Kızılcım Fidanlarının Kuru Ağırlığına Ait Newman-Keuls Testi**  
 Append. Table 33. Newman-Keuls Test of Mean Dry Weight of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (g) Subset			
	1	2	3	4
2	4,04			
6	3,69	3,69		
4	3,65	3,65	3,65	
10	3,63	3,63	3,63	
1	3,59	3,59	3,59	
9	3,48	3,48	3,48	
8	3,44	3,44	3,44	
7	3,29	3,29	3,29	
5		3,21	3,21	
3		2,73	2,73	2,73
11		2,72	2,72	2,72
12				1,88

**Ek Tablo 34. Kızılcım Fidanlarının Katlılık Oranına Ait Ortalamalar**

Append. Table 34. Means of the Stem Dry Weight/Root Dry Weight Ratio of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar Means
3	1,98
11	1,76
12	1,69
10	1,64
5	1,63
8	1,63
1	1,55
2	1,48
7	1,46
6	1,40
9	1,39
4	1,16

**Ek Tablo 35. Kızılcım Fidanlarının Kalite İndeksine Ait Ortalamalar**

Append. Table 35. Means of the Quality Indexes of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Ortalamalar Means
3	2,08
11	1,87
10	1,80
5	1,79
8	1,77
12	1,76
1	1,72
2	1,65
7	1,62
6	1,55
9	1,54
4	1,32

**Ek Tablo 36. Kızılcım Fidanlarının Azot İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 36. Newman-Keuls Test of Mean Nitrogen Content of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (%) Subset	
	1	2
3	1,99	
11	1,97	
6	1,95	
10	1,89	
8	1,87	
9	1,87	
1	1,85	1,85
2	1,81	1,81
7	1,79	1,79
12	1,79	1,79
5	1,78	1,78
4		1,52

**Ek Tablo 37. Kızılcam Fidanlarının Fosfor İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 37. Newman-Keuls Test of Mean Phosphorus Content of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (%) Subset	
	1	2
10	0,25	
6	0,24	
8	0,23	
5	0,23	0,23
9	0,22	0,22
11	0,21	0,21
3	0,21	0,21
4	0,20	0,20
2	0,20	0,20
1	0,19	0,19
7	0,18	0,18
12		0,15

**Ek Tablo 38. Kızılcam Fidanlarının Potasyum İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 38. Newman-Keuls Test of Mean Potassium Content of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (%) Subset	
	1	2
9	0,38	
8	0,37	
11	0,36	
6	0,36	
10	0,36	
12	0,34	0,34
7	0,33	0,33
5	0,33	0,33
4	0,32	0,32
2		0,29
3		0,28
1		0,28

**Ek Tablo 39. Kızılcım Fidanlarının Demir İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**  
 Append. Table 39. Newman-Keuls Test of Mean Iron Content of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset			
	1	2	3	4
2	167,0			
11	163,7			
9	147,0	147,0		
4	146,0	146,0	146,0	
1		118,7	118,7	118,7
6		114,7	114,7	114,7
3			102,3	102,3
10				96,0
8				95,3
7				94,0
5				90,3
12				89,7

**Ek Tablo 40. Kızılcım Fidanlarının Mangane İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**

Append. Table 40. Newman-Keuls Test of Manganese Content of Turkish Red Pine Seedlings

