

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FINDIK ZÜRUFU VE ARITMA ÇAMURU  
KARIŞIMINDAN SÜS BİTKİSİ YETİŞTİRME ORTAMI  
GELİŞTİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Ömer Hulusi DEDE

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Saim ÖZDEMİR

Şubat 2009

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FINDIK ZÜRUFU VE ARITMA ÇAMURU  
KARIŞIMINDAN SÜS BİTKİSİ YETİŞTİRME ORTAMI  
GELİŞTİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Ömer Hulusi DEDE

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 09 / 02 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Bülent  
ŞENGÖRÜR  
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Saim  
Özdemir  
Üye



Prof. Dr. F. Tülay  
KIZILOĞLU ALGAN  
Üye



Doç. Dr. İbrahim  
DEMİR  
Üye



Doç. Dr. Ertan  
DURMUŞOĞLU  
Üye

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana başından sonuna kadar yardımcı olan, ilgi ve desteğini hiç eksiltmeyen, yardımcı ve yol gösterici olan, engin bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Saim ÖZDEMİR başta olmak üzere, Tez İzleme Komitesinde yer alan, bilgi ve tecrübeleriyle çalışmaya çok önemli katkılarda bulunan hocalarım Sayın Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR ve Sayın Prof. Dr. F. Tülay KIZILOĞLU ALGAN 'a, laboratuvar analizleri aşamasında destek ve yardımlarda bulunan sevgili eşim Çevre Yük. Müh. Gülgün DEDE'ye, fındık zürüflarının temininde ve deneme bitkilerinin bakımında yardımlarını gördüğüm Sayın Salih ÖZDEMİR'e, arıtma çamurlarının temininde her türlü kolaylığı sağlayan Sakarya Merkez Atık Su Arıtma Tesisi Müdürü Sayın Nusret NUHOĞLU'na içtenlikle teşekkür ederim.

Benim bu aşamaya gelmemde en çok emeği geçen, her zaman maddi ve manevi desteklerini arkamda hissettiğim başta annem ve babam Hatice-Ali DEDE ve ablam Doç. Dr. Nursan DEDE ÇINAR olmak üzere tüm aileme en içten saygı, sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma SAÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Ömer Hulusi DEDE

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ .....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
TABLolar LİSTESİ .....	xiv
ÖZET .....	xvii
SUMMARY .....	xviii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
KONUNUN BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK UYGULAMADAKİ YERİ .....	5
2.1. Süs Bitkisi Yetiştiriciliğinde Kullanılan Yetiştirme Ortamları .....	6
2.1.1. Yetiştirme ortamı çeşitleri .....	6
2.2. Ortamlarda Bulunması Gereken Temel Özellikler .....	8
2.3. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar .....	9
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT .....	24
3.1. Fındık Zürafunun Karakterizasyonunun Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler .....	25
3.1.1. Fındık zürafunun olgunluk derecesinin belirlenmesi .....	26
3.1.2. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi .....	27
3.1.2.1. Partikül boyut dağılımı .....	27
3.1.2.2. Özgül ağırlık .....	28

3.1.2.3. Hacim ağırlığı .....	29
3.1.2.4. Toplam porozite .....	30
3.1.2.5. Hava kapasitesi .....	31
3.1.2.6. Su tutma kapasitesi .....	31
3.1.2.7. Su tutma eğrisinin çıkartılması .....	31
3.1.2.8. Kolay alınabilir su miktarı .....	33
3.1.2.9. Rezerv su .....	33
3.1.2.10. Hidrolik iletgenlik .....	33
3.1.2.11. Yeniden su çekme .....	34
3.1.2.12. Hacmin büzülmesi (Shrinkage) .....	35
3.1.3. Fiziko - kimyasal ve kimyasal özelliklerin belirlenmesi .....	36
3.1.3.1. pH .....	36
3.1.3.2. Elektriksel iletkenlik (EC) .....	36
3.1.3.3. Organik madde .....	37
3.1.3.4. Katyon değiştirme kapasitesi .....	37
3.1.3.5. Toplam azot .....	37
3.1.3.6. Organik karbon .....	37
3.1.3.7. C:N oranı .....	38
3.1.3.8. Mineral elementlerin belirlenmesi .....	38
3.1.3.9. Lif (Lignin, Selüloz, Hemiselüloz) bileşenlerinin belirlenmesi .....	38
3.1.4. Biyolojik özelliklerin belirlenmesi .....	38
3.1.4.1. Biyolojik stabilite .....	38
3.1.4.2. Toksikite .....	38
3.2. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Bitki Yetiştirmeye Uygunluğunu Belirlemede Kullanılan Yöntemler.....	40
3.2.1. Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının hazırlanması .....	40
3.2.2. Çalışmada kullanılan bitkilerin belirlenmesi .....	41
3.2.3. Bitki yetiştirme denemesinin kurulması ve bitkilerin dikimi ....	41
3.2.4. Denemede kullanılan bitkilerin bakımı .....	42

3.2.5. Bitkilerin hasadı ve ölçüme hazırlanması .....	43
3.3. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılacak İstatistiksel Yöntemler.....	43
3.4. Hazırlanan Karışımların Maliyet ve Ticari Analizlerinin Yapılması...	43
BÖLÜM 4.	
BULGULAR VE TARTIŞMA .....	44
4.1. Fındık Dış Kabuğunun (Züruf) Karakterizasyonu .....	44
4.1.1. Fındık dış kabuğu (Züruf).....	44
4.1.2. Fındık zürufunun olgunluk derecesi .....	47
4.1.3. Fiziksel özellikler .....	48
4.1.3.1. Partikül boyut dağılımı .....	49
4.1.3.2. Hacim ağırlığı .....	52
4.1.3.3. Özgül ağırlık .....	53
4.1.3.4. Toplam porozite .....	53
4.1.3.5. Hava kapasitesi .....	54
4.1.3.6. Toplam su tutma kapasitesi .....	56
4.1.3.7. Kolay alınabilir su miktarı .....	58
4.1.3.8. Rezerv su .....	58
4.1.3.9. Hidrolik iletkenlik .....	59
4.1.3.10. Yeniden su çekme .....	60
4.1.3.11. Hacmin büzülmesi .....	62
4.1.4. Fiziko-Kimyasal ve Kimyasal Özellikler .....	62
4.1.4.1. pH .....	63
4.1.4.2. Tuzluluk (EC).....	65
4.1.4.3. Toplam organik madde .....	66
4.1.4.4. Karbon- azot oranı (C/N) .....	67
4.1.4.5. Katyon değiştirme kapasitesi .....	68
4.1.4.6. Toksikite (GI).....	69
4.1.4.7. Bitki besin elementleri .....	69

4.2. Fındık Dış Kabuğu (Züruf) ve Arıtma Çamuru Karışımından	
Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Bitki Yetiştirmeye Uygunluğu ..	73
4.2.1. Çalışmada kullanılan arıtma çamurunun özellikleri .....	74
4.2.2. Hazırlanan yetiştirme ortamlarının özellikleri .....	75
4.2.2.1. Fiziksel özellikler .....	75
4.2.2.2. Kimyasal özellikler .....	79
4.2.3. Yetiştirme ortamının çok yıllık bitkilere etkilerin belirlenmesi..	82
4.2.4. Farklı yetiştirme ortamlarının Leylandi ( <i>Cupressocyparis</i> <i>leilandii</i> ) bitkisine etkileri .....	83
4.2.4.1. Yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin boyuna etkileri .....	83
4.2.4.2. Yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin gövde çapına etkileri .....	86
4.2.4.3. Yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin kanopi çapına etkileri .....	88
4.2.4.4. Yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri .....	89
4.2.4.5. Yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri .....	91
4.2.4.6. Yaprak azot oranı .....	92
4.2.5. Farklı yetiştirme ortamlarının Mazı ( <i>Thuja orientalis</i> ) bitkisine etkileri.....	94
4.2.5.1. Yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin boyuna etkileri .....	95
4.2.5.2. Yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin gövde çapına etkileri .....	99
4.2.5.3. Yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin kanopi çapına etkileri .....	100
4.2.5.4. Yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri .....	102

4.2.5.5. Yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri .....	104
4.2.5.6. Yaprak azot oranı .....	105
4.2.6. Farklı yetiştirme ortamlarının Ligusturum ( <i>Ligustrum lucidum</i> ) bitkisine etkileri.....	107
4.2.6.1. Yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinin boyuna etkileri .....	107
4.2.6.2. Yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinin gövde çapına etkileri .....	111
4.2.6.3. Yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinin kanopi çapına etkileri .....	112
4.2.6.4. Yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri .....	114
4.2.6.5. Yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri .....	115
4.2.6.6. Yaprak azot oranı .....	116
4.2.7. Farklı yetiştirme ortamlarının Akasya ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) bitkisine etkileri.....	117
4.2.7.1. Yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin boyuna etkileri .....	117
4.2.7.2. Yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin gövde çapına etkileri .....	121
4.2.7.3. Yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri .....	122
4.2.7.4. Yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri .....	124
4.2.7.5. Yaprak azot oranı .....	125
4.2.8. Farklı yetiştirme ortamlarının tek yıllık Primula ( <i>Primula Vulgaris</i> ) bitkisine etkileri.....	126



4.2.8.1. Yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin boyuna etkileri .....	126
4.2.8.2. Yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin gövde çapına etkileri .....	128
4.2.8.3. Yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin kanopi çapına etkileri .....	129
4.2.8.4. Yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri .....	130
4.2.8.5. Yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri .....	131
4.2.9. Farklı yetiştirme ortamlarının tek yıllık <i>Tagetes (Tagetes patula nana)</i> bitkisine etkileri.....	133
4.2.9.1. Yetiştirme ortamlarının <i>Tagetes</i> bitkisinin boyuna etkileri .....	133
4.2.9.2. Yetiştirme ortamlarının <i>Tagetes</i> bitkisinin gövde çapına etkileri .....	135
4.2.9.3. Yetiştirme ortamlarının <i>Tagetes</i> bitkisinin kanopi çapına etkileri .....	136
4.2.9.4. Yetiştirme ortamlarının <i>Tagetes</i> bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri .....	137
4.2.9.5. Yetiştirme ortamlarının <i>Tagetes</i> bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri .....	138
4.3. Fındık Zürafunun Birim Maliyeti ve Fayda- Maliyet Analizi .....	140
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	142
KAYNAKLAR .....	154
ÖZGEÇMİŞ .....	164

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

FZ	: Fındık Zürufu
Ç	: Arıtma Çamuru
G	: Kimyasal Gübre
CI	: Partikül Boyut İndeksi
dg	: Partikül çaplarının geometrik ortalaması
σg	: Partikül çaplarının geometrik sapmaları
ÖA	: Özgül Ağırlık
OM	: Organik Madde
KM	: Kül Miktarı
HA	: Hacim Ağırlığı
STK	: Su tutma Kapasitesi
EC	: Elektriksel İletkenlik
KDK	: Katyon Değişirme Kapasitesi
C:N	: Organik Karbon/Azot Oranı
ADL	: Asit Deterjanda Çözünmeyen Lignin
NDF	: Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif
ADF	: Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif
GI	: Çimlenme İndeksi

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Fındık zürufunun toplanması ve parçalayıcıdan geçirilmesi .....	25
Şekil 3.2.	Analiz için hazırlanan fındık zürufu numuneleri .....	26
Şekil 3.3.	Dijital titreşimli elek seti (CISA, model 002) .....	27
Şekil 3.4.	Saturasyondan alınan numunelerin kum kovasına konulması .....	29
Şekil 3.5.	Yetiştirme ortamının su salma eğrisi .....	32
Şekil 3.6.	Su kolonu .....	33
Şekil 3.7.	Fındık zürufu numunelerinin yeniden su çekmesinin belirlenmesi	35
Şekil 3.8.	Kurutulan numunenin ne kadar çöktüğünün ölçülmesi .....	35
Şekil 3.9.	Tere tohumları ile yapılan çimlenme testi .....	39
Şekil 3.10.	Arıtma çamuru ve çamur kurutma işlemi .....	40
Şekil 3.11.	Fide Boyutunda temin edilen köklenmiş mazı bitkileri .....	42
Şekil 4.1.	Dünyada ve ülkemizde üretilen fındık miktarı ve yıllara göre değişimi .....	45
Şekil 4.2.	Fındık dış kabuğu (züruf) ve fındık hasatı sırasında zuruf atığının oluşumu .....	45
Şekil 4.3.	Dünyada ve ülkemizdeki fındık zürufu miktarı ve yıllara göre değişimi .....	46
Şekil 4.4.	Ülkemizde fındık zürufunun çok miktarda bulunabildiği yerler ...	46
Şekil 4.5.	Fındık zürufu numunelerinin $E_2/E_4$ oranı .....	47
Şekil 4.6.	Fındık zürufu numunelerinin $E_2/E_6$ oranı .....	47
Şekil 4.7.	Fındık zürufu numunelerinin $E_4/E_6$ oranı .....	48
Şekil 4.8.	Fındık zürufu numunelerinin partikül boyut dağılımı .....	50
Şekil 4.9.	Fındık zürufu numunelerinin su salma eğrisi .....	57
Şekil 4.10.	Fındık zürufu numunelerinin bağıl hidrolik iletkenliği .....	60

Şekil 4.11.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Leylandii bitkisinin boy ortalamaları .....	84
Şekil 4.12.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Leylandii bitkileri.....	84
Şekil 4.13.	Leylandii bitkisinin boyunun aylara göre artışı .....	86
Şekil 4.14.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Leylandii bitkisinin gövde çapı ortalamaları .....	87
Şekil 4.15.	Leylandii bitkisinin gövde çapının aylara göre artışı .....	87
Şekil 4.16.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Leylandii bitkisinin kanopi çapı ortalamaları .....	88
Şekil 4.17.	Leylandii bitkisinin kanopi çapının aylara göre artışı .....	89
Şekil 4.18.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Leylandii bitkisinin gövde kuru ağırlığı ortalamaları .....	90
Şekil 4.19.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Leylandii bitkisinin kök kuru ağırlığı ortalamaları .....	91
Şekil 4.20.	Leylandii bitkisinde bir büyüme mevsiminde gerçekleşen bitki boyu ve kanopi çapı artışı .....	94
Şekil 4.21.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Mazı bitkisinin boy ortalamaları .....	96
Şekil 4.22.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki mazı bitkileri .....	96
Şekil 4.23.	Mazı bitkisinin boyunun aylara göre artışı .....	98
Şekil 4.24.	Mazı bitkisinin boy ve kanopi çapı artışı .....	98
Şekil 4.25.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Mazı bitkisinin gövde çapı ortalamaları .....	99
Şekil 4.26.	Mazı bitkisinin gövde çapının aylara göre artışı .....	100
Şekil 4.27.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Mazı bitkisinin kanopi çapı ortalamaları .....	101
Şekil 4.28.	Mazı bitkisinin kanopi çapının aylara göre artışı .....	102
Şekil 4.29.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Mazı bitkisinin gövde kuru ağırlığı ortalamaları .....	103
Şekil 4.30.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Mazı bitkisinin kök kuru ağırlığı ortalamaları .....	104
Şekil 4.31.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki ligusturum bitkisinin boy ortalamaları .....	108

Şekil 4.32.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Ligusturum bitkileri .....	108
Şekil 4.33.	Ligusturum bitkisinin boyunun aylara göre artışı .....	110
Şekil 4.34.	Ligusturum bitkisinin boy ve kanopi çapı artışı .....	110
Şekil 4.35.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Ligusturum bitkisinin gövde çapı ortalamaları .....	111
Şekil 4.36.	Ligusturum bitkisinin gövde çapının aylara göre artışı .....	112
Şekil 4.37.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Ligusturum bitkisinin kanopi çapı ortalamaları .....	113
Şekil 4.38.	Ligusturum bitkisinin kanopi çapının aylara göre artışı .....	113
Şekil 4.39.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Ligusturum bitkisinin gövde kuru ağırlığı ortalamaları .....	114
Şekil 4.40.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Ligusturum bitkisinin kök kuru ağırlığı ortalamaları .....	115
Şekil 4.41.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Akasya bitkisinin boy ortalamaları .....	118
Şekil 4.42.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Akasya bitkileri .....	119
Şekil 4.43.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Akasya bitkisinin boy artış miktarları .....	119
Şekil 4.44.	Akasya bitkisinin boyunun aylara göre artışı .....	120
Şekil 4.45.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Akasya bitkisinin gövde çapı ortalamaları .....	121
Şekil 4.46.	Akasya bitkisinin gövde çapının aylara göre artış .....	122
Şekil 4.47.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Akasya bitkisinin gövde kuru ağırlığı ortalamaları .....	123
Şekil 4.48.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Akasya bitkisinin kök kuru ağırlığı ortalamaları .....	124
Şekil 4.49.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Primula bitkisinin bitki boyu ortalamaları .....	128
Şekil 4.50.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Primula bitkisinin gövde çapı ortalamaları .....	128
Şekil 4.51.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Primula bitkisinin kanopi çapı ortalamaları .....	129

Şekil 4.52. Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Primula bitkisinin gövde kuru ağırlığı ortalamaları .....	130
Şekil 4.53. Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Primula bitkisinin kök kuru ağırlığı ortalamaları .....	131
Şekil 4.54. Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Tagates bitkisinin bitki boyu ortalamaları .....	135
Şekil 4.55. Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Tagates bitkisinin gövde çapı ortalamaları .....	135
Şekil 4.56. Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Tagates bitkisinin kanopi çapı ortalamaları .....	136
Şekil 4.57. Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Tagates bitkisinin gövde kuru ağırlığı ortalamaları .....	137
Şekil 4.58. Hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki Tagates bitkisinin kök kuru ağırlığı ortalamaları .....	139

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının formülasyonları ve simgeleri .....	41
Tablo 3.2.	Deneme planı .....	42
Tablo 4.1.	Değişik derecelerde ayrışmaya uğramış fındık zürufu örneklerinde partikül boyut dağılımından hesaplanan partikül boyut indeksi (CI), partikül boyutu geometrik ortalaması ve geometrik ortalamanın standart sapması.....	49
Tablo 4.2.	Fındık zürufu numunelerinin fiziksel özellikleri .....	52
Tablo 4.3.	Fındık zürufu numunelerinin hidrolik özellikleri .....	56
Tablo 4.4.	Fındık zürufu numunelerinin partikül boyutuna bağlı yeniden su çekme özellikleri .....	61
Tablo 4.5.	Fındık zürufu numunelerinin fiziko-kimyasal ve kimyasal özellikleri .....	63
Tablo 4.6.	Fındık zürufu numunelerinin bazı makro ve mikro element içerikleri .....	67
Tablo 4.7.	Fındık zürufu numunelerinin kuru ağırlığında tespit edilen makro element düzeyleri .....	71
Tablo 4.8.	Fındık zürufu ekstraktlarının bitki besin elementi içerikleri ....	71
Tablo 4.9.	Fındık zürufu numunelerinde tespit edilen mikro element ve ağır metal düzeyi .....	72
Tablo 4.10.	Aritma çamurunun fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	75
Tablo 4.11.	Aritma çamurunun mikro element ve ağır metal düzeyi ile toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği limit değerler .....	75
Tablo 4.12.	Torf ve fındık zürufu, fındık zürufu + arıtma çamuru kombinasyonlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının partikül boyut dağılımı indeksi (CI), partikül boyutu geometrik	

	ortalaması ve geometrik ortalamasının standart sapması.....	76
Tablo 4.13.	Yetiştirme ortamlarının fiziksel özellikleri .....	77
Tablo 4.14.	Yetiştirme ortamlarının kimyasal özellikleri .....	80
Tablo 4.15.	Yetiştirme ortamlarının bitki besin elementi içerikleri .....	82
Tablo 4.16.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	83
Tablo 4.17.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin ortalamaların LSD testi ile karşılaştırılması .....	85
Tablo 4.18.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	95
Tablo 4.19.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin ortalamaların LSD testi ile karşılaştırılması .....	97
Tablo 4.20.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	107
Tablo 4.21.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin ortalamaların LSD testi ile karşılaştırılması .....	109
Tablo 4.22.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	118



Tablo 4.23.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin boy, gövde çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azotu üzerine etkilerine ilişkin ortalamaların LSD testi ile karşılaştırılması .....	120
Tablo 4.24.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve gövde/kök oranı etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları ..	126
Tablo 4.25.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve gövde/kök oranı üzerine etkilerine ilişkin ortalamaların LSD testi ile karşılaştırılması .....	127
Tablo 4.26.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Tagates bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve gövde/kök oranı üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	133
Tablo 4.27.	Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Tagetes bitkisinin boy, gövde çapı, kanopi çapı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı ve gövde/kök oranı üzerine etkilerine ilişkin ortalamaların LSD testi ile karşılaştırılması .....	134

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Fındık zürufu, karakterizasyon, yetiştirme ortamı, arıtma çamuru

Bu çalışmada, fındık zürufu süs bitkileri için yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğini saptamak amacıyla temel fiziksel, fiziko-kimyasal ve kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. En uygun yetiştirme ortamı parametrelerini tespit etmek amacıyla ayrışma derecesine bağlı olarak ham, yarı olgun ve olgun fındık zürufu örneklerinden (H1, H2, H3 ve H4) oluşan dört yetiştirme ortamı hazırlanmıştır. Fındık zürufunun partikül boyutu, ayrışma derecesi ile azalmış ve partikül boyut indeksi ham züruftan olgun zürufa doğru 95–36 arasında tespit edilmiştir. Fındık zürufunun temel fiziksel parametreleri; toplam porozitesi, özgül ağırlığı, hacim ağırlığı ve büzülmesi ideal yetiştirme ortamı özelliklerini sağlamıştır. Düşük partikül boyut indeksi ve partikül çapı (dg) nedeniyle toplam su tutma kapasitesi ayrışma derecesi ile artmıştır. Ham materyal (H1) hariç, diğer numunelerin pH ve EC değerleri kabul edilebilir aralıkta tespit edilmiştir. Sonuçlar, partikül boyutu 0-2 mm aralığında olduğunda, uygun hava ve su tutma kapasitesi sağlandığından, fındık zürufunun saksılı süs bitkileri için alternatif bir yetiştirme ortamı bileşeni olduğunu göstermiştir.

Çalışmada gübre sağlayıcı olarak arıtma çamuru kullanılmış ve arıtma çamurları %12,5 (FZ+Ç1), %25 (FZ+Ç2), ve %50 (FZ+Ç3) oranlarında fındık zürufuna karıştırılarak yetiştirme ortamları hazırlanmıştır. Arıtma çamurunun ortamların başta azot olmak üzere bitki besin elementi içeriklerini önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir. Hazırlanan yetiştirme ortamları, standart ticari torf kullanılan kontrol uygulaması ile kıyaslanarak bazı dış mekân süs bitkileri (Leylandi, Mazı, Ligusturum ve Akasya) ile biri kışlık diğeri yazlık mevsimlik çiçek (Primula ve Tagates) bitkisinde süs bitkisi yetiştirmeye uygunluğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamuru uygulanan ortamlar en iyi bitki büyütme performansı gösteren yetiştirme ortamları olmuştur.

Atık malzemelerin yetiştirme ortamı olarak kullanımının, ekonomik ve çevresel açıdan atık yönetimi için uygun bir yöntem olduğu görülmüştür.

# PRODUCTION OF CONTAINER MEDIA FOR ORNAMENTAL PLANTS FROM HAZELNUT HUSK AND BIOSOLID MIXTURE

## SUMMARY

Keywords: Hazelnut husk, characterisation, growing media, biosolid

In this study, the main physical, physiochemical and chemical properties of decomposed hazelnut husk have been characterized for the suitability as a growing media component for ornamental plants. Four substrates were prepared in accordance with decomposition degree; raw, half decomposed and highly decomposed hazelnut husk samples (H1, H2, H3, and H4), to determine the optimum growing media parameters. The particle sizes of the husk materials were decreased with the decomposition rate and coarseness index (CI) was obtained between 95-36 from raw to highly decomposed material. The main physical parameters; total porosity, bulk and particle density and shrinkage of the hazelnut husk were in the range of ideal growing media characteristics. Total water holding capacity increased as decomposition degree, because of giving lower CI and reduced particle diameter (dg). Except raw material (H1), pH and EC values were in acceptable range. The results indicated that hazelnut husk could be alternative growing media component for containerized crops, if optimum particle size obtains in the range of 0-2mm, both for aeration and hydrological requirements.

In the study, growing media were prepared by mixing hazelnut husk as a main component and biosolid as fertilizer additives in rate of 0% (FZ), 12,5% (FZ+Ç1), 25% (FZ+Ç2) and 50% (FZ+Ç3) in mixtures. Biosolid has been increased plant nutrients significantly, nitrogen as first. Substrates containing biosolid seems to be the most adequate growing media for some outdoor ornamental plants such as *Leylandii*, *Thuja*, *Ligustrum*, *Acacia* and seasonal flowers such as *Primula* and *Tagetes* by comparing to the standard commercial peat or hazelnut husk amended with slow release fertilizer. The growth experiments showed that hazelnut husk required mixing with a nutrient-rich material to produce higher results.

We concluded that hazelnut husk and biosolid could be used as a growing media component for economical and environmental point of view.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya’da ve ülkemizde gerek tarımsal aktiviteler, gerekse tarım ürünlerinin işlenmesi sırasında pek çok değişik organik atık oluşmakta ve bu atıklar zamanla büyük miktarlara ulaşabilmektedir. İşlevselliği yüksek bir geri dönüşüm modeli uygulandığında değişik alanlarda kullanılacak, faydalı ürünlere dönüşebilen bu atıklar, genelde gelişmiş güzel yerlere atılmakta veya yakılarak yok edilmeye çalışılmaktadır. Bu tip uygulamalar ise, hava kirliliği, koku, patojen üremesi ve vektör çekiciliği gibi çevre açısından önemli kirlilikler meydana getirmektedirler. Tarımsal atıkların geri dönüşümü için en uygun alan bu atıkların tekrar bitki yetiştiriciliğinde kullanılmasıdır. Organik atıkların saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde saksı toprağı olarak değerlendirilmesi önemli alternatiflerden birisidir.

Bölgemiz ve ülkemizde saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde ağırlıklı olarak doğal toprak kullanılmaktadır. Sürdürülebilir tarım ve çevre bir arada düşünüldüğünde saksılı süs bitkileri yetiştiriciliğinde doğal toprak kullanımı, tarım alanlarında bir çeşit erozyon meydana getirmekte ve çevreye zarar vermektedir. Aynı zaman da toprak saksı yetiştirme ortamı için istenen özellikleri sağlayamadığından, yeterli bitki büyütme performansı gösterememektedir. Bu uygulama toprak koruma kanunu ile de çelişmektedir. Doğal torf yatakları yenilenebilir kaynak olmakla birlikte kısıtlı olan yatakların oluşumu uzun zaman almakta ve kazılar çevre bütünlüğünü bozmaktadır. Yerel torf kaynaklarının kalitesinin düşük olması [1] tüketicileri ithal torfa yönlendirmekte ve yılda 30.000 tonun üzerinde torf ithal edilmektedir [2]. Kaliteli, yüksek standartlarda olan ithal torf dış mekan süs bitkilerinin üretim maliyetini artırmakta ve üreticilerin rekabet güçlerini azaltmaktadır. Dış mekan süs bitkileri sektöründe ileri gitmiş ülkelerde torfun yerine kullanılacak alternatif maliyeti düşük, yerel ve bölgesel olarak bulunabilecek uygun organik materyaller geliştirilmiş, halen geliştirilmeye devam edilmekte ve hatta ticari ürün olarak dünya piyasalarına sunulmaktadır [3, 4].

Uygun yöntemlerle kompostlanan organik atıklar, amaca göre bazen saf, bazen de süs bitkisi yetiştirme ortamındaki istenilen özellikleri sağlamak için, değişik oranlardaki karışımlar halinde bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılmaktadır [5].

Nitekim ağaç kabukları, bahçe atıkları, kentsel organik atıklar, çay atıkları, Hindistan cevizi kabukları, atık mantar kompostları, üzüm cibresi, şeker kamışı, yer fıstığı, pamuk atığı ve mısır samanlarının kompostlandıktan sonra yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceklerini bildiren pek çok çalışma bulunmaktadır [6, 7, 8, 9].

Bölgemiz ve ülkemizde de ticari ürün haline getirilebilecek organik materyaller mevcuttur. Fındık zürufu atıkları en çok bulunan ve süs bitkilerine yetiştirme ortamı olarak geliştirilebilecek potansiyele sahip üründür. Ticari ürüne dönüştürülmeyen bu atık büyük oranda tarla ve bahçelerde yakılarak ekonomik kaybın yanın da hava kirliliğine de neden olmaktadır.

Türkiye 600–700 bin hektarlık üretim alanı ve son on yılın ortalaması alındığında yıllık 600–650 bin tonluk üretimiyle dünya fındık üretiminin büyük bölümünü gerçekleştirmektedir. Türkiye’den sonra sırasıyla İtalya, ABD, İspanya, Azerbaycan başta olmak üzere birçok ülkede fındık üretimi yapılmakta ve bu ülkelerin üretimi ile birlikte dünya fındık üretimi yıllık 900 bin -1 milyon ton civarına ulaşmaktadır [10].

Ülkemizin geleneksel üretim bölgesi olan Ordu, Giresun ve Trabzon illerinin yanında Samsun, Sakarya ve Düzce gibi Karadeniz Bölgesi illerinde fındık üretimi yoğun şekilde yapılmaktadır.

Ülkemizde üretilen fındık miktarı dikkate alındığında yetiştirme ortamı olarak değerlendirilebilecek züruf miktarının yıllık üretimin 1/3 üne eşit, yani 180–200 bin ton civarında olacağı tahmin edilmektedir. Bu miktar süs bitkisi sektörünün yetiştirme ortamı ihtiyacını karşılayabilecek ülkemizi kendi kendine yeter duruma getirebilecek miktardır.

Diğer yandan dünyada ve ülkemizde arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurları organik atıklar içerisinde önemli yer tutmaktadır. Çalışmada kullanılan arıtma

çamurlarının temin edildiği Sakarya Atık Su Arıtma Tesisine günde yaklaşık 80–130 bin m<sup>3</sup> atıksu girmekte ve bu atıksuyun arıtım işlemi neticesinde yaklaşık olarak 17,5 ton KM/ gün arıtma çamuru çıkmaktadır. Şehirlerin büyümeleri ve alt yapı çalışmalarının hızlanmasıyla birlikte kanalizasyon şebekeleri de giderek genişlemekte ve bunların atık su arıtma tesislerine bağlanmasıyla ortaya çıkan çamur miktarı da hızla artmaktadır. Sadece İstanbul’ da arıtma tesislerinden 2010 yılında 620 ton KM/gün, 2040 da ise 1476,9 ton KM/gün arıtma çamuru çıkacağı tahmin edilmektedir [11].

Arıtma çamurlarının kısa süre içinde yüksek miktarlara ulaşmaları, bu atıkların bertarafını ciddi bir sorun haline getirmektedir. Arıtma çamurlarının düzenli depolama alanlarını çok hızlı bir şekilde doldurmaları ve bu alanlarda yol açtıkları ciddi problemler nedeniyle, son yapılan yasal düzenlemeler doğrultusunda, organik atıkların (içerdikleri organik maddenin tümü giderilmeden) düzenli depolama alanlarına gönderilmeleri yasaklanmaktadır [12]. Bu atıkların yakılarak yok edilmesi yöntemi ise, gerek maliyetinin çok yüksek olması, gerekse yakma işlemi sırasında açığa çıkan zehirli gazların ciddi bir hava kirliliği problemi oluşturması nedeniyle çok kullanışlı görülmemektedir.

ABD’ de arıtma çamurlarının % 67 si tarımsal faaliyetlerde kullanılmaktadır. Avrupa’ da ise bu oran % 36 düzeyinde olup İngiltere, Fransa, Norveç, İsveç ve İspanya gibi ülkelerde tarımda kullanılan arıtma çamuru miktarı % 50 yi bulmaktadır. Tarımsal amaçlı kullanımı en pratik ve sürdürülebilir bertaraf yolu olarak görülen arıtma çamurları ile yapılan araştırmalarda, içerdiği azot, fosfor ve diğer bitki besin elementleriyle bitki yetiştiriciliği açısından önemli bir ekonomik değer taşıdığı özellikle belirtilmekte ve besin elementi döngüsüne sokulması gerekliliğine dikkat çekilmektedir [13].

Ülkemizde ise arıtma çamurları ya arıtma tesislerinde depolanmaya çalışılmakta ya da çöp depolama alanlarına gönderilmektedir. Oysa ülkemizde özellikle gelişmekte olan süs bitkisi yetiştiriciliğinde arıtma çamurlarından faydalanma imkânı vardır. Süs bitkilerinin üretiminde yavaş salınlı gübre büyük öneme sahiptir. Arıtma çamurları gibi organik atıklar yavaş salınlı gübre kaynağı özelliği gösterdiğinden süs bitkisi

yetiştiriciliğinde ticari gübrelerin yerine kullanılması pek çok çalışmada denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu şekilde insanlar tarafından tüketilen ürünlerde kullanılmayıp süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılması psikolojik kabul edilebilirliği de sağlamaktadır [12].

Bu çalışmada; literatür bilgilerimize göre daha önce süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak üzerinde araştırma yapılmayan, fındık zürufunun yetiştirme ortamı olarak karakterizasyonunun yapılması ile ana bileşen olarak fındık zürufu ve gübre sağlayıcı bileşen olarak arıtma çamuru kombinasyonundan süs bitkisi yetiştirme ortamı geliştirilmesi hedeflenmiştir.

## BÖLÜM 2. KONUNUN BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK UYGULAMADAKİ YERİ

Bitkisel üretimin temel ögesi olan toprak, bitkilerin tutunma yeri ve ana besin kaynağıdır. İçerisindeki su ve hava ile tohumların çimlenmesi ve köklerin gelişmesi için uygun bir ortam oluşturur. Ayrıca besin maddelerini ve suyu hafif bir güçle bağlayarak köklerin bunları kolayca almasına yardım eder. Bütün bu özellikler toprağı, binlerce yıldan beri bitkisel üretimde ideal ve doğal yetiştirme ortamı yapmıştır [14].

Bununla birlikte sera yetiştiriciliğı gibi yoğun tarım yapılan uygulamalarda topraktan kaynaklanan önemli sorunlarla karşılaşılmaktadır. Uzun yıllar aynı ürünün yetiştirilmesi, toprağın yüksek verim nedeniyle fazla sömürülmesi, yoğun gübre kullanımı ve sulama gibi uygulamalardan kaynaklanan bu sorunların başında;

1. Toprak yorgunluğuna bağlı olarak verimliliğın azalması,
2. Toprakta bulunan hastalık ve zararlı yoğunluğunun artması,
3. Tuzlanma veya besin maddesi dengesinin bozulması, gelmektedir.

Bu sorunların giderilmesi için toprağın yıkanması, dezenfeksiyonu gibi kısmi çözümler ve toprağın değıştirilmesi gibi köktenci yöntemler bulunmaktadır. Fakat tüm bunların hem etkileri sınırlıdır, hem de maliyetleri yüksektir [14].

Ayrıca, süs bitkisi yetiştiriciliğında aşağıda belirtilen hususlar yeni arayışlara sebep olmuştur. Bunlar;



- Çıplak köklü fidanların gerek ekim yastıklarında sökümü yapılırken, gerekse ağaçlandırma sahalarına taşınması ve dikim esnasında köklerin zarar görmesi, dolayısıyla tutma ve gelişme başarılarının düşük olması,
- Çıplak köklü fidanların dikilebileceği srenin kısa oluşu,
- Özellikle ekstrem koşullara sahip alanlar için üniform ve kaliteli fidan yetiştirme zorunluluğu [14].

## 2.1. Süs Bitkisi Yetiştiriciliğinde Kullanılan Yetiştirme Ortamları

Topraktan kaynaklanan sorunların zm için alternatif yöntem olan topraksız ortamlarda bitki yetiştiriciliği konusunda ilk çalışmalar 19. yüz yılın ortalarına dayanmaktadır. Ancak bu konudaki ilk olumlu sonuçlar 1940'lı yıllarda alınmaya başlamış ve topraksız yetiştirme ortamlarının bitki yetiştiriciliğinde kullanılabileceği konusunda umutlar doğmuştur [14].

Yöntemin seralarda kullanılmaya başlanması 1950'li yıllarda hızla yayılma eğilimi göstermiştir. Bugün seracılıkta çok önemli bir yeri olan Hollanda'da sera sebzeciliğinin tümü; İngiltere, Belçika, Almanya, Fransa gibi ülkelerde ise % 30–90 arasındaki kısmı topraksız tarım biçiminde yapılmaktadır [14].

Süs bitkisi üretiminde de "topraksız kültür yetiştiriciliği" yöntemi son yıllarda özellikle Kuzey Avrupa lkelerinde (Finlandiya, İsveç, Norveç) nemli aşama kaydetmiş, yeni teknolojilerin doğmasına sebep olmuştur. Türkiye'de ise 1990'lı yılların başlarına kadar kitle fidan üretimlerinde kullanımı oldukça düşük olan bu yöntem, yeni teknoloji transferleri ile kullanılmaya ve yaygınlaştırılmaya başlanmıştır [14].

### 2.1.1. Yetiştirme ortamı eşitleri

Topraksız kültür yetiştiriciliğinde 50 yıldır çok sayıda yöntem denenmesine rağmen, halen kullanılan topraksız yetiştiricilik yöntemlerinden iki biçim önem kazanmıştır:

## 1) Su Kùltürü (Hidroponik)

- a) NFT (Besleyici Film Tekniği)
- b) Aeroponik
- c) Durgun Su Kùltürü
- d) Akan Su Kùltürü

## 2) Katı Ortam Kùltürü (Agegat Kùltürü)

### a) İnorganik Katı Ortam Kùltürleri

- Kum
- Çakıl
- Perlit
- Ponza
- Vermikulit
- Kaya Yünü
- Cam Yünü
- Cüruf
- Plastik köpük

### b) Organik Katı Ortam Kùltürleri

- Torf
- Ağaç Kabukları
- Talaş
- Hindistancevizi Kabuğu Lifleri
- Kentsel Katı Atık Kompostları
- Evsel Arıtma Çamuru Kompostu

Organik katı ortam kùltürleri içinde torf, ağaç kabuğu kompostu ve Hindistan cevizi lifi en fazla çalışılan ve standart formülasyonlar geliştirilen maddelerdir.

## 2.2. Ortamlarda Bulunması Gereken Temel Özellikler

1. Ortamı teşkil eden materyallerin hacmi, kuru ve yaş iken değişmemelidir. Başka bir deyişle kurduğunda aşırı bir şekilde büzülmemelidir. Aksi takdirde son derece hassas olan çelik kökçükleri ile narin süs bitkilerinin kökleri kolayca zarar görebilir.
2. Su tutma yeteneği iyi olup sık sık sulama gerektirmemelidir.
3. Havalanma koşulları iyi olmalıdır. Bol oksijenli ortamda kök gelişimi daha iyi olur.
4. Toplam %95 civarında gözenekliliğe (porozite) sahip olmalıdır.
5. Hava ve su kapasitesi dengesinin (ince ve kaba gözenekleri dengeli) uygun olması gerekir.
6. Ortamın asiditesi yetiştirilecek bitkiye uygun olmalıdır.
7. Yeterli miktarda bitki besin maddeleri içermeli, yorgun olmamalı ya da dışarıdan beslenmeye dayalı bir üretim sistemi için de kullanılıyorsa gübreleme ile verilen bitki besin maddeleri kolayca bitki tarafından alınabilecek özellikte olmalıdır.
8. Nematodlara, mantarlara, böceklere, yabancı otlara ve bunların tohumlarına karşı steril olmalı/steril edilmiş olmalıdır.
9. Toksik madde içermemelidir.
10. Ortamın mineral değişim kapasitesi (KDK) iyi olmalıdır.
11. Tampon kapasitesi yüksek olmalıdır.

12. Organik madde miktarı yüksek olmalıdır.

13. Geçirgen olmalıdır.

14. Stabilitenin yüksek olması (biyolojik, fiziksel ve kimyasal parçalanmaya dayanıklı olması) gerekir.

15. Bol ve kolay temin edilmelidir.

### 2.3. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar

Tarımsal faaliyetlerden ve tüketim sonrasında ortaya çıkan organik atıklar kompostlanıp, saf veya birbirleriyle karıştırılarak süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanılmakta ve böylece bu atıklar değerlendirilerek süs bitkisi yetiştiriciliği için bir kaynak elde edilmektedir.

Bahçe atıkları, ağaç kabukları, orman endüstrisi atıkları, Hindistan cevizi kabuğu lifleri, mısır samanları, fındık zürufu, çay atığı kompostu, atık mantar kompostu, kentsel katı atık kompostları özellikle saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde, bitki köklerinin tutunacağı dolgu materyali olarak kullanılırken, ahır gübresi, tavuk gübresi ve arıtma çamurları ise bitkiler için gerekli besin kaynağı olarak kullanılmaktadır [5, 8, 15, 16, 17, 18].

Süs bitkisi yetiştiriciliğinde standardize edilip yaygın olarak kullanılan yetiştirme ortamı torf olmasına rağmen, bu sektörde meydana gelen gelişmeler neticesinde talebin artması, torfun elde edilmesindeki zorluklar ve çevre tahribatı endişesi ile kaliteli torfun maliyetinin yüksek olması gibi nedenler alternatif malzemelerin arayışlarını hızlandırmıştır.

Abad ve ark., (2001), İspanya'da saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılacak organik atıkların envanterini hazırladıkları çalışmada, insan aktiviteleri ve endüstriyel faaliyetlerden oluşan organik katı atıkları incelemişler ve bunlarla ilgili iki veritabanı oluşturmuşlardır. Birinci veri tabanı hazırlanırken 105 farklı materyal

incelenmiş ve bunların oluşum noktaları, kullanışlılığı, maliyeti ve yönetim giderleri belirlenmiştir. İkinci veri tabanının da ise 63 adet materyal seçilerek bunların saksılı süs bitkisi üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğini ortaya koymak için, ana fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri incelenmiş, süs bitkisi yetiştirme ortamı olma potansiyelleri ve kısıtları değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler İspanya tarım bakanlığının web sitesinden yayınlanmıştır [19].

Guerin ve ark., (2001), Fransa ve İspanyada torf yerine alternatif olabilecek yetiştirme ortamlarını *Viburnum tinus* L bitkisinde denedikleri çalışmada, torf/ağaç kabuğu kompostu (1/1 v/v) kontrol uygulaması ile orman atığı/ahır gübresi, torf/çim atığı kompostu, torf/Hindistan cevizi kabuğu ve çim atığı kompostu/Hindistan cevizi kabuğu yetiştirme ortamlarını karşılaştırmışlar bitki büyütme performansı ve görsel değerlendirme olarak bütün uygulamaların kabul edilebilir sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Yetiştirme ortamı fiziksel özellikleri ve bitki büyütme performanslarından elde ettikleri sonuçlara göre alternatif malzemelerin torf yerine başarı ile kullanılabilceğini ifade etmişlerdir [20].

Wilson ve ark., (2002), saksı dolgu maddesi olarak torf yerine kompostun kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmalarında, %25, %50, %75 ve % 100 oranlarında arıtma çamuru ve talaştan oluşan kompost ile ticari torfu, test bitkisi olarak saksıda yetiştirilen *Gloxinia sylvatica* (HBK), *Justicia carnea* Lindl. ve *Lysimachia congestiflora* bitkilerini kullanarak karşılaştırmışlardır. Kompost bazlı yetiştirme ortamları torf bazlı yetiştirme ortamına kıyasla daha yüksek pH, EC, hacim ağırlığı, özgül ağırlık ve toplam porozite değerlerine neden olmuştur. *Gloxinia* ve *Justicia* bitkilerinde bitki boyu kompost bazlı yetiştirme ortamlarında, torf bazlı yetiştirme ortamına göre daha kısa kalmış, *Lysimachia* bitkisinde ise her iki ortam türünde de benzer sonuç alınmıştır. Bunun yanında bitkilerin görsel renk kalite durumları ile çiçek açmaları hem kompost bazlı hem de torf bazlı ortam da yetiştirilen bitkiler de kabul edilebilir düzeyde gerçekleşmiştir [21].

Dede ve ark., (2006), torf yerine kullanılacak organik atıkların kullanım potansiyelini mevsimlik süs bitkisi *Impatiens*de araştırdıkları çalışmada; saksı toprağında ana bileşen olarak torf, fındık zürufu ve mısır samanı kompostu, gübre

sağlayıcı olarak da kentsel katı atık kompostu ve tavuk gübresini çalışmışlardır. Hazırlanan karışımlarda saksı toprağında istenilen parametreler olan fiziksel ve kimyasal özellikler yanında bitki büyütme performansına da bakılmıştır. Çalışma sonucunda fındık zürufu ve mısır samanı kompostunun, torf yerine ana bileşen olarak kullanılabilmesi ve gübre sağlayıcı olarak kentsel katı atık kompostu ve tavuk gübresinin bitki büyüme ve gelişmesini kontrol uygulaması olan sadece torfa göre daha fazla pozitif etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre; kompost ve tavuk gübresi ile sağlanan azot bitki büyümesini ve çiçeklenmeyi etkilemiş, en büyük bitki büyümesi torf + mısır samanı + tavuk gübresi karışımından elde edilirken, en düşük bitki büyümesi sadece torf (ticari yetiştirme ortamı) dan elde edilmiştir. Yetiştirme ortamında kompostun varlığı bitkilerin yaş ve kuru kütleleri benzer olmasına rağmen, çiçek oluşumunu azaltmıştır. Diğer taraftan, ticari torf kullanıldığında bitkiler mevsimin başlangıcında bol şekilde çiçeklenirken, kompost ve tavuk gübresi eklenmiş substratlardaki bitkiler bir yâda iki hafta daha geç çiçeklenmesine rağmen daha uzun sürede ve daha çok çiçek üretmişlerdir. Bu sonuçlar neticesinde organik metaryellerin torfa alternatif büyüme ortamı bileşeni olarak kullanılmasının mümkün olduğu rapor edilmiştir [8].

Marianthi, (2006), torf/perlit standart yetiştirme ortamı yerine, kenaf bitkisinin lifleri ve çeltik kavuzu atığını değişik oranlarda torfa karıştırıp, üzerine ekilen *Pinus halepensis* çam fidelerinin büyüme performansını incelediği çalışmada, % 70 torf + % 30 çeltik kavuzu uygulamasının, % 70 torf + %30 perlit kontrol uygulamasından daha başarılı olduğunu bildirmektedir. Kenaf bitkisi liflerinin ise gerek fiziksel karakterleri sağlaması gerekse bitki büyütme performansı bakımından kontrol uygulamasından daha düşük performans gösterdiği için yetiştirme ortamı bileşeni olarak uygun olmadığı belirtilmektedir [22].

Torfun süs bitkileri için sağladığı avantajları kaybetmeden, kullanılan torf miktarını azaltmak için, torf değişik oranlarda organik ve inorganik malzemelerle karıştırılarak farklı yetiştirme ortamları elde edilmeye çalışılmıştır.

Özdemir ve ark., (2005), organik atıkların yetiştirme ortamı bileşeni olarak süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmada torf, fındık zürufu,

mısır samanı kompostu, tavuk gübresi ve katı atık kompostunu kullanarak oluşturdukları yetiştirme ortamlarını toprak bazlı ve torf bazlı kontrollerle kıyaslamışlar ve bu karışımların ana fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Bu malzemelerin bitki büyümesi üzerindeki etkilerini incelemek için iki farklı saksı deneyi düzenlenmiş ve *Ligustrum lucidum* ve *Cupressus macrocarpa* bitkileri iki yıl büyütülerek test edilmiştir. *Cupressus* için en iyi sonuçlar arıtma çamurlarının kullanıldığı karışımda olurken, *Ligustrum* için en iyi sonuçlar tavuk gübresinde elde edilmiştir. Genel amaçlar dikkate alındığında bu çalışmadan katı atık geri dönüşümü amacıyla çalışmada kullanılan organik atıkların tümünün toprak ve torf yerine yetiştirme ortamı bileşeni olarak kullanılabilineceği sonucu çıkarılmıştır [23].

Şahin ve ark., (1998) farklı yetiştirme ortamlarında ve damlatmalı sulama yöntemiyle yaptıkları çalışmada, yetiştirme ortamları olarak, torf, perlit ve volkan tufünü tek başlarına ve ikili üçlü karışımlar halinde, kontrol ortamı olarak da tın bünyeli toprak kullanmışlardır. İki yıl süren araştırmada yetiştiricilik 10 L hacimli plastik torbalarda yapılmıştır. Bitkilere makro ve mikro besin elementlerini içeren gübrelere hazırlanan solüsyon damla sulama yöntemiyle üç devrede farklı konsantrasyonlarda uygulanmıştır. Araştırmacılar, torfun tek başına kullanıldığı veya %50 torf içeren karışımların iyi sonuç verdiğini, torfla karışımlarından olumlu sonuçlar alınan perlit, kum ve volkan tufü materyallerinde hiç organik madde bulunmadığını, ancak drenajlarının iyi, su tutma kapasitelerinin yüksek ve ısınmalarının kolay olduğundan dolayı torfla karışımlarının bitkilerin kök gelişimi için uygun bir ortam oluşturduğunu belirtmişlerdir [24].

Yoğun olarak tarımsal faaliyet yapılan ve elde edilen ürünlerin işlendiği endüstri tesislerinin çok olduğu bölgelerde, ortaya çıkan organik kökenli atıkların bertarafı sorunu, torfa alternatif malzeme arayışlarıyla paralel olarak düşünüldüğünde, ortaya bölgesel yetiştirme ortamı bileşenleri çıkmaktadır. Bu bakış açısını kullan çeşitli ülkeler organik atıklarının yetiştirme ortamı olarak kullanılma potansiyellini belirlemekte ve yaptıkları çalışmalarla bu atıkları kullanarak yeni ürünler elde etmektedir.

Kütük (2000), sera koşullarında yaptığı çalışmada, çay atığı kompostu ve atık mantar kompostundan hazırlanan yetiştirme ortamlarını kullanmıştır. Çalışmada çay atığı kompostu, atık mantar kompostu, torf ve perlitten oluşan sekiz farklı karışım hazırlanmış, yetiştirme ortamlarının performansı önemli bir süs bitkisi olan kroton (*Codiaeum variegatum*) yetiştirilerek denenmiştir. Çalışmada, yetiştirme ortamlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile süs bitkilerine ilişkin önemli kalite ölçütleri (renk, canlılık genel görünüm, yaprak alanı ve sayısı, bitki boyu, ağırlık vb.) belirlenmiştir. Bitkilerin beslenme durumunu karşılaştırmak amacıyla bazı mineral madde içerikleri de saptanmıştır. Yetiştirme ortamlarında kolay alınabilir su içeriği ve suyu tamponlama kapasitesi yeterli bulunmuştur. Bununla birlikte karışımların havalanma kapasitesinin genelde düşük olduğu saptanmıştır. Başlangıçta ortamların suda çözünebilir besin maddesi içerikleri karışımların özelliklerine bağlı olarak değişiklikler göstermiştir. Çalışmanın sonunda bitkinin mineral madde kapsamı yönünden önemli farklılıklar belirlenmiştir. Genel olarak kroton bitkisinin toplam azot, fosfor ve potasyum içeriği çay atığı kompostlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarında yüksek, atık mantar kompostundan hazırlanan yetiştirme ortamlarında düşük olduğu bulunmuştur [5].

Hernandez-Apaolaza ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada süs bitkisi yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamı olarak çam ağacı kabuğu kompostu, Hindistan cevizi kabuğu ve arıtma çamuru gibi farklı materyallerin kullanılmasını çalışmışlar ve özellikle Hindistan cevizi kabuğunun kozalaklı bitkiler için yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliği üzerinde durmuşlardır. Deneme bitkileri olarak *Pinus pinea*, *Cupressus arizonica* ve *C. semperviens* kullanmışlar, yetiştirme ortamı karışımlarını ise 1) çam ağacı kabuğu kompostu 2) çam ağacı kabuğu kompostu+%15 arıtma çamuru kompostu 3) çam ağacı kabuğu kompostu+%30 arıtma çamuru kompostu 4)Hindistan cevizi kabuğu 5) Hindistan cevizi kabuğu+%15 arıtma çamuru kompostu 6) Hindistan cevizi kabuğu+%30 arıtma çamuru kompostu şeklindedir. Yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikler açısından iyi bir karakterizasyona sahip olduğunu saptamışlar ve 75 cm'lik bitkileri hazırladıkları bu yetiştirme ortamlarında 1 yıl süre ile yetiştirmişlerdir. Deney süresince bitki ve yetiştirme ortamlarını periyodik olarak test etmişlerdir. Hazırladıkları ortam karışımlarının hacim ağırlığı ve özgül ağırlıklarının çamur ilavesi ile arttığını tespit etmişler, çam ağacı kabuğu



kompostu içeren ortamın hacim ağırlığı ve özgül ağırlıklarının Hindistan cevizi kabuğununkinden daha yüksek olarak saptamışlardır. Porozite ise arıtma çamuru ilavesi ile düşmüştür ve çam ağacı kabuğu kompostuna göre Hindistan cevizi kabuğunun porozitesinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. 10 ve 50 cm emme basıncındaki alınabilir su ( $AW_{10-50}$ ), genel olarak Hindistan cevizi kabuğu içeren ortamda, çam ağacı kabuğu kompostundakinden daha yüksek olmuştur.  $AW_{50-100}$ 'de ise ortamlar arasında önemli bir fark olmamıştır. Oksitlenebilir organik madde biokati ilavesi ile azalmış, deneyin sonunda toplam organik madde yükselmiş, fakat oksitlenebilir organik madde azalmıştır. Bu durum organik maddenin deney süresince mineralize olması ile açıklanmıştır. Yetiştirme ortamlarına çamur ilavesi azot içeriğini arttırmış, en yüksek azot konsantrasyonu Hindistan cevizi kabuğu+%30 arıtma çamuru substratında saptanmıştır. Kullanıma uygun evsel arıtma çamurları için en uygun C:N oranı 15:1 ve 20:1 olarak belirtilmektedir. 25:1 yâda daha düşük C:N oranı ise olgun kompost için belirtilmektedir. Bu çalışmada hem çam ağacı kabuğu kompostu hem de Hindistan cevizi kabuğunda çok yüksek C:N oranları tespit edilmiştir. Fakat arıtma çamurunun ilavesi bu değerini düşmesini sağlamış ve sonuçların uygun değer aralığına girmesini sağlamıştır. Çalışmalarında ana amaç olarak arıtma çamurlarının geri dönüştürülmesini hedeflemişler ve %30 arıtma çamuru içeren ortam karışımlarında büyüyen bitkilerde en yüksek verimi elde etmişlerdir. *C. semperviens* ve *C. arizonica* bitkileri için hem çam ağacı kabuğu kompostu, hem de Hindistan cevizi kabuğu ile %30 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamı karışımlarında en iyi sonucu elde etmişler fakat çam ağacı kabuğunun Hindistan cevizi kabuğuna nazaran daha ucuz olması nedeniyle çam ağacı kabuğu kompostu +%30 arıtma çamuru kompostu karışımının kullanılmasının daha uygun olacağını belirtmişlerdir. *P. pinea* bitkisi için ise daha verimli sonuçlar almak için atık ürünler arasında yeni kombinasyonların araştırılıp geliştirilmesine ihtiyaç olduğu sonucuna varmışlardır [15].

Papafotiou ve ark., (2004), zeytin yağı fabrikalarında zeytin sıkıldıktan sonra oluşan organik atıkların süs bitkisi yetiştirme ortamı bileşeni olarak kullanılabilirliğini, test bitkisi olarak *Euphorbia pulcherrima* bitkisini kullanarak denemişlerdir. Çalışmada yetiştirme ortamları zeytin atığı, torf ve perlit değişik oranlarda karıştırılarak hazırlanmış, ayrıca torf ve perlit karışımından hazırlanan bir yetiştirme ortamı da

kontrol olarak kullanılmıştır. %50 ve %75 oranında zeytin atığı kullanıldığında, ortamların EC, toplam porozite ve kolay alınabilir su miktarları azalmasına ve renklenmeyi geciktirmesine rağmen, %25 zeytin atığı karıştırılan yetiştirme ortamında ki bitkilerinde ölçülen parametreler kontrol ortamı ile benzer sonuçlar vermiştir [25].

Abad ve ark., (2002), Asya, Amerika ve Afrika' dan aldıkları on üç Hindistan cevizi kabuğu örneğinin fizikokimyasal ve kimyasal özelliklerini torfa alternatif olarak kullanılabilmesi açısından incelemiştir. Bu amaçla hem farklı kaynaklardan alınan numuneler hem de kontrol olarak kullanılan Sphagnum torfundan önemli derecede farklı olabilecek tüm özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda Hindistan cevizi kabuğu tozunun az miktarda asidik olduğu, bunun yanında tuzluluğunun yüksek olduğu ve  $3900 \text{ mS m}^{-1}$  ile  $597 \text{ mS m}^{-1}$  arasında değiştiği (ortamın saturasyonundan elde edilen öz suda), katyon değişirme kapasitesi ve karbon / azot (C/N) oranının sırasıyla  $31,7-95,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  ve  $75-186$  seviyelerinde olduğu bunun yanında organik karbonun içinde lignin ve selüloz' un daha yüksek olduğu, alınabilir azot, kalsiyum, magnezyum ve mikro elementlerin konsantrasyonunun düşük, fosfor ve potasyum konsantrasyonunun dikkate değer şekilde yüksek olduğu (P ve K için sırasıyla  $0,28-2,81 \text{ mol m}^{-3}$  ve  $2,97-52,66 \text{ mol m}^{-3}$ ) ve tuzluluğun yüksek klorür ve sodyum konsantrasyonundan kaynaklanabileceği rapor edilmiştir [26].

Yetiştirme ortamlarında bitkilerin istenilen düzeyde gelişebilmeleri için ortamın veya ortamı oluşturan bileşenlerin temel bazı özellikleri bünyelerinde bulundurmalarının son derece önemli olduğu bilinmektedir. Uygun bir yetiştirme ortamı öncelikle yeteri kadar su ve havayı birlikte sağlamalı, biyolojik olarak ayrışmaya dayanıklı, stabil ve bitki gelişimi için gerekli besin elementlerini bitkiye verebilmelidir [27].

Yetiştirme ortamı olarak kullanılması düşünülen organik atıkların, bir yetiştirme ortamında bulunması gereken, bitki gelişimi ile verim ve kalitesini direkt olarak etkileyecek fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılayabilmesi gerekmektedir. Bu amaçla yetiştirme ortamı olarak kullanılacak organik malzemelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tam olarak belirlenmelidir. Süs bitkisi yetiştiriciliğinde

kullanılan yetiştirme ortamlarının sahip olmaları gereken optimum özellikler bilinmektedir. Bu özelliklerin ilk olarak arananları olan fiziksel özelliklere, yetiştirme ortamı olarak kullanılacak materyalin en çok partikül boyut dağılımı etki etmektedir. Saf olarak ideal şartları sağlayamayan farklı organik maddeler değişik oranlarda karıştırılarak veya partikül boyut dağılımı ayarlanarak özellikle su tutma ve hava kapasitesi bakımından elverişli hale getirilebilir [28].

Abad ve ark., (2005), yaptığı bir çalışmada farklı bölgelerinden seçilen Hindistan cevizi kabuğu tozunun fiziksel özelliklerinin partikül boyut dağılımına bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışmada kullanılan Hindistan cevizi kabuğu tozlarından Kostarika, Fildişi Sahilleri ve Meksika' dan alınanların, Hindistan, Sri Lanka ve Tayland' dan alınanlara göre daha lifli olduğu ve 1 mm den büyük partikülleri fazla olduğu için coarsenes indeksinin (CI) de yüksek olduğu görülmüştür. Hindistan cevizi kabuğu tozu hafif bir malzeme olduğu için toplam porozitesinin %94' ün üstünde ve hava kapasitesinin de yüksek olduğu (%24 - %89) buna karşın, su tutma ve kolay alınabilir su miktarının düşük olduğu (<%1 - %36 ; 137 ml/l – 786 ml/l), CI ve buna bağlı olarak toplam porozite ve hava kapasitesi yükselirken su tutma kapasitesi ve kolay alınabilir su miktarının düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca incelenen Hindistan cevizi kabuğu tozu örneklerinde partikül çapları 0,125 mm – 1 mm arasında olan partiküllerin fiziksel özellikleri önemli derecede etkilerken <0,125 mm ve > 1 mm boyutundaki partiküllerin bu özelliklere etkisinin belirsiz olduğu rapor edilmiştir [29].

Abd El-Hady ve ark., (2006), yerfıstığı kabuğu ve ağaç talaşı atıklarını saf olarak ve 1:1, 1:2 ve 2:1 oranlarında karıştırarak kompostlayıp, saksı dolgu maddesi olarak kullanılma özelliklerini araştırdıkları çalışmada, büyük partiküllerin makro por oranını artırarak, su tutma kapasitesini düşürdüğünü, tersi durumun ise hava kapasitesini düşürdüğünü bildirmektedir. Yer fıstığı kabuklarının hava kapasitesini artırdığı, ağaç talaşının ise su tutma kapasitesini artırdığı, her iki olumsuz durumun malzemelerin gerek 1:2 ve gerekse 2:1 karışımlar ile dengelendiği belirtilmektedir [30].

Noguera ve ark., (2003), Hindistan cevizi kabuğunun, fiziksel, fiziko-kimyasal ve kimyasal özelliklerini incelemişler ve özellikle partikül boyutu dağılımının (çap  $<0,125$  mm ve  $>2$  mm arasında) bu özelliklere olan etkilerini bulmaya çalışmışlardır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; partikül boyutu fiziksel özelliklere, özellikle hava-su ilişkisine önemli ölçüde etki eder. Partikül boyutunun yükselmesiyle hava içeriği artar ve su tutma kapasitesi (toplam ve kolay elde edilebilir) azalır. Kolay alınabilir su içeriğinin değişme modeli çok açık değildir ve en önemli değişim  $0,125$  mm -  $0,25$  mm' lik kısımda görülür. Partikül boyutunun  $0,5$  mm yi aştığı durumlarda fiziksel özelliklerde önemli ölçüde değişim meydana gelmektedir. Ayrıca elektiriksel iletkenlik ve alınabilir makro ve mikro element konsantrasyonlarının her ikisi de partikül boyutunun küçüldüğü durumlarda büyük miktarda artış gösterir [7].

Benito ve ark., (2006), on iki tane farklı bahçe atığı kompostu numunesinin önceden seçtikleri bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini, süs bitkileri için yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirlikleri açısından değerlendirmişlerdir. Bu amaçla incelenecek numuneler sezonluk değişmelerin olmadığı durumlarda on sekiz aylık periyotlar için bazı kompost tesislerinden alınmasına ve kontrol olarak bir Kanada Sphagnum torfu ve bir ticari yetiştirme ortamı kullanılmasına karar vermişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; bahçe atığı kompostunun pH değeri 8' in üzerindedir ve bu değer torf ve ticari yetiştirme ortamının pH değerinden yüksektir. Tüm numuneler yeterince organik madde miktarına ve kation değiştirme kapasitesine sahiptirler. C/N oranı 22 ve 48 arasında değişir ve bu değer normal değerler olan 15–20 seviyesinden önemli ölçüde yüksektir. Kompostlar farklı sezonlardan alınan yerleşik yığınlardan oluşmasına rağmen, onların kimyasal özelliklerinde önemli bir farklılık bulunamamış, bununla birlikte, su tutma özellikleri, kompost bileşenlerinin tesise girişinin sezonluk değişimlerinden etkilenmiştir. Tüm bu özellikler dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, bahçe atığı kompostunun torf ve ticari yetiştirme ortamı ile karşılaştırılmasıyla, bu materyalin saksıda süs bitkisi yetiştiriciliği için kullanılan bir substratın uygun bir bileşeni olduğu ortaya çıkmıştır [9].

Atiyeh ve ark., (2001), yaptıkları çalışmada, seralardaki saksılı üretimde kullanılan yetiştirme ortamlarına (Metro-Mis 360) yükselen oranlarda (0%, 5%, 10%, 25%,

50%, 100%) domuz gübresinden elde edilen solucan kompostu karıştırmışlar ve bu kompostun yetiştirme ortamının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada ayrıca hazırlanan ortamların bitki büyümesi üzerindeki etkilerini belirlemek için cam seralarda otuz bir gün süreyle domates (*Lycopersicon esculentum Mill.*) bitkisi yetiştirilmiş, fidelerin yarısı günlük olarak inorganik gübreler katılmış su ile diğer yarısı normal su ile sulanmıştır. Metro-mix 360 yetiştirme ortamına domuz gübresinden elde edilmiş solucan kompostu eklendiğinde, yetiştirme ortamlarının hepsinde toplam porozite, hava boşluğu, pH ve amonyum konsantrasyonu önemli ölçüde azalmakla birlikte, hacimsel yoğunluk, elektriksel iletkenlik, genel mikrobiyal aktivite ve nitrat konsantrasyonları solucan kompostu katılan ortamların tümünde yükselmiştir. %100 domuz gübresinden yapılmış solucan kompostu içeren saksılardaki domates fidelerinin gelişiminde azalma meydana gelmiş ve bu azalmanın sebebinin yüksek tuzluluk oranı, porozite ve hava miktarının yetersizliğinden kaynakladığı düşünülmüştür. Domates fidelerindeki en yüksek gelişme %25 ve %50 solucan kompostu eklenen saksılarda görülmüştür. Ayrıca sürekli olarak inorganik gübre karıştırılmış suyla sulanan saksılardaki domates fidesi gelişimi, normal suyla sulanan saksılara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar neticesinde domuz gübresinden elde edilen solucan kompostunun, bitki gelişimini düzenleyici olarak yetiştirme ortamına katılmalarının uygun olduğu rapor edilmiştir [31].

Özellikle kentsel organik atıklardan değişik yöntemlerle elde edilen kompostların, süs bitkisi yetiştiriciliğinde değerlendirilmesi, hem sektöre alternatif bir hammadde kazandırmış hem de sürdürülebilir bir organik atık bertaraf yöntemi oluşmuştur. Kentsel katı atıkların bertarafı, sıvı ve gaz atıkların bertarafına göre farklılıklar gösterir. Katı atıklar çok çeşitli ve biyolojik olarak parçalanması daha zor olan atıklardır. Katı atık oluşumunun minimize edilmesi ve geri döngü ile sisteme geri verilmesi çöp depolama alanlarının ömrünün önemli ölçüde uzamasını sağlamaktadır. Çöp depolama alanlarına gelen atıkların en büyük kısmını organik atıkların oluşturduğu düşünülürse, organik atıkların kompostlanarak tarımsal faaliyetlerde ve toprak ıslahında kullanılmasının önemi daha iyi anlaşılmaktadır [32, 33].

Hicklenton ve ark., (2001), evsel katı atık kompostu ve torf karışımı (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 v/v) ile ladin ağacı kabuğu kompostu ve torf karışımını (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 v/v) yetiştirme ortamı olarak iki yıl süre ile test bitkisi olarak seçtikleri *Cotoneaster dammeri* cv. bitkisinde denemişlerdir. Çalışmada kullanılan evsel katı atık kompostu iki sene için aynı ticari kompostlama işlemi ile elde edilmesine rağmen hacim ağırlığı, tuzluluğu ve pH' ı yıldan yıla değişiklik göstermiştir. Deneme sonuçlarına göre evsel katı atık kompostu kullanılan yetiştirme ortamındaki bitkiler her iki yılda da kabuk kompostu içeren ortamdaki bitkilere göre daha fazla büyümüştür. En düşük bitki büyümesi %100 kabuk kompostu ve %100 evsel katı atık kompostu içeren ortamlarda, en yüksek bitki büyümesi ise %75 katı atık kompostu % 25 torf içeren ortamda belirlenmiştir. Ayrıca evsel katı atık kompostu içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerdeki ağır metal içerikleri, kabuk kompostu içeren ortamlardaki bitkilerden hiçbir uygulamada yüksek bulunmamıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar neticesinde evsel katı atık kompostunun yıllara göre farklı kimyasal kompozisyonlar göstermesine rağmen, saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılabilecek uygun bir yetiştirme ortamı bileşeni olduğu rapor edilmiştir [18].

Saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılacak yetiştirme ortamlarda karşılaşılan en büyük sorun süs bitkilerinin gelişiminde önemli rol oynayan azot miktarının azlığıdır. Torf, Hindistan cevizi kabuğu, ağaç kabuğu kompostu ve benzeri yetiştirme ortamları bitki kökleri için iyi bir tutunma ortamı ve elverişli fiziksel özellikler sağlarken, bitkilere yeteri kadar azot sağlayamamaktadır [34]. Bitkilerin azot ihtiyacını gidermek için genellikle kimyasal gübreler kullanılmakta ve bu durum ise hem üretim maliyetini artırmakta hem de sızmalar nedeniyle hassas gübreleme programlarının uygulanmasına gerek duymaktadır. Süs bitkisi üretiminde gübre ihtiyacı, hali hazırda bertarafı önemli bir sorun olan arıtma çamurlarının yavaş salınımlı gübre kaynağı olarak değerlendirilmesi için ekolojik ve ekonomik bir fırsat sunmaktadır [3].

Guerrero ve ark., (2002), denemelerini yaptıkları bölgede süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılmakta olan ağaç kabuğu kompostu + yavaş salınımlı gübreye (15:11:13) alternatif olarak, çam ağacı kabuğu kompostu ve %15 arıtma çamuru karışımından hazırlanan yetiştirme ortamı ile çam ağacı kabuğu kompostuna 4 g/L NPK gübresi

ilavesinden oluşan yetiştirme ortamını *Pinus pinea* ve *Cupressus arizonica* bitkilerini kullanarak karşılaştırmışlardır. Deneme sonuçlarına göre, her iki bitkide de bitki boyları değişmezken, kuru ağırlıkların arıtma çamuru ilave edilmiş uygulamalarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Arıtma çamuru yetiştirme ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerini kısmen değiştirmiş ve ortam özelliklerine en önemli olumsuz etkisi ortamın tuzluluk değerini yükseltmiş olmasıdır. En önemli pozitif etkisi ise mikroporoziteyi artırarak, tekrar sulandığında su çekmeyi kolaylaştırmış olması ve yetiştirme ortamını azot yönünden diğer uygulamalara kıyasla daha zenginleştirmiş olmasıdır [35].

Grigati ve ark., (2007), torf, yeşil bahçe atığı (% 25, %50, %75, %100) ve arıtma çamurlarını (%80, %20 v/v) kullanarak hazırladıkları yetiştirme ortamlarının bitki büyütme performanslarını, mineral kompozisyonlarını ve iz element muhtevalarını inceledikleri çalışmada, bitki kuru ağırlığının % 25-% 50 oranında arıtma çamuru ilave edilen uygulamalar ile ticari torf kontrol uygulamasında benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak daha yüksek oranlarda arıtma çamuru ilavesi bitkilerdeki K, Mg, Mn gibi bitki besin elementlerini artırırken, Cu, Zn, Ni gibi bitkiye toksik etki yapabilecek ağır metalleri de arttırmıştır [36].

Aşık ve Katkat (2004), gıda sanayi arıtma çamurlarının bazı özelliklerini ve tarımsal kullanım olanağını araştırmışlar, belirli zamanlarda aldıkları arıtma çamuru örneklerinde pH, EC, kuru madde, organik madde, C:N oranı, bazı bitki besin elementleri ve ağır metal içeriğini belirlemişlerdir. Ayrıca sera koşullarında yürüttükleri çalışmada arıtma çamurunu (0-20-40-80-120-160 ton ha<sup>-1</sup>) düzeylerinde toprağa uygulamışlar ve mısır bitkisinin gelişim ve mineral içeriği üzerine etkisi ile 30 gün inkübasyon süresi sonunda ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak özellikleri üzerinde meydana gelen değişimleri belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar; toprağa artan miktarda uygulanan arıtma çamurunun, bitkinin mineral içeriğini artırdığı ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini, toprak pH' ını düşürdüğünü, başta organik madde içeriği olmak üzere, EC, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg, Na ve alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir [37].

Tolay ve ark., (2000), Maya üretimi sırasında ortaya çıkan atık çamuru, torf ve parçalanmış mısır sapı ile karıştırıp, saksıda bitki üretimi için kullandıkları çalışmalarında, atık çamurla kompostlanmış, mısır sapı ile kumlu balçık toprak ve % 20 tarımsal perlit karışımı mevsimlik çiçeklerin; *Tagetes patula* Carolus Linnaeus (Boylu Kadife), *Tagetes erecta* Carolus Linnaeus (Kısa Kadife), *Zinnia elegans* Nicolaus Joseph Jacquin (Kırlı Hanım), *Malcolmia maritima* Carolus Linnaeus (Şebboy) yetiştirilmesinde en iyi büyümeyi sağladığını rapor etmişlerdir [38].

Endüstriyel kaynaklı arıtma çamurları, ortaya çıktıkları endüstriyel kuruluşların özelliklerine de bağlı olarak, zehirli bileşikler ve ağır metaller gibi hem çevre açısından çok tehlikeli hem de bitkiler için toksik olabilecek maddeler içerebilirler. Bu tip arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanılmalarında çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Arıtma çamurlarının tarımda kullanılmasında, daha çok evsel atıksu arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurları düşünülmekte ve meyve, sebze gibi insanların tükettiği tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde değil, süs bitkisi yetiştiriciliği gibi direkt insan sağlığına etki etmeyecek ürünlerin yetiştiriciliğinde kullanılması uygun görülmektedir [39].

Ticknor ve ark., (1985), kompostladıkları arıtma çamurlarını ponza taşı, ağaç kabuğu kompostu, torf ve talaş gibi çeşitli bileşenlerle karıştırmışlar ve altı farklı yetiştirme ortamı elde etmişlerdir. Elde edilen yetiştirme ortamlarındaki çamur kompostu miktarı % 25' den %50' ye yükseltildiğinde tüm yetiştirme ortamlarındaki pH, elektriksel iletkenlik ve hava kapasitesinde artışa sebep olmuştur. Ayrıca bunlarla yetiştirilen *Photinia x fraseri* Dress. ve *Thuja occidentalis* L. *Pyramidalis*in büyümesi diğerlerine göre artmıştır. Talaş en yüksek pH, EC ve hava kapasitesine, torf en yüksek su tutma kapasitesi ve büzüşmeye, ağaç kabuğu kompostu en yüksek hacimsel yoğunluğa sahip olarak bulunmuştur. Çamur kompostu içeren yetiştirme ortamlarından torf ve ağaç kabuğu kompostundaki bitkiler eşit büyüme göstermişler ve bu büyüme ticari yetiştirme ortamlarındaki büyümeden fazla olmuştur [40].

Önal ve ark., (2003), yaptıkları sera denemesinde iki yıl yinelemeli olarak toprağa uygulanan farklı kentsel arıtma çamurlarının domates bitkisinde kuru madde, meyve ürün miktarları ve bazı meyve kalite özellikleri ile mineral içerikleri üzerindeki



etkilerini incelemiştir. Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ile ilgili olarak her iki yıl domates bitkisinin kuru madde ve meyve ürün miktarları ve meyvede N, P, K, Mg, Fe içerikleri artmıştır. Arıtma çamurlarının niteliklerindeki farklılık, uygulandıkları toprakta yetişen bitkilerin gelişme ve mineral içeriklerine yansımıştır. Arıtma çamurlarının yinelemeli uygulamalarında bitkide daha yüksek mineral içerikleri belirlenmiştir. Toprağa uygulanan çamurlar düşük düzeylerde bitki gelişimini olumlu etkilemiş, fakat yinelemeli uygulamalarda ve yüksek uygulama düzeylerinde, uygulanan çamur tipine bağlı olarak gelişimde duraklama ve fitotoksiste etkileri belirlenmiştir. Kentsel arıtma çamurunun sera toprağına yinelemeli uygulamalarının sonucu olarak, bitkide gözlenen fitotoksiste ve çamur etkilerinin farklılıkları üzerindeki bulgular arıtma çamurlarının tarımda güvenli geri kazanımı üzerindeki endişelere örnek teşkil etmektedir [41].

Ostos ve ark., (2008), torf, evsel katı atık kompostu ve arıtma çamuru kompostu kullanarak yaptıkları çalışmada, tüm ortamların pH, EC ve organik madde düzeyleri yetiştirme ortamı olarak kullanılması açısından uygun bulunurken, arıtma çamuru içeren ortamların azot içeriğinin diğer ortamlara göre önemli derecede arttığı belirlenmiştir. Bunun yanında arıtma çamurunun biyolojik olarak bir toksik etki yapmadığı ve çamur kullanılan ortamlardaki ağır metal düzeylerinin limit değerlerin altında olduğu görülmüştür. Ortamların süs bitkisi yetiştirmeye uygunluğu *Pistacia lentiscus* bitkisi kullanılarak denenmiş ve arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin bitki boyları, gövde ve kök kuru ağırlıklarının da diğer ortamlarda yetiştirilen bitkilere göre yüksek bulunduğu rapor edilmiştir [42].

Hernandez-Apaolaza ve ark., F. (2008), ağaç kabuğu kompostu ve Hindistan cevizi kabuğu yetiştirme ortamlarını % 0, % 15 ve % 30 arıtma çamurları ile karıştırdıktan sonra sızdırma kolonlarında 1 ay süreyle deiyonize su ile sulayıp drenaj ile çıkan süzükte, nitrat ve ağır metaller Cd, Pb ve Zn konsantrasyonlarını inceledikleri çalışmada, ağaç kabuğu kompostunun incelenen parametreleri Hindistan cevizinden daha fazla tuttuğunu belirtmektedir. En yüksek arıtma çamuru dozunda süzükte ölçülen nitrat Hindistan cevizi kabuğu ve ağaç kabuğu kompostunda sırası ile 2049 µg/g, 1221 µg/g olarak tespit edilmiştir. Cd Hindistan cevizi kabuğunda 42 µg/L, ağaç kabuğu kompostunda 4,5 µg/L olarak ölçülmüş, Zn her iki karışımda da 5 µg/L

ve Pb ise 1 µg/L'nin üstüne çıkmamıştır. Araştırmacılar bu sonuçlarla katyon ve anyon tutma kapasitesi daha yüksek olan materyallerin sızma ile kaybı önlemek amacıyla daha iyi sonuç vereceği kanaatine varmıştır [43].

Tüm dünyada, arıtma çamurlarının deponi alanlarına gönderilmesinin büyük ölçüde kısıtlanması, yakma tesislerinin ise gerek yüksek maliyeti ve arıtma çamurlarının sürekli artan miktarlarının yanında ihtiyaca cevap verememesi, gerekse ortaya çıkan zehirli gazlar nedeniyle çok kullanışlı olmaması neticesinde, bu atıkların tarımsal faaliyetlerde kullanılarak bertaraf edilmesi en uygulanabilir yöntem olarak görülmektedir [44]. Ağır metal içerikleri limit değerleri aşmayan ve değişik metotlarla steril hale getirilen arıtma çamurları içerdikleri yüksek oranda organik madde, mikro ve makro besin elementleri ile gübre amacıyla kullanılabilirdiği gibi, toprakların ve yetiştirme ortamlarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde iyileştirmekte ve süs bitkileri saksı toprağının maliyetini düşürmektedir [15, 45].

Ingelmo ve ark., (1998), yaptıkları bir çalışmada, evsel katı atık kompostu, arıtma çamurları, çeltik kavuzları, üzüm cibresi ve çam ağacı kabuğu kompostu gibi organik atıkların süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanılmasının ekonomik ve çevresel problemler açısından en pratik yöntem olduğu bildirilmektedir. Çalışmada ayrıca bu materyallerin kullanılması durumunda süs bitkisi üretim maliyetlerinin de belirli oranlarda düşeceği, özellikle arıtma çamurlarının kullanılması ile sektörün en önemli gider kalemlerini oluşturan gübreleme ve sulama gibi ihtiyaçların azalması ile maliyetlerin % 20 - % 40 arasında azaltılabileceği sonucuna varılmıştır [3].

### BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

Süs bitkileri genellikle organik veya inorganik materyallerin saf ya da belirli oranlarda karışımları kullanılarak saksı ve saksı benzeri ortamlarda yetiştirilmektedir. Saksı dolgu materyali olarak torf en sık kullanılan madde olmakla birlikte, torfa olan talebin artışı, kaliteli torfun maliyetinin yüksek olması ve torf yatağı kazılarının çevre bozulmalarına neden olması gibi nedenler farklı organik yetiştirme ortamları arayışına hız vermiştir. Torf yerine geri dönüştürülebilir farklı organik atıkların kompostlanarak veya işlenerek saksı toprağı olarak kullanılabilme arayışları devam etmektedir. Organik atıkların yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme potansiyelleri fiziksel, fiziko kimyasal ve kimyasal özellikleri analiz edilerek belirlenmektedir.

Ayrıca, yetiştirme ortamlarının gerek saf gerekse değişik karışımlar şeklinde kullanımının bitki büyümesine ve süs bitkisi yetiştiriciliğindeki bazı kalite kriterlerine olan etkilerinin de ortaya koyulması gereklidir.

Çalışmanın ilk aşamasında findık zürufunun süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme potansiyeli ile bitki yetiştirmeye uygunluğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakterizasyonu yapılarak incelenmiştir. İkinci aşamada ayrışmasını ileri derecede tamamlamış H4 findık zürufu numunesine değişik oranlarda arıtma çamuru ilavesinin yetiştirme ortamı özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Üçüncü aşama ise findık zürufu ve arıtma çamuru karışımlarının mevsimlik ve dış mekân süs bitkilerinin yetişmesine uygunluğunu tespit etmek için düzenlenmiştir.

### 3. 1. Fındık Zürufunun Karakterizasyonunun Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Çalışmada kullanılan fındık zürüfları Türkiye'nin en çok fındık üretilen bölgesi olan Karadeniz Bölgesinden temin edilmiştir. Süs bitkilerine yetiştirme ortamı olması amacıyla, çalışmanın ilk aşamasında, ayrışma derecesi farklı 4 fındık zürufu örneği incelenmiştir. Bunlar, hasattan hemen sonra alınan ham materyal H1, atıldığı bölgeden 6 ay sonra toplanan yarı ayrılmış H2, atıldığı bölgeden 8 ay sonra toplanan H3 ve yine 8 ay sonra fakat gölgelendirilmiş alandan alınan H4 örnekleridir. Minimum 50 L olacak şekilde alınan örnekler açık havada kurutulmuş ve özel bir parçalama makinesinden geçirilmiştir.