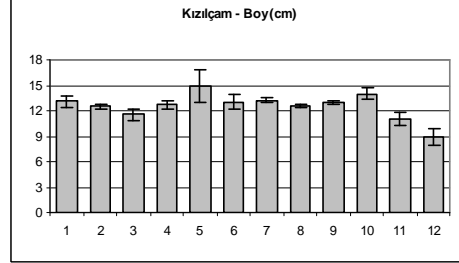
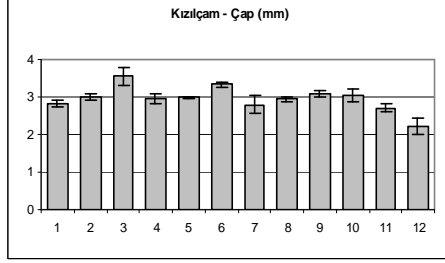
Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset		
	1	2	3
2	77,7		
11	74,0		
4	71,3	71,3	
9	61,3	61,3	61,3
10	59,7	59,7	59,7
6	56,0	56,0	56,0
1		48,0	48,0
12			44,7
5			43,3
7			42,3
8			40,3
3			36,7

**Ek Tablo 41. Kızılcam Fidanlarının Çinko İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**  
Append. Table 41. Newman-Keuls Test of Zinc Content of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset	
	1	2
9	48,3	
1	47,0	
11	46,7	
10	45,7	
4	42,7	
5	40,7	
2	39,3	39,3
7	37,3	37,3
8	37,3	37,3
6	35,7	35,7
3	31,3	31,3
12		21,7

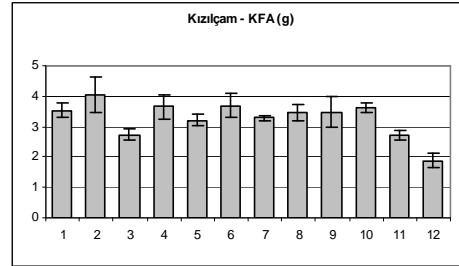
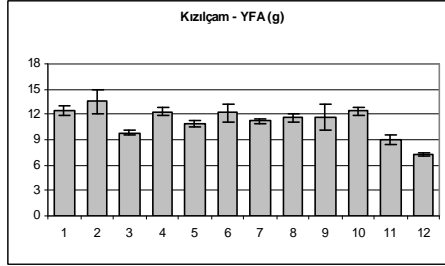
**Ek Tablo 42. Kızılcam Fidanlarının Bakır İçeriğine Ait Newman-Keuls Testi**  
Append. Table 42. Newman-Keuls Test of Copper Content of Turkish Red Pine Seedlings

Harçlar Medium	Alt Gruplar (mg/kg) Subset	
	1	2
10	13,4	
9	12,4	12,4
1	11,7	11,7
11	11,5	11,5
8	10,7	10,7
12	9,7	9,7
4	9,1	9,1
2	8,9	8,9
5	8,6	8,6
6	8,6	8,6
3	8,3	8,3
7		8,1



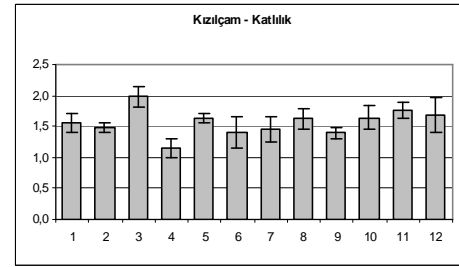
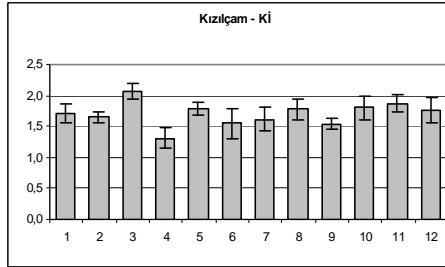
**Ek Şekil 11. Kızılcım Fidanlarının Çap ve Boy Gelişimleri**