Şekil 3. 1. Fındık Zürufunun toplanması ve parçalayıcıdan geçirilmesi

Hazırlanan fındık zürufu numunelerinin fiziksel, fiziko-kimyasal ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 3. 2. Analiz için hazırlanan fındık zürufu numuneleri

### 3. 1. 1. Fındık zürufunun olgunluk derecesinin belirlenmesi

Bu çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin olgunluk derecesinin belirlenmesi amacıyla, 1 g hava kuru numune ve 50 ml 0,5 M NaOH alınarak hazırlanan karışım 2 saat çalkalayıcıda çalkalanmış ve 25 dakika 3000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Elde edilen sıvı UV- spektrofotometrede 190 ve 1100 nm arasında taranmış ve solüsyonun optik yoğunluk verdiği değerler ölçülmüştür ( $E_6$ ,  $E_4$ ,  $E_2$ ).  $E_2/E_4$ ,  $E_2/E_6$  ve  $E_4/E_6$  oranları huminifikasyon prosesinin yoğunluk seviyesini tanımlamada kullanılmıştır [46].

$E_2/E_4$ : Huminifikasyonun başlangıcında oluşan ligninin bağlı miktarını belirler.

$E_2/E_6$ : Huminleşmemiş materyal ile çok huminleşmiş materyal arasındaki ilişkiyi belirler.

$E_4/E_6$ : Huminifikasyon derecesini belirler [46].

### 3. 1. 2. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

#### 3. 1. 2. 1. Partikül boyut dağılımı

Hava kuru fındık zürufu örnekleri 35 °C’ de bir süre daha kurutulmuş ve elektromagnetik dijital titreşimli elek setinde (CISA, model 002), 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25 ve 0.125 mm aralıklarında değişen elek serisi kullanılarak 10 dakika sonunda her bir elekte kalan tanelerin ağırlıkları ölçülmüştür. Ölçülen bu ağırlıklar kullanılarak aşağıdaki formülle her bir elek aralığında kalan tanelerin toplam numunedeki oranı hesaplanmıştır.

$$\%P_i = (M_i / M_t) \cdot 100 \quad (3. 1)$$

% P<sub>i</sub>; her bir elek aralığındaki numune yüzdesi

M<sub>i</sub>; her bir elek aralığındaki numune miktarı (g)

M<sub>t</sub>; toplam numune miktarı (g)



Şekil 3.3. Dijital titreşimli elek seti (CISA, model 002)

Partikül boyut yüzdeleri ile aşağıdaki eşitlikler kullanılarak partikül boyut indeksi CI (Coarseness index), partikül çaplarının geometrik ortalaması ( $d_g$ ) ve geometrik sapmaları ( $\sigma_g$ ) hesaplanmıştır. CI hesaplanırken toplam partikül miktarı içindeki 1 mm den büyük parçacıklar göz önüne alınmaktadır [8, 19, 26].

$$CI = \sum \%P_i ; \quad i > 1 \text{ mm} \quad (3.2)$$

$$d_g = \exp(a) \quad (3.3)$$

$$a = \sum_i m_i \ln d_i \quad (3.4)$$

$$\sigma_g = \exp \sqrt{\sum_i m_i (\ln d_i)^2 - a^2} \quad (3.5)$$

$m_i$  = elekte tutulan partiküllerin ağırlığı

$d_i$  = iki ardışık eleğin çaplarının ortalaması

### 3. 1. 2. 2. Özgül ağırlık

Gerçek yoğunluk da denilen özgül ağırlık, kuru katı materyalin ( $105^\circ\text{C}$ 'de kurutulmuş) kütlesi ile partiküllerin işgal ettiği gerçek hacim arasındaki ilişkiyi belirtir, buna partiküller arasındaki boşluk alanları dahil değildir [47].

Fındık zürufu numunelerinin özgül ağırlıkları, AB standartlarında belirtildiği % organik madde ve % kül muhtevaları (mineral madde) belirlenerek aşağıdaki formüle göre bulunmuştur.

$$\text{ÖA (g/cm}^3\text{)} = \frac{100}{\frac{\% \text{OM}}{1,45} + \frac{\% \text{KM}}{2,65}} \quad (3.6)$$

Burada; ÖA özgül ağırlık, OM materyalin organik maddesini, KM ise mineral maddesini (kül) ifade eder.  $2,65 \text{ g/cm}^3$  ve  $1,45 \text{ g/cm}^3$  bazı materyaller için önerilen

sabit özgül ağırlık değerleri, mineral maddesi fazla olan ortamlar için  $2,65 \text{ g/cm}^3$  ve organik maddesi fazla olan ortamlar için  $1,45 \text{ g/cm}^3$ 'dir. [26, 47].

### 3. 1. 2. 3. Hacim ağırlığı

Fındık zürufu numunelerinin hacim ağırlığı, AB standartlarında belirtildiği gibi bilinen bir hacimdeki numunelerin, su kolonunda 10 cm emme basıncına tabi tutulduktan sonra kuru ağırlığının ölçülmesi ile bulunmuştur [19, 26, 47, 48].

Bu işlem için paslanmaz çelikten 3 ve 4 cm yüksekliğinde, 8 cm çapında halkalar ile ısıya dayanıklı tül kullanılır. Hacmi bilinen 4 cm yüksekliğindeki halka ile tabanına geçirilecek tülün ve lastiğin ağırlığı birlikte tartılır (A). 3 cm yüksekliğindeki diğer eş halka üste gelecek şekilde iki halka birbirine bantlanır ve tül 4 cm yüksekliğindeki halkaya geçirilir. Daha önceden ayrı bir kaptaki nemlendirilen substrat silindirin içine düzgünce yerleştirilir ve halkanın kenarlarında 1 mm taşacak şekilde üst tarafı bir spatüla ile düzeltilir. Daha sonra bir leğene yerleştirilerek halkanın üzerinde 0,5 mm boşluk kalıncaya kadar su ilave edilir ve 48 saat saturasyona bırakılır. 48 saat dolduktan sonra, numuneyi 10 cm basınca tabi tutmak için, silindirler 48 saat boyunca kum kovaşında tutulur.



Şekil 3. 4. Saturasyondan alınan numunelerin kum kovaşına konulması

Kum kovaşı silindirik yapıda ve 25 litre hacminde bir kutudur ve tabanından yaklaşık olarak 15 cm yukarıda suyun akması için bir delik vardır. İçine konan kum, deniz kumu olup ince taneciklidir ve drenaj deliğinden 10 cm yukarıya kadar kovaya doldurulur, yeterli miktarda su ilave edilir böylelikle tüm kovalar aynı miktarda su taşırır. Kumlar arasındaki boşluklar drenaj esnasında nemli tutulmalıdır.



48 saat sonra, halkalar kum kovaşından alınır. Üstteki 3 cm yüksekliğindeki halkayı çıkarılıp, 4 cm yüksekliğindeki halka içinde bulunan numunenin üzerini bir spatula ile düzelterip nemli numune ile halkayı tartılır (B). Sonuç olarak, numuneler etüvde 105 °C derecede sabit tartıma (C) gelene kadar kurutulur.

Ölçülen ağırlık değerleri; A, B ve C ile numunenin nem miktarı (X) aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$X (\%) = \frac{B-C}{B-A} 100 \quad (3. 7)$$

Tüm analizler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Numunenin ortalama nem miktarlarından, numunenin hacim ağırlığı aşağıdaki eşitlikle bulunur:

$$HA \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{B-A}{V} \times \frac{100-X}{100} \quad (3. 8)$$

#### 3. 1. 2. 4. Toplam porozite

Bu çalışmada fındık zürufu numunelerinin toplam porozitesi su ile tamamen doyurulan numunelerdeki su miktarının belirlenmesiyle bulunmuştur.

Toplam porozite belli ağırlıktaki numunelerin kütesinin (Hacim-Ağırlık) o kütle içerisindeki gözenek hacmine % oranı olarak ifade edilebilir ve hacim ağırlığı ve özgül ağırlık değerleri kullanılarak aşağıdaki formüle göre belirlenir [19, 26, 47, 48].

$$\text{Toplam Porozite \%} = (1-(HA/\ddot{O}A)).100 \quad (3. 9)$$

Burada HA hacim ağırlığı,  $\ddot{O}A$  da özgül ağırlık değerleridir.

### 3. 1. 2. 5. Hava kapasitesi

Yetiştirme ortamlarının hava kapasitesi genellikle bu ortamların içindeki hava miktarının ortamın toplam porozite hacmine oranı olarak tanımlanır. Bu çalışmada fındık zürufu numunelerinin hava kapasitesi, numunelerin su ile saturasyonundan sonra 10 cm basınçta drene edilmesinden kaynaklanan kayıpla bulunmuştur [19, 26, 47, 48].

$$\% \text{ Hava Kapasitesi} = \text{Toplam Porozite (\%)} - \text{Su tutma Kapasitesi (\%)} \quad (3. 10)$$

### 3. 1. 2. 6. Su tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi, yetiştirme ortamı içindeki maksimum su içeriğidir. Yetiştirme ortamındaki suyun yer çekiminin etkisi ile 10 cm kum üzerinde drene olduktan sonra, ortamın tutabileceği maksimum su miktarı olarak tarif edilir. Su tutma kapasitesi organik maddenin yapısı, partikül boyutu ve makro ve mikro por hacmine bağlı olarak değişir [47, 48].

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin su tutma kapasitesi, suya doyurulan numunelerin 10 cm basınca tabi tutulduktan sonra numunelerde kalan su miktarının belirlenmesiyle aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır

$$\text{STK (ml su / l substrat)} = ((B-C) / V).1000 \quad (3. 11)$$

Burada, STK, su tutma kapasitesi V, özgül ağırlığı saptamak için kullanılan 4 cm'lik çelik halkanın hacmi, B (yaş) ve C (kuru) bu hesaplama için ölçülen ağırlıklardır. [19, 26, 47, 48].

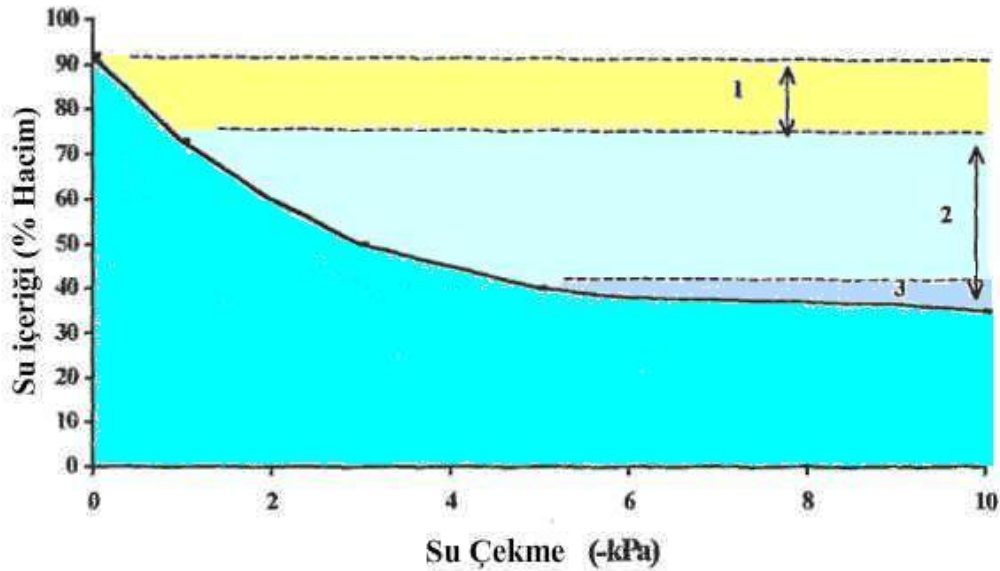
### 3. 1. 2. 7. Su tutma eğrisinin çıkartılması

Yetiştirme ortamlarının hava ve su kısımlarının saptanmasında kullanılan yöntemler, toprakta uygulanan yöntemlerden farklıdır. Tarımsal toprakların su tutma eğrisinde genellikle geniş bir aralıktaki basınç (gerilim) ölçülür (0–1,5 MPa). Fakat buna zıt

olarak, yetiştirme ortamlarının su salma eğrisinde dar bir aralıktaki emme basıncı uygulanır (su kolonundaki 0–100 cm'lik gerilim) [19, 26, 47, 48].

Su tutma eğrisi önceden suyla doyurulmuş numuneden ayrılan hava/su kısmının belli bir basınca (gerilime) ya da gaz basıncına tabi tutulması ile belirlenir. Yetiştirme ortamı, uygulanan basınç ile bir dengeye ulaştığında, suyunu serbest bırakır. Aşağıdaki grafik uygulanan basınca (gerilime) karşı gelen yetiştirme ortamının nem hacmini göstermektedir ve su salma eğrisi olarak adlandırılmaktadır. [19, 26, 47, 48]

Su tutma eğrisi, yetiştirme ortamlarının önemli hidrolik özellikleri olan kolay alınabilir su miktarı, zor alınabilir su miktarı, rezerv su miktarı ve toplam alınabilir su miktarı gibi özellikleri tanımlar [19, 26, 47, 48].



Şekil 3. 5. Yetiştirme ortamının su salma eğrisi 1: Hava kapasitesi, 2 : Kolay alınabilir su, 3: Rezerv su

Fındık zürufu numunelerinin su tutma eğrisi, önceden suya doyurulmuş numunelerin su kolonunda, 0, 10, 50, 100 cm tansiyonlarda kaybettikleri su miktarlarına bakılarak belirlenmiştir [19, 26, 47, 48].



Şekil 3. 6. Su kolonu

### 3. 1. 2. 8. Kolay alınabilir su miktarı

Kolay alınabilir su miktarı, yetiştirme ortamının su kolonunda 10 cm gerilim ile 50 cm gerilim arasında tuttuğu su miktarı olarak tanımlanmaktadır [8, 26, 49].

Bu çalışmada fındık zürufu numunelerinin kolay alınabilir su miktarları, önceden suya doyurulmuş numunelerin su kolonunda 10 cm ve 50 cm gerilim de sularının drene edilmesi ile bulunmuştur [26, 47, 48, 50].

### 3. 1. 2. 9. Rezerv su

Rezerv su, su kolonundaki 50 cm'den 100 cm gerilime kadar ortamdan ayrılan su miktarıdır (hacimde % olarak). Bu çalışmada fındık zürufu numunelerinin rezerv su miktarları, önceden suya doyurulmuş numunelerin su kolonunda 50 cm ve 100 cm gerilim de sularının drene edilmesi ile bulunmuştur [19, 26, 47, 48].

### 3. 1. 2. 10. Hidrolik iletkenlik

Yetiştirme ortamlarının içinde bulundurduğu suyu iletim kapasitesi de su tutma miktarı kadar önemlidir ve bu özelliğine substratın hidrolik iletkenliği denir. Substratların hidrolik iletkenlikleri yüksek olmalıdır. Eğer substrat suya doygunsa, hidrolik iletkenlik maksimum olacaktır ve bu duruma doygunluk hidrolik iletkenliği

denir. Bu tanelerin karakterlerine (yapı, boyut, birleşme, tortusuzluk) ve substrat partiküllerinin yüzey tiplerine bağlıdır. Substratın doymun olmadığı durumlarda ki hidrolik iletkenliği ise doymun olmayan hidrolik iletkenlik denir ve benzer parametrelere bağlıdır. Doymun olmayan hidrolik iletkenliğin deneysel olarak hesaplanması çok zordur. Fakat doymunluk hidrolik iletkenliği ve serbest su eğrisi yoluyla tahmin edilebilir [51, 52, 53, 54].

Fındık zürufu numunelerinin hidrolik iletkenliği serbest su eğrisi yoluyla aşağıda verilen formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha h)^n)^m} \quad (3.12)$$

$$Kr(h) = \frac{[1 - (\alpha h)^{n-1} (1 + (\alpha h)^n)^{-m}]^2}{(1 + (\alpha h)^n)^{m/2}} \quad (3.13)$$

Yukarıdaki formülde  $\theta_r$  ve  $\theta_s$  rezerv ve saturasyondaki su içerikleri, h numunelerin su kolonunda drene edildikleri gerilimlerdir.  $\alpha$ , n ve m ise serbest su eğrisi yoluyla belirlenir ve m ve n değerleri arasında,  $m = 1 - 1/n$  şeklinde bir ilişki vardır.[26, 55, 56, 57].

### 3. 1. 2. 11. Yeniden su çekme

Tekrar su çekçe özelliği 40 °C'de kurutulmuş yetiştirme ortamının 10 ml saf suyu absorblaması için geçen süre (dakika) olarak tanımlanmaktadır [26, 28, 29].



Şekil 3. 7. Fındık zürufu numunelerinin yeniden su çekmesinin belirlenmesi

Fındık zürufu numunelerinin yeniden su çekme özellikleri Australian Standardında belirtildiği şekilde kurutulmuş numunelerin 10 ml saf suyu absorblaması için geçen süre ölçülerek belirlenmiştir [58].

### 3. 1. 2. 12. Hacmin büzülmesi (Shrinkage)

Fındık zürufu numunelerinin hacminde meydana gelen büzülme, numunelerin 105 °C'de kurutulması sonucunda hacminde meydana gelen kaybın yüzde olarak ifade edilmesi ile bulunmuştur.



Şekil 3. 8. Kurutulan numunenin ne kadar çöktüğünün ölçülmesi

Hacmin büzülmesini bulmak için önce numuneler nemlendirilir. Daha sonra çelik halkalara konularak tartılan numuneler suya dolgun hale getirilir ve su kolonunda 10 cm' lik basınçta 48 saat drene edilir. Buradan alınan numuneler tartıldıktan sonra 105 °C'de sabit tartıma gelene kadar kurutulur. Kurutma işlemi bitikten sonra numunelerin ne kadar çöktüğü çelik halkaların duvarlarından ne kadar ayrıldığı

ölçülür ve aşağıdaki formül kullanılarak numunelerin hacminin ne kadar büzüştüğü hesaplanır.

$$C (\%) = \left( \frac{V - V_{ss}}{V} \right) 100 \quad (3. 14)$$

Burada V, hacim ağırlığı ölçmede kullanılan halkanın hacmi ve V<sub>ss</sub> 105 °C'de kurutulduktan sonra halkadaki numunenin hacmidir. Bu, silindir hacminin denkleminde ( $h\pi r^2$ ) ölçülür, burada r ve h halkadaki kuru numunenin çapının ve yüksekliğinin ortalama değerlerinin ölçülmesi ile belirlenir [26, 28, 47].

### 3. 1. 3. Fiziko - kimyasal ve kimyasal özelliklerin belirlenmesi

#### 3. 1. 3. 1. pH

Bu çalışmada fındık zürüflerinin pH'sı AB standartlarında belirtildiği şekilde 1:5 oranında hazırlanmış materyal-saf su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür. 1:5 oranına uygun olarak numunelere saf su eklenmiş ve mekanik çalkalayıcıda 1 saat çalkalanmıştır. Daha sonra numuneler tülden geçirilerek su ve kaba parçacıkları birbirinden ayrılmıştır [9, 19, 26, 48].

#### 3. 1. 3. 2. Elektriksel iletkenlik (EC)

Fındık zürufu numunelerinin elektriksel iletkenliği (EC), AB standartlarında belirtildiği şekilde 1:5 oranında hazırlanmış materyal-saf su süspansiyonunda ölçülmüştür. 1:5 metoduna uygun olarak saf su ilave edilerek, çalkalayıcıda 1 saat çalkalanmaya bırakılmış, ardından basınç pompası yardımı ile Whatman 42 filtre kâğıdı yerleştirilmiş Buchner hunisinden süzölmüş numunede sıcaklık dikkate alınarak EC elektrotu ile ölçülmüştür [9, 19, 26, 48].

### 3. 1. 3. 3. Organik madde

Numunelerinin organik madde kapsamı, fırın kuru (105 °C) örneklerin 550 °C'de, 4 saat süreyle yakılması ilkesine göre % olarak hesaplanmasıyla belirlenmiştir [9, 19, 26, 48].

Bu analizde bazı durumlarda, (özellikle inorganik ortamlarda) yanma sıcaklığında madde kayıplarının neden olabileceği hatalar söz konusu olabilir. Bu özellik organik içeriğinin belirlenmesinden başka, yüksek organik bileşen içeren yetiştirme ortamlarının gerçek yoğunluğunun hesaplanmasında da kullanılır [9, 19, 26, 48].

### 3. 1. 3. 4. Katyon değiştirme kapasitesi

Yetiştirme ortamının katyon değiştirme kapasitesi ortamın birim hacminin absorbladığı katyon miktarı olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada fındık zürufu numunelerinin katyon değiştirme kapasiteleri kurutulup öğütüldükten sonra,  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  ekstraksiyon çözeltisi ile ekstrakte edilmesinin akabinde, ilave edilen toplam  $Mg^{+2}$  iyonlarının miktarından, çözeltideki  $Mg^{+2}$  iyonlarının konsantrasyonunun çıkarılması ile bulunmuştur [59].

### 3. 1. 3. 5. Toplam azot

Fındık zürufu numunelerinin toplam azot içeriği, bileşikler içindeki azotun derişik sülfürik asit ile amonyağa dönüştürülmesi ve amonyağın ortam içinde amonyum sülfat halinde tutulması prensibine dayanan Kjeldahl metodu ile belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir (Toplam N = Toplam kjeldahl azotu = amonyak azotu + organik azot) [60, 61].

### 3. 1. 3. 6. Organik karbon

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin organik karbon muhtevası, Walkley-Black metoduna göre; 1 g öğütülmüş kuru fındık zürufu numunesinde (0,15 mm), potasyum dikromatın ( $K_2Cr_2O_7$ ), organik karbon bileşikleri ile indirgenmesi ve sonrasında indirgenmeyen dikromatın, demir amonyum sülfat ile titre edilerek oksitlenmesi-indirgenmesi ile kuru ağırlıkta % olarak bulunmuştur [62, 63].



### 3. 1. 3. 7. C:N oranı

Fındık zürufu numunelerinin C:N oranı, Organik karbon / N oranlanmasıyla bulunmuştur [9, 26, 48].

### 3. 1. 3. 8. Mineral elementlerin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin Sodyum ( $\text{Na}^{+1}$ ), Potasyum ( $\text{K}^{+1}$ ), Calsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Çinko ( $\text{Zn}^{+2}$ ), Bakır ( $\text{Cu}^{+2}$ ), Nikel ( $\text{Ni}^{+2}$ ), Kurşun ( $\text{Pb}^{+2}$ ), Krom (Cr), Kadmiyum ( $\text{Cd}^{+3}$ ) içerikleri, öğütülmüş kuru numunelerin ekstrakte edilmesinin ardından ICP (Perkin Emler, Optima 2100 DV) plazma yayım spektroskopisi ile belirlenirken, Amonyum ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), Klorür (Cl), Fosfor (P) klorometrik yöntemle tespit edilmiştir [9, 26, 64].

### 3. 1. 3. 9. Lif (Lignin, Selüloz, Hemiselüloz) bileşenlerinin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin lignin, selüloz ve hemiselüloz içerikleri, numunelerdeki asit deterjanda çözünmeyen lignin (ADL), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) miktarları belirlenip, aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır [65].

$$\% \text{ Lignin} = \text{ADL} \quad (3. 15)$$

$$\% \text{ Selüloz} = \text{ADF-ADL} \quad (3. 16)$$

$$\% \text{ Hemiselüloz} = \text{NDF-ADF} \quad (3. 17)$$

### 3. 1. 4. Biyolojik özelliklerin belirlenmesi

#### 3. 1. 4. 1. Biyolojik stabilite

Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının biyolojik stabilitesi, yetiştirme süresi boyunca bitki dikilmeyen saksı hacminin azalmasına bakılarak ölçülmüştür [26, 48].

#### 3. 1. 4. 2. Toksisite

Fındık zürufu ve bitki yetiştirme çalışmasında kullanılan fındık zürufu + arıtma çamuru karışımlarının toksisite etkisi Zucconi ve arkadaşlarının belirttiği yöntem uyarınca, tere testi yöntemiyle bulunmuştur. Yetiştirme ortamlarının toksisite derecesi çimlenme indeksi (Germination Index) ile tanımlanır. Çimlenme indeksini

belirlemek için petri kaplarının içine filtre kâğıtları yerleştirilerek her bir petri kabına on adet tere tohumu konulur. Yetiştirme ortamı numuneleri saf su ile karıştırılır. Daha sonra basınç pompası yardımı ile Whatman 42 filtre kâğıdı yerleştirilmiş Buchner hunisinden süzülür ve elde edilen süzükten 5 ml petri kaplarına konularak tere tohumları nemlendirilir. Petri kaplarından birinde nemlendirme işlemi saf su kullanılarak yapılır ve bu kontrol amacıyla kullanılır. Petri kapları inkibatöre konulur ve 25 °C' de üç gün süreyle bekletilir. Üç günün sonunda çimlenen tere tohumu sayısı ve filizlerin boyu ölçülür ve aşağıdaki formül kullanılarak çimlenme indeksi (Germination Index) hesaplanır [66, 67, 68].

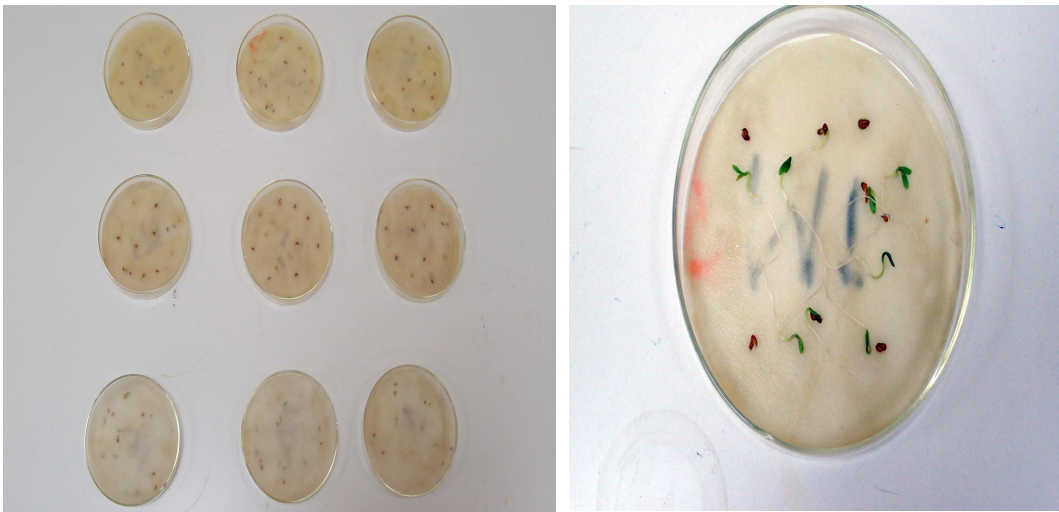
$$GI (\%) = 100 \times (\% G_e \times L_e) / (\% G_c \times L_c) \quad (3. 18)$$

$G_e$  : Yetiştirme ortamından hazırlanan süzüntüden koyulan petrilerdeki çimlenen tohum sayısı

$L_e$  : Yetiştirme ortamından hazırlanan süzüntüden koyulan petrilerdeki filizlerin boyu

$G_c$  : Saf su koyulan petrilerdeki çimlenen tohum sayısı (Kontrol)

$L_c$  : Saf su koyulan petrilerdeki filizlerin boyu (Kontrol)



Şekil 3. 9. Tere tohumları ile yapılan çimlenme testi

### 3. 2. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Bitki Yetiştirmeye Uygunluğunu Belirlemede Kullanılan Yöntemler

#### 3. 2. 1. Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan yetiştirme ortamları fındık dış kabuğu (Züruf) ve Arıtma çamurlarının belirli oranlarda karışımlarından hazırlanmıştır. Yetiştirme ortamlarında H4 seviyesinde ayrılmış fındık zürufları kullanılmıştır. Yetiştirme ortamı hazırlama amacıyla toplanan züruf atığı parçalayıcı makine ile küçük parçalara ayrılmış ve hacimsel olarak (v/v) Tablo 3.1' de verilen oranlarda arıtma çamurlarıyla homojen olarak karıştırıldıktan sonra saksılara doldurulmuştur.

Fındık zürufuyla karıştırılan arıtma çamurları Sakarya' da bulunan Karamam Evsel Atık Su Arıtma Tesisinden alınmıştır. Bu tesiste atık su arıtımı için uzun havalandırma aktif çamur sistemi kullanılmaktadır. Arıtım işlemi sırasında oluşan çamur sistemden çekilir ve suyunun azaltılması için mekanik bir susuzlaştırma sistemi olan belt prese gönderilir. Bu çalışmada belt pres çamur kekleri güneşte % 90 kuruluğa kadar kurutularak stabilize edildikten sonra kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Arıtma çamuru ve çamur kurutma işlemi

Ayrıca denemede ticari olarak satılan torf kontrol amacıyla kullanılmış ve torf doldurulan saksılar ile saf fındık zürufu doldurulan saksılar yavaş salımlı suni gübre ile dikim öncesinde gübrelenmiştir. Yavaş salımlı gübre olarak 15 : 9 : 9 +

mikro element içerikli (Osmocote Plus, 3-4 ay) gübre metreküpe 1.5 kg olarak uygulanmıştır.

Tablo 3. 1. Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının formülasyonları ve simgeleri

Numara	Yetiştirme Ortamları	Yetiştirme Ortamlarının Formülasyonu
1.	KONTROL	Torf + Gübre
2.	FZ	%100 Fındık Zürafu
3.	FZ+G	Fındık Zürafu + Gübre
4.	FZ+Ç1	% 87,5 Fındık Zürafu + % 12,5 Arıtma Çamuru
5.	FZ+Ç2	% 75 Fındık Zürafu + % 25 Arıtma Çamuru
6.	FZ+Ç3	% 50 Fındık Zürafu + % 50 Arıtma Çamuru

### 3. 2. 2. Çalışmada kullanılan bitkilerin belirlenmesi

Bu çalışmada fındık dış kabuğu (Züraf) ve arıtma çamurlarının değişik oranlardaki karışımlarıyla hazırlanan yetiştirme ortamlarının bitki büyümesine uygunluğu tek yıllık ve çok yıllık bitkiler seçilerek denenmiştir.

Çok yıllık bitkiler olarak iğne yapraklılardan Leylandii (*Cupressocyparis leilandii*) ve Mazı (*Thuja orientalis*), geniş yapraklılardan ise Akasya (*Robinia pseudoacacia*) ve Ligustrum (*Ligustrum lucidum*) bitkileri iki yıl süreyle denenmiştir. Hazırlanan bu yetiştirme ortamlarının tek yıllık mevsimlik bitkilere uygunluğu ise kışlık bitkilerden primula, yazlık bitkilerden tagetes seçilerek bir yıl denenmiştir.

### 3. 2. 3. Bitki yetiştirme denemesinin kurulması ve bitkilerin dikimi

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının süs bitkilerinin yetiştirmelerine olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla Sakarya' nın Kaynarca İlçesinde bir sera denemesi kurulmuştur. Denemede kullanılmak üzere önceden belirlenmiş olan çok yıllık bitkilerden Leylandii, Mazı, Ligustrum ve Akasya bitkileri, Sakarya'da bulunan özel bir süs bitkileri üretim işletmesinden (Arifiye/Sakarya) köklenmiş olarak fide boyutunda temin edilmiştir. Tek yıllık mevsimlik bitkiler primula ve tagetes ise tohumları hazırlanan yetiştirme ortamlarında çimlendirilerek saksılara dikilmiştir.



Şekil 3.11. Fide Boyutunda temin edilen köklenmiş mazı bitkileri

Dört farklı çok yıllık bitki ve iki farklı mevsimlik bitkilerin her biri için tesadüf parselleri deneme desenine göre beş tekerrür olarak toplam 30 saksı kullanılmış ve çalışma planı ve saksı numaraları Tablo 3. 2' de verilmiştir.

Tablo 3. 2. Deneme planı

Uygulamalar	Saksı Numaraları				
	I*	II	III	IV	V
Torf + Gübre (Kontrol)	1	2	3	4	5
%100 Fındık Zürufu	6	7	8	9	10
Fındık Zürufu + Gübre	11	12	13	14	15
% 87,5 Fındık Zürufu + % 12,5 Aritma Çamuru	16	17	18	19	20
% 75 Fındık Zürufu + % 25 Aritma Çamuru	21	22	23	24	25
% 50 Fındık Zürufu + % 50 Aritma Çamuru	26	27	28	29	30

\*Tekerrürler

### 3. 2. 4. Denemede kullanılan bitkilerin bakımı

Mevsimlik süs bitkileri olan primula ve tagates bitkileri ise hazırlanan çimlenme kasalarında çimlendirildikten sonra saksılara transfer edilmiştir. Köklenmiş fide boyutunda temin edilen çok yıllık deneme bitkileri (Leylandii, Mazı, Ligustrum ve Akasya) ise, nisan ayının son haftasında 1 litrelik saksılara dikildikten sonra yaz mevsimi dışarıda bekletilmiş, kışın ise seraya alınmıştır. Belli bir büyüme gösteren bitkiler daha sonra 5 litrelik saksılara transfer edilmiştir. Bitkiler düzenli olarak çeşme suyu ile sulanmış ve mevsim sonunda, saksılardan sızan suda pH ve EC ölçümü yapılmıştır.

### 3. 2. 5. Bitkilerin hasadı ve ölçüme hazırlanması

İki yetiştirme dönemi büyütülen ve belirlenen dönemlerde boy, gövde ve kanopi çapları ölçülen bitkiler saksıdaki yetiştirme ortamının yüzeyinden kesilerek kök ve gövdeleri birbirinden ayrılmıştır. Gövde kısımları önce musluk suyu ardından da saf su ile yıkanmış ve üzerlerindeki fazla sular giderildikten sonra hassas terazi de tartılarak gövde yaş ağırlıkları tespit edilmiştir. Kâğıt zarfların içine konulan gövdeler 65–70 °C arasında kurutulmuş ve tekrar hassas terazide tartılarak gövde kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Bitki büyütme ortamlarının yeterliliğini test etmek için, kurutulmuş numuneden yaprak örnekleri alınarak öğütülmüştür.

Aynı şekilde bitki kökleri de önce üzerlerindeki yetiştirme ortamı kalıntılarından arındırılmak için su dolu kaplarda yıkanmış, sonra saf su ile tekrar yıkanarak üzerlerindeki fazla su giderilmiştir. Hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiş, daha sonra gövdelerde olduğu gibi kâğıt zarflara konularak 65–70 °C’de kurutulmuştur. Tekrar hassas terazide tartılarak kök kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

### 3. 3. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılacak İstatistiksel Yöntemler

Çalışmada elde edilen bulguların istatistik analizi Statgraphics© Centurion XV programı kullanılarak yapılmıştır. Bulgulara varyans, regresyon ve korelasyon analizi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıkların önemliliği LSD testi yapılarak karşılaştırılmıştır.

### 3. 4. Hazırlanan Karışımların Maliyet ve Ticari Analizlerinin Yapılması

Hazırladığımız karışımların maliyet analizi yapılmış ve süs bitkisi yetiştiricilerin kullandığı mevcut materyallerle karşılaştırılarak çalışmanın ticari boyutu ve elde ettiğimiz alternatif malzemenin ekonomik kullanılabilirliği belirlenecektir.

## BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4. 1. Fındık Dış Kabuğunun (Züruf) Karakterizasyonu

Farklı organik atıkların süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceğini gösteren pek çok çalışma bulunmakta ve yeni arayışlar devam etmektedir [19]. Organik atıkların topraksız yetiştirme ortamı uygulamalarında kullanılması için fiziksel, fiziko-kimyasal, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin doğru karakterize edilmesi gereklidir. Bu özelliklerin bilinmesi sulama, gübreleme, yetiştirilecek bitki türü, saksı seçimi gibi işlemlerde belirleyici olduğu gibi sonradan karşılaşılabilecek problemlerin önceden öngörülerek düzeltilmesi için de gereklidir.

Özellikle saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamı yüksek kaliteli bitki yetiştirilmesinde temel unsurdur [23]. Yetiştirme ortamlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile süs bitkilerinin büyüme ve gelişmesi, kalitesi (renk, canlılık genel görünüm, yaprak alanı ve sayısı, bitki boyu, ağırlık vb.) arasında önemli korelasyon olduğu bilinmektedir [5].

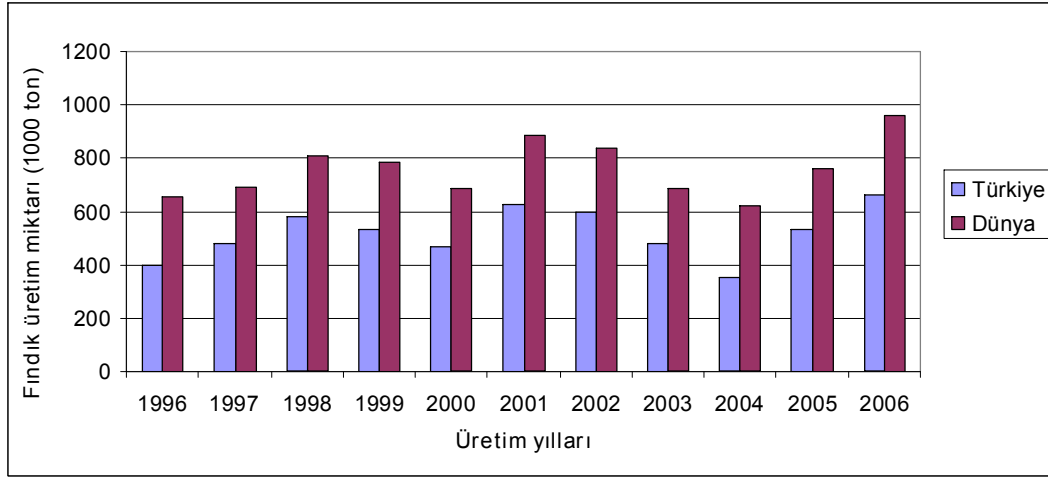
Çalışmada fındık dış kabuğunun (züruf) yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme potansiyeli fiziksel, fiziko-kimyasal, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bakılarak karakterize edilmiş ve gübre katkı maddesi olarak değişik oranlarda arıtma çamuru ilave edilerek süs bitkisi yetiştiriciliğine uygunluğu araştırılmıştır.

#### 4. 1. 1. Fındık dış kabuğu (Züruf)

Fındık, *Corylus* cinsini oluşturan çalı ve ağaç türlerinden olup esasen huşgiller (*Betulaceae*) familyasından bir bitkidir. Genellikle yıllık 1000–2000 mm yağış alan, nemli, kışların ılık geçtiği ve humuslu toprağa sahip bölgelerde yetişir.



Ticari değeri yüksek olduğundan fındık üretimi, yıllık 600- 650 bin tonla en çok üretimin yapıldığı Türkiye ile İtalya, ABD, İspanya, Azerbaycan gibi ülkeler başta olmak üzere, İran, Fransa, Yunanistan, Rusya gibi ülkelerin yetiştirme koşulları uygun olan bölgelerinde yoğun olarak yapılmakta ve yıllık fındık üretimi 1 milyon tonu bulmaktadır [10].



Şekil 4. 1. Dünyada ve ülkemizde üretilen fındık miktarı ve yıllara göre değişimi

Çalışmada yetiştirme ortamı olarak incelenen fındık zürufu, bu üretimin 1/3 ' ünü oluşturan ve esasen fındık hasadı yapıp toplanan fındık kurutulduktan sonra içindeki kabuklu fındık çıkarıldığında geriye kalan, dıştaki yeşil kabuk, boş fındıklar, yaprak ve dal parçalarından oluşmaktadır.

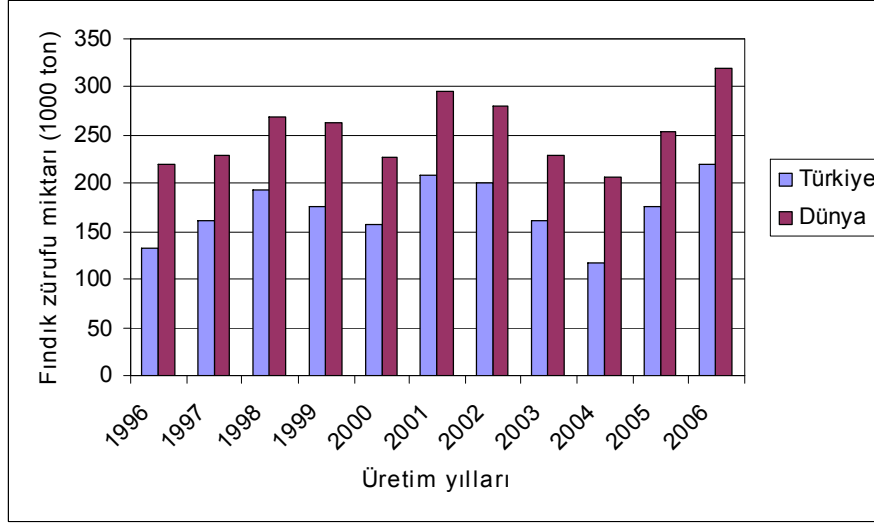


Şekil 4. 2. Fındık dış kabuğu (züruf) ve fındık hasatı sırasında zuruf atığının oluşumu

Dünyada ve ülkemizde üretilen fındık miktarı düşünüldüğünde, organik materyallerin yetiştirme ortamı olarak kullanılabilir olması için en temel kriter olan

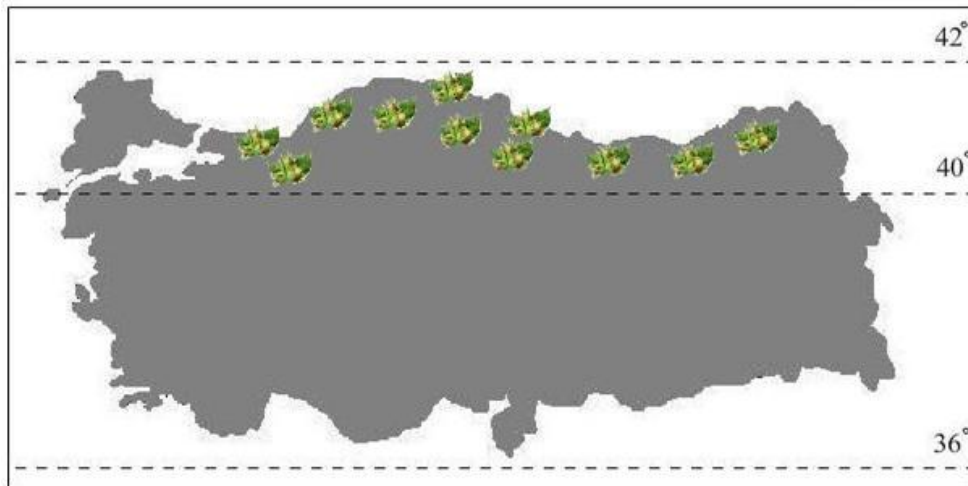


kolay ve bol miktarda bulunabilme açısından ne kadar elverişli olduğu anlaşılabilir. Ayrıca fındığın şu ana kadar atık olarak görülen ve faydalı kullanım alanı bulunmayan züruf kısmının da ekonomik bir değer katılarak kullanılması ile büyük miktardaki atığın bertarafı sorununun da ortadan kalkacağı görülebilir.



Şekil 4. 3. Dünyada ve ülkemizdeki fındık zürufu miktarı ve yıllara göre değişimi

Ülkemizde her yıl yaklaşık olarak 200 bin ton fındık zürufu ortaya çıkmakta ve bu zürufun büyük bölümü Ordu, Giresun, Trabzon, Samsun, Sakarya ve Düzce illeri gibi ağırlıklı olarak fındık tarımı yapılan yerlerde bulunmaktadır.

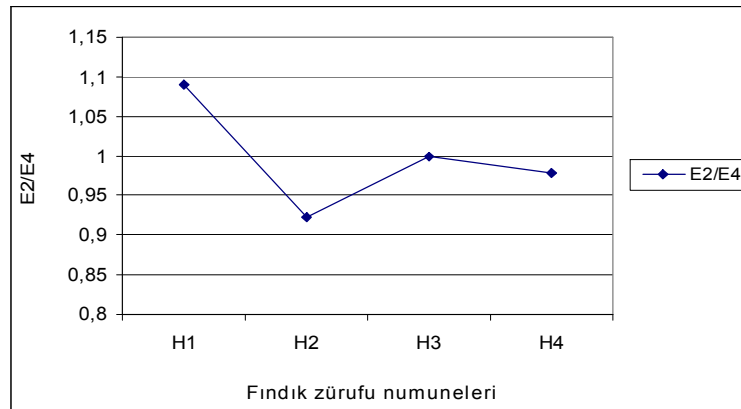


Şekil 4. 4. Ülkemizde fındık zürufunun çok miktarda bulunabildiği yerler

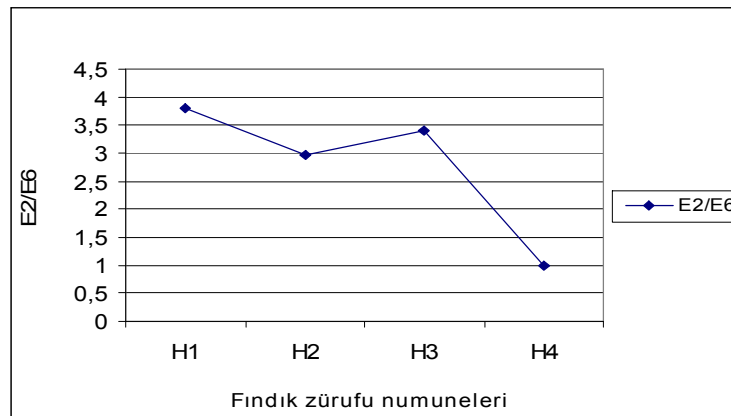
#### 4. 1. 2. Fındık zürufunun olgunluk derecesi

Organik yetiştirme ortamlarının absorbladığı UV miktarı, ortamın olgunluğunu, dolayısıyla humifikasyon derecesini belirtir [46, 68]. Fındık zürufu numuneleri 190–1100 nm dalga boyu arasında tarandığında, 417 nm, 438 nm ve 532 nm dalga boylarında optik yoğunluk görülmüştür ( $E_2$ ,  $E_4$ ,  $E_6$ ).  $E_2$ ,  $E_4$ ,  $E_6$  arasındaki oranlar fındık zürufunun olgunlaşma derecesi hakkında bilgi vermektedir.  $E_2$  ortamdaki lignin miktarını,  $E_4$  ortamdaki humikleşmemiş organik madde miktarını,  $E_6$  ise ortamdaki humikleşmiş madde miktarını göstermektedir [46].

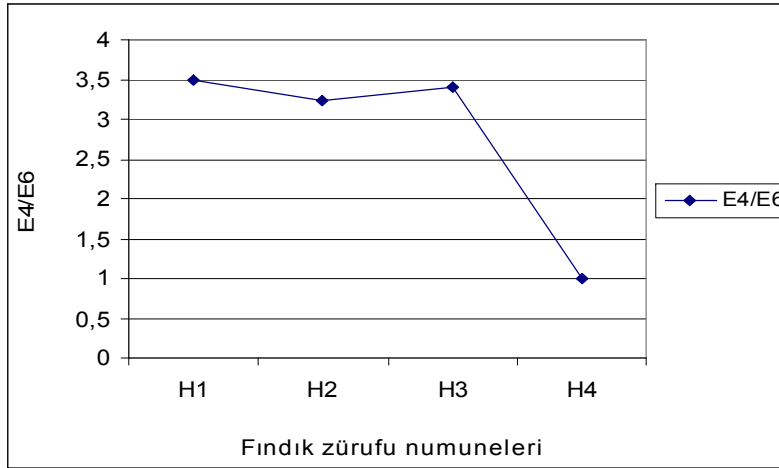
Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin  $E_2/E_4$ ,  $E_2/E_6$  ve  $E_4/E_6$  oranları Şekil 4. 5, Şekil 4. 6 ve Şekil 4. 7’ de verilmiştir. H1 numunesi ayrışmaya uğramamış ham örnek, H2, H3 ve H4 ayrışma derecesi ilerlemiş olan örneklerdir.



Şekil 4.5. Fındık zürufu numunelerinin  $E_2/E_4$  oranı



Şekil 4.6. Fındık zürufu numunelerinin  $E_2/E_6$  oranı



Şekil 4.7. Fındık zürufu numunelerinin E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> oranı

Ham numune olgunlaştıkça ortamdaki kolay ayrışabilen karbonhidrat ve glikoz benzeri maddeler ve bir miktar lignin mineralize olmaktadır. E<sub>2</sub>/E<sub>4</sub>, E<sub>2</sub>/E<sub>6</sub> ve E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> oranları bu evrede hızla azalmaktadır. Lignin karbonhidrat ve glikoza göre daha yavaş mineralize olduğundan, bu evreden sonra ortamdaki humikleşmemiş organik madde oranı artsa da, ortamdaki ligninin mineralize olmasıyla tekrar azalmaktadır. H4 numunesinde humikleşmemiş organik maddenin humikleşmiş organik maddeye oranı (E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub>) önemli miktarda azalmıştır. Bu durum H1 numunesinden H4 numunesine, fındık zürufunun stabilitesinin arttığını ve H4 numunesinin ileri derecede ayrılmış, en olgun fındık zürufu numunesi olduğunu göstermektedir (Şekil 4.7).

#### 4. 1. 3. Fiziksel özellikler

Bitki gelişimine doğrudan etki eden fiziksel özellikler, yetiştirme ortamı saksıya doldurulup bitkiler dikildikten sonra kolay kolay değiştirilememektedir. Bu yüzden kullanılması düşünülen ortamın fiziksel özellikleri tam olarak belirlenmeli ve ihtiyaç duyulursa önceden gerekli müdahaleler yapılmalıdır [69].

Yetiştirme ortamları farklı boyutlardaki partiküllerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Organik ortamlar da partikül boyutu dağılımı organik maddenin orijini ve ayrışma derecesine göre değişiklik göstermekte ve ayrışma periyodu boyunca

genel olarak büyük partiküller parçalanarak daha küçük partiküllere dönüşmektedir [70, 71].

#### 4. 1. 3. 1. Partikül boyut dağılımı

Yetiştirme ortamlarının partikül boyut dağılımı toplam porozite, hacim ağırlığı, hava ve su tutma kapasitesini belirlediği için önemli bir parametredir. Küçük partiküller (< 0.1 mm) porları kapatarak bitkilere yararlı su kapasitesini ve hava porozitesini azaltırken 2 mm'den büyük partiküller ise hava kapasitesini artırıp su tutma kapasitesini azaltmaktadır [49,50].

Değişik derecelerde ayrılmış organik materyallerin saksı toprağı olabilmesi için istenilen partikül boyutunun sağlanabilmesi gerekir. İstenilen partikül boyutunun sağlanması da ayrışma derecesine ve uygulanan parçalama ve eleme prosesine bağlıdır. Bu çalışmada ham fındık zürufu örneklerinin parçalanarak küçük boyutlara getirilmesinde eleme yapılarak istenilen boyuttaki partiküllerin ayrılması yapılmamıştır. Parçalayıcıdan çıkan numuneler olduğu gibi fiziksel karakterizasyona tabi tutulmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre farklı ayrışma derecelerindeki fındık zürufu örneklerinin partikül boyutu dağılımı ayrışma derecesine bağlı olarak değişmiştir ( $p < 0.001$ , Tablo 4.1).

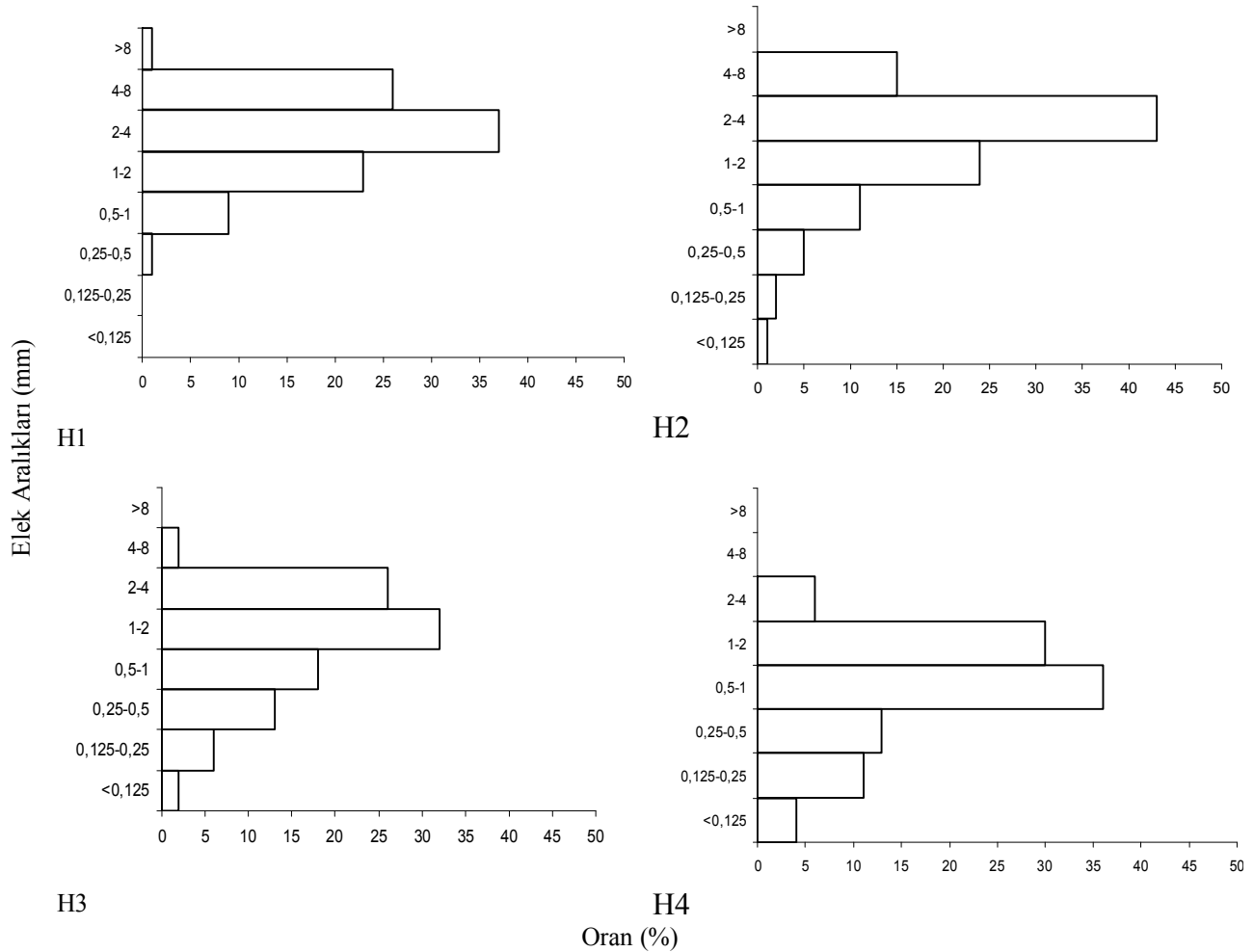
Tablo 4.1. Değişik derecelerde ayrılmaya uğramış fındık zürufu örneklerinde partikül boyut dağılımından hesaplanan partikül boyut indeksi (CI), partikül boyutu geometrik ortalaması ve geometrik ortalamasının standart sapması

Numuneler	CI (% v/v)	Dg	$\sigma_g$
H1	95a	4,92a	2,27c
H2	82b	1,99b	2,4bc
H3	60c	1,11c	2,57a
H4	35d	0,7d	2,45ab
LSD	2,662	0,09	0,14
ANOVA	***	***	***

\*\*\*, \*\*, \*:  $p < 0.001$ , 0.01, 0.05. LSD:  $p < 0.05$ .

Partikül boyut dağılımına göre (Tablo 4.1, Şekil 4.8) ham örnek daha geniş aralıkta dağılım gösterirken (>16 mm - > 0,125 mm), farklı derecelerde ayrışma göstermiş örneklerin partikül boyut dağılımı 2. ve 3. örnekte (>4 mm - < 0,125 mm), 4. örnekte

(>2 mm - < 0,125 mm) aralığında değişim göstermiş ve 4 mm çapından büyük partiküllere rastlanmamıştır (Şekil 4.8). Kabul edilebilir partikül büyüklük aralığı 0,25–2,00 mm olarak tanımlanmaktadır [19]. Bu değerlendirmeye göre değişik oranlarda dekompoze olmuş fındık züruflarından 3. ve 4. örnek 2mm'den küçük partikül oranı ile 1. ve 2. örneğe kıyasla daha kabul edilebilir özellik göstermiştir. Hiçbir çürüme ve ayrışmaya uğramamış ham örneğin ise sadece bu özelliğe bakılarak saksı toprağı olarak kullanılmaya uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Partikül boyut dağılımlarını gösteren Şekil 4. 8' de görüldüğü gibi H1 numunesinde partiküller 4 mm' de, H2 numunesinde 2 mm' de, H3 numunesinde 1 mm' de, H4 numunesinde ise 0,5 mm'de yoğunlaşmışlardır. Aynı zamanda 2 değeri civarında değişen  $\sigma$  (geometrik ortalamaların standart sapması (Tablo 4. 1) bu dağılımın tüm örnekler için homojen partikül dağılımına sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 8. Fındık zürufu numunelerinin partikül boyut dağılımı

Bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılacak torfun tane büyüklüğünün 9,5 mm'nin altında olması ve bu tanelerin de en az %50'sinin 1,6–6,3 mm arasında olması tercih edilmektedir [28]. Kalın dokulu partikül oranının yüksek olması poroziteyi ve özellikle makro porları artırmaktadır. Makro por oranının artması ise su tutma kapasitesinin düşmesine, bunun tersine hava kapasitesinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, istenen hava ve su tutma kapasitesinin gerçekleştiği, optimum por çapı 30µm - 300µm arasındaki yapıyı 0,25 mm - 2,5 mm arasındaki partikül büyüklüğünün sağladığı düşünülmektedir [9].

Substratın fiziksel özelliklerini daha çok 1 mm den büyük parçacıkların toplam partikül miktarı içindeki oranı (CI) belirlemektedir [9, 29]. Farklı olgunluk değerlerindeki fındık zürufundan elde edilen dört farklı örnekte, 0,125–16 mm elek çapı serisinde değişen 9 aralıkta belirlenen partikül boyut dağılımı ve bu dağılımdan hesaplanan CI, ham malzemedan olgun malzemeye doğru 95,33 – 35,66 arasında tespit edilmiştir (Tablo 4. 1). Tüm örnekler aynı parçalayıcı makinede, aynı koşullarda hazırlanmakla birlikte, ham malzemedan daha olgun malzemeye doğru gidildikçe malzemenin kırılma özelliği arttığından daha küçük partiküller elde edilmiştir.

Por büyüklüğü ve dağılımını etkileyen CI substratın su tutma özelliğini belirlemektedir [28, 29]. Optimum por dağılımı ve buna bağlı su tutma ve hava kapasitesi farklı organik malzemelerde farklı partikül boyut dağılımında olabilmektedir. Optimum su ve hava dengesinin sağlanabilmesi için CI değerinin torfta 63 olması gerekirken, Hindistan cevizinde 20 olması gerektiği belirtilmektedir [29]. Fındık zürufu için optimum su ve hava dengesi CI'nın 30 civarında olduğu zaman sağlanabilmektedir (Su tutma kapasitesi= $835,26-6,36CI$   $R^2 = 0.886$ ;  $P \leq 0.001$ ).

Fındık zürufu, torf ve Hindistan cevizi gibi lifli özellik göstermemektedir. Bu nedenle belirlenen CI, Dg ve  $\sigma_g$  değerleri optimum porozite dağılımının sağlanabilmesi için daha küçük partikül boyutuna ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Ham örnek hariç diğer numunelerde hesaplanan partikül geometrik

ortalaması 2 mm'nin altında (Tablo 4. 1) tespit edilmiştir. Tamamen olgunlaşmış H4 numunesi büyük partiküller (>2 mm) içermediğinden en düşük Dg değerine sahip olmuştur. H3 ve H4 numunelerinin eleğin tüm kısımlarındaki partikül yüzdeleri birbirine yakın olduğundan Dg değerleri de birbirine yakın çıkmıştır (Tablo 4.1).

#### 4. 1. 3. 2 Hacim ağırlığı

Yetiştirme ortamlarının hacim ağırlığı, partiküller arasındaki boşluk alanlarını da kapsayacak şekilde ortamda bulunan katı materyalin, kuru ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Organik atıkların ayrışma sürecinde gerek katı partiküllerin boyutlarının, gerekse partiküller arasındaki hava miktarının ve dolayısıyla porozitenin, değişmesi neticesinde hacim ağırlığında da değişiklikler meydana gelmektedir. İdeal yetiştirme ortamlarında hacim ağırlığının  $0,4 \text{ g/cm}^3$ 'ten küçük olması istenir [19].

Çalışmada incelenen fındık zürüflarının hacim ağırlıkları, özgül ağırlıkta olduğu gibi ayrışma derecesine bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 4. 2). Ayrışma derecesinin artışına bağlı olarak partikül boyutu küçülmüş buna bağlı olarak makro porozite azalmış dolayısı ile hacim ağırlığı yükselmiştir. Bununla birlikte incelenen bütün örneklerin hacim ağırlığı, ideal değer üst sınırı olan  $0,4 \text{ g/cm}^3$ 'den küçük bulunmuştur. Fındık zürufu hacim ağırlığı olarak yaygın olarak kullanılan yetiştirme ortamı bileşenleri Hindistan cevizi kabuğu ve ağaç kabuğu kompostu arasında yer almaktadır [15, 26].

Tablo 4. 2. Fındık zürufu numunelerinin fiziksel özellikleri

Numuneler	Hacim ağırlığı ( $\text{kg/m}^3$ )	Özgül Ağırlık ( $\text{kg/m}^3$ )	Porozite (% v/v)	Hava kapasitesi (% v/v)	Büzülme (% v/v)
H1	85d	1491c	94a	67a	27,65a
H2	95c	1507b	93b	63b	16,77b
H3	125b	1565a	92c	58c	16,04b
H4	201a	1562a	87d	21d	11,62b
LSD	0,008	0,009	0,53	2,74	7,17
ANOVA	***	***	***	***	***

\*\*\*, \*\*, \*:  $p < 0.001, 0.01, 0.05$ . LSD:  $p < 0.05$ .

Hacim ağırlığı yetiştirme ortamının taşınması ve saksılarda bitkilere destek olması bakımından önemli rol oynar[68]. Saksıya yerleştirilen ortamlar, bitki boyu uzadığında bitkiyi tutabilecek kadar güçlü olmalıdır. Eğer bitkiler sera ortamında tutulacaksa rüzgâr gibi dış etkilerden korunacağı için hacim ağırlığı düşük yetiştirme ortamları bitkilere yeterli desteği sağlayabilir. Ancak bitkiler dış ortamda ve özellikle kuvvetli rüzgâr alan bölgelerde yetiştirilecekse hacim ağırlığı yüksek yetiştirme ortamlarının kullanılması faydalı olmaktadır [70, 72]. Diğer yandan yüksek hacim ağırlığı değerleri porozite ve hava kapasitesini azaltmaktadır [73].

#### 4. 1. 3. 3. Özgül ağırlık

İdeal yetiştirme ortamlarında özgül ağırlığın  $1,4-2,0 \text{ g/cm}^3$  arasında olması istenir [19]. Çalışmada kullanılan fındık zürufu örneklerinin özgül ağırlıkları ayrışma derecesine bağlı olarak yükselmiştir (Tablo 4. 2). En düşük özgül ağırlık değeri H1 numunesinde bulunurken H2 ve H4 numunelerinin özgül ağırlık değerleri benzer, H3 numunesi ise en yüksek özgül ağırlık değerine sahip olan örnek olmuştur. Özgül ağırlık, organik madde içeriği ile bağlantılı bulunmuş ve organik madde içeriği azaldıkça, başka bir deyişle ayrışma derecesi ilerledikçe, özgül ağırlık değeri yükselmiştir. Bununla beraber tüm numunelerin özgül ağırlıkları ideal yetiştirme ortamları için verilen değerler [19] aralığında bulunmuştur (Tablo 4. 2).

#### 4. 1. 3. 4. Toplam porozite

Yetiştirme ortamlarının katı partikülleri arasındaki boşluklar poroziteyi oluşturmaktadır. Süs bitkisi yetiştirme ortamlarında porozite; tutulan su miktarı, hava kapasitesi ve kök büyümesi gibi önemli parametreler üzerinde etkilidir ve süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılan yetiştirme ortamlarının ideal porozite değeri hacimce % 85'in üzerinde olmalıdır [19]. Por hacmine bağlı olarak por alanı su ve hava ile doldurulur. Küçük boyutlu kapiler, mikro boşluklar ( $<0,03 \text{ mm}$ ) su tutumunda aktifken, kapiler olmayan makro boşluklar ( $>0,03 \text{ mm}$ ) daha çok hava ile doldurulur [74].

Partikül boyut dağılımı indeksi (CI) ile porozite arasındaki önemli korelasyona ( $r=0,949$ ) bağlı olarak fındık züruflarının toplam porozitesi, H1 numunesinden H4'e



doğru 94 – 87 arasında değişmiş, ayrışma derecesinin artışına paralel olarak toplam porozite azalış eğiliminde olmuştur (Tablo 4.2). Bununla beraber, tespit edilen toplam porozite tüm numunelerde süs bitkisi yetiştiriciliği için ideal değer olarak bilinen %85'in üzerinde bulunmuştur [19].

Ss bitkilerin kök sisteminin güçlü olması ve ideal bitki gelişimini destekleyebilmesi için havalanmanın kısıtlanmaması gerekir. Kapiler olmayan boşluklar serbest drenajla suyun süzülmesinden sonra kalan boşluklardır ve bu boşluklar (makroporlar) ortamın havalanmasını sağlar. Yetişme ortamlarında su kapiler boşluklar (mikroporlar) tarafından tutulur. İdeal yetiştirme ortamında bu boşluk türlerinin her ikisine de ihtiyaç vardır. Partikül büyüklüğü 0,1–0,5mm arasındaki fraksiyon yetiştirme ortamlarındaki bitkiye yararlı su tutma kapasitesinden ve 1mm partikül çapının üzerindeki fraksiyon havalanma kapasitesinden sorumludur. 0,1–0,5mm arasındaki partiküllerin optimal su tutma kapasitesinde etkili olan 30–300  $\mu\text{m}$  porları meydana getirmektedir [75].

Yetiştirme ortamlarının ayrışma derecesi arttıkça hacim ağırlığı yükselmekte, buna karşılık porozite azalmaktadır [14, 28]. Fındık zürufu örneklerinde de benzer şekilde hacim ağırlığı yükseldikçe, porozite gerilemiştir. Bununla birlikte ayrışma derecesi ilerledikçe toplam porozite içinde hava kapasitesini oluşturan makro por oranı azalmış, su tutumunda etkili olan mikro por oranı artış göstermiştir (Tablo 4.2, Tablo 4.3). CI ile mikro por arasındaki negatif önemli korelasyon bunu desteklemektedir ( $r = -0,941$ ). CI indeksi düştükçe, su tutumunda etkili olan 0,1–0,5mm arasındaki fraksiyon oranı artmış (şekil.4.8), bu da su tutma kapasitesine pozitif olarak yansımıştır (Tablo 4.3). CI ya bağlı olarak toplam porozite içinde makro ve mikro por dengesinin değişim gösterdiği, diğer standart ve organik atıklarla hazırlanan yetiştirme ortamlarında da rapor edilmektedir [9, 29, 43].

#### 4. 1. 3. 5. Hava kapasitesi

Bitki köklerinin metabolik aktiviteleri ve bitki gelişimi ile yetiştirme ortamının hava kapasitesi arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Oksijenin geçici olarak azalması köklerin gelişimini azaltırken, yetiştirme ortamı içerisinde ki uzun süreli hava yetersizliği bazı köklerin ölmesine yol açabilir [76].

Aynı zamanda organik kökenli yetiştirme ortamlarında yüksek mikroorganizma popülasyonu ve mikroorganizmaların oksijen tüketiminin yüksek olmasından dolayı, oksijen oranının inorganik veya organik maddesi az olan topraklara göre daha yüksek olması gerekmektedir [28].

Oksijen köklere onları saran su tabakasından difüzyonla alınır. Oksijenin sudaki difüzyon hızı havadakinden 104 kere daha küçüktür. Bu nedenle köklerin etrafındaki su tabakasının önemi büyüktür. Yetiştirme ortamının mikro porozitesi yüksek ise su bütün yapıyı kaplar, oksijen dışarı atılır, havalanma yolları tıkanır, CO<sub>2</sub> birikir ve etilen ve benzeri oluşumlar meydana gelir, bu da bitki gelişmesini azaltır hatta durdurabilir [77].

Partikül boyut dağılımı yetiştirme ortamının su ve hava kapasitesi dengesi için primer belirleyici faktördür. Ortamın tane büyüklüğü yükseldikçe toplam porozite içinde hava kapasitesi artmaktadır [14, 72].

Toplam porozitenin %20 - %30'u ideal hava kapasitesi olarak verilmektedir [19]. Çalışmada kullanılan fındık zürüflarının hava kapasiteleri Tablo 4. 2' de verilmiştir. Ham materyal olan H1 numunesi ile yarı olgun H2, H3 numunelerinin hava kapasitesi sırasıyla 67%, 63% ve 58% olarak tespit edilmiştir. Bulunan bu değerler ideal hava içeriği değerlerinin üstündedir. Bu üç örnekte de partikül boyutu indeksi (CI) yüksektir ve CI yükseldikçe hava kapasitesinin arttığı bilinmektedir [29].

Ayrışma derecesi en ileri olan H4 numunesinin partikül boyutunun (CI) da küçük olmasından dolayı hava kapasitesi diğer örneklerden daha optimuma yakın bulunmuştur. Toplam poroziteyi işgal eden hava kapasitesi ile su tutma kapasitesi arasında istatistiki olarak önemli negatif korelasyon ( $r=-0,999$ ) fındık zürufunda daha çok partikül boyutundan kaynaklanmıştır. H4 numunesi diğer numunelerden daha çok su tutma kapasitesine sahiptir ve diğer numunelere kıyasla toplam porozitenin büyük kısmında su tutmaktadır.

#### 4. 1. 3. 6 Toplam su tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi organik maddenin yapısı, partikül boyutu ve buna bağlı olarak makro ve mikro por hacmine bağlı olarak değişim göstermektedir [28, 29, 77]. Organik atıkların kompostlanmasıyla elde edilen yetiştirme ortamlarının su tutma kapasitesi genellikle düşüktür. Yetiştirme ortamında 1 mm'den büyük partiküller porozite ve hava kapasitesinde artışa neden olurken, su tutma kapasitesini azaltmaktadır [19, 28]. Ayrışma gerçekleşmiş organik maddelerin genellikle partikül boyutu küçülmektedir.

Saksılı süs bitkisi üretiminde kullanılacak yetiştirme ortamları için ideal su tutma kapasitesi 600–1000 ml/l arasında değişmektedir [19]. Çalışmada incelenen fındık zürufu numunelerinin toplam su tutma kapasiteleri H1'den H4' e doğru sırası ile 273, 303, 373, 662 ml/l olarak belirlenmiştir. Ayrışması ileri seviyede olan, partikül boyutu küçük H4 numunesinin su tutma kapasitesi en yüksek bulunmuş ve bu numune süs bitkisi yetiştiriciliği için istenen ideal seviye içinde kalan tek örnek olmuştur. H1 numunesi ise daha çok makro boşluklardan oluşmuş, dolayısı ile su tutma kapasitesi en düşük numune olmuştur. H2, H3 numuneleri de yüksek CI değerleri nedeniyle optimum su tutma kapasitesinin altında kalmıştır.

Tablo 4. 3. Fındık zürufu numunelerinin hidrolik özellikleri

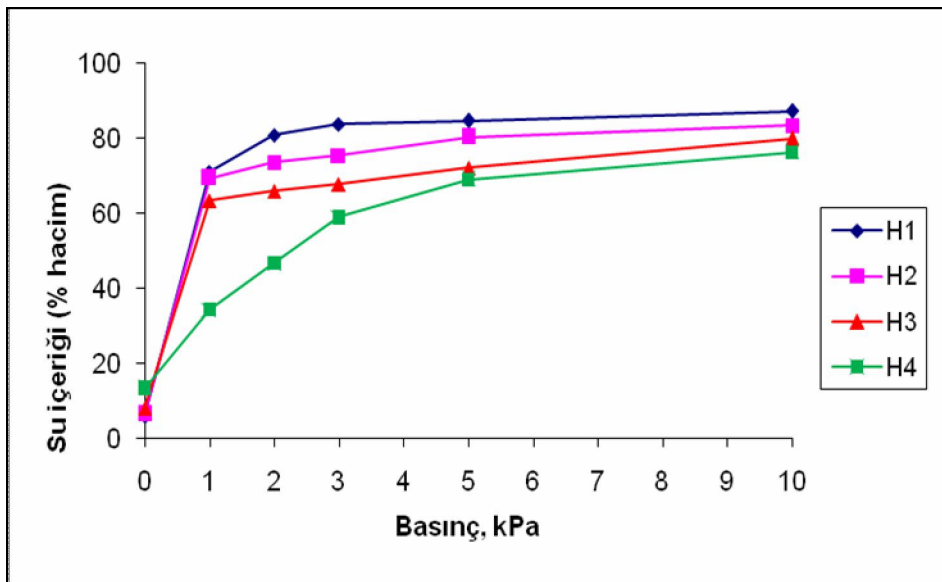
Numuneler	Toplam su tutma kapasitesi (ml l <sup>-1</sup> )	Kolay alınabilir su (%)	Rezerv su %	Yeniden su çekme
H1	273d	14b	3b	<1
H2	303c	11b	3b	8,11 c
H3	373b	14b	7a	20,00 b
H4	662a	35a	8a	28,20a
LSD	21,75	3,14	2,14	1
ANOVA	*	***	***	

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: p<0.05.

Fındık zürufu numunelerinin su salma eğrisinin (Şekil 4. 9) incelenmesinden de anlaşılacağı gibi ayrışmamış fındık zürufundan oluşan H1 numunesi ile yarı ayrışmış H2 ve H3 numunelerinin su salma eğrileri benzer olmuş ve her üç örnekte de çok ufak farklılıklarla en çok su salımı 0–1 kPa basınçta gerçekleşmiştir. 0–1 kPa arası

aynı zamanda yetiştirme ortamlarının hava kapasitesini gösterdiğinden her üç numunenin de yüksek hava kapasitelerinin tersine su tutma kapasitelerinin düşük olduğunu göstermektedir (Şekil 4.9).

Tam olgunlaşmış ve düşük CI değerine sahip H4 numunesi ilk üç numunenin 0–1 kPa arasında saldığı suyu 0–5 kPa arasında ve dengeli bir biçimde salmaktadır. H1 ve H2 ile H3 ve H4 numunelerinin 5–10 kPa basınç aralığındaki su salma eğrileri birbirlerine benzer bulunmuştur.



Şekil 4. 9. Fındık zürufu numunelerinin su salma eğrisi

Literatürde farklı kaynaklardan elde edilmiş torfun su tutma kapasitesinin 620 ile 760 ml/l, Hindistan cevizi lifinin partikül boyutuna bağlı olarak ise 252 – 786 ml/l arasında değiştiği belirtilmektedir [29, 79]. Torf sünger şeklinde hücreli yapı olduğundan suyu yüzeyi yanında içine de çekebilme ve küçük porları sayesinde suyu drene olmadan tutabilmektedir. Fındık zürufu suyu daha çok partikül yüzeylerinde tutmakta ve por boyutları büyük olduğunda su kolaylıkla drene olmaktadır. Bu nedenle torf ve Hindistan cevizi lifinde tespit edilen üst değerlere fındık zürufunda rastlanmamıştır. Çoklu regresyon sonuçlarına göre su tutma kapasitesini, fiziksel özelliklerden en fazla partikül boyut indeksi (CI) ve hava kapasitesi etkilemiştir.

Su Tutma Kapasitesi =  $839,968 - 9,01355 \times \text{hava kapasitesi} + 0,393551 \times \text{CI}$  ( $R^2 = 0.999$ ;  $P \leq 0.001$ ).

Literatürde su tutma kapasitesinin ideal sınırlarını torfun CI=60 da, Hindistan cevizi kabuğunun CI=20'de sağlandığı belirtilmektedir [29]. Fındık zürufunun CI değeri azaldıkça su tutma kapasitesi artış göstermiş, su tutma kapasitesinin ideal sınırlar içinde yer alabilmesi için CI değerinin 30 civarında olması gerektiği hesaplanmıştır.

#### 4. 1. 3. 7. Kolay alınabilir su miktarı

Yetiştirme ortamlarının 1–5 kPa basınç arasında tuttuğu su miktarı kolay alınabilir su miktarı olarak tanımlanmakta ve ideal sınırları %20-%30'u arasında yer almaktadır. Yetiştirme ortamının, porozitesinin çok düşük olması, tanelerin aşırı büyük veya aşırı küçük olması gibi durumlarda kolay alınabilir su miktarı azalmaktadır [28]. Çalışmada incelenen fındık zürufu numunelerinin kolay alınabilir su miktarları Tablo 4. 3' de sunulmuştur. En yüksek değer %31,39 kolay alınabilir su miktarına sahip tam olgunlaşmış fındık zürufu numunesi olan H4 numunesinde bulunmuş ve bu değer yetiştirme ortamları için verilen ideal değer aralığındadır. Ham fındık zürufu H1 numunesinin kolay alınabilir su miktarı değeri yarı olgun H2 ve H3 numunelerinkinden yüksek bulunmuştur. Fakat su tutma kapasiteleri göz önüne alındığında, H2 ve H3 numunelerinin su miktarı bakımından H1 numunesinden daha fazla kolay alınabilir su miktarına sahiptir. Şekil 4. 9' da ki su salma eğrisindeki 1–5 kPa arasındaki bölüm kolay alınabilir su miktarını tanımladığından, eğrinin bu basınç aralığındaki bölümüne bakılarak da tüm numunelerin kolay alınabilir su miktarları görülebilir. Toplam su tutma kapasitesi daha yüksek ve su salma eğrisi diğer örneklerle göre daha yavaş olan H4 örneğinin kolay alınabilir su miktarı da daha yüksek gerçekleşmiştir.

#### 4. 1. 3. 8. Rezerv su

Yetiştirme ortamlarında 50cm ile 100 cm gerilim (5-10 kPa) arsında tutulan su miktarı rezerv su olarak bilinmekte ve ideal seviyesi %4 ile %10 arasında kabul edilmektedir [51].

Rezerv su, kolay alınabilir su ile birlikte yetiştirme ortamındaki alınabilir su miktarını belirlemektedir. Başka bir deyişle alınabilir su kolay alınabilir su ve rezerv suyun toplamıdır [47]. Çalışmada fındık zürufu numunelerinden H4 numunesinin rezerv su miktarı en büyük bulurken, en düşük rezerv su değeri H1 numunesinde tespit edilmiştir (Tablo 4. 3). Ayrıca Şekil 4. 9’ da ki numunelerin su salma eğrisinde 5–10 kPa arasındaki bölüm rezerv suyu ifade etmektedir. Numunelerin bu basınç aralığındaki su salma eğrileri incelendiğinde en yüksek rezerv suya sahip H4 ile H3 numunesinin ve en düşük rezerv suya sahip H1 ile H2 numunesinin su salma eğrilerinin paralel oldukları görülmektedir.

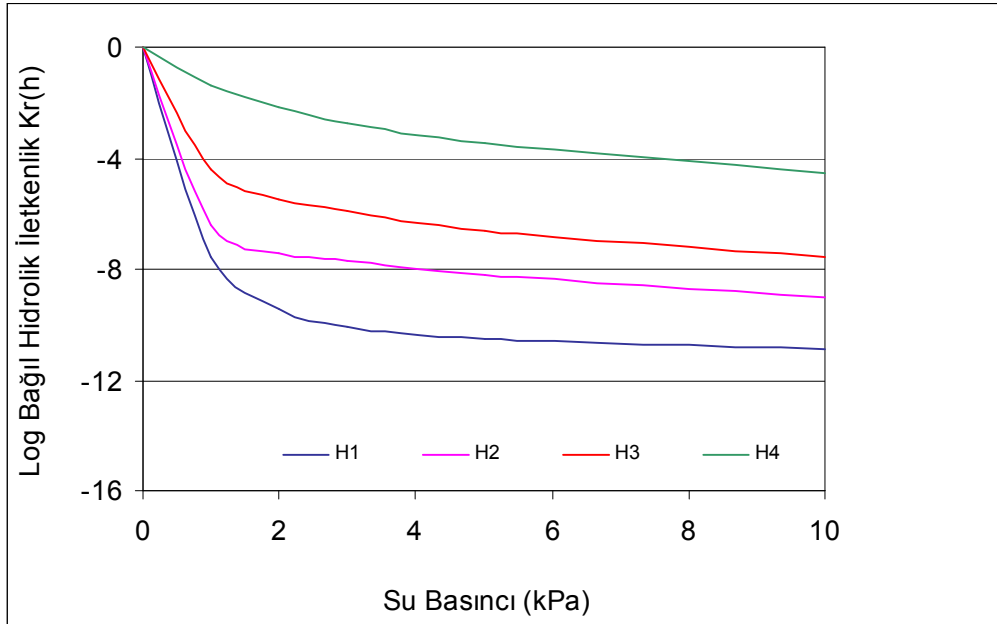
#### 4. 1. 3. 9. Hidrolik İletkenlik

Yetiştirme ortamının içinde bulundurduğu suyu iletim kapasitesi olan hidrolik iletkenlik, ortamı oluşturan tanelerin boyut, birleşme, tortusuzluk ve yüzey tiplerine bağlıdır. Saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinin de kullanılacak yetiştirme ortamlarının hidrolik iletkenlikleri yüksek olmalı ve bitkinin sudan faydalanmasını kolaylaştırmalıdır. [53, 54].

Ayrıca hidrolik iletkenlik, yetiştirme ortamı içindeki suyun bitki kökleri tarafından gerçekte ne kadar alınabildiğinin belirlenmesinde kolay alınabilir su miktarından daha güvenilirdir. Bu yüzden süs bitkisi yetiştiriciliğinde etkin sulama ve gübreleme programları kullanılan yetiştirme ortamının hidrolik özelliklerine bakılarak hazırlanır [29, 53, 80, 81].