Append. Figure 11. Root Collar Diameter and Height of Turkish Red Pine Seedlings



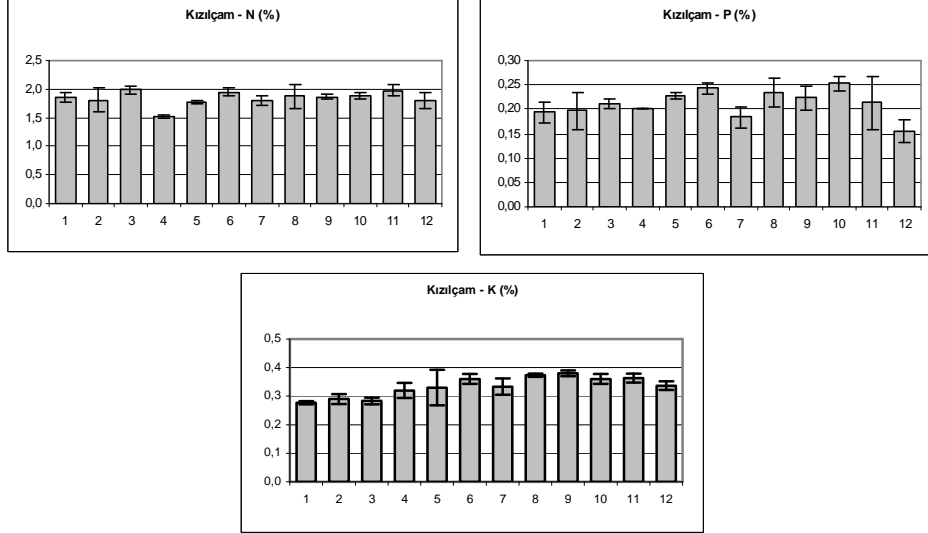
**Ek Şekil 12. Kızılcım Fidanlarının Yaş ve Kuru Ağırlıkları**

Append. Figure 12. Wet and Dry Weight of Turkish Red Pine Seedlings

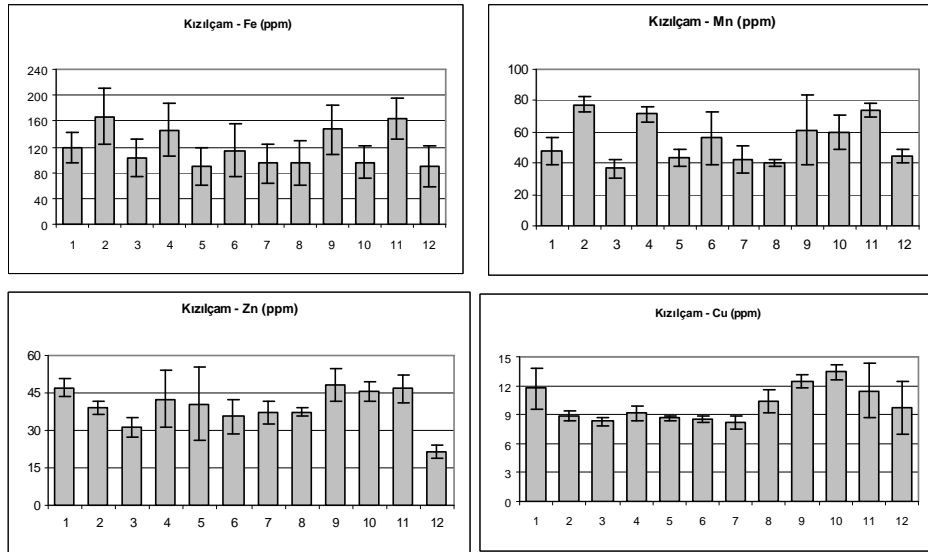


**Ek Şekil 13. Kızılcım Fidanlarının Kalite İndeksi ve Katılık Oranları**

Append. Figure 13. Quality Indexes and Stem Dry Weight/Root Dry Weight of Turkish Red Pine Seedlings



**Ek Şekil 14. Kızılcām Fidanlarının Makro Element İçerikleri**  
 Append. Figure 14. Macro Nutrient Contents of Turkish Red Pine Seedlings



**Ek Şekil 15. Kızılcām Fidanlarının Mikro Element İçerikleri**  
 Append Figure 15. Micro. Nutrient Contents of Turkish Red Pine Seedlings