Bu çalışmada hidrolik iletkenlik, bağıl hidrolik iletkenlik ( $K_r(h)$ ) ile tahmin edilmeye çalışılmış ve kullanılan fındık zürufu numunelerinin hidrolik özelliklerine ilişkin değerler Şekil 4. 10’ da verilmiştir. Ham fındık zürufu numunesi olan H1 ve yarı olgun numuneler H2 ve H3’ 0-1 kPa arası basınçta  $K_r(h)$  önemli derecede düşmüştür. Bu durum başta H1 olmak üzere numunelerin 0-1 kPa basınçta sularının büyük kısmını kaybettiklerini göstermektedir. Tahmin edilen  $K_r(h)$ , basınç arttıkça (1-5 kPa ve 5-10 kPa arasında) her üç numunede paralel ve kolay alınabilir ve rezerv su

miktarlarına uygun olacak şekildedir. Hidrolik iletkenliklerine bakılarak bu numunelerin yüksek saksılarda yetiştirme ortamı olarak kullanıldıklarında özellikle ortam yüzeyinden başlayarak çabuk kuruyacakları ve daha derin olmayan saksılarda sık sulama yapılarak kullanılmalarının daha uygun olacağı söylenebilir. Tam olgunlaşmış fındık zürufundan oluşan H4 numunesinin hidrolik iletkenliği ise torf ve Hindistan cevizine benzer şekilde ve süs bitkisi yetiştiriciliğinde uygun bulunmuştur [29, 53, 80, 81].



Şekil 4. 10. Fındık zürufu numunelerinin bağıl hidrolik iletkenliği

#### 4. 1. 3. 10. Yeniden su çekme

Bazı organik maddelerden hazırlanan yetiştirme ortamları saksı içinde kurduğunda, tekrar su almaları zordur. Bu bitki büyümesinin gecikmesine ve gerilemesine neden olur [28]. İdeal değer 5 dakika ve altında olan süredir [58]. Substratın kolay su almaması ya hidrofobik özelliğinden veya saksı içinde kurduğunda büzülmesinden kaynaklanmaktadır.

Çalışmada kullanılan fındık zürufu örneklerinin yeniden su çekme değerleri Tablo 4. 2' de verilmektedir. H2, H3 ve H4 numunelerinin yeniden su çekme süreleri 8-28 dakika arasında değişmiş ve ayrışma derecesi ilerledikçe yeniden su çekme süresi

uzamıştır. Fakat bu örneklerin ayrışma derecesinden değil, partikül boyutundan kaynaklanmıştır. İri partiküllü örneklerde su çekme, absorblama şeklinde değil, yer değiştirme şeklinde gerçekleşmiştir. Partikül boyut dağılımı en yüksek olan, H1 numunesinin yeniden su çekme değeri poröz yapılı olmasından dolayı suyun ortam içinde tutulmayıp dışarı süzülmesinden kaynaklanmıştır. Yeniden su çekmede mikro porozitenin de etkisi olmaktadır [82]. Ancak, H4 örneğinde mikro porozitenin yüksek olmasına rağmen yeniden su çekme süresi diğer örneklerden daha uzun süre almıştır.

H2, H3 ve H4 örneklerinde farklı partikül boyutlarında yapılan yeniden su çekme süreleri de, bu özelliğin ayrışma derecesi ve partikül boyutuna bağlı olduğunu göstermektedir (Tablo 4.4). Her 3 örnekte de partikül boyutu küçüldükçe, yüzey alanı artmış buna bağlı olarak da su penetrasyonuna direnç yükselmiştir. İdeal su çekme süresi olan 5 dakikanın üstünde olan bütün değerler, fındık zürufunun kurduğunda yeniden su çekmesinin uzun zaman aldığını göstermektedir. Hindistan cevizi liflerinin tekrar su çekmesinin 7 dakikanın altında, torfun ise 19 dakika civarında olduğu belirtilmektedir [29], fındık zürufunun yeniden su çekmesi ise torftan 10 dakika daha uzun bulunmuştur.

Tablo 4. 4. Fındık zürufu numunelerinin partikül boyutuna bağlı yeniden su çekme özellikleri (dakika)

Numuneler	4-0,125 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm
H1	<0.1	-	-	-	-	-	-
H2	8.11 c	-	<1	3 c	12 b	14 b	15 c
H3	20.00 b	<1	<1	8 b	14 b	16 b	18 b
H4	28.20a	<1	1	14 a	32 a	48 a	52 a
LSD	1	-	-	1,99	2,8	2,82	2,84
ANOVA	***	-	-	***	***	***	***

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: p<0.05.

Hidrofobik özellik gösteren maddelerin toplam su kapasiteleri de düşük olmaktadır [83]. Fındık zürufunun su tutma kapasitesinin düşük olmasının bir nedeni de hidrofobik karakterli yapısı olabilir. Hidrofobisiteyi lipit orijinli maddeler, mumsu maddeler ile fungus ve mikrobiyal yan ürünlerin oluşturduğuna inanılmaktadır [84]. Ham fındık zürufunun yüzeyi de mumsu yapı ile kaplanmıştır. Ayrışması zor ve zaman alan mumsu maddeler ayrışma ilerledikçe fındık zürufunda konsantre olmuş



olabilir. Bununla beraber, fındık zürufunda hidrofobisiteye neden olan yapı ve maddelerin araştırılarak doğrulanması ihtiyacı vardır. Yeniden su çekmesi zor olan maddelerin yetiştirme ortamı olarak kullanılacağına ya değişik sürfaktan kimyasallarla su çekmelerinin kolaylaştırılması veya karışımında su çekme özelliği iyi maddeler kullanılmasını gerektirmektedir. Yeniden su çekme verilerine göre fındık zürufunun saksı yetiştirme ortamı olarak kullanılacağına bu özelliği iyileştiren maddelerle karıştırılma ihtiyacı bulunmaktadır.

#### 4. 1. 3. 11. Hacmin büzülmesi

Yetiştirme ortamında meydana gelen büzülme, ortamın kuruması sonucunda hacminde meydana gelen kaybın yüzde olarak ifadesidir ve bu parametre, özellikle düşük ortam koşullarında, saksıya doldurulan yetiştirme ortamının kuruması durumunda hacminde meydana gelebilecek değişiklik hakkında bilgi verir.

Çalışmada kullanılan fındık züruflarının hacminin büzülmesi Tablo 4. 2' de verilmiştir. Ham materyal olan H1 numunesinin hacim büzüşmesi en yüksek bulunmuştur. Bu durum ham numunenin hiç ayrışmamış olması nedeniyle partikül boyutunun fazla olmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca diğer numunelerde partikül boyutunun azalmasıyla hacimdeki büzüşmenin de azaldığı görülmektedir.

Hacmin büzülmesi, köklerin sıkıştırılmasını kolaylaştırır, sulamanın ve gübrelemenin verimliliğini azaltır. Saksılı süs bitkisi üretiminde kullanılacak yetiştirme ortamları için ideal büzülme seviyesi, ortam hacminin %30'un altında olmalıdır [47]. Tüm numunelerin hacimsel büzüşmesi bu değerin altında bulunmuştur ve özgül ağırlığının da düşük olduğu göz önüne alındığında yetiştirme ortamı olarak kullanıldığında fındık zürufunun kurusa dahi köklerin sıkışmasına neden olmayacağı düşünülmektedir.

#### 4. 1. 4. Fiziko-kimyasal ve kimyasal özellikler

Saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılacak yetiştirme ortamlarının kimyasal özellikleri, bitki gelişimi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Özellikle organik

atıklardan elde edilen yetiştirme ortamlarının kimyasal özellikleri, kullanılan organik atığın kökenine bağlı olarak değişmektedir. Organik yetiştirme ortamlarında genellikle yüksek pH, aşırı tuzluluk ve bitki besin elementi yetersizliği gibi ortamın kimyasal özelliklerinden kaynaklanan sorunlar görülmektedir [18, 85]. Yetiştirme ortamların da karşılaşılan kimyasal problemlerin düzeltilmesi, fiziksel parametrelerin düzeltilmesinden daha kolay olmakla birlikte, uygulanan işlemler üretim maliyetlerini artırdığından ve bu süreçte bitki büyümesini olumsuz etkilediğinden problemleri materyaller genellikle kullanılmamaktadır [86].

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin fiziko-kimyasal ve kimyasal özellikleri ile bazı bitki besin elementi içerikleri Tablo 4. 5, Tablo 4. 6 ve Tablo 4. 7’ de verilmiştir.

Tablo 4. 5. Fındık zürufu numunelerinin fiziko-kimyasal ve kimyasal özellikleri

Numuneler	pH	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	Organik Madde (% v/v)	Organik Karbon %	C/N	CEC	GI
H1	4,79d	1,07a	93,84a	55,00a	49,68a	39,4a	81,9d
H2	7,58b	0,12d	91,05a	52,48b	31,70b	65,6b	93,2c
H3	7,34c	0,17c	83,71b	49,92c	29,85c	68,6c	106,7b
H4	7,67a	0,26b	84,11c	47,88d	28,48d	73,5d	119,8a
LSD	0,03	0,02	1,18	0,77	0,199	0,37	1,87
ANOVA	***	***	***	***	***	***	***

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: p<0.05.

#### 4. 1. 4. 1 pH

Bitkiler geniş bir pH aralığında hayatta kalabilmelerine rağmen, yetiştirme ortamında meydana gelen pH değişikliklerinden etkilenirler. pH değişikliklerinin başlıca etkileri, bitki besin elementi dengesinin bozulması, katyon değişirme kapasitesinde ve biyolojik aktivitede meydana gelen değişiklikler ve buna bağlı olarak bitkilerin gösterdiği fizyolojik tepkilerdir Organik maddelerden hazırlanan yetiştirme ortamlarında pH değerlerinin 5,2 – 6,3 arasında olması istenmektedir [19, 28].

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin pH değerleri 4,79 ile 7,67 arasında saptanmış (Tablo 4. 5) ve ayrışma derecesi ilerledikçe pH yükselmiştir. Ayrışmaya uğramamış ham fındık zürufu (H1) numunesinin pH değeri 4,79 iken ileri derecede ayrılmış H4 numunesinde pH 7,67'ye yükselmiştir. Ham fındık zürufu organik asitlerce zengin bir maddedir. Doğal koşullarda ayrışma ve yağışlarla yıkanma zürufun organik asit kapsamını düşürdüğü için pH yükselmiştir. Ayrışma ve yıkanmaya uğramış H2, H3 ve H4 numunelerin pH değeri 7,34–7,67 arasında değişmiştir. Bu tip organik atıklardan hazırlanan yetiştirme ortamlarında pH'nın 7 civarında olması normal kabul edilmektedir [15]. Bazı çalışmalarda organik atık kompostlarının pH değerleri 8 den de büyük bulunmuş ve bu durumda pH'nın düzeltilmesi önerilmiştir [9]. Ayrışmaya uğramış fındık zürufu numunelerinin pH değerleri, süs bitkileri için önerilen değerlerden yüksek olmakla birlikte, sulama suyu pH'sının kontrol edilmesi ve gübreleme uygulamaları ile pH problem olmadan yönetilebilir seviyededir.

pH optimum aralığın dışında ise, düşük olduğunda N, K, Ca, Mg gibi besin elementlerinin yetersizliğine, yüksek olduğunda P, Mn, B, Zn ve Cu gibi elementlerin fazlalığına neden olarak besin elementi dengesini bozmaktadır. Ayrıca 5,0 ve daha düşük pH'lar Mn, Cu, Zn gibi elementlerin fitotoksitesine neden olmaktadır. Diğer taraftan organik yetiştirme ortamlarının ideal pH (5.2- 6.3) seviyesinde bitkiler için faydalı olan nitrifikasyon bakterileri ve funguslar gibi mikroorganizmaların faaliyetleri de en üst düzeyde gerçekleşmektedir [28, 31, 69].

Yetiştirme ortamının pH'sı istenen sınırların dışında ise, ideal seviyeye getirmek için değişik önlemler alınabilir. pH 5.0'dan küçükse yetiştirme ortamına kireç veya mermer tozu katılarak pH yükseltilebileceği gibi pH istenen seviyenin üstünde ise ortama sülfür eklemek vasıtasıyla pH istenen seviyelere indirilebilir. Yetiştirme ortamına eklenecek kireç, mermer tozu ve sülfür miktarı, ortamın orijinal pH seviyesine bağlıdır [28].

#### 4. 1. 4. 2 Tuzluluk (EC)

Yetiştirme ortamlarında bulunan bazı suda eriyebilir maddeler, substratta tuzluluk meydana getirebilirler. Özellikle saksılı yetiştiricilikte kullanılan yetiştirme ortamlarında tuzluluk genellikle, yavaş salımlı gübrelerin yanlış kullanımından (özellikle nitratlı gübreler), sulamada kullanılan suların tuzluluk oluşturacak minerallerden fazla miktarda içermesi ve yüksek katyon değişirme kapasitesine sahip ortamlarda bitki besin maddelerinin ayrışmaları gibi nedenlerden kaynaklanabilir [87].

Yetiştirme ortamında tuzluluk yüksekse, ortam yıkanarak, saksı gerektiğinde sık sulanarak, substrat kuru iken toz gübreler kullanılmayarak ve bitkilerin bulunduğu ortam sürekli nemli tutularak tuzluluğun neden olduğu olumsuz etkiler azaltılabilir.

Bitkilerin tuzluluğa gösterdikleri tepkiler, bitkilerin yaşlarına, çevresel durumlara ve bitki türünün karakteristik özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Bitkiler yetiştirme ortamındaki tuzluluğa çimlenme ve ilk gelişme dönemlerinde, sonraki dönemlere göre daha hassastır. Ayrıca bitkiler ılık ve nemli geçen dönemlerde, sıcak dönemlere göre tuzluluğa daha toleranslıdır [79].

Yetiştirme ortamlarının tuzluluk (EC) değerinin  $\leq 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$  olması istenmektedir [19]. Fındık zürufu numunelerinin tuzluluk (EC) değerleri Tablo 4. 5' de verilmiştir. H1 numunesinin tuzluluk değeri diğer numunelerden yüksek ve ideal tuzluluk değerinin üstünde bulunmuştur. Doğal ham numunedeki yüksek tuzluluk oranı, ayrışma periyodunda yağışların etkisiyle yıkanarak azalmıştır. Yarı ayrışmış ve tam ayrışmış fındık zürufu numunelerinin tuzluluk değerleri düşük bulunmuştur. Fındık zürufu numunelerinin tuzluluk değerlerinin düşük olması tuzluluğa hassas bitkilerde herhangi bir yıkama işlemine tabi tutulmadan rahatlıkla kullanılabilmesine olanak sağlayacak niteliktedir. Aynı zamanda numunelerin tuzluluğunun düşük olması, yetiştirme ortamlarında ki tuzluluğun nedenlerinden olan N, K, Ca, S, Na gibi bitki besin elementlerinin azlığını da göstermektedir [18]. Bu nedenle gübreleme programları yapılarak kullanılması gerekmektedir. Ayrıca son zamanlarda yapılan çalışmalar yüksek tuzluluk değerine sahip yetiştirme ortamlarının bile uygun sulama

programları ile süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılmasının mümkün olduğunu ortaya koymuştur [7]. Diğer yandan düşük EC değeri, fındık zürufunun EC seviyesi genellikle yüksek olan kompostlarla karıştırıldığında, karışımda bu özelliği dengeleyebilecek nitelikte olmasından dolayı ön plana çıkan özelliklerden biridir.

#### 4. 1. 4. 3 Toplam organik madde

Toplam organik madde, yetiştirme ortamındaki tüm maddenin 550 °C’de yakılması ile tespit edilir [19, 28, 48] ve yetiştirme ortamlarında ana bileşen olarak kullanılacak materyallerin organik madde içeriğinin % 80’in üstünde olması istenir [7, 19].

Çalışmada incelenen fındık züruflarının toplam organik madde içeriği ayrışma derecesine bağlı olarak %94 - % 84 arasında değişmiştir (Tablo 4.5). Ham materyal olan H1 numunesi en yüksek organik madde içeriğine sahipken, ayrışması ilerlemiş örneklerin organik madde içeriği azalmıştır. Organik maddelerin ayrışma dereceleri ilerledikçe organik madde içeriği azalmakta, mineral kısım artmaktadır. Süs bitkileri yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan torf, Hindistan cevizi lifi ve ağaç kabuğu kompostunun organik madde içeriği sırası ile % 98, >%90, >%60 arasında olduğu rapor edilmektedir [15, 26]. İncelenen fındık zürufu numunelerinin organik madde içeriği torfa göre düşük, Hindistan cevizi lifine yakın ve ağaç kabuğu kompostundan daha yüksektir. Ayrışması gerçekleşmiş numunelerinin toplam organik madde değerinin ideal değer üstünde veya alt sınıra yakın bulunması her üç numunenin de yetiştirme ortamı olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

Organik madde içinde organik karbonun yüksek olması yetiştirme ortamı içindeki mikrobial aktiviteyi artırmaktadır. Ortamın azot içeriği düşük olduğunda ise azot hızla tüketilmektedir [88]. Fındık zürufu numunelerinin organik karbon içerikleri de toplam organik madde de olduğu gibi olgunlaşma periyodu süresince bir miktar azalmıştır. En yüksek organik karbon değeri %55 ile ham fındık zürufu numunesinde, en düşük değer ise 47,88 ile tam olgunlaşmış H4 numunesinde bulunmuştur (Tablo 4. 5).

Yetiştirme ortamlarında kullanılan destek materyalinin çürümeye dayanıklı olması (yüksek biyolojik stabilite) istenilen özelliktir ve yetiştirme ortamı olarak diğer istenilen özellikleri sağlayabiliyor ise ilave çürütülmeye gerek kalmadan yetiştirme ortamlarında kullanılabilir [50, 89]. Stabilitayı sağlayan özellikler ise lignin, hemiselüloz ve selüloz oranına bağlıdır. Lignin, hemiselüloz ve selüloz oranı yüksek materyallerin hızlı çürüyebilir organik maddeleri giderildikten sonra, C/N oranının düşürülmesine gerek kalmadan kullanılabilir.

Fındık zürufunun lignin, selüloz ve hemiselüloz miktarları yüksektir (Tablo 4. 6). Fındık zürufu içinde bulunan odunsu maddelerin yüksek lignin ve hemiselüloz miktarı içermesi ayrışmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. 6. Fındık zürufu numunelerinin bazı makro ve mikro element içerikleri

Selüloz	24,5%
Hemiselüloz	11%
Lignin	42,56%

Fındık zürufunun selüloz ve lignin oranı torftan daha yüksek, hemiselüloz oranı ise torfdan daha düşük, Hindistan cevizi lifi ile kıyaslandığında ise bütün değerler benzerlik göstermektedir [26]. Ayrıca, fındık zürufunun selüloz, hemiselüloz ve lignin oranının yüksek olması, torf ve Hindistan cevizi lifinde olduğu gibi C/N oranının yüksekliğine bakılmaksızın yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu tür materyallerde azot yetersizliği gübreleme programları ile karşılanabilmektedir [90, 91].

#### 4. 1. 4. 4. Karbon- Azot oranı (C/N)

C/N organik maddenin olgunluğunu, stabilitesini ve kökenini belirlemek için kullanılan bir indekstir. Olgunlaşmamış organik materyaller bitki yetiştiriciliğinde kullanıldığında bitkilere çeşitli zararlar verdiği görülmektedir. Ayrışması tamamlanmamış yüksek C/N oranına sahip materyaldeki mikroorganizma faaliyeti ile ortamdaki azot ve oksijen hızla tüketilmektedir. Organik kökenli bir yetiştirme

ortamının olgunlaşmış ve stabil olarak kabul edilebilmesi için C/N oranı 15–20 arasında olmalıdır [9].

Çalışmada incelenen fındık zürufu numunelerinin C/N oranları, 49,68 – 28,48 arasında değişmiş ve numunelerin olgunluk derecesi arttıkça düşmüştür (Tablo 4. 5). Bu durum ayrışma süresinde organik karbon oranının azalışı ve azot oranının artışına bağlı olarak değişmiştir. Tespit edilen C/N oranı değerleri fındık zürufu kompostunda rapor edilen 21,5 ile 32,4 değerleri arasında bulunmuştur [92]. Yine bu değerler yetiştirme ortamlarında istenen değerlerin bir hayli üstündedir. C/N oranı saksılara dolgu maddesi amacıyla kullanılan diğer malzemeler torfda 48,0 – 61,8, Hindistan cevizi lifinde 75-186, ve ağaç kabuğu kompostunda 53-200 arasında değişmektedir [15, 26, 42]. Fındık zürufu numunelerinin C/N oranı süs bitkisi yetiştiriciliği için yüksek olsa da diğer yaygın yetiştirme ortamı malzemelerine göre düşüktür [26]. Buna rağmen süs bitkilerine yetiştirme ortamı olarak kullanılacağında, istenilen bitki büyümesini sağlamak için azot içeren gübrelerin kullanılması gerekmektedir.

#### 4. 1. 4. 5. Katyon değiştirme kapasitesi

Yetiştirme ortamının katyon değiştirme kapasitesi ortamın birim hacminin adsorbladığı katyon miktarıdır. Tutulan katyonlar sulama suyu ile yıkanmayıp, bitkiler tarafından kolay kullanılabilir besin elementleridir. Katyon değiştirme kapasitesinin ani pH değişimlerini önleyici özelliği de vardır. Bu özellik yetiştirme ortamlarında yetiştirme periyodu boyunca sulama ve gübreleme gibi uygulamaların etkisiyle pH oranında meydana gelebilecek değişimleri önler.

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin katyon değiştirme kapasiteleri ayrışma derecesine bağlı olarak değişmiştir (Tablo 4.5). Ayrışmaya uğramamış, ham örnekte KDK 39,4 cmol kg<sup>-1</sup> iken, ileri derecede ayrışmış H4 numunesinde 73,5 cmol kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. KDK ortamın pH'sına bağlı olarak değiştiğinden KDK tek başına organik materyallerden hazırlanan yetiştirme ortamlarının kıyaslanmasında yetersiz bulunmaktadır [35].

Organik yetiştirme ortamlarının katyon tutma kapasitesi ayrışma derecesi ve pH ile ilişkilidir. Torf ile yapılan bir çalışmada, pH 3.5 'da KDK 73 me / 100 g, pH 5,0'de 127 me / 100 g, pH 7.0 'de ise 163 me / 100 g olduğu tespit edilmiştir [14]. Fındık zürufunda ayrışmaya bağlı olarak pH yükselmiştir, pH ve humifikasyona paralel olarak KDK da artış göstermiştir. Bununla birlikte fındık zürufu için belirlenen KDK değerleri torf, Hindistan cevizi lifi [19] ve ağaç kabuğu kompostundan daha düşüktür [9, 35].

#### 4. 1. 4. 6. Toksisite (GI)

Toksisite özellikle ayrışması tam olarak tamamlanmamış organik materyallerin kullanıldığı yetiştirme ortamlarında kontrol edilmesi gereken önemli bir parametredir. Ayrışma süresince ortaya çıkan mikrobiyal metabolik maddeler toksisiteye yol açarak, bitki gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. Yetiştirme ortamlarının toksisitesi çimlenme indeksi (GI) testi ile belirlenmektedir. Yetiştirme ortamlarında toksisitenin problem olmaması için çimlenme indeksinin 60' ın üstünde olması gerekir [19, 66].

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin çimlenme indeksi (GI) değerleri Tablo 4. 5' de verilmiştir. Tüm fındık zürufu numunelerinin çimlenme değeri sınır değerinin üstündedir. Bu yüzden ham fındık zürufu numunesi olan H1 numunesi dahil hiç bir numunenin yetiştirme ortamı olarak kullanılmasında herhangi bir toksik etki görülmeyeceği sonucuna varılmaktadır. Bununla birlikte kontrol uygulamasının altında çimlenme indeksine sahip H1 ve H2 ayrışma seviyesindeki numunelerin bitki yetiştiriciliği açısından risk taşıdığı söylenebilir. Ayrışma derecesi ileri olan H3 ve H4 numuneleri toksisite riski olmadan bitki yetiştiriciliğinde kullanılacak uygunluk seviyesindeki örneklerdir.

#### 4. 1. 4. 7. Bitki besin elementleri

Organik yetiştirme ortamları, inorganik yetiştirme ortamlarının aksine biyolojik ayrışmaları sonucu ortamın türüne ve kökenine bağlı olarak değişik oranlarda bitki besin maddesi salınımı gerçekleştirerek bitkilerin kullanımına sunabilmektedir.



Örneğin; doğal saf haldeki Sphagnum torfunun besin maddeleri kapsamı, kısmen azot dışında oldukça düşüktür. Mevcut besin maddeleri de bitkiler tarafından kolayca alınabilecek formda değildir. Kompostlar da ise kökenine ve kompostlanma prosesine bağlı olarak bitki besin elementi daha yüksek seviyelerdedir. Saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde mineral ve organik yetiştirme ortamlarının her ikisi içinde gübreleme yoluyla, bitki besin maddesi ilave etmek, ideal bitki gelişimi elde etmek açısından önemlidir. Gübreleme miktarı ve sıklığı katyon değiştirme kapasitesi başta olmak üzere yetiştirme ortamının karakteristik özelliklerine ve sulama programına bağlı olarak belirlenir. Saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde, organik yetiştirme ortamları için, ortamın drenajı da göz önünde bulundurularak, yavaş salımlı veya kademeli olarak serbest kalan gübreler kullanılması ideal bitki gelişiminin sağlanması açısından faydalıdır. Kimi zaman organik atıklardan elde edilen ortamlar da yavaş salımlı gübreler gibi davranmaktadır [93].

Çalışmada incelenen fındık zürufu örneklerinin bitki besin elementi içerikleri Tablo 4. 7 ve Tablo 4. 8' de verilmektedir. Fındık züruflarının kuru maddesinde tespit edilen azot, fosfor ve potasyum gibi makro bitki besin elementleri bakımından zengin olduğu görülmektedir. Özellikle potasyum hem kuru maddede hem de ekstrakta diğer elementlere kıyasla, istenilen aralığında üstünde yüksek tespit edilmiştir. Fındık zürufu numunelerinin olgunluk dereceleri arttıkça kuru maddedeki azot oranı yükselmiş, amonyum ve nitrat ( $\text{NH}_4\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) oranı ise yıkanmanın etkisiyle azalmıştır. Kuru maddede tespit edilen fosfor düzeyi ayrışmaya bağlı olarak değişmemiş, ekstrakta tespit edilen değerler ise H3 ve H4 ayrışma derecesinde ideal seviye aralığındadır. Tüm örneklerin ekstraktlarında kalsiyum içerikleri ölçülemeyecek kadar az, kuru madde ise 1,00 mg/kg'ın altında bulunmuştur.

Tablo 4. 7. Fındık zürufu numunelerinin kuru ağırlığında tespit edilen makro element düzeyleri

Numuneler	Azot (%)	Fosfor (%)	Potasyum (mg/kg)	CaCO <sub>3</sub> (mg/kg)
H1	1,107 d	4,57 d	10024 d	1,03 a
H2	1,655 c	5,86 b	10552 b	0,92 b
H3	1,672 b	5,92 a	10344 c	0,88 c
H4	1,681 a	5,72 c	11421 a	0,84 d
LSD	0,007	0,03	4,7	0,03
ANOVA	***	***	***	***

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: p<0.05.

Ekstrakte klor ve özellikle sodyum bitki yetiştiriciliğinde istenmemektedir. Örneklerde tespit edilen hem klor hem de sodyum ayrışma derecesi ilerledikçe azalmıştır. Bahsedilen parametrelerin azalmasında doğal koşullarda yıkanmanın etkisi açıkça görülmektedir. Gerek kuru ağırlık gerekse ekstrakta tespit edilen besin elementleri miktarı potasyum hariç, ideal düzeylerin altında kalmış [79], bitki yetiştiriciliği için gübrelemeye ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Sodyum başlangıçta ideal seviyenin üst sınırında (<115 mg/L) olmakla birlikte, ayrışma derecesi ilerledikçe, doğal koşullarda yıkanmanın etkisiyle kabul edilebilir değerlere düşmüştür.

Tablo 4. 8. Fındık zürufu ekstraktlarının bitki besin elementi içerikleri

Örnekler	NH <sub>4</sub> -N (mg.L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg.L <sup>-1</sup> )	K (mg.L <sup>-1</sup> )	P (mg.L <sup>-1</sup> )	Cl (mg.L <sup>-1</sup> )	Na (mg.L <sup>-1</sup> )	Ca (mg.L <sup>-1</sup> )
H1	58,03a	69,7a	238,2c	3,5	6,15a	117,9a	<1
H2	10,26b	11,56b	214,3d	4,86	3,4b	97,42b	<1
H3	8,86b	3,17c	375,5a	6,40	2,08c	75,84c	<1
H4	1,52c	1,33d	355,8b	7,53	1,48d	66,17d	<1
LSD	1,9	1,58	1,31	0,43	0,34	1,64	-
ANOVA	***	***	***	***	***	***	-
İdeal <sup>a</sup>	-	100-199	150-249	6-10	<180	<115	<2500

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: p<0.05.

a: Yetiştirme ortamları için ideal değerler [94]

Toplam kuru maddede tespit edilen mikro besin elementleri ve ağır metal düzeyleri genel olarak düşük veya tespit edilemez düzeydedir. Yinede organik maddenin ayrışmasına bağlı olarak Zn ve Cu mikro elementleri bitki büyümesini destekleyebilecek düzeydedir (Tablo 4.9).

Tablo 4. 9. Fındık zürufu numunelerinde tespit edilen mikro element ve ağır metal düzeyi

Numunele r	Zn (mg/kg )	Cu (mg/kg )	Ni (mg/kg )	Pb (mg/kg )	Cr (mg/kg )	Cd(mg/kg )
H1	41,24a	2,61d	0,00b	0,00d	0,00	0,00
H2	38,49b	5,24c	0,00b	1,61c	0,00	0,00
H3	35,12d	5,85b	0,80b	2,39a	0,00	0,00
H4	37,26c	6,48a	0,00a	1,85b	0,00	0,00
LSD	0,05	0,04	0,02	0,016	-	-
ANOVA	***	***	***	***	-	-
Limit <sup>a</sup>	1500	500	100	1000	200	5

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: p<0.05.

a: Yetiştirme ortamları için ideal değerler [94]

Bütün karakterler bir arada değerlendirildiğinde fındık zürufunun yetiştirme ortamı olarak kullanılabilmesi için ayrışma derecesinin ilerlemiş (H4 seviyesinde), partikül boyutunun küçültülmüş ve CI 30 civarında olması gerektiği anlaşılmaktadır. Bitki yetiştiriciliğinde en fazla kullanılan torf ve Hindistan cevizi lifine kıyasla su tutma kapasitesinin düşük, bunun tersine hava kapasitesinin yüksek, azot oranının yüksek dolayısı ile C/N oranının düşük olduğu dikkati çekmektedir. Su tutma ve hava kapasitesi parametreleri yönünden ağaç kabuğu kompostlarına daha yakındır. Toplam organik madde ile organik maddenin ayrışmaya dayanıklı lignin, selüloz ve hemiselüloz bakımından aynı, dolayısıyla ayrışmaya karşı dayanıklı stabil olduğu anlaşılmaktadır. Kimyasal özellikler bakımından pH yüksek, EC ve KDK bakımından düşüktür. Bitki besin elementleri yönünden potasyum çok yüksek, fosfor yeterli, diğer elementler ise düşük ve yetersiz seviyededir. Azotun organik ve mineral formları diğer standart yetiştirme ortamlarına kıyasla yüksek olmakla birlikte, bitki ihtiyacına göre düşüktür. Ön plana çıkan özellikleri, ayrışmaya karşı dayanıklı olması, saksı içinde büzülmesinin az olması ve kompaktlaşmaması, EC değerinin düşük olmasından dolayı gübreleme programlarına uygunluğu görülmektedir. Saksı yetiştirme ortamı olarak en problemlili görülen yönü hidrofobik karakteri nedeniyle, yeniden su çekme süresinin uzun ve zor olması ile su tutma kapasitesinin düşük olması ve suyun daha çok partikül yüzeyinde tutulmasıdır. Suyun partikül yüzeyinde tutulması evaporasyonla hızlı kaybına neden olmakta, bu hidrofobik karakterle birleşince evaporasyonun şiddetli olduğu yaz aylarında su yetersizliği riskini artırmaktadır. Bitki yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamı bileşeni olabilmesi için

özellikle bu yönlerini destekleyici maddelerle karışım halinde kullanılması daha başarılı sonuç vermesi açısından gerekli görülmektedir.

#### 4. 2. Fındık Dış Kabuğu (Züruf) ve Arıtma Çamuru Karışımından Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Bitki Yetiştirmeye Uygunluğu

Süs bitkisi yetiştiriciliğinde en fazla kullanılan yetiştirme ortamları doğal toprak ve torftur. Ancak torf ve toprak kazılarının çevre bütünlüğünü bozması, kaliteli torfun maliyetinin yüksek olması, toprağın ağır olması ve saksı içinde istenilen özellikleri sağlayamaması gibi nedenlerle alternatif yenilenebilir kaynaklar, ya tek başına ya da değişik oranlarda karışımlar halinde yetiştirme ortamı olarak kullanılmaktadır. Herhangi bir materyalden yetiştirme ortamı olarak faydalanılması için istenilen miktar ve nitelikte kolayca temin edilmesi ve maliyetinin düşük olması gerekmektedir. Bu koşullar sağlandıktan sonra ortamda kullanılan materyallerin, yetiştirme ortamlarının karşılaması gereken fiziksel ve kimyasal özellikleri ne kadar sağladığı belirlenmektedir. Yenilenebilir organik materyaller tek başlarına kullanılarak istenilen fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri sağlamak, her zaman mümkün olmamaktadır. İstenilen özellikleri sağlamak için çoğunlukla iki ya da daha fazla materyal karışım halinde kullanılmaktadır. Karışımlarda genel amaç saksı dolgu maddesini bitki besin elementlerince zenginleştirecek ve gübreleme ihtiyacını en aza indirecek hatta ortadan kaldıracak malzeme ile desteklemek, yetiştirme ortamının fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özelliklerini dengelemektir. Yetiştirme ortamlarında dolgu maddesinin ayrışmaya karşı dayanıklı, kompaktlaşmayan yapıda olması ve gübre sağlayıcı maddelerin bitki besin elementlerince zengin, toksik etkisi olmayan, ortamın fiziksel ve kimyasal yapısını dengeleyebilecek yapıda olması istenmektedir. Dolgu maddesi olarak çok değişik yapı ve orijinde organik maddeler kullanılırken, gübre sağlayıcı olarak çoğunlukla ahır gübreleri, evsel katı atık kompostu ve arıtma çamuru kompostları gibi besin elementlerince zengin materyaller ortama karıştırılmaktadır [3, 32, 88].

#### 4. 2. 1. Çalışmada kullanılan arıtma çamurunun özellikleri

Fındık zürufunun bitki yetiştirmeye uygunluğunu belirlemek amacıyla düzenlenen çalışmada, fındık zürufunun yetersiz görülen özelliklerinin içine artan oranlarda arıtma çamuru karıştırılarak düzeltilmesi, kimyasal gübre vererek veya gübre verilmeden kontrol uygulaması ticari torf ile kıyaslanarak araştırılmıştır.

Kentsel arıtma çamuru, atık su arıtım işleminde ortaya çıkan son üründür ve yapılan pek çok çalışmada tarımsal amaçla kullanımı uygun bulunmuştur. Organik madde ile azot, fosfor, potasyum gibi temel bitki besin elementlerince zengin olması, arıtma çamurunun gübre olarak kullanılmasını sağlayan temel nedenlerdir [13].

Çalışmada kullanılan kentsel arıtma çamurunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 4.10' ve Tablo 4.11'de verilmiştir. Kullanılan arıtma çamuru azot, fosfor, potasyum ve mikro besin elementleri açısından zengin, süs bitkisi yetiştirme ortamlarında organik madde yönünden orta seviyede bulunmuştur (Tablo 4.10). Kurutulmamış ham arıtma çamurunun su kapsamı % 80 iken, kurutulduktan sonra su tutma kapasitesi % 25 olarak tespit edilmiştir. Özgül ağırlık süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kabul edilebilir seviyede, hacim ağırlığı, porozitesi, su tutma kapasitesi, hava kapasitesi ve büzülme oranı ideal yetiştirme ortamı değerlerinin dışındadır. EC değeri fındık zürufundan yüksek, pH ideal sınıra yakın, C/N oranı ve KDK fındık zürufundan daha düşüktür. Ayrıca çimlenme indeksine (GI = 128) bakıldığında, bitkiler için toksik etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

Tablo 4. 10. Arıtma çamurunun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel Özellikler		Kimyasal Özellikler	
Hacim ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	713	Organik Madde (% v/v)	54,98
Özgül Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1821	Organik Karbon %	31,21
Porozite (% v/v)	60,87	Toplam Azot %	3,344
Hava Kapasitesi (% v/v)	35,97	C/N	13,47
Su tutma kapasitesi (ml l <sup>-1</sup> )	248,97	pH	6,7
Büzülme (% v/v)	22,78	EC	1,99
Yeniden Su Çekme (dakika)	8,30	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	8,63
		GI	128
		P (mg/kg)	710
		K (mg/kg)	5120

Arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımını belirleyen özellikleri içerdiği, ağır metal seviyesi ve patojen düzeyi bakımından stabilizasyon derecesidir. Karışımlarda kullanılan arıtma çamuru, içerdiği ağır metal seviyesi bakımından tarımsal amaçlı kullanımını sınırlayan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği [95] limitlerini sağlamaktadır (Tablo 4.11). Patojen giderimi bakımından Salmonella içermemekte, Fekal koliform ve canlı helmint yumurtası bakımından USEPA tarafından yapılan sınıflandırmaya göre A gubu çamur sınıfına girmektedir [96].

Tablo 4. 11. Arıtma çamurunun mikro element ve ağır metal düzeyi ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği limit değerler

Mikro element, ağır metal	Değerler	TKKY limit
Zn (mg/kg)	1435	4000
Cu (mg/kg)	19	1750
Cr (mg/kg)	243	1200
Pb (mg/kg)	34	1200
Ni (mg/kg)	79	400
Cd (mg/kg)	3	40
Fe (mg/kg)	15234	

#### 4. 2. 2. Hazırlanan yetiştirme ortamlarının özellikleri

##### 4. 2. 2. 1. Fiziksel özellikler

Bitki yetiştirme Denemede kullanılan yetiştirme ortamlarının fiziksel özellikleri Tablo 4.13’de, kimyasal özellikleri Tablo 4. 14’de ve ortamların bitki besin elementi içerikleri Tablo 4.15’ de verilmiştir. Bitki yetiştirme deneylerinin yapıldığı yetiştirme

ortamlarının özellikleri literatürde verilen ideal değerlerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada kontrol amacıyla kullanılan ticari torf içinde %25 oranında perlit içerdiğinden saptanan özellikler, literatürde sadece torf için verilen değerlerden farklılık göstermektedir. Saf fındık zürufu ve fındık zürufu + arıtma çamuru kombinasyonları ilave olarak herhangi bir inorganik bileşen içermemektedir. Fındık züruflarına 2 mm elekten geçen arıtma çamurları karıştırılarak yetiştirme ortamı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik karakter analizine tabi tutulmuştur

Partikül boyut analizi sonuçlarına göre yapısal olarak farklı olan torf en yüksek partikül boyut indeksine (CI) sahip olan örnek olmuş, artan dozlarda fındık zürufuna karıştırılan arıtma çamuru her kademede ortamın partikül boyut indeksini artırmıştır (Tablo 4.12). Partikül boyut dağılımı indeksi artışına bağlı olarak partiküllerin geometrik ortalaması da yükseliş göstermiştir. Partikül boyut indeksi olarak kabul edilmiş ideal sınır değerler bulunmamakla birlikte, bu özellik diğer fiziksel ve hidrolojik parametreleri etkilediği için bilinmesi ve gerekiyor ise ayarlanması gerekmektedir. Nitekim karışımda artan arıtma çamuru miktarı diğer fiziksel, kimyasal ve hidrolojik parametreleri pozitif veya negatif yönde etkilemiştir (Tablo 4.13, Tablo 4.14).

Tablo 4. 12. Torf ve fındık zürufu, fındık zürufu + arıtma çamuru kombinasyonlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının partikül boyut dağılımı indeksi (CI), partikül boyutu geometrik ortalaması ve geometrik ortalamanın standart sapması

Yetiştirme Ortamı	CI (% v/v)	Dg	$\sigma_g$
Torf	63a	1,74a	4,33a
FZ	36e	0,70d	2,45bc
FZ+G	36e	0,70d	2,45bc
FZ+Ç1	47d	1,07c	2,41cd
FZ+Ç2	52c	1,21bc	2,33d
FZ+Ç3	56b	1,34b	2,55b
LSD	1,92	0,207	0,117
ANOVA	***	***	***

\*\*\*, \*\*, \*:  $p < 0.001, 0.01, 0.05$ . LSD:  $p < 0.05$ .

Fındık zürufu ve arıtma çamuru içeren tüm yetiştirme ortamlarının özgül ağırlıkları, özgül ağırlık için ideal değer olan 1,4-2.0 g/cm<sup>3</sup> arasında bulunmuştur. İçinde perlit bulunan torfun özgül ağırlığı fındık ve fındık zürufu + arıtma çamuru kombinasyonlarından farklı olarak üst sınır değere yakın bulunmuştur (Tablo 4.13). Hacim ağırlığı da, özgül ağırlığa benzer şekilde torf uygulamasında en yüksek bulunmuş, yine artan arıtma çamuru miktarları yetiştirme ortamlarının hacim ağırlığını yükseltmiştir. Bununla beraber ticari torf kontrol uygulaması dışında fındık zürufundan hazırlanan yetiştirme ortamlarının hacim ağırlıkları, ideal hacim ağırlığı için üst limiti olan 0,4 g/cm<sup>3</sup>'ün altında yer almıştır. Organik madde içeriğinin daha düşük olmasından dolayı özgül ağırlık ve hacim ağırlığı, fındık zürufundan daha yüksek olan arıtma çamuru (Tablo 4.10, Tablo 4.13) karışıma girdiğinde artan dozuna bağlı olarak bahsedilen parametreleri yükseltmiştir. İnorganik kapsamı yüksek arıtma çamuru ve kentsel veya endüstriyel katı atık kompostlarının karışımlarda kullanıldığında torf, Hindistan cevizi lifi ve ağaç kabuğu kompostlarının özgül ağırlık ve hacim ağırlığını artırdığını gösteren literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. [21, 35, 42, 43, 79]. Aynı literatür bilgilerinde değişen parametrelerin bitki büyümesini önemli derecede etkilemediği de rapor edilmektedir.

Tablo 4.13. Yetiştirme ortamlarının fiziksel özellikleri

Yetiştirme Ortamı	Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Porozite (% v/v)	Hava Kapasitesi (% v/v)	Su tutma kapasitesi (ml l <sup>-1</sup> )	Yeniden Su Çekme (dakika)	Büzülme (% v/v)
Torf	2,07a	0,463a	77,61d	39,66a	379,51c	15,66e	14,03b
FZ	1,56e	0,201e	87,09a	21,84d	652,53a	28,20a	11,62b
FZ+G	1,56e	0,201e	87,09a	21,84d	652,53a	28,20a	11,62b
FZ+Ç1	1,66d	0,263d	84,14b	34,61b	498,29b	25,76b	19,72a
FZ+Ç2	1,70c	0,337c	80,19c	30,69bc	494,95b	20,43c	21,34a
FZ+Ç3	1,76b	0,399b	77,41d	28,51c	488,98b	17,20d	22,77a
LSD	0,03	0,04	2,34	4,27	42,736	1,35	5,268
ANOVA	***	***	***	***	***	***	***
İdeal	1.4–2.0	<0.40	>80	20-30	600-1000	<5	<30

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: p<0.05.

Fındık zürufuna karıştırılan artan oranlardaki arıtma çamuru ortamın toplam porozitesini istatistikî olarak her kademedeki azaltmıştır (p<0,01). Kontrol uygulaması torf ile %50 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamı olan FZ+Ç3'ün porozitesi ideal değerinin çok az altında olmakla birlikte, kullanılan tüm ortamların süs bitkisi



yetiştiriciliği için uygun porozite değerine sahip oldukları söylenebilir. Organik atıklardan hazırlanan yetiştirme ortamlarının porozitesi, kompostlama işleminden dolayı partikül boyutu ve organik madde oranının azalması ve bunun tersine inorganik madde miktarının artmasından dolayı genellikle gerilemektedir [3, 9, 35, 43, 53, 96, 97]. Fındık zürufu + arıtma çamuru kombinasyonlarından da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Fındık zürufuna arıtma çamuru ilavesi toplam porozitenin azalmasına neden olurken, hava kapasitesini artırmıştır. Sadece fındık zürufuna göre % 12,5 arıtma çamuru ilavesi hava kapasitesini % 15 artırmış, artan arıtma çamuru dozları olan % 25 ve % 50, azalan miktarda olmakla birlikte hava kapasitesini sırası ile % 14 ve % 13 oranında artırmıştır. %100 fındık zürufundan oluşan FZ ve FZ+G ile %50 arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 ortamlarının hava kapasitesi ideal değer aralığında bulunurken, torf ile %12,5 arıtma çamuru içeren FZ+Ç1 ve %25 arıtma çamuru içeren FZ+Ç2 ortamlarının hava kapasitesi kısmen yüksek bulunmuştur.

Artan hava kapasitesinin tersine toplam porozite içinde su tutma kapasitesi artan arıtma çamuru dozuna bağlı olarak gerilemiştir (Tablo 4.13). Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının su tutma kapasiteleri genel olarak saf fındık zürufu dışında, ideal değerlerin altında bulunmuştur. Karışımlarda kullanılan arıtma çamuru miktarının artması ortamların su tutma kapasitesini düşürmüştür. Bu durum ham halde yüksek miktarda su içeren arıtma çamurunun, kuruduktan sonra ikinci defa aynı miktarda su içeriğine ulaşamamasından kaynaklanmıştır (Tablo 4.10). İnorganik madde oranı yüksek, dolayısı ile hacim ağırlığı yüksek ortamların su tutma kapasitesi gerilemektedir. Bu durum yetiştiricilik açısından problem olmazken sadece daha sık sulama yapılmasına gerek duymaktadır [9].

Tuttuğu su miktarı az olsa da arıtma çamurunun yeniden su çekme süresi fındık zürufuna göre daha kısadır (Tablo 13). Fındık zürufuna artan dozlarda arıtma çamuru karıştırılması yeniden su çekmeyi iyileştirmiştir. Arıtma çamuru ilavesinin fındık zürufunun fiziksel özelliklerine en pozitif katkısı, kuruduktan sonra tekrar su çekme süresini kısaltmasıdır. Arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarının bitki yetiştirme deneylerinde de yüzey evaporasyonundan dolayı kurumunun sadece fındık zürufu

içeren ortamlardan daha az olduğu gözlemlenmiştir. İnce partiküllü kompost gibi organik maddelerin mikro poroziteyi artırarak yeniden su çekme özelliğini iyileştirdiğine inanılmaktadır [82].

Aritma çamuru kurduğunda hacminde meydana gelen azalma da fazladır. Bu durum yetiştirme ortamlarının kuruduklarında, çamur miktarı fazla olanların daha çok büzülmelerine yol açmaktadır (Tablo 4.13). Yetiştirme ortamlarında % 30 büzülmeye kadar tolerans gösterilmektedir [19]. İncelenen yetiştirme ortamlarında maksimum büzülme % 23 ile, fındık zürufu+% 50 arıtma çamuru kombinasyonunda tespit edilmiştir. Bu parametreye göre yetiştirme ortamları ideal sınırlar içinde yer almaktadır. Büzülme aynı zamanda, saksıya doldurulan materyalin kompaktlaşmaya gösterdiği tepkiyi de ifade ettiğinden [18], torf ile kıyaslandığında fındık zürufunun kompaktlaşmaya dayanıklı olduğu söylenebilir (Tablo 4.13).

#### 4. 2. 2. 2 Kimyasal özellikler

Denemede kullanılan yetiştirme ortamlarının kimyasal özellikleri Tablo 4. 14' de ve ortamların bitki besin elementi içerikleri Tablo 4.15' de verilmiştir. Çalışmada kullanılan %100 fındık zürufu (FZ, FZ+G) örnekleri yetiştirme ortamında istenilen organik madde oranını sağlarken, ticari torf kontrol uygulaması limit değerlerin alt sınırına yakın, arıtma çamuru içeren ortamlar ise limit değerinin altında bulunmuştur. Fındık zürufunun % 84 olan organik madde miktarını artan arıtma çamuru dozu sırası ile % 72, % 67 ve % 60 seviyesine düşürmüştür. Organik madde içeriği düşük olan arıtma çamuru (% 55) miktarı arttıkça organik madde miktarı azalmıştır. Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının organik karbon içerikleri, organik madde de olduğu gibi, %100 fındık zürufu içeren ortamlarda yüksek olurken, arıtma çamuru ilavesi ile azalmıştır. Bu durum arıtma çamurunun inorganik kısmının fazla olmasından kaynaklanmıştır. En yüksek organik karbon değeri %48 ile %100 fındık zürufu içeren ortamlarda, en düşük değer ise %26 ile torftan oluşan ortamda tespit edilmiştir.

Tablo 4.14. Yetiştirme ortamlarının kimyasal özellikleri

Yetiştirme Ortamı	Organik Madde (% v/v)	Organik Karbon (%)	Toplam Azot (%)	C/N	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	GI
Torf	73,75b	26,26e	1,18d	22,25b	96,1a	6,06e	2,75a	115e
FZ	84,11a	47,88a	1,68c	28,50a	73,5b	7,67a	0,26e	119d
FZ+G	84,11a	47,88a	1,68c	28,50a	73,5b	7,67a	0,26e	119d
FZ+Ç1	71,69b	37,83b	1,85b	20,44c	50,2c	7,49b	0,69d	125c
FZ+Ç2	66,97c	34,40c	1,89b	18,20d	40,43d	7,38c	0,89c	138b
FZ+Ç3	60,49d	30,26d	1,94a	15,59e	32,66e	7,14d	1,15b	154a
LSD	3,28	1,9	0,04	0,13	2,63	0,063	0,05	1,99
ANOVA	***	***	***	***	***	***	***	***
İdeal	>85	-	-	15-25:1	-	5.2-6.3	0.75-3.49	>60

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD:p<0.05.

Ortamlarının içerdikleri azot miktarı torf ve fındık zürufundan da %1,18 ve %1,68 olarak belirlenirken, arıtma çamuru içeren ortamlar da %1,85-%1,94 arasında değişmektedir. Karışımlardaki arıtma çamuru arttıkça ortamların azot miktarı da artmıştır. Bu durum çalışmada arıtma çamurunun kullanılma amacı olan, başta azot olmak üzere bitki besin elementlerinin artırılması hedefine ulaşıldığını göstermektedir. C/N oranına bakıldığında saf fındık zürufu kullanılan ortamların C/N oranı ideal değerlerin bir hayli üstünde, torfta ise üst sınırdadır. Bu durum bu ortamların diğerlerine göre yüksek oranda organik karbon içermelerinden ve azot miktarlarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Saf fındık zürufu kullanılan ortamlarda yüksek olan C/N oranı, arıtma çamuru içeren ortamların azot içeriğinin yüksek olması nedeniyle istenen değerlere inmiştir. Fındık zürufu gibi organik materyaller olan Hindistan cevizi ve ağaç kabuğu kompostundan oluşan ortamlarda da C/N oranı yüksekken, bu materyallere arıtma çamuru ilave edilerek hazırlanan karışımlarda, arıtma çamuru miktarı arttıkça C/N oranının azaldığı bilinmektedir [15, 26].

Torf ve % 100 fındık zürufu içeren ortamların katyon değiştirme kapasitesi arıtma çamuru içeren ortamlara göre yüksek bulunmuştur. En yüksek katyon değiştirme kapasitesi değeri 96,1 ile torftan oluşan kontrol uygulamasında görülürken, en düşük değer %50 arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 ortamında belirlenmiştir. Bu durumun en

önemli nedeni arıtma çamurunun kation değiştirme kapasitesinin düşük olmasıdır (Tablo 4.10). Kation değiştirme kapasitesi ortamın pH'sı ile yakından ilgilidir. Karışımda arıtma çamuru oranı arttıkça pH'ın azalması da, ortamların kation değiştirme kapasitesini düşürmektedir.

Yetiştirme ortamı olarak kullanılan torfun pH'sı ideal değerler arasında bulunurken, diğer ortamların pH'ları 7,14–7,67 arasında ve ideal değer aralığının üzerinde değişmiştir. Organik materyallerden hazırlanan yetiştirme ortamlarında pH'ya tolerans gösterilebilmektedir [26, 98]. Karışımlarda pH'sı düşük olan arıtma çamuru dozu artışına paralel olarak, pH'sı yüksek olan fındık zürufunun karışımdaki etkisi azalmış ve pH nötral seviyeye yaklaşmıştır (Tablo 4.14). Literatürde arıtma çamuru kullanılan karışımlarda, arıtma çamuru oranı arttıkça pH'ın azaldığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır [42].

Torf kullanılan Kontrol uygulaması, 2, 75 dS.m<sup>-1</sup> ile en yüksek tuzluluk (EC) oranına sahip olan uygulama olarak bulunurken, diğer uygulamaların tuzluluk değerleri 0,26–1,15 dS.m<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Kullanılan yetiştirme ortamlarının tuzluluk değerleri, süs bitkisi yetiştirme ortamları için verilen ideal değer aralığında bulunsa da, karışımda bulunan arıtma çamuru miktarı arttıkça ortamların tuzluluk değerleri önemli derecede yükselmektedir.

Tüm ortamların çimlenme indeksi değerleri limit değer olan 60'ın üstünde bulunmuştur. Bu durum yetiştirme ortamlarının bitkiler için toksik etki yapmayacağını göstermektedir. Ayrıca saksılara yerleştirilen yetiştirme ortamlarında çökme görülmemiştir. Saksılardaki yetiştirme ortamlarında çökme görülmemesi, fındık züruflarının yüksek oranda lignin ve hemiselüloz içeriğinden dolayı biyolojik stabilitesinin yüksek olması ve karışımlarda kullanılan arıtma çamurlarının kuruduklarında tekrar fazla su çekmemeleri ve inorganik kısmının yüksek olmasının sonucudur.

İncelenen yetiştirme ortamlarının NH<sub>4</sub> ve NO<sub>3</sub> miktarlarının arıtma çamuru ilavesi ile önemli derecede artırmış fakat yine de istenilen değerlere rastlanmamıştır. Organik yapıya bağlı olan azot hızlı mineralize olup ekstrakta geçmemektedir. Gübreleme

programlarında 100–199 mg/L olarak istenilen nitrat organik maddeler ile sağlanamamış olması çalışmada problem olarak görülmektedir. Yavaş mineralizasyon ve ekstrakta geçiş organik maddelerin yavaş salınımlı gübre görevi gördüklerini destekler nitelikte değerlendirilmiştir. Ortamların suda çözünebilir fosfor içerikleri torf ve %100 fındık zürufundan oluşan ortamlarda limit değerler içinde kalırken, arıtma çamuru içeren ortamlarda limit değerleri aşmıştır. Ortamlardaki bitki besin elementlerinden en yüksek bulunan potasyumdur. Fındık zürufu ve arıtma çamurlarının her ikisi de yüksek oranda potasyum içerdiğinden kontrol uygulaması torf hariç, hazırlanan ortamların potasyum değeri limit değerlerin üstünde bulunmuştur. Kalsiyum miktarı torf hariç diğer ortamlarda oldukça düşüktür. Bitki büyümesi açısından ortamlarda fazla olması istenmeyen sodyum ve klorür miktarı arıtma çamuru miktarı ile artsa da limit değerlerin altındadır.

Tablo 4.15. Yetiştirme ortamlarının bitki besin elementi içerikleri

Yetiştirme ortamı	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Na (mg/kg)	Cl (mg/kg)
Torf	0,73d	5,6c	5,4e	50,43e	103,36e	18,42e	0,13e
FZ	1,52d	1,13e	7,53d	355,86d	0,001e	66,17c	1,48d
FZ+G	1,52d	1,13e	7,53d	355,86d	0,001e	66,17c	1,48d
FZ+Ç1	12,24c	4,98d	11,43c	545,81c	3,82d	58,82d	2,49c
FZ+Ç2	18,08b	6,23b	16,5b	644,3b	6,27c	70,10b	6,56b
FZ+Ç3	26,75a	17,68a	22,46a	698,58a	8,54b	78,99a	8,74a
LSD	2,06	0,49	0,43	1,90	0,111	1,47	0,873
ANOVA	***	***	***	***	***	***	***
İdeal	-	100-199	6-10	150-249	<2500	<115	<180

\*\*\*, \*\*, \*: p<0.001, 0.01, 0.05. LSD: at p<0.05.

#### 4. 2. 3. Yetiştirme ortamının çok yıllık bitkilere etkilerinin belirlenmesi

Fındık zürufu ve arıtma çamuru kullanılarak hazırlanan 5 farklı yetiştirme ortamı, standart ticari torf kontrol uygulaması ile kıyaslanarak 2 iğne yapraklı ve 2 geniş yapraklı dış mekân süs bitkisi ile biri kışlık diğeri yazlık 2 farklı mevsimlik çiçek bitkisinde süs bitkisi yetiştirmeye uygunluğu araştırılmıştır. Bitki denemelerinin tamamında önceki bölümde özellikleri verilen yetiştirme ortamları kullanılmıştır. Hazırlanan yetiştirme ortamlarının bitki yetiştirmeye uygunluğu, bitki boyu, gövde

çapı, yeşil aksam (kanopi) çapı, aylık boy artışı, kök ve toprak üstü aksamın yaş ve kuru ağırlıkları ile yaprak azot içeriği incelenerek belirlenmiştir.

#### 4. 2. 4. Farklı yetiştirme ortamlarının leylandii (*cupressocyparis leilandii*) bitkisine etkileri

##### 4. 2. 4. 1. Yetiştirme ortamlarının leylandii bitkisinin boyuna etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin bitki boyuna etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 4. 16' de, yetiştirme dönemi sonunda tespit edilen bitki boyu ortalamaları Şekil 4. 12' de, ve bitki boyu ortalamalarının LSD testine göre karşılaştırılması Tablo 4.17'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamları bitki boyunu istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir ( $p<0,01$ ).

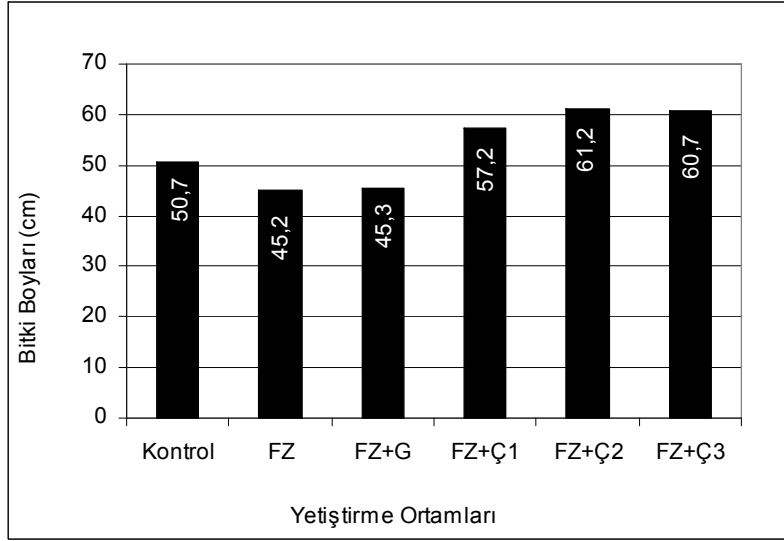
Tablo 4. 16. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Leylandii Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

V.Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması						
		Bitki Boyu	Gövde Çapı	Kanopi Çapı	G. Kuru Ağırlığı	K. Kuru Ağırlığı	Gövde/Kök Oranı	Yaprak Azotu
Uygulama	5	268,70**	0,096	135,88**	1192,84**	733,74**	0,172**	0,04**
Hata	24	63,49	0,048	18,59	236,69	146,71	0,0018	0,001
Genel	29							

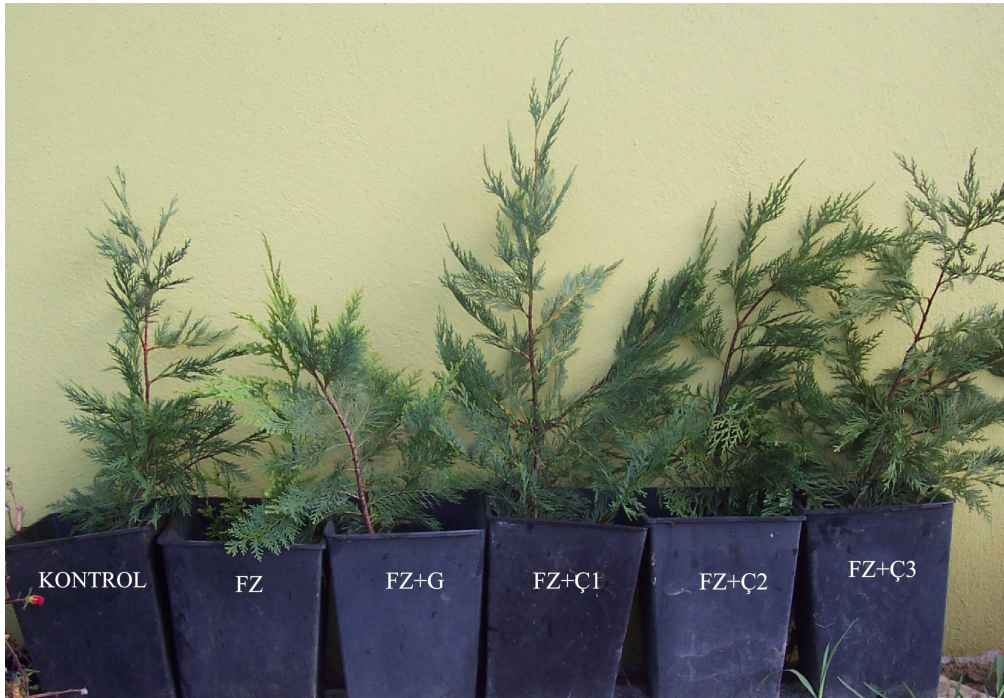
\*\*p<0.01, \*p<0.05

Kullanılan yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin bitki boyu üzerindeki etkilerinin gösterildiği Şekil 4. 11 incelendiğinde, en yüksek bitki boyu 61,2 cm ile %75 Fındık Zürafu + %25 Arıtma Çamurundan oluşan FZ+Ç2 ortamında, en düşük bitki boyu ise 45,2 cm ile %100 Fındık Zürafundan oluşan FZ ortamında yetiştirilen bitkilerde tespit edildiği görülmektedir. Fındık zürafuna suni gübre ilavesi uygulaması da sadece fındık zürafu uygulaması ile istatistikî olarak benzer sonuç vermiştir. Fındık zürafuna gübre sağlayıcı olarak ilave edilen arıtma çamuru içeren

tüm yetiştirme ortamlarında bitki boyu, arıtma çamuru içermeyen yetiştirme ortamlarından istatistikî olarak daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.17).



Şekil 4.11. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Leylandii Bitkisinin Boy Ortalamaları *KONTROL*: %100 Torf +Gübre, *FZ*: %100 Fındık Zürafu, *FZ+G*: %100 Fındık Zürafu+Gübre, *FZ+Ç1*: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, *FZ+Ç2*: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, *FZ+Ç3*: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur



Şekil 4.12. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Leylandii Bitkileri *KONTROL*: %100 Torf +Gübre, *FZ*: %100 Fındık Zürafu, *FZ+G*: %100 Fındık Zürafu+Gübre, *FZ+Ç1*: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, *FZ+Ç2*: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, *FZ+Ç3*: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Tablo 4.17'den görüleceği gibi ikinci yetiştirme mevsiminin sonunda en yüksek bitki boyu findık zürufuna % 25 oranında arıtma çamuru ilave edilmiş uygulamada tespit edilmiş, fakat bu diğer arıtma çamuru uygulamaları ile istatistikî olarak benzerlik göstermiştir. Diğer yandan daha düşük bitki boyu olmakla birlikte, ticari torf kontrol uygulamasının bitki boyu, findık zürufuna % 12,5 ve % 50 ilave edilmiş arıtma çamuru uygulamaları ile aynı istatistikî grup içinde yer almıştır. Sadece findık zürufu ve findık zürufuna kimyasal gübre eklenmiş uygulamalar birbirine benzer ve en düşük bitki boyu sağlayan uygulamalar olmuştur. Bununla birlikte kontrol uygulaması bitki boyu yönünden istatistikî olarak bu uygulamalara da benzer bulunmuştur (Tablo 4.17).

Tablo 4. 17. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Leylandii Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Ortalamaların LSD Testi İle Karşılaştırılması

Uygulama	Bitki Boyu (cm)	G. Çapı (cm)	Kanopi Çapı (cm)	G. Kuru Ağırlığı (g)	K. Kuru Ağırlığı (g)	Gövde/kök oranı	Yaprak N (%)
Kontrol	50,7 BC*	0,98 AB	31,9 BCD*	65,84 BC*	45,4 BC*	1,45 C*	1,48 A**
FZ	45,2 C	0,78 B	28,8 D	50,20 C	30,2 D	1,66 B	1,26 D
FZ+G	45,3 C	1,08 A	30,6 CD	56,28 BC	33,22 CD	1,69 A	1,40 B
FZ+Ç1	57,2 AB	1,02 AB	35,6 BC	52,24 BC	42,72 BCD	1,22 E	1,32 C
FZ+Ç2	61,2 A	1,19 A	37,0 B	71,68 AB	52,88 B	1,36 D	1,34 C
FZ+Ç3	60,7 AB	1,08 A	43,1 A	91,28 A	67,84 A	1,35 D	1,48 A
LSD 0.05	10,40	0,28	5,62	20,08	14,08	0,05	0,042

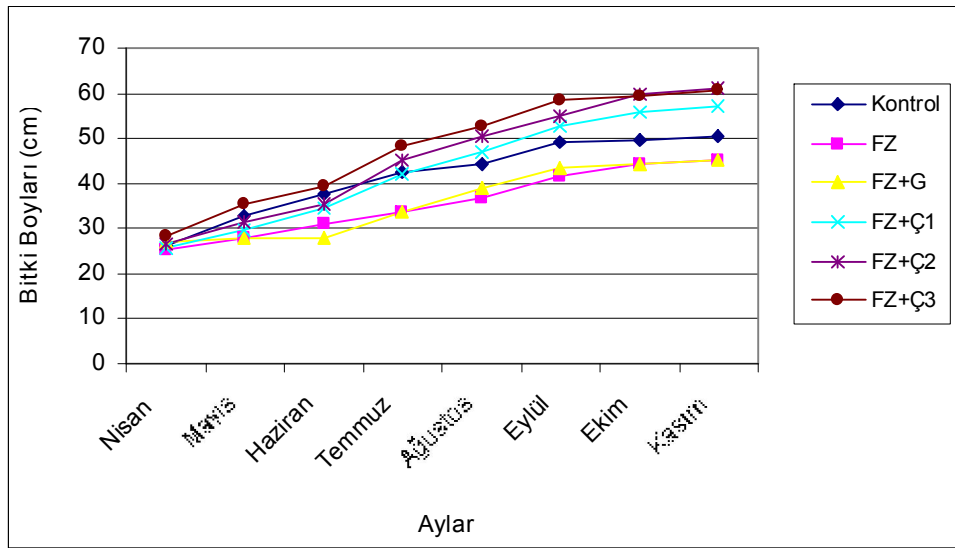
\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,01$  düzeyinde önemlidir.

\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarında iki yıl büyütülen Leylandii bitkilerinin ikinci büyüme döneminde aylık boy artışı Şekil 4. 13'de verilmiştir. Birinci yıl fide boyutunda (yaklaşık 15cm) saksılara dikilen Leylandii bitkileri ilk yetiştirme dönemi sonunda 25–28,5 cm arasında bir boya ulaşmışlardır. İkinci yetiştirme döneminde bitki boyları daha hızlı bir artış göstermiş ve değişik yetiştirme ortamlarındaki bitki boyları arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Tüm yetiştirme ortamlarında nisan-haziran ayları arasında yavaş artan bitki boyları FZ+Ç2 ortamı dışındaki tüm ortamlarda haziran-eylül ayları arasında düzgün doğrusal bir artış gösterirken eylül ayından itibaren büyüme hızları düşmeye başlamıştır. FZ+Ç2 ortamında ise artış



kasım ayına kadar düzgün doğrusal şekilde devam etmiştir. Nisan ayında yaklaşık aynı bitki boyuna sahip olan bütün uygulamaların bitki boyları mayıs ayından itibaren farklılaşmaya başlamış farklı istatistiksel gruplar oluşturarak (Tablo 4.17) kasım ayında stabil duruma gelmiştir. Bitki boyu ortalamaları ve aylık bitki boyunda meydana gelen artış, arıtma çamuru uygulamasının bitki boyunu artırmada kontrol uygulamasından daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

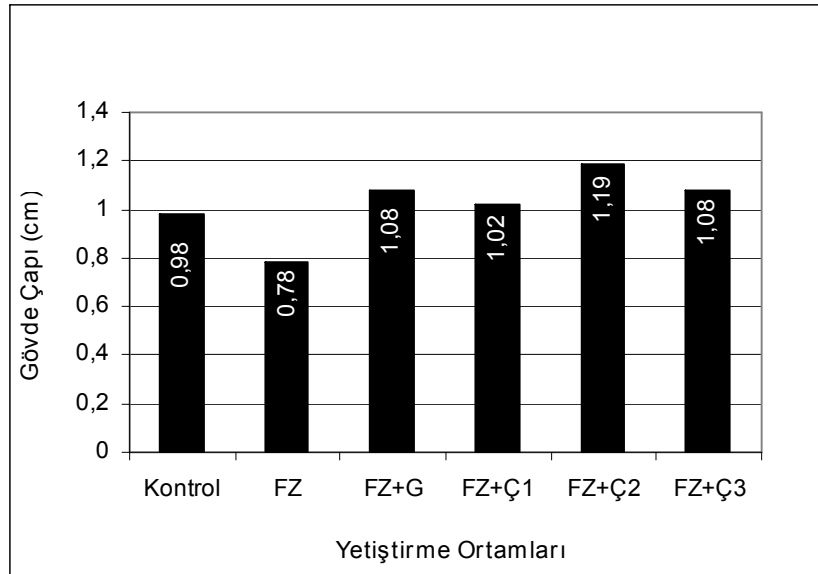


Şekil 4. 13. Leylandii Bitkisinin Boyunun Aylara Göre Artışı

#### 4. 2. 4. 2. Yetiştirme ortamlarının leylandii bitkisinin gövde çapına etkileri

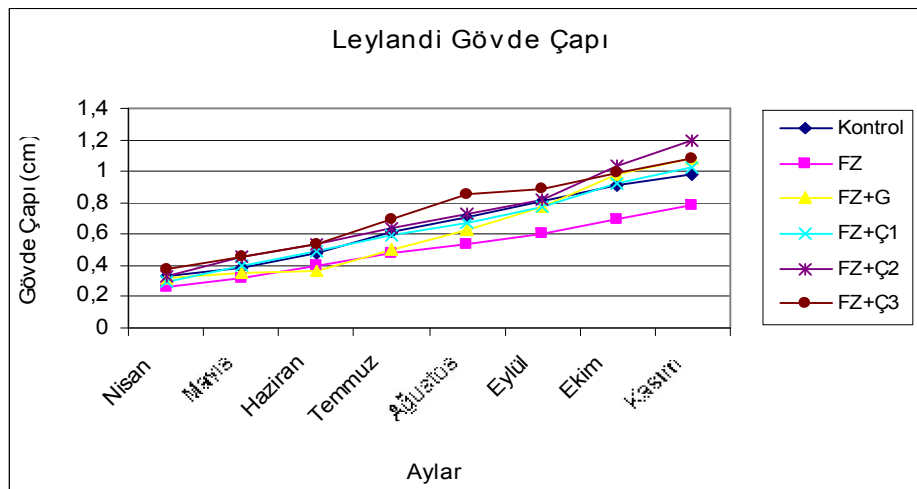
Varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamlarının ikinci yılın sonunda Leylandii bitkisinin gövde çapına etkisi istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.17).

İstatistikî olarak önemli olmamakla birlikte, bitki boyunda olduğu gibi en yüksek gövde çapı 1,19 cm ile %75 Fındık Zürafu + %25 Arıtma Çamurundan oluşan FZ+Ç2 ortamında, en düşük gövde çapı ise 0,78 cm ile %100 Fındık Zürafundan oluşan FZ ortamında yetiştirilen bitkilerde tespit edilmiştir (Tablo 4.17, Şekil 4.14). Diğer uygulamalar istatistikî olarak birbirine benzerdir.



Şekil 4. 14. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Leylandii Bitkisinin Gövde Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

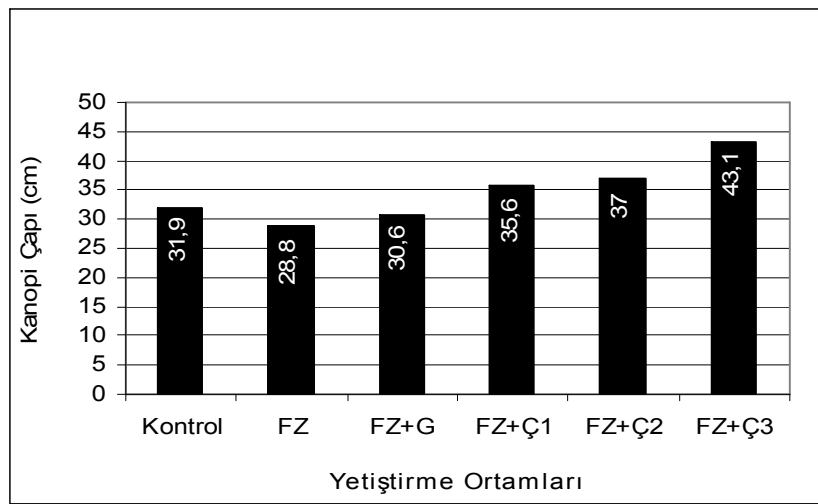
Hazırlanan yetiştirme ortamlarında, ikinci büyüme döneminde aylara göre gövde çaplarında meydana gelen artış miktarları Şekil 4. 15' de görülmektedir. Buradan da görüleceği üzere ilk yetiştirme dönemi sonunda 0,2-0,4 cm arasında gövde çapına sahip Leylandii bitkilerinde, ikinci büyüme döneminde gövde çaplarında ilk ölçüm aylarından itibaren, FZ uygulaması hariç, düzenli bir artış gerçekleşmiş, özellikle FZ+Ç1, FZ+Ç2 ve FZ+Ç3 ortamlarındaki artış tüm aylarda sabit olarak devam etmiştir.



Şekil 4. 15. Leylandii Bitkisinin Gövde Çapının Aylara Göre Artışı

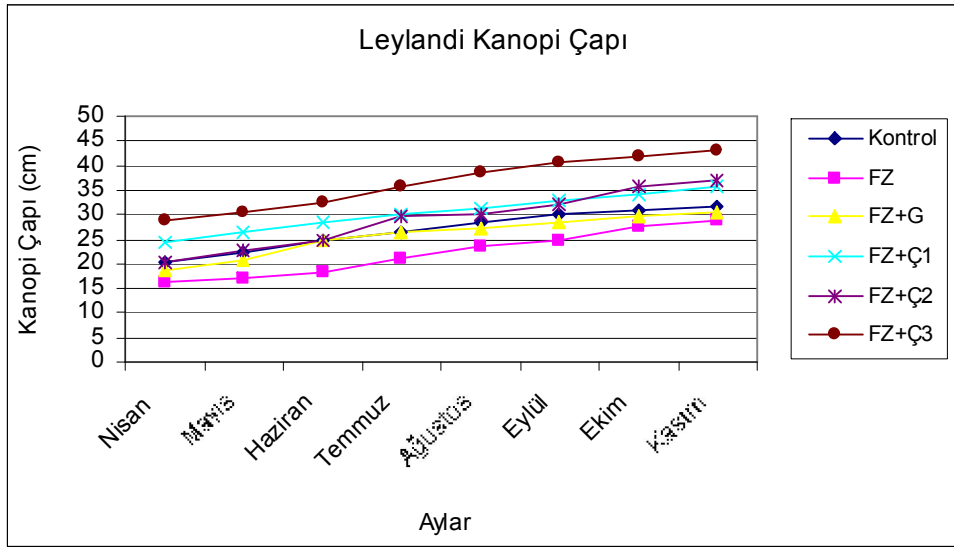
#### 4. 2. 4. 3. Yetiştirme Ortamlarının Leylandii Bitkisinin Kanopi Çapına Etkileri

Değişik yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin kanopi çapına etkilerinin karşılaştırılması için yapılan varyans analizinin sonuçları Tablo 4.16' de sunulmuştur. Bu Tablodan görüleceği gibi değişik yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin kanopi çapını istatistikî olarak önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. ( $p<0,01$ ).



Şekil 4. 16. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Leylandii Bitkisinin Kanopi Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürufü, **FZ+G:** %100 Fındık Zürufü+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürufü+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürufü+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürufü+%50 Çamur

İkinci yetiştirme dönemi sonunda tespit edilen kanopi çapı ortalamalarına göre en yüksek değer 43,1 cm ile %50 Fındık Zürufü + %50 Arıtma Çamurundan oluşan FZ+Ç3 ortamında, en düşük kanopi çapı ise 28,8 cm ile kimyasal gübre ilave edilmeyen Fındık Zürufunda yetiştirilen bitkilerde tespit edilmiştir (Şekil 4. 16). Ortalamaların karşılaştırılması için yapılan ve sonuçları Tablo 4. 17' de verilen LSD testine göre ise, fındık zürufuna artan dozlarda arıtma çamuru uygulamalarının kanopi çapını istatistikî olarak belirgin şekilde artırdığı görülmektedir. Diğer yandan arıtma çamuru uygulanmayan fındık zürufu ve kontrol uygulaması istatistikî olarak benzer bulunmuştur. (Tablo 4.17).



Şekil 4. 17. Leylandii Bitkisinin Kanopi Çapının Aylara Göre Artışı

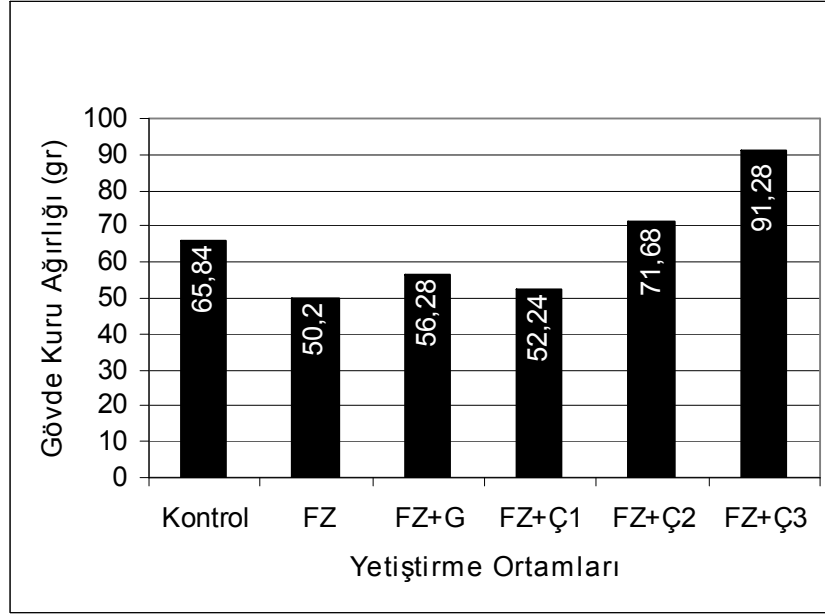
Birinci yıl sonunda bitki boyu ve gövde çapı arasında belirgin fark bulunmazken, birinci yıl sonunda 15-30 cm arasında kanopi çapına sahip bitkilerin, ikinci yıl sonundaki farklılıkları daha da artmıştır (Şekil 4.17). Yavaş salınlı suni gübre uygulaması yapılan kontrol ile fındık zürufu uygulamasında yetişen bitkilerin kanopi çapı benzer şekilde ve artan dozlarda arıtma çamuru ortamlarındaki kanopi çapı benzer şekilde artış göstermiştir. Büyüme mevsimi sonunda en düşük kanopi çapına sahip, gübre verilmeyen fındık zürufu uygulamasında büyüyen bitkilerin kanopi çapında meydana gelen artış da en düşük seviyede gerçekleşmiştir.

Tüm uygulamalarda nisan-haziran ayları arasında bitki boyu, gövde çapı ve kanopi çapındaki artış yavaş seyrederken, aktif bitki büyümesi haziran-ekim ayları arasında gerçekleşmiş, ardından ekim-kasım döneminde tekrar yavaşlamıştır.

#### 4. 2. 4. 4. Yetiştirme ortamlarının leylandii bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri

Varyans analizi sonucuna göre çalışmada kullanılan yetiştirme ortamları Leylandii bitkisinin gövde kuru ağırlığını istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir ( $p < 0,01$ ). Şekil 4. 18' de Leylandii bitkisinin farklı yetiştirme ortamlarındaki gövde kuru ağırlığı ortalamaları verilmiştir. Şekil 4.18' den de anlaşılacağı gibi en yüksek gövde kuru ağırlığı değeri, yaş ağırlıkla benzer şekilde 91,28 g ile %50 Arıtma

Çamuru ilave edilmiş olan FZ+Ç3 yetiştirme ortamında elde edilirken, en düşük gövde kuru ağırlığı değeri 50,2 g ile %100 Fındık Zürufundan oluşan FZ yetiştirme ortamında elde edilmiştir.

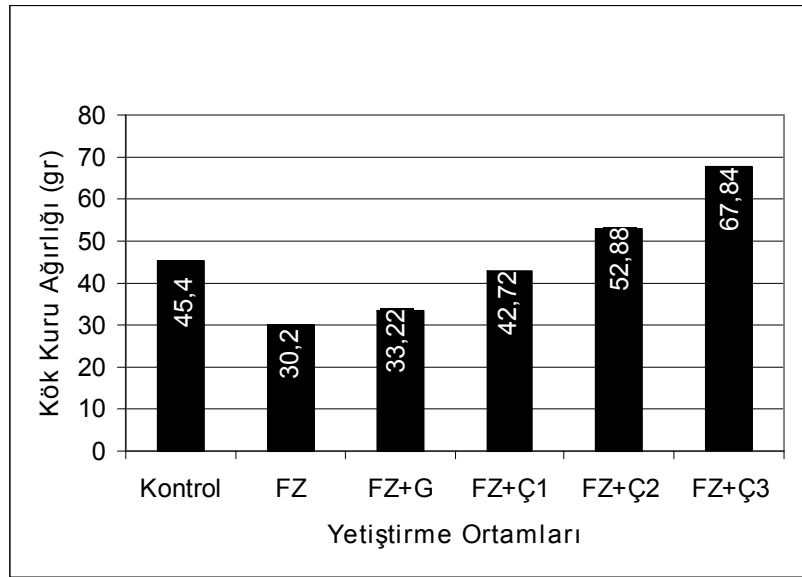


Şekil 4. 18. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Leylandii Bitkisinin Gövde Kuru Ağırlığı Ortalamaları *KONTROL*: %100 Torf +Gübre, *FZ*: %100 Fındık Zürufu, *FZ+G*: %100 Fındık Zürufu+Gübre, *FZ+Ç1*: %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, *FZ+Ç2*: %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, *FZ+Ç3*: %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur

Fındık zürufuna artan dozlarda karıştırılan arıtma çamuru, gövde kuru ağırlığını istatistikî olarak farklı gruplar olacak şekilde artırmıştır (Tablo 4.17). Yaş ağırlıkta olduğu gibi suni gübre uygulaması, dolgu maddesinin karakterine bakmadan gövde kuru ağırlığını da benzer şekilde etkilemiş ve kontrol uygulaması ile FZ+G aynı istatistikî grup içinde yer almıştır. En düşük arıtma çamuru dozu uygulaması (FZ+Ç1) gövde kuru ağırlığını artırmada, sadece fındık zürufu (FZ) uygulaması gibi etki göstermiş ve yeterli olamamıştır. Bitki kuru ağırlığı farklı uygulamalara tepkiyi en iyi gösteren parametrelerden birisidir. Kuru ağırlık sonuçlarına göre % 25 ve % 50 arıtma çamuru uygulamasının bitki büyütme performansı suni gübre uygulamasından daha yüksek olmuştur.

#### 4. 2. 4. 5. Yetiştirme ortamlarının leylandii bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri

Yetiştirilen Leylandii bitkisinin kök kuru ağırlıkları ölçülerek varyans analizi yapılmış (Tablo 4.16) ve çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının Leylandii bitkisinin kök kuru ağırlığını istatistikî olarak önemli derecede etkiledikleri görülmüştür ( $p<0,01$ ).



Şekil 4. 19. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Leylandii Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları *KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

Çalışmada Leylandii bitkisinin en yüksek kök kuru ağırlığı değerine ulaştığı yetiştirme ortamı 67,84 g ile %50 arıtma çamuru ilave edilen FZ+Ç3 olurken, en düşük değer kimyasal gübre ilave edilmemiş fındık zürafu (FZ) uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4. 19). Kök kuru ağırlığı ortalamalarına uygulanan LSD testi sonucuna göre ise FZ+Ç3 uygulaması en yüksek istatistikî grupta, %12,5 ve %25 arıtma çamuru ilaveli FZ+Ç1 ve FZ+Ç2 kontrol uygulamasıyla benzer istatistikî grupta, FZ ve FZ+G uygulamaları benzer şekilde en düşük istatistikî grupta yer almıştır. Genel olarak gövde kuru ağırlığı yüksek olan uygulamalar yine yüksek kök kuru ağırlığı üretmiştir.

Gövde/kök ağırlığı oranı da uygulamalardan istatistikî olarak önemli derecede etkilenmiştir. Genel olarak azot oranı düşük ortamların gövde/kök oranı yüksek, azot oranı yüksek uygulamaların gövde/kök oranı düşük gerçekleşmiştir (Tablo 4.17). Gövde/kök oranı ortamın bitki büyümesini destekleyen özellikleri ve bitki besin elementi sağlama kapasitesi ile ilgisi olan bir parametredir. Bitki yetiştiriciliğine gövde biyokütlesini daha fazla artıran yetiştirme ortamlarının daha elverişli olduğu düşünüldüğünde arıtma çamuru uygulamalarının bitki büyümesini pozitif olarak etkilediği söylenebilir. Yine bu bilgilere göre fındık zürufuna ticari gübre verilse bile (FZ+G) Leylandii bitkisinin büyümesini yeteri kadar desteklemediği görülmektedir. Ticari gübreli torf kontrol uygulamasına göre, ticari gübre verilmiş fındık zürufu uygulamasının (FZ+G) bitki büyümesini yeteri kadar desteklememesinin nedeni, fındık zürufunun tek başına yetiştirme ortamı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri sağlayamadığını göstermektedir. Buna yeniden su çekmesinin zor, katyon değiştirme kapasitesi ve hacim ağırlığının torftan düşük olmasının rolü olduğu düşünülmektedir.

#### 4. 2. 4. 6. Yaprak azot oranı

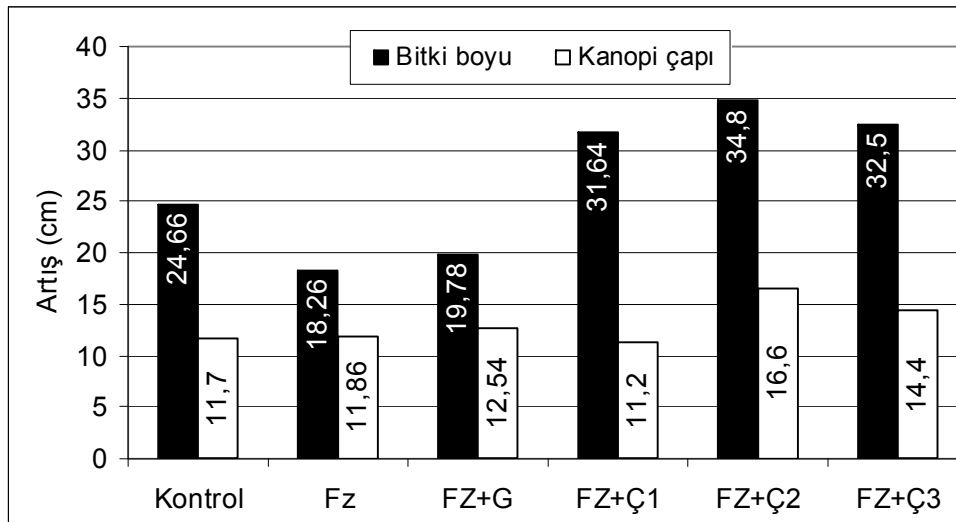
İkinci yıl yetiştirme mevsimi sonunda, bitkiler hasat edildikten sonra bitki yapraklarında yapılan azot analizi sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir. Fındık zürufuna artan miktarlarda arıtma çamuru eklenmesi, yaprakların azot içeriğine pozitif etkide bulunmuş ve en yüksek arıtma çamuru uygulama dozu bitkilerinde tespit edilen yaprak azot oranı, kontrol uygulaması bitkilerinin yaprak azot dozu ile benzer bulunmuştur (Tablo 4.17). % 25 ve % 50 arıtma çamuru dozlarında yaprak azot oranının kontrol uygulamasına eşit ve düşük olmasıyla birlikte, bitki kuru maddesinde biriken azot miktarı kontrol uygulamasından daha yüksektir. Yüksek çamur dozu uygulamalarında düşük yaprak azot konsantrasyonları bitkilerin daha fazla kuru madde üretmelerinden dolayı seyrelme etkisinden kaynaklanmıştır [99]. Yüksek bitki kuru maddesi üreten ortamlar yüksek arıtma çamuru dozu içeren yetiştirme ortamları olmuştur (FZ+Ç2, FZ+Ç3). Bu iki ortamın gerek kuru maddede, gerekse ekstraktlarında tespit edilen azot konsantrasyonları diğer uygulamalara kıyasla daha yüksektir (Tablo 4.14, Tablo 4.15). Yetiştirme ortamlarında arıtma çamuru uygulamalarından sağlanan bitki besin elementlerinin bitki büyümesi ve bitki

besin elementi kapsamına pozitif etkisi literatürde pek çok araştırmada ortaya koyulmuştur [35, 42, 79, 100, 101].

Çoklu regresyon analizi sonuçlarına göre, arıtma çamurunun pozitif etkisi, yetiştirme ortamlarına fiziksel etkilerinden çok içerdiği ve bitkiye verdiği azot oranından kaynaklanmıştır. Bitki besin elementi olarak azotun diğer bütün özelliklerden daha fazla varyasyon sağladığı ve toprak üstü aksam gelişimini, kök gelişimine daha fazla sağladığı bilinmektedir [102]. Nitekim yetiştirme ortamı ve yaprak azot oranı ile yetiştirme ortamında artan arıtma çamuru dozuna bağlı olarak gövde/kök oranı düşmüştür. Bu sonuçlar süs bitkilerinde yapılan ve arıtma çamuru dozu arttıkça gövde/kök oranının düştüğünü gösteren diğer çalışmalarla da paralellik göstermektedir [35, 42].

Bitki türüne bağlı olarak, yetiştirme ortamlarına % 50 veya daha az oranda karıştırılan organik atık kompostlarının bitki büyümesini pozitif etkilediğini gösteren çok sayıda literatür olduğu gibi, yetiştirme ortamında fazla miktarda kompost bulunmasının özellikle yüksek tuzluluk, toksik maddeler ve kompaktlaşmadan dolayı bitki büyümesinin olumsuz etkilendiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır [103]. Leylandii bitkisinin büyüme performansını gösteren bitki boyu, kuru ağırlığı ile formunu gösteren kanopi çapı değerleri, bitkinin fındık zürufuna karıştırılan artan dozlardaki arıtma çamurundan negatif olarak etkilenmediğini göstermektedir. Aksine bitkiler artan dozlara pozitif tepki vererek diğer uygulamalar ve kontrolden istatistikî olarak daha yüksek büyüme ve kalite performansı göstermiştir. Büyüme mevsimi boyunca bitki boyu ve kanopi çapında meydana gelen artış yaprak ve yetiştirme ortamı azot konsantrasyonu ile pozitif korelasyon göstererek, en yüksek artışlar, azot dozu yüksek uygulamalarda gerçekleşmiştir (Şekil 4.20).





Şekil 4. 20. Leylandii bitkisinde bir büyüme mevsiminde gerçekleşen bitki boyu ve kanopi çapı artışı  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Bu çalışmada bitki büyümesine olumsuz etki yapabilecek derecede yüksek EC değerlerine rastlanmamıştır. İlave olarak fındık zürafunun düşük EC değeri, içine karıştırılan arıtma çamurunun EC değerini de karışımda dengelemiş ve karışım EC değerleri 0,56–0,68 mS/cm arasında değişim göstermiştir. Yine bitki gelişimini olumsuz etkileyecek derecede saksı içinde ortam kompaktlaşması gözlenmemiştir. Çalışmanın ana amacı atıkların faydalı şekilde kullanımı ve arıtma çamurlarının yararlı kullanımının daha problemlili olduğu dikkate alındığında, fındık zürafuna % 50 arıtma çamuru karıştırılarak hazırlanan ortamların, Leylandii yetiştiriciliğinde problem yaratmadan başarı ile kullanılabilirliği söylenebilir.

#### 4. 2. 5. Farklı yetiştirme ortamlarının mazi (*Thuja orientalis*) bitkisine etkileri

Farklı yetiştirme ortamları Mazi bitkisinde incelenen bitki büyüme parametreleri, bitki boyu, gövde çapı, kanopi çapı, toprak üstü aksam ve kök kuru ağırlığı, gövde/kök oranı ve yaprak azot miktarında istatistikî olarak önemli varyasyon meydana getirmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4. 18. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Mazı Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

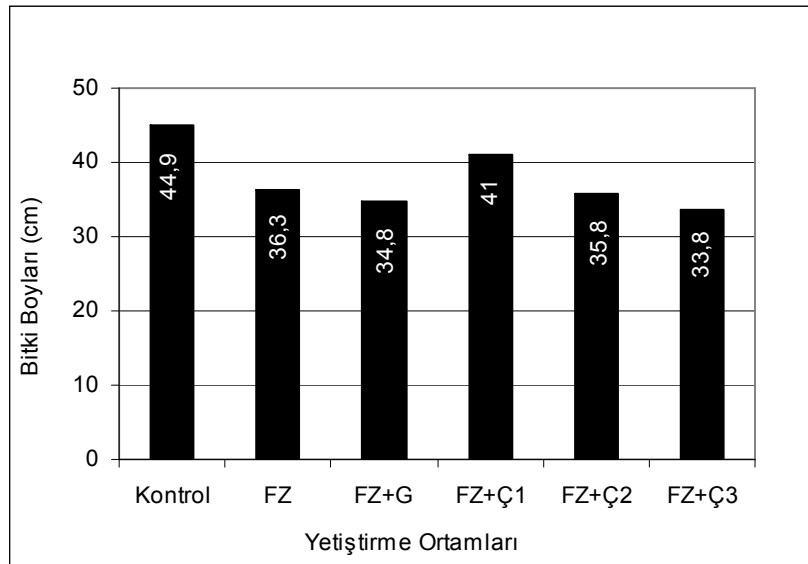
V.Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması						
		Bitki Boyu	Gövde Çapı	Kanopi Çapı	G. Kuru Ağırlığı	K. Kuru Ağırlığı	Gövde/Kök Oranı	Yaprak Azotu
Uygulama	5	91,89**	0,096**	135,88**	2328,61**	12128,3**	0,093**	0,179**
Hata	24	14,39	0,019	18,59	121,08	1509,26	0,0003	0,00004
Genel	29							

\*\*p<0,01, \*p<0,05

Mazı bitkisi, Leylandii bitkisine kıyasla yetiştirme ortamlarına farklı tepki vermiş ve etkilenmiştir. Leylandii bitkisine kıyasla en büyük farklılık bitki boyu ve kanopi çapında gerçekleşmiş, artan arıtma çamurları mazı bitkisinin boyunu kısaltırken, kanopi çapını artırmıştır.

#### 4. 2. 5. 1. Yetiştirme ortamlarının mazı bitkisinin boyuna etkileri

Şekil 4. 21' den de görüleceği üzere, hazırlanan değişik yetiştirme ortamlarının kullanıldığı uygulamalarda en yüksek bitki boyunu %100 torftan oluşan kontrol uygulaması gösterirken, en düşük bitki boyu findık zürufuna %50 arıtma çamuru ilavesiyle hazırlanan FZ+Ç3 uygulamasında görülmüştür.



Şekil 4. 21. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Mazı Bitkisinin Boy Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre,  
**FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:**  
 %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur



Şekil 4. 22. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Mazı Bitkileri  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre,  
**FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:**  
 %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Farklı yetiştirme ortamlarında saptanan bitki boyu ortalamalarına uygulanan LSD testi sonuçlarına göre kontrol ve fındık zürafuna en düşük arıtma çamuru dozu (FZ+Ç1) uygulaması istatistikî olarak birbirine benzer en yüksek bitki boyunu oluşturmuş, artan arıtma çamuru dozu ise bitki boyunu istatistikî olarak önemli

derecede düşürmüştür (Tablo 4. 19). Yine en düşük arıtma çamuru içeren FZ+Ç1 uygulaması hariç diğer fındık zürufu yetiştirme ortamlarında istatistikî olarak benzer bitki boyları elde edilmiştir. Bu sonuçlar arıtma çamuru dozlarının mazı bitkisine toksik etkide bulunduğunu göstermektedir.

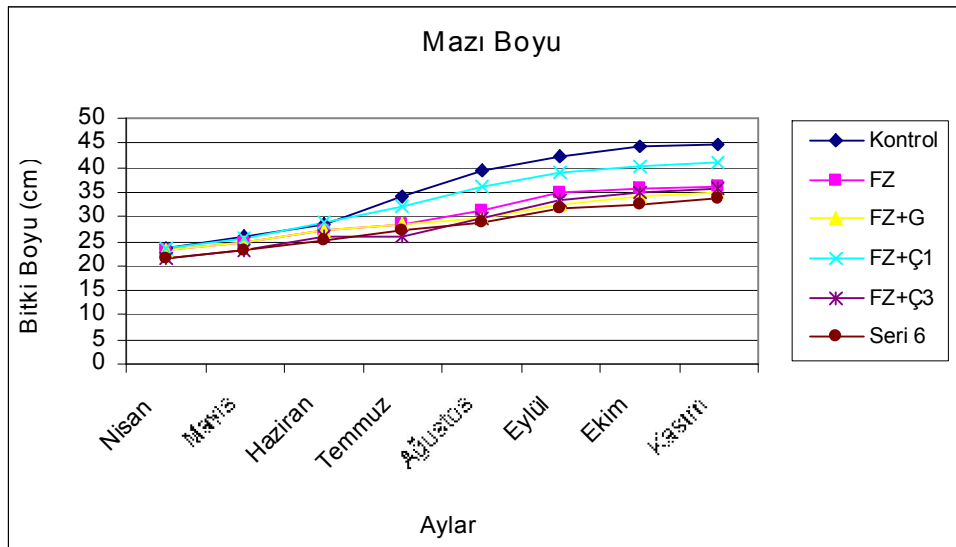
Tablo 4. 19. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Mazı Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Ortalamaların LSD Testi İle Karşılaştırılması

Uygulama	Bitki Boyu (cm)	G. Çapı (cm)	Kanopi Çapı (cm)	G. Kuru Ağırlığı (g)	K. Kuru Ağırlığı (g)	Gövde/kök oranı	Yaprak N (%)
Kontrol	44,9 A**	1,42 A**	24,1 BC**	87,54 A**	65,02 B**	1,35 BC**	1,37 E**
FZ	34,8 C	1,1 B	21,60 C	44,5 B	29,20 C	1,52 A	1,17 F
FZ+G	36,3 BC	1,17 B	21,40 C	46,6 B	30,94 C	1,51 AB	1,54 C
FZ+Ç1	41AB	1,42 A	26,40 AB	92,5 A	79,12 A	1,17 D	1,43 D
FZ+Ç2	35,8 C	1,18 B	27,70 AB	82,82 A	64,86 B	1,28 CD	1,59 B
FZ+Ç3	33,8 C	1,18 B	28,72 A	85,46 A	59,6 B	1,43 ABC	1,71 A
LSD 0.05	4,95	0,18	3,69	14,36	7,47	0,02	0,026

\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,01$  düzeyinde önemlidir.

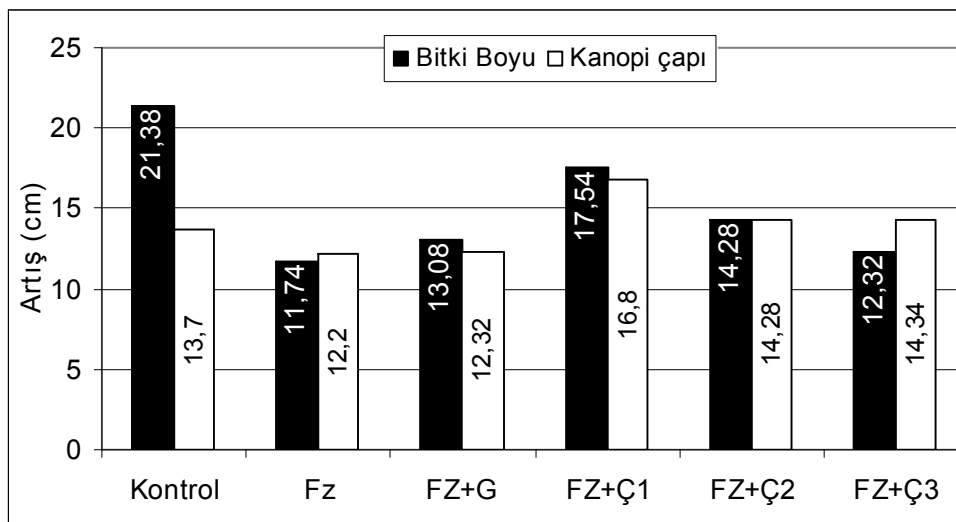
\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

Mazı bitkisinin boyunun ikinci büyüme döneminde aylara göre değişimi Şekil 4.23' de verilmiştir. İkinci büyüme döneminin başında 20–25 cm arasında değişen bitki boyları tüm uygulamalarda nisan-haziran ayları arasında benzer artışlar göstermişlerdir. Haziran–eylül ayları arasında diğer uygulamalarda artış aynı oranda kalırken, kontrol ve FZ+Ç1 uygulamalarının boyları daha hızlı artmış ve diğer uygulamalardan belirgin şekilde farklılaşmıştır. Eylül-kasım aylarında ise tüm uygulamalar da bitki boylarındaki artış yavaşlamıştır.



Şekil 4. 23. Mazı Bitkisinin Boyunun Aylara Göre Artışı

Nisan-kasım ayları arasında en yüksek boy artışı kontrol uygulamasında, bunu takiben FZ+Ç1 uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük boy artışı FZ uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.23). Tespit edilen boy artışları da deneme sonunda tespit edilen bitki boyuna olduğu gibi yansımıştır (Şekil 4.24).

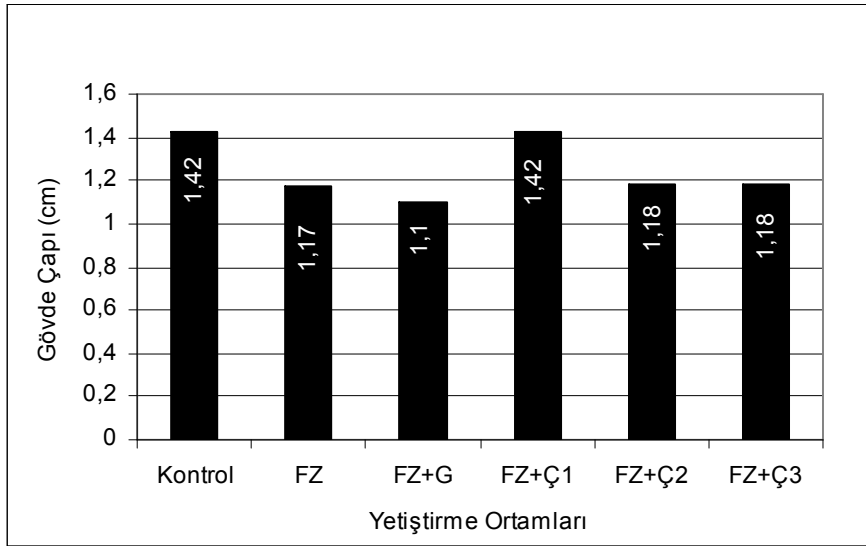


Şekil 4. 24. Mazı Bitkisinin Boy ve Kanopi Çapı Artışı

*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

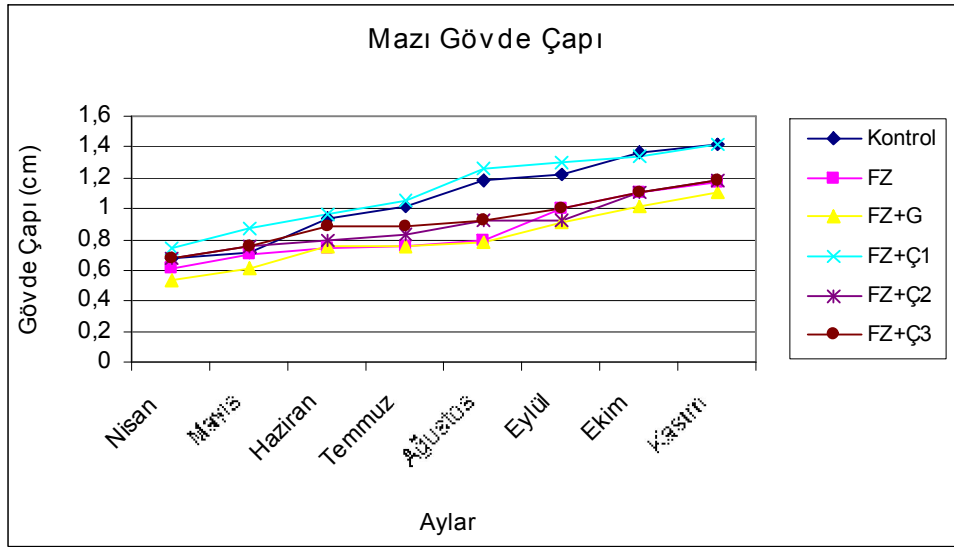
#### 4. 2. 5. 2. Yetiştirme ortamlarının mazı bitkisinin gövde çapına etkileri

Yapılan varyans analizi sonuçları çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının mazı bitkisinin gövde çapını istatistikî olarak önemli derecede etkilediğini göstermiştir ( $p<0,01$ ). Bitki boyu yüksek olan uygulamaların bitkilerinde tespit edilen gövde çapı da yüksek olmuştur (Şekil 4.25, Tablo 4.18).



Şekil 4. 25. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Mazı Bitkisinin Gövde Çapı Ortalamaları  
*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

Şekil 4. 25 ve Tablo 4. 19 incelendiklerinde görülebileceği gibi %100 torf ve %12,5 arıtma çamuru karıştırılmış uygulamalardaki mazı bitkileri 1,42 cm ile aynı gövde çapına ulaşmışlar ve bu uygulamalar arasındaki en yüksek gövde çapı değeri olmuştur. En düşük gövde çapı 1,1 cm ile kimyasal gübre ilave edilmemiş fındık zürafu FZ uygulamasında görülmüştür. Diğer uygulamalar, istatistikî olarak benzer bulunmuştur (Tablo 4. 19).

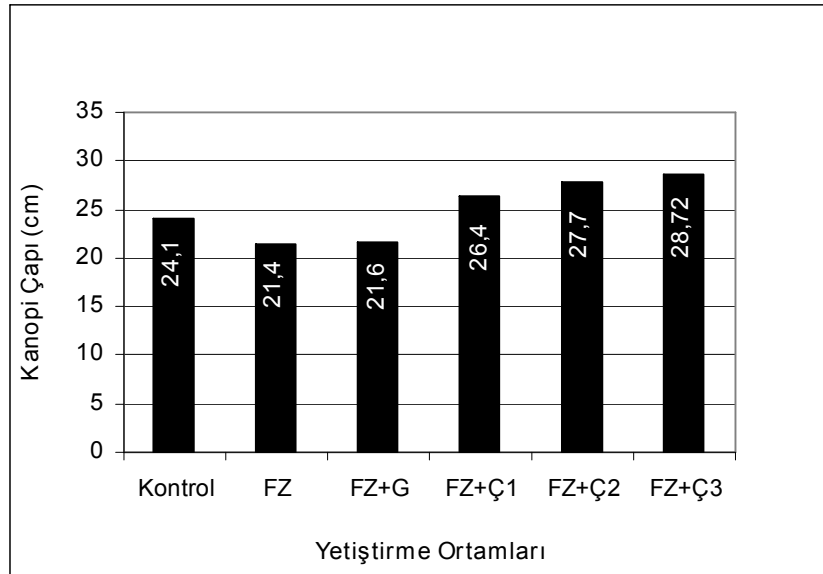


Şekil 4. 26. Mazı Bitkisinin Gövde Çapının Aylara Göre Artışı

İkinci yetiştirme dönemi boyunca mazı bitkisinin gövde çapındaki artışların aylara göre değişimi Şekil 4.26' da verilmiştir. Bu şekle göre ölçümlere başlanan nisan ayında 0,7-0,5 cm arasında değişen gövde çapları nisan-haziran döneminde tüm uygulamalarda bezer oranlardaki artış göstermiştir. Bu artış oranı kontrol, FZ+Ç1 ve FZ+Ç2 uygulamalarında küçük değişikliklerle yetiştirme dönemi sonuna kadar sürerken, FZ, FZ+G ve FZ+Ç3 uygulamalarında haziran-ağustos ayları arasında gövde çaplarındaki büyüme hemen hemen durmuş, ağustos ayından sonra ise tekrar artmaya başlamıştır.

#### 4. 2. 5. 3. Yetiştirme ortamlarının mazı bitkisinin kanopi çapına etkileri

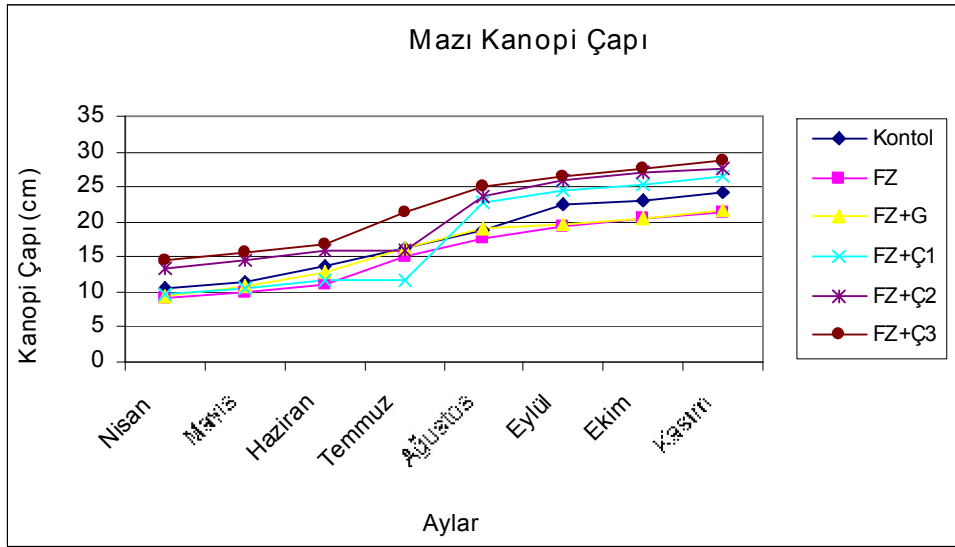
Mazı bitkisinin kanopi çapı çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarından istatistikî olarak önemli derecede etkilenmiştir (Tablo 4.18). Fındık zürufu yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin kanopi çapı kontrol uygulaması olan ticari torf'tan tamamen farklı olmuştur ( $p<0,01$ ).



Şekil 4. 27. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Mazı Bitkisinin Kanopi Çapı Ortalamaları  
*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+ %12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+ %25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+ %50 Çamur*

Değişik yetiştirme ortamlarındaki mazı bitkisinin kanopi çapı ortalamaları Şekil 4. 27'de verilmiştir. Buna göre 28,72 cm ile en geniş kanopi çapı ortalamasına fındık zürafuna %50 arıtma çamuru karıştırılarak hazırlanan yetiştirme ortamındaki mazı bitkileri ulaşırken, en düşük kanopi çapı 21,4 cm ile gübre verilmemiş fındık zürafunda yetiştirilen mazı bitkilerinde görülmüştür. Fındık zürafunda yetişen bitkilerin kanopi çapı, hem kontrol gibi kimyasal gübre verilmiş, hem de arıtma çamuru uygulanmış yetiştirme ortamlarında ticari torf-kontrol uygulamamasından istatistikî olarak farklı olmuştur. Arıtma çamuru ilavesi belirgin olarak kanopi çapını artırmıştır. Fındık zürafuna yavaş salımlı gübre ilavesi kanopi çapını değiştirmemiştir (Tablo 4. 19).



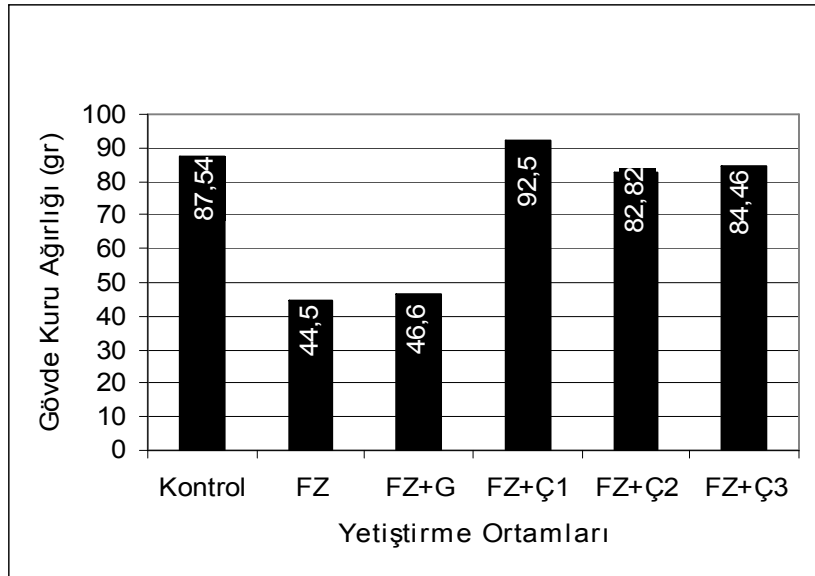


Şekil 4. 28. Mazı Bitkisinin Kanopi Çapının Aylara Göre Artışı

Mazı Bitkisinin Kanopi Çapının Aylara Göre Artışı Şekil 4. 28' de verilmektedir. Birinci yıl yetiştirme dönemi sonunda FZ+Ç2 ve FZ+Ç3 uygulamaları 15 cm, diğer uygulamalar ise 10 cm kanopi çapı büyüklüğüne erişmiştir. İkinci yılda kanopi çapı büyümesi aynı trendi göstermiş, artış ikinci yetiştirme dönemi sonuna kadar benzer şekilde devam etmiştir. İkinci yetiştirme yılında kontrol uygulamasında daha çok boy artışı gerçekleşirken artan arıtma çamuru dozlarında birinci yılda olduğu gibi daha çok kanopi genişlemesi gerçekleşmiştir (Şekil 4.28). Bitki formu olarak kontrol uygulaması piramidal bir görüntü, arıtma çamuru uygulamaları ise silindirik bir görüntü oluşturmuştur.

#### 4. 2. 5. 4. Yetiştirme ortamlarının mazı bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Mazı bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 4. 18' de, gövde kuru ağırlığı ortalamaları Şekil 4. 29'de ve gövde kuru ağırlığı ortalamalarının LSD testine göre karşılaştırılması Tablo 4.19'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamları mazı bitkisinin gövde kuru ağırlığını istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir ( $p<0,01$ ).

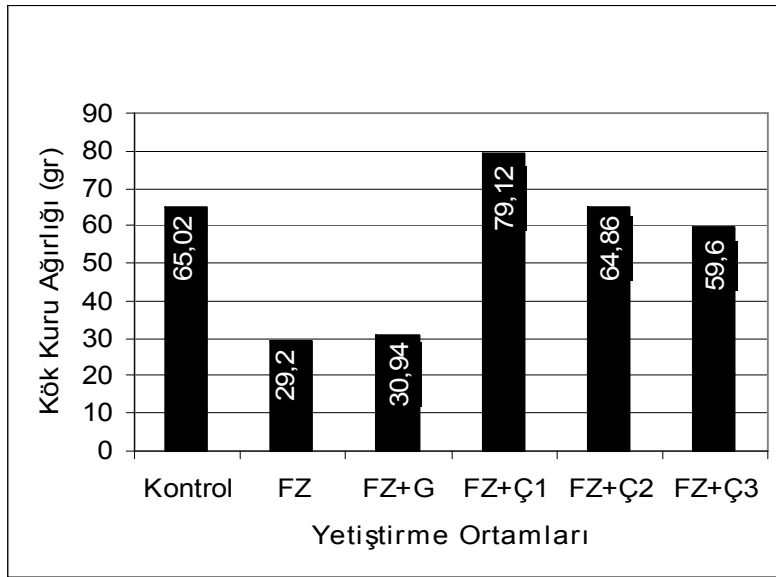


Şekil 4. 29. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Mazı Bitkisinin Gövde Kuru Ağırlığı Ortalamaları  
*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

En yüksek gövde kuru ağırlığı değeri 92,5 g ile fındık zürafuna %12,5 arıtma çamuru ilavesiyle oluşturulan FZ+Ç1 uygulamasında belirlenmiştir. %50 ve %25 arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 ve FZ+Ç2 uygulamaları ile kontrol uygulaması gövde kuru ağırlığı bakımından ikinci istatistikî grubu oluşturmuş, arıtma çamuru içermeyen fındık zürafu ortamları ise (FZ, FZ+G) en düşük istatistikî grupta yer almıştır (Şekil 4.29, Tablo 4.19). Bu sonuçlar bitki besin maddesi ihtiyacı düşük bitkilerin, yetiştirme ortamındaki kimyasal özelliklerden daha çok fiziksel ve hidrolojik özelliklerden etkilendiğini göstermektedir. Hatta arıtma çamuru ile sağlanan yüksek azot dozlarının bitkiye toksik etkide bulunarak yapraklanmayı sağlayıp, bitki boyunu oluşturan odunsu dokunun gelişimini engellediği sonucu çıkmaktadır. Arıtma çamurunun dozu düşük miktarda olmakla birlikte FZ+Ç1 uygulamasında fındık zürafunun fiziksel ve hidrolojik özelliklerini değiştirmesi, bu uygulama üzerinde yetişen bitkilerin büyümesini pozitif etkilemiş, bitki boyu ve formu bakından kontrole en yakın bitki görünümü sağlanmıştır.

#### 4. 2. 5. 5. Yetiştirme ortamlarının mazı bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Mazı bitkilerinin kök kuru ağırlığına olan etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.18’de verilmektedir. Tablo 4. 18’deki varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamlarının mazı bitkisinin kök kuru ağırlığına olan etkilerinin istatistiksel olarak önemli derecede olduğu bulunmuştur ( $p<0,01$ ).



Şekil 4. 30. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Mazı Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları  
*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarından ortamlardan %12,5 arıtma çamuru içeren FZ+Ç1 yetiştirme ortamındaki bitkiler 79,12 g ile en yüksek kök kuru ağırlığına sahip bitkiler olurken, en düşük kök kuru ağırlığına sahip bitkiler 29,2 g ile %100 fındık zürafundan oluşan FZ yetiştirme ortamındaki bitkiler olmuştur (Şekil 4. 30).

Yapılan LSD testi sonuçlarına göre en yüksek kök kuru ağırlığına sahip FZ+Ç3 uygulaması, %25 Arıtma Çamuru içeren FZ+Ç2, %100 torftan oluşan Kontrol uygulamalarına istatistikî olarak benzer bulunmuştur. Bunun yanında en düşük kök kuru ağırlık değerine sahip %100 fındık zürafundan oluşan FZ yetiştirme ortamı ile

findık zürufuna kimyasal gübre ilave edilmiş uygulama olan FZ+G uygulamaları istatistikî olarak benzer gurupta yer almışlardır. (Tablo 4.19).

Gövde/kök oranı 1,17–1,52 arasında değişmiş, bitki besin maddelerince zengin yetiştirme ortamlarında tespit edilen oran daha düşük olmuştur. Bitki kuru ağırlığının yüksek olduğu ortamlarda, aynı zamanda kök kuru ağırlığının da yüksek olması oranı düşürmüştür, kök gelişimi yüksek gelişimi yüksek besin maddesi içeriğinden etkilenmemiştir.

#### 4. 2. 5. 6. Yaprak azot oranı

İkinci yıl yetiştirme mevsimi sonunda, bitkiler hasat edildikten sonra bitki yapraklarında yapılan azot analizi sonuçları Tablo 4.19’de verilmiştir. Fındık zürufuna artan miktarlarda arıtma çamuru ilavesi ile kimyasal gübre uygulaması yaprakların azot içeriğinde istatistikî olarak önemli varyasyona neden olmuştur. Fındık zürufuna kimyasal gübre ilavesi ve artan dozlarda arıtma çamuru uygulamalarında tespit edilen yaprak azot oranları, kontrol ve FZ uygulamasından daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.19). Bu sonuçlar yetiştirme ortamlarının azot içeriğinin pozitif olarak bitki yapraklarının azot konsantrasyonuna yansıdığını göstermektedir. Gübre verilmeden önceki fındık zürufunun azot kapsamı kontrol uygulaması torftan daha yüksektir, bu arıtma çamuru ile birleştiğinde artan miktarlarda bitki yapraklarına geçmiş, en yüksek yaprak azot içeriği en yüksek arıtma çamuru dozu olan FZ+Ç3 uygulamasında saptanmıştır. % 25 ve % 50 arıtma çamuru dozlarında tespit edilen gövde kuru ağırlıklarının kontrol uygulamasına eşit olması, arıtma çamuru verilen bitkilerin bitki kuru maddesinde biriken azot miktarının kontrol uygulamasından daha yüksek olmasını sağlamıştır. Bitki boyu kontrol uygulamasından daha kısa olmakla birlikte yüksek bitki kuru maddesi üreten ortamlar yüksek arıtma çamuru dozu içeren yetiştirme ortamları olmuştur (FZ+Ç2, FZ+Ç3). Bu iki yetiştirme ortamının gerek kuru maddede, gerekse ekstraktlarında tespit edilen azot konsantrasyonları diğer uygulamalara kıyasla daha yüksektir (Tablo 4.14, Tablo 4.15). Yetiştirme ortamlarında arıtma çamuru uygulamalarından sağlanan bitki besin elementlerinin bitki büyümesi ve bitki besin elementi kapsamına

pozitif etkisi literatürde pek çok araştırmada ortaya koyulmuştur [35, 42, 79, 100, 101].

Mazı bitkisinin yapraklarında tespit edilen azot konsantrasyonu, bu bitkiye benzer yavaş büyüme karakteri gösteren *Pinus pinea*, *Cupressus arizonica* ve *Cupressus sempervirens* gibi bitkilerde % 1'in altında tespit edilmektedir [9, 35]. Evans ve ark., 2008 yavaş büyüme karakterine sahip *Euonymus fortunei* bitkisinin kritik azot düzeyini % 1,03 olarak belirlemiştir [104]. Thuja bitkisi ile yapılan gübreleme çalışmalarında bitkinin besin elementi isteğinin az olmasından dolayı, bitki boyundaki varyasyonun önemsiz olduğu, fakat azotun renk ve formu iyileştirdiği belirtilmektedir [105]. Bitki yapraklarında tespit edilen azot düzeyleri, bitki büyümesindeki varyasyonun azotun yetersizliğinden değil fazla olmasından kaynaklandığını göstermektedir. Arıtma çamuru dozlarında bu bitki için yüksek azot dozları bitkinin boyunun veya odunsu dokunun değil, yapraklarının daha fazla gelişmesi ve oluşmasına neden olmuş, bitkilerin kanopi çapı daha çok artmıştır. Arıtma çamurunda yetişen bitkilerin kontrol uygulamasından farkı kuru ağırlıktan değil boy ve kanopi çaplarının farklılıklarından kaynaklanmıştır. Literatürde iğne yapraklı bitkilerde tespit edilen yaprak azot konsantrasyonlarını gübre uygulanmamış FZ uygulaması bile sağlamıştır. FZ uygulaması bitkilerinin boy ve kanopi çapları ile düşük kuru ağırlık üretmeleri yetiştirme ortamlarının fiziksel özellikleri ile ilgili olduğu görülmektedir. Fındık zürufu kimyasal gübreli veya gübresiz tek başına *Leylandii* bitkisinde olduğu gibi fiziksel özelliklerinin yetersiz olması nedeniyle bitki büyümesini destekleyememiştir. Yetersizlik daha çok hidrolojik özelliklerle ilgili görülmekte, özellikle evaporatif su kaybının yüksek olduğu yaz aylarında yüzey kurummasının hızlı ve yeniden su çekmesinin uzun zaman alması bitkilerin ihtiyacını karşılayamamıştır.

Yetiştirme ortamlarının tek başına istenilen fiziksel ve hidrolojik değerleri sağlayamadığından dolayı bitki büyümesini yeterince destekleyemediğini bildiren değişik çalışmalar bulunmaktadır [106]. Aynı malzemeler karışım halinde ise yeterli yapısal özellikleri sağlayarak bitki büyümesini pozitif etkileyebilmektedir. Fındık zürufunun yeniden su çekme ve yüzeyden hızlı kuruma özelliğini arıtma çamuru ilavesi düzeltmiştir. Bitki büyümesi ve bitki formunun kontrol uygulamasına daha

benzer olmasını en düşük arıtma çamuru dozu sağlamıştır. Artan dozlar bu bitkinin boyuna değil yüksek yapraklanmadan dolayı enine büyümesine neden olmuştur. Bitki formunu değiştirmesi nedeniyle yüksek azot dozlarının uygun olmadığı söylenebilir.

#### 4. 2. 6 Yetiştirme ortamlarının Ligusturum (*Ligustrum lucidum*) bitkisine etkileri

Farklı yetiştirme ortamları ligustrum bitkisinin, kanopi çapı hariç incelenen diğer bütün bitkisel özelliklerinde istatistikî olarak önemli varyasyon meydana getirmiştir. İncelenen bitkisel özelliklerde varyasyon yetiştirme ortamlarının fiziksel özelliklerinden değil daha çok kimyasal özellikleri olan besin elementi düzeyinden özellikle azottan kaynaklanmıştır.

##### 4. 2. 6. 1. Yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin bitki boyuna etkileri

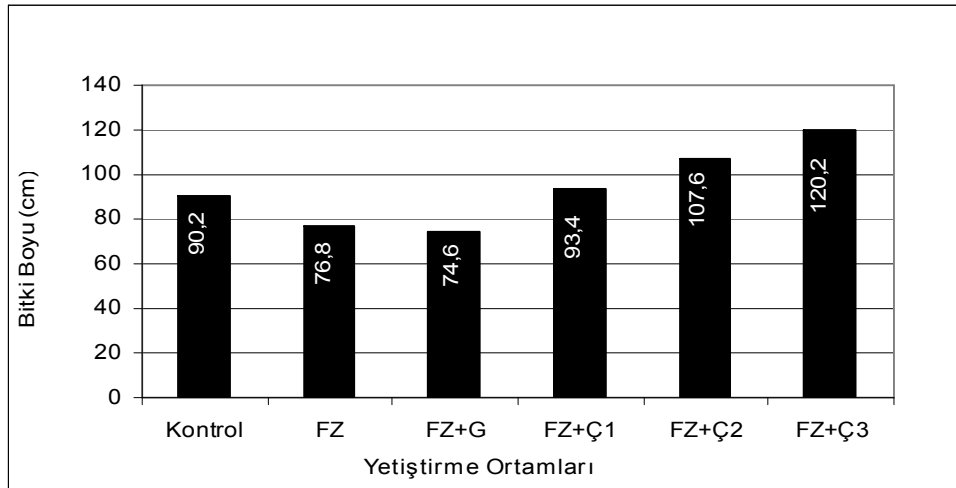
Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin boyuna olan etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 4. 20' de sunulmuştur. Tablo 4.20'deki varyans analizi sonuçlarına göre, farklı yetiştirme ortamları ligusturum bitkisinin boyunu istatistikî olarak önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir ( $p<0,01$ ).

Tablo 4. 20. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Ligusturum Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

V.Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması						
		Bitki Boyu	Gövde Çapı	Kanopi Çapı	G. Kuru Ağırlığı	K. Kuru Ağırlığı	Gövde/Kök Oranı	Yaprak Azotu
Uygulama	5	1558,16**	0,209**	23,06	5165,59**	2480,14**	0,189**	0,39**
Hata	24	160,58	0,027	13,51	90,74	55,9	0,0006	0,0006
Genel	29							

\*\* $p<0,01$ , \* $p<0,05$

Ligusturum bitkilerinde bitki boyu ortalamaları göz önüne alındığında, 120,2 cm ile en yüksek boya %50 arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 yetiştirme ortamında ulaştığı, buna karşın fındık zürufuna kimyasal gübre ilavesiyle hazırlanan FZ+G ortamında 74,6 cm ile en düşük boyda kaldığı görülmüştür (Şekil 4.31). En yüksek arıtma çamuru dozu bitki boyunu kontrol uygulamasına göre % 33 oranında artırmıştır. Yine en düşük arıtma çamuru dozu kontrol uygulaması kadar boy oluşturmuştur.



Şekil 4. 31. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Ligusturum Bitkisinin Boy Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürufu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürufu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur



Şekil 4.32. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Ligusturum Bitkileri  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürufu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürufu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur

LSD testine göre en yüksek bitki boyuna sahip %50 çamur içeren FZ+Ç3 uygulamasındaki bitki boyları %25 çamur içeren FZ+Ç2 uygulamasındaki bitki boylarına istatistikî olarak benzer bulunurken, en düşük bitki boyu değerine sahip kimyasal gübre ilaveli FZ+G ve %100 fındık zürufundan oluşan FZ uygulamaları istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Yüksek arıtma çamuru dozu içeren FZ+Ç2 ve FZ+Ç1 uygulamaları, kontrol uygulamasından istatistiksel olarak belirgin yüksek boy ortalamasına sahip olmuştur (Tablo 4. 21).

Tablo 4. 21. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Ligusturum Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Ortalamaların LSD Testi İle Karşılaştırılması

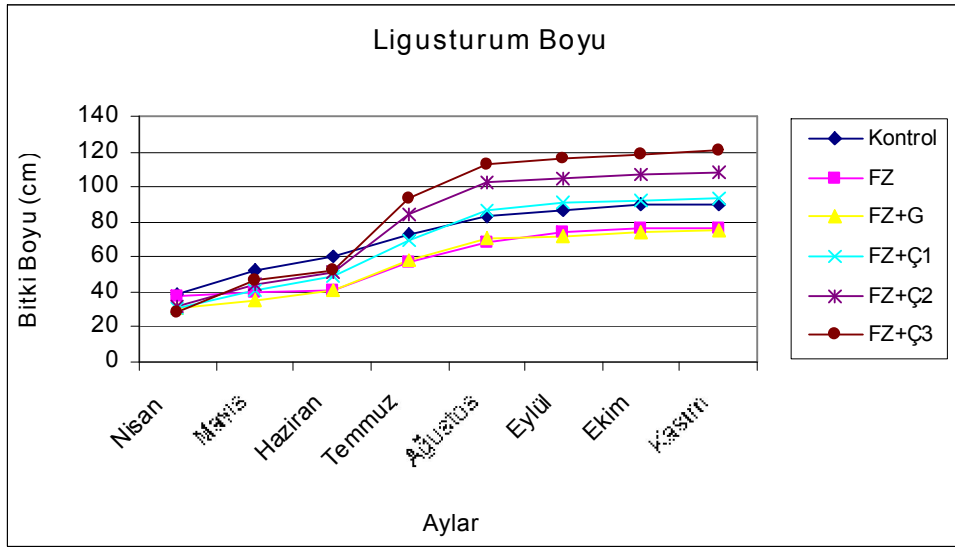
Uygulama	Bitki Boyu (cm)	G. Çapı (cm)	Kanopi Çapı (cm)	G. Kuru Ağırlığı (g)	K. Kuru Ağırlığı (g)	Gövde/kök oranı	Yaprak N (%)
Kontrol	90,2 CD**	1,67 B**	22,0 AB	74,88 C**	97,14 B**	0,69 B**	2,49 A**
FZ	76,8 D	1,38 C	17,4 B	29,14 D	64,38 D	0,35 D	1,68 E
FZ+G	74,6 D	1,39 C	18,4 AB	28,14 D	73,16 D	0,28 E	2,13 D
FZ+Ç1	93,4 BC	1,59 BC	21,7 AB	66,00 C	85,12 C	0,59 C	2,21 C
FZ+Ç2	107,6 AB	1,66 B	21,5 AB	91,74 B	99,4 B	0,74 A	2,13 D
FZ+Ç3	120,2 A	1,93 A	22,6 A	106,4 A	127,2 A	0,69 B	2,35 B
LSD 0.05	16,54	0,214	4,79	12,43	9,75	0,03	0,032

\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,01$  düzeyinde önemlidir.

\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

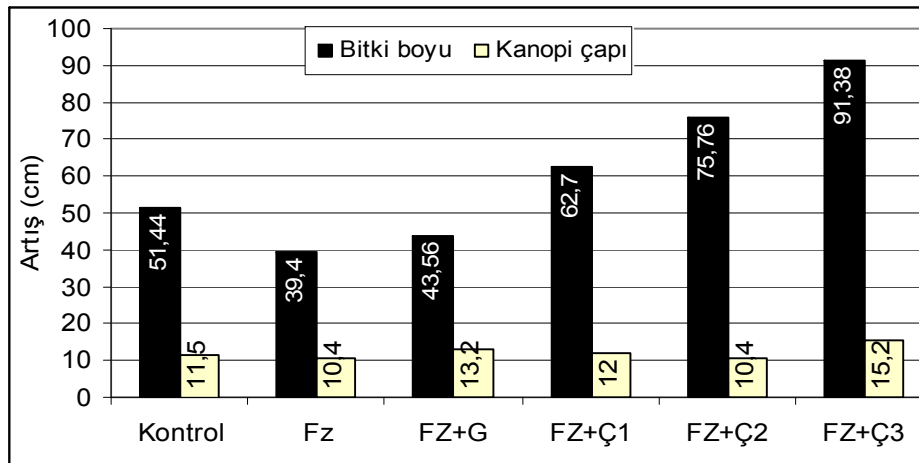
Ligusturum bitkisinin farklı yetiştirme ortamlarında ki bitki boylarının aylara göre değişimi Şekil 4. 33' de verilmektedir. İlk yetiştirme yılı sonunda 30 ila 40 cm arasında değişen bitki boyları, Şekil 4. 33' de de görüleceği gibi tüm uygulamalarda nisan-haziran döneminde artmaya başlamış olmakla beraber, boylarındaki esas hızlı artış haziran-eylül ayları arasında gerçekleşmiştir. Eylül ayından sonra ise bitki boylarındaki artış miktarı azalmış ve hemen hemen sabitleşmiştir. Bu durum yetiştirme dönemi sonuna kadar böyle devam etmiştir.





Şekil 4. 33. Ligusturum Bitkisinin Boyunun Aylara Göre Artışı

Bitki boyundaki artış kimyasal gübre veya arıtma çamuru ile sağlanan bitki besin elementlerine bağlı görülmektedir. Bitki boyu artışı ile en yüksek korelasyon yetiştirme ortamlarının sahip olduğu azot değeri arasında tespit edilmiştir ( $r=0,812$ ). Bu nedenle yüksek azot içeriğine sahip arıtma çamuru ilaveli yetiştirme ortamları en yüksek bitki boyu artışı sağlamıştır. Yetiştirme mevsimi boyunca bitki boyunda gerçekleşen artış, fındık zürufü + arıtma çamuru kombinasyonlarının tamamında kontrol uygulamasından daha yüksek tespit edilmiştir (Şekil 4.34).

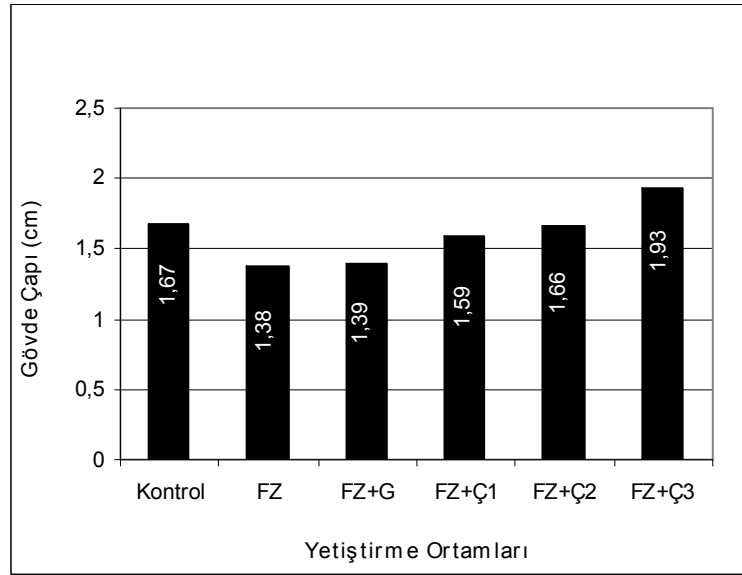


Şekil 4. 34. Ligusturum Bitkisinin Boy ve Kanopi Çapı Artışı

*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürufü, FZ+G: %100 Fındık Zürufü+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürufü+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürufü+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürufü+%50 Çamur*

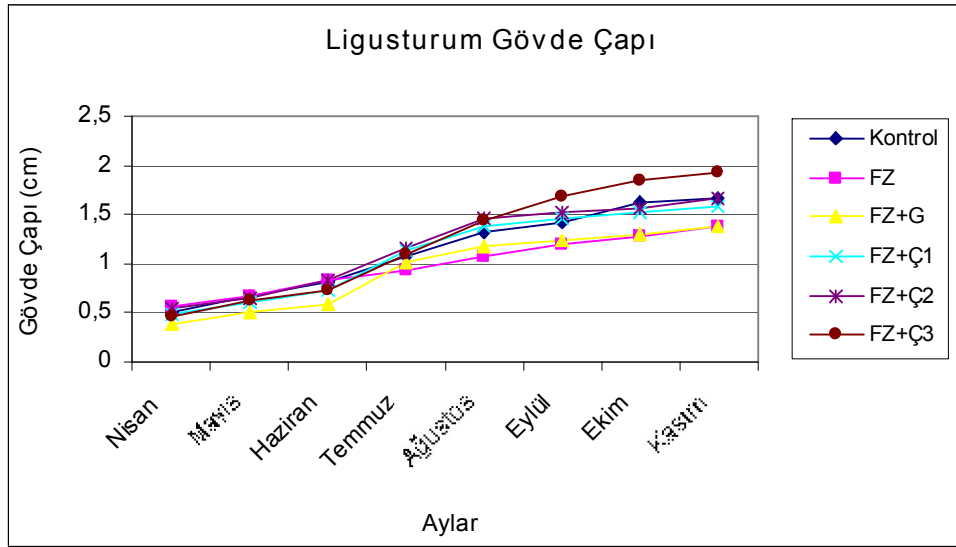
#### 4. 2. 6. 2. Yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin gövde çapına etkileri

Ligusturum bitkisinin gövde çapının çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarından nasıl etkilendiğinin tespiti amacıyla gövde çapı değerlerine varyans analizi uygulanmış ve varyans analizi sonuçları Tablo 4. 20' de verilmiştir. Tablo 4. 20' de verilen sonuçlar, farklı yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin gövde çapını istatistikî olarak önemli derecede etkilediğini göstermektedir ( $p<0,01$ ).



Şekil 4. 35. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Ligusturum Bitkisinin Gövde Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Ligusturum bitkilerinin çalışma sonunda elde edilen gövde çapı ortalamaları Şekil 4. 35' de, bu ortalama yapılan LSD testi sonuçları ise Tablo 4. 21' de verilmektedir. Şekil 4. 35 ve Tablo 4. 21 birlikte incelendiğinde, en büyük gövde çapı değerinin 1,93 cm ile %50 çamur içeren FZ+Ç3 uygulamasında, en düşük gövde çapı değerinin ise 1,38 cm ile %100 fındık zürafundan oluşan FZ uygulamasında görüldüğü ve kimyasal gübre ilave edilen FZ+G ve %12.5 çamur içeren FZ+Ç1 uygulamalarının da bu uygulamaya istatistiksel olarak benzer sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Ayrıca yine Tablo 4. 21'den %25 FZ+Ç2, %12,5 çamur içeren FZ+Ç1 ve %100 torf tan oluşan kontrol uygulamalarının da istatistikî olarak benzer olduğu görülebilir.



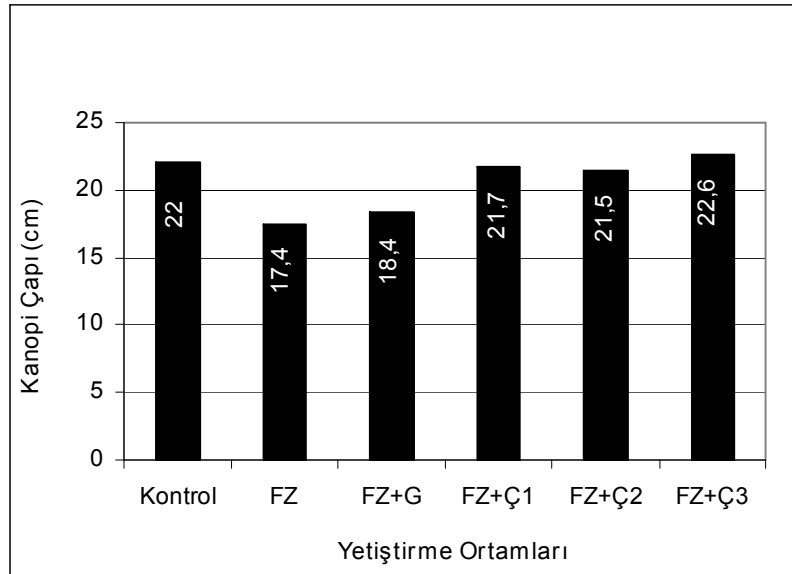
Şekil 4. 36. Ligusturum Bitkisinin Gövde Çapının Aylara Göre Artışı

İlk yetiştirme dönemi sonunda 0,4-0,6 cm arasında değişen gövde çaplarının ikinci yetiştirme döneminde aylara göre değişimi Şekil 4. 36' da verilmiştir. Buna göre tüm uygulamalarda nisan-haziran döneminde yavaş seyreden gövde çapı artışı, haziran-ağustos döneminde hız kazanmış, eylül-kasım ayları arasında ise FZ+Ç3 uygulaması hariç diğer uygulamalarda nisan-haziran aylarındaki seviyesine dönerken FZ+Ç3 uygulamasında aynı hızda devam etmiştir.

#### 4. 2. 6. 3. Yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin kanopi çapına etkileri

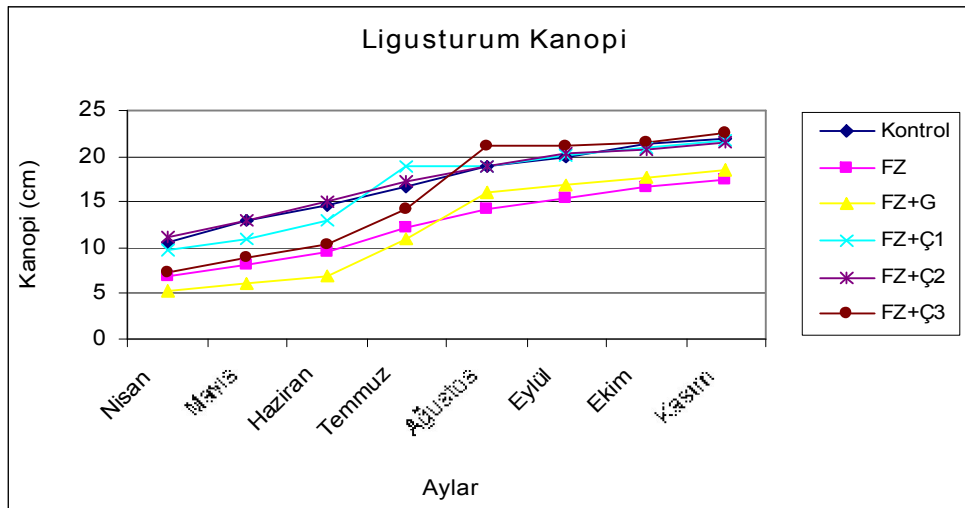
Tablo 4. 20' daki varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin kanopi çapına olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 4.21' de verilen ligustrum bitkilerinin kanopi çapı ortalamalarına yapılan LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek kanopi çapını sağlayan %50 çamur ilaveli FZ+Ç3 uygulaması %100 fındık zürufundan oluşan FZ uygulaması hariç diğer tüm uygulamalara istatistiksel olarak benzer bulurken, en düşük kanopi çapına sahip %100 fındık zürufundan oluşan FZ uygulamasının ise %50 çamur ilaveli FZ+Ç3 uygulaması dışındaki uygulamalara istatistiksel olarak benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 4. 37. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Ligustrum Bitkisinin Kanopi Çapı Ortalamaları  
*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

Şekil 4.38 'in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, kanopi çapı artışları kontrol ile arıtma çamuru ilave edilmiş fındık zürafu uygulamalarında daha hızlı, kimyasal gübre verilmiş ve verilmemiş fındık zürafu uygulamalarında daha yavaş gerçekleşmiştir. Artış hızı ekim ayından sonra bütün uygulamalarda sabitlenmiştir. Diğer yandan, kanopi çapı ligustrum bitkisinde farklı uygulamaların etkisini ortaya çıkarmada iyi bir indikatör olamamıştır.

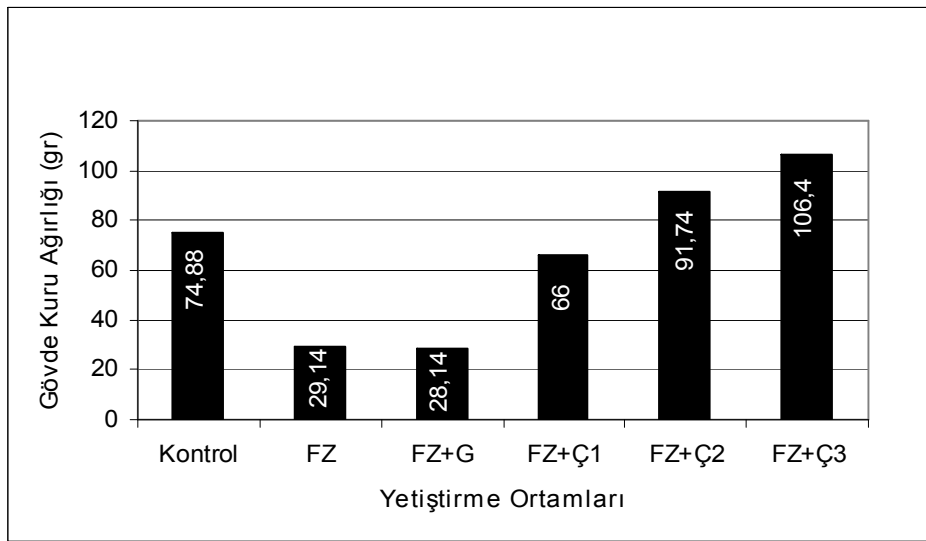


Şekil 4. 38. Ligustrum Bitkisinin Kanopi Çapının Aylara Göre Artışı

#### 4. 2. 6. 4. Yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri

Çalışmada kullanılan farklı yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkilerini belirlemek için tespit edilen gövde kuru ağırlığı değerlerine yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 4. 20’de, gövde kuru ağırlığı ortalamaları ve ortalamaların karşılaştırılması için yapılan LSD testi sonuçları ise Şekil 4.39 ve Tablo 4. 21’ de verilmiştir.

Tablo 4.20’ deki varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamları ligusturum bitkisinin gövde kuru ağırlığını istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir ( $p<0,01$ ). En yüksek gövde kuru ağırlığı değeri 106,4 g ile %50 çamur içeren FZ+Ç3 ortamında, en düşük gövde kuru ağırlığı değeri ise 28,14 g ile kimyasal gübre ilave edilmiş ortam olan FZ+G yetiştirme ortamında görülmüştür. Ayrıca yapılan LSD testi sonuçları, %100 fındık zürufu kullanılan FZ ve kimyasal gübre kullanılan FZ+G uygulamaları ile %100 torftan oluşan Kontrol ve %12,5 çamur içeren FZ+Ç1 uygulamalarının istatistikî olarak benzer sonuçlar verdiğini göstermektedir (Tablo. 4.21).

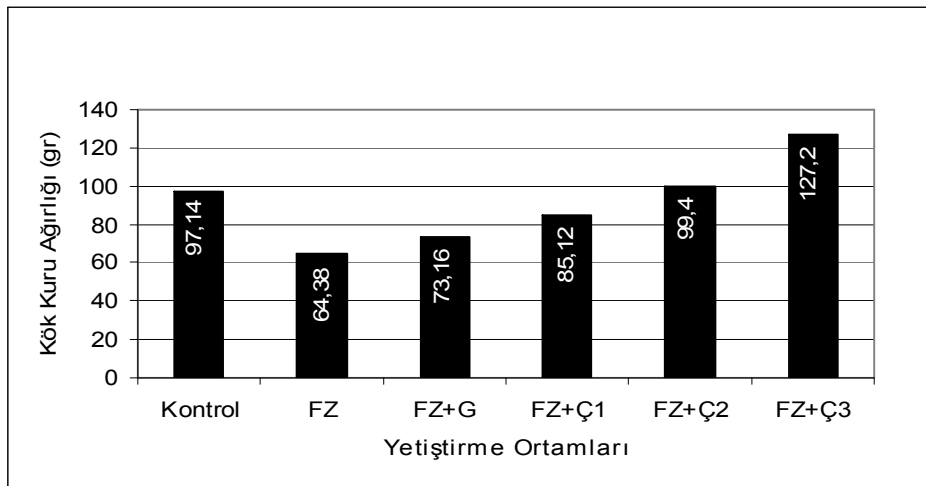


Şekil 4. 39. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Ligusturum Bitkisinin Gövde Kuru Ağırlığı Ortalamaları *KONTROL*: %100 Torf +Gübre, *FZ*: %100 Fındık Zürufu, *FZ+G*: %100 Fındık Zürufu+Gübre, *FZ+Ç1*: %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, *FZ+Ç2*: %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, *FZ+Ç3*: %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur

Yetiştirme ortamı ana bileşeni olarak sadece fındık zürufu, arıtma çamuru olmadan bitki kuru ağırlığını artırmada yavaş salınımlı gübre verilmiş olmasına rağmen yeterli olamamıştır. Ligustrum bitkisi hızlı büyüme kapasitesinden dolayı su tüketimi yüksek olan bir bitkidir. Saf fındık zürufunun daha fazla su tutmasına rağmen yüzeyden evaporasyonla hızlı kuruması ve yeniden su çekmesinin zor olması, kurak yaz periyodunda FZ ve FZ+G uygulamalarının boy ve kanopi artışının diğer uygulamalara kıyasla daha yavaş gerçekleşmesine neden olmuştur. Yavaş büyüyen bitkilerin son kuru ağırlığı da daha düşük olmuştur. Arıtma çamuru uygulaması fındık zürufunun hidrolik özelliklerini düzeltmiş, yüksek besin elementi sağlama kapasitesi ile birleşince arıtma çamurunun her doz artışında istatistikî olarak fark yapacak şekilde gövde kuru ağırlığı artmıştır.

#### 4. 2. 6. 5. Yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri

Yetiştirilen ligusturum bitkilerinin kök kuru ağırlıklarının çalışmada kullanılan farklı yetiştirme ortamlarından nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla kök kuru ağırlığı değerlerine varyans analizi uygulanmış (Tablo 4. 20) ve farklı yetiştirme ortamlarının ligusturum bitkisinin kök kuru ağırlığını istatistikî olarak önemli derecede etkilediği belirlenmiştir ( $p<0,01$ ).



Şekil 4. 40. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Ligusturum Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları *KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürufu, FZ+G: %100 Fındık Zürufu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur*

Şekil 4. 40' da sunulan kök kuru ağırlığı ortalamalarına göre en yüksek kök kuru ağırlığı 127,2 g ile %50 çamur ilave edilen FZ+Ç3 ortamında görülürken, en düşük kök kuru ağırlığı 64,38 g ile %100 fındık zürufundan oluşan FZ ortamında görülmüştür.

Sonuçları Tablo 4. 21' de verilen, yetiştirme dönemi sonunda elde edilen kök kuru ağırlığı ortalamalarının LSD testine göre karşılaştırılması neticesinde ise en düşük bitki boyunun görüldüğü %100 fındık zürufundan oluşan FZ ile fındık zürufuna kimyasal gübre ilave edilen FZ+G uygulamasının istatistikî olarak benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte yine Tablo 4. 21' den %100 torftan oluşan Kontrol ve %12.5 arıtma çamuru içeren FZ+Ç1 uygulamalarının da istatistiki olarak benzer sonuçlar verdiği görülebilir (Tablo 4. 21). Yetiştirme ortamlarına arıtma çamuru ilavesi gövde ve kök kuru ağırlıklarının her ikisini de artırmaktadır. Gövde kuru ağırlıklarındaki artış kök kuru ağırlıklarından fazla olmuştur. Bunun nedeni arıtma çamuru ilavesinin ortamdaki bitki besin elementlerini artırırken poroziteyi ve dolayısıyla hava kapasitesini azaltmaktadır. Bu durum kök büyümesinin gövde büyümesine göre daha sınırlı kalmasının nedeni olabilir.

Gövde/kök oranı 0,28-0,74 arasında değişmiş, iğne yapraklı test bitkilerinin aksine besin elementi düzeyi yüksek olan yetiştirme ortamlarında oran yükselirken, bitki büyütme kapasitesi düşük yetiştirme ortamlarında oran düşmüştür. Bu sonuçlar, besin elementi sağlama kapasitesi yüksek yetiştirme ortamlarında gövde/kök oranının, gövde gelişiminin lehine olduğunu belirten çalışmalarla paralellik göstermektedir [35, 42, 107].

#### 4. 2. 6. 6. Yaprak azot oranı

Ligustrum bitkisi yetiştirme ortamı azot kapsamına pozitif tepki göstermiş, yaprak azot oranı yetiştirme ortamı azot varlığına bağlı olarak artmıştır ( $r=0,515$ ). Buna bağlı olarak bitki boyu ve bitki kuru ağırlığı yüksek azot dozu içeren yetiştirme ortamlarında daha yüksek gerçekleşmiştir. Özellikle bitki kuru ağırlığındaki varyasyon alternatif yetiştirme ortamlarının kıyaslanmasında daha iyi indikatör

olmuştur. En yüksek yaprak azot içeriği kontrol uygulamasında tespit edilmiş, artan arıtma çamuru dozlarında yaprak azot kapsamı lineer olarak artmıştır. (Tablo 4.21). Fındık zürufu uygulamalarında, kimyasal gübre verilmiş ve azot ihtiyacını arıtma çamurlarından karşılamış bitkilerin azot konsantrasyonları arasında istatistikî farklılık olmamıştır. Yaprak azot konsantrasyonundaki farklılık daha çok bitki kuru ağırlığındaki farklılıktan kaynaklanmıştır. Leylandii bitkisinde olduğu gibi yüksek bitki kuru ağırlığa sahip FZ+Ç3 ve FZ+Ç2 arıtma çamuru dozlarında azot bitki dokusunda seyrelmiştir [99]. Bitki besin elementlerince zengin organik maddelere bitkilerin pozitif tepki gösterdiği değişik araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir [15, 18, 35]. Organik gübre kaynaklarının yavaş mineralizasyonu ve dolayısı ile saksıdan sızmanın az olmasından dolayı [108] arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarında bitkiler yavaş salımlı gübre kaynağı içeren kontrol uygulamasına benzer şekilde yaprak azot oranına sahip olmuştur. Ligustrum yapraklarında tespit edilen azot konsantrasyonu, FZ yetiştirme ortamı hariç, geniş yapraklı süs bitkilerinde tespit edilen aralıkta bulunmaktadır [109]. Bununla birlikte ligustrum bitkisi için kritik yaprak azot konsantrasyonu olarak rapor edilen % 3,35 yaprak azot değerine hiçbir yetiştirme ortamında ulaşamamıştır [107].

#### 4. 2. 7 Farklı yetiştirme ortamlarının Akasya (*Robinia pseudoacacia*) bitkisine etkileri

##### 4. 2. 7. 1 Yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin boyuna etkileri

Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin bitki boyuna etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.22' de sunulmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre, farklı yetiştirme ortamlarının akasyanın bitki boyuna etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

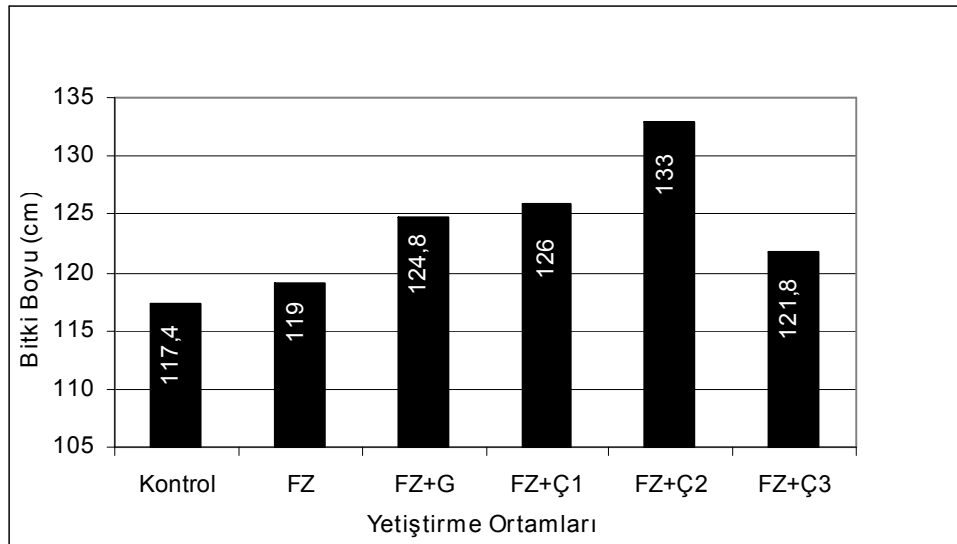


Tablo 4. 22.. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Akasya Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

V.Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması					
		Bitki Boyu	Gövde Çapı	G. Kuru Ağırlığı	K. Kuru Ağırlığı	Gövde/Kök Oranı	Yaprak Azotu
Uygulama	5	158,37	0,071	194,84**	66,46*	0,048	0,833**
Hata	24	107,28	0,038	11,25	23,57	0,027	0,001
Genel	29						

\*\*p<0,01, \*p<0,05

Akasya bitkisinin yetiştirme dönemi sonundaki bitki boyu ortalamaları Şekil 4.41' de verilmektedir. İstatistikî olarak önemli olmamakla birlikte en yüksek bitki boyu 133 cm ile %25 arıtma çamuru ilave edilerek hazırlanmış FZ+Ç2 uygulamasında, en düşük bitki boyu ise 117,4 cm ile %100 torf kullanılarak hazırlanan kontrol uygulamasında tespit edilmiştir.



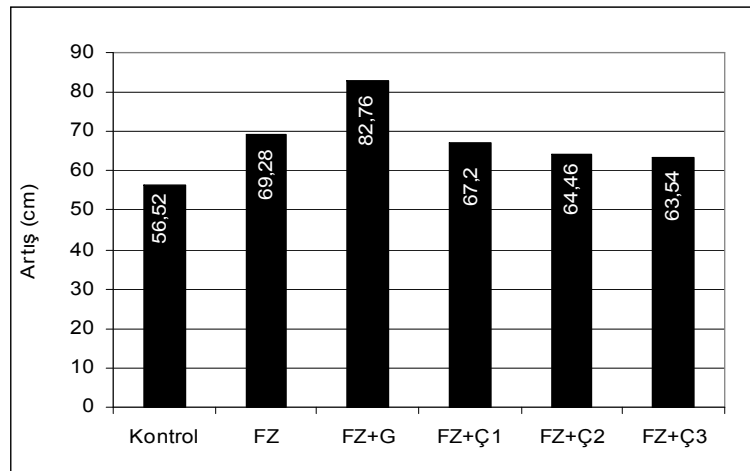
Şekil 4. 41. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Akasya Bitkisinin Boy Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Arıtma çamuru, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Arıtma çamuru, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürafu+%50 Arıtma çamuru



Şekil 4. 42. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Akasya Bitkileri

*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

Akasya bitkisinde yetiştirme dönemi sonunda elde edilen bitki boyu ortalamalarına uygulanan LSD testi sonuçları Tablo 4.23' de verilmiştir. Gerek yavaş salınlı gübre verilmiş, gerekse arıtma çamuru ilave edilmiş fındık zürafu uygulamaları istatistikî olarak aynı grubu oluştururken, kontrol ve gübre ilavesi olmayan fındık zürafu uygulaması istatistikî olarak benzer bulunmuştur (Tablo 4.23). İstatistikî olarak önemli olmamakla birlikte arıtma çamuru içeren fındık zürafu uygulamaları bitki boyu oluşumunu daha olumlu etkilemiştir.



Şekil 4. 43. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Akasya Bitkisinin Boy Artış Miktarları

*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Arıtma çamuru, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Arıtma çamuru, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Arıtma çamuru*

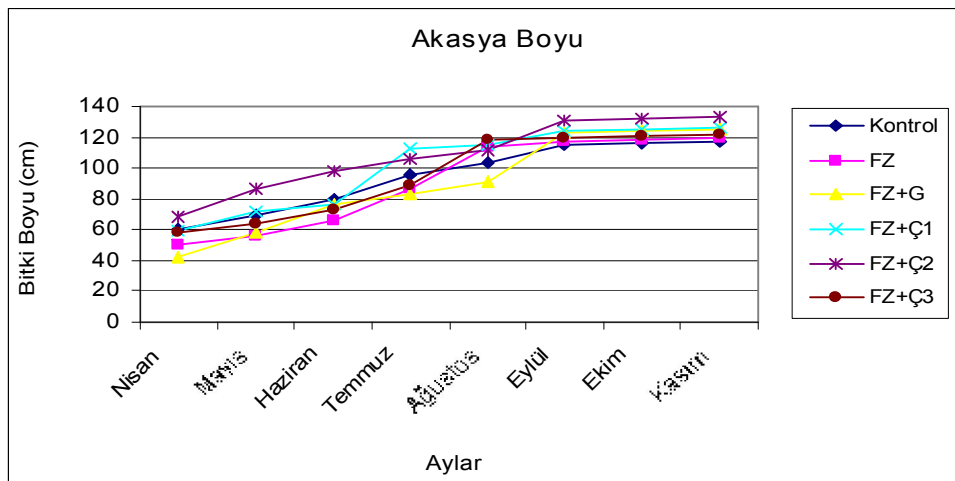
Tablo 4. 23. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Akasya Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı, Gövde/Kök Oranı ve Yaprak Azotu Üzerine Etkilerine İlişkin Ortalamaların LSD Testi İle Karşılaştırılması

Uygulama	Bitki Boyu (cm)	G. Çapı (cm)	G. Kuru Ağırlığı (g)	K. Kuru Ağırlığı (g)	Gövde/kök oranı	Yaprak N (%)
Kontrol	117,4 B	1,64 B	50,88 B**	57,8 AB *	0,88 BC**	2,43 E
FZ	119,0 B	1,62 B	42,14 C	52,06 B	0,8 C	2,10 F
FZ+G	124,8 AB	1,66 B	51 B	57,96 AB	0,87 BC	2,85 D
FZ+Ç1	126 AB	1,82 AB	57,82 A	58,76 A	0,98 AB	2,99 C
FZ+Ç2	133 A	1,92 A	58,38 A	60,42 A	0,96 B	3,13 A
FZ+Ç3	121,8 AB	1,78 AB	57,04 A	51,76 B	1,1 A	3,06 B
LSD 0.05	13,52	0,255	4,37	6,33	0,21	0,04

\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,01$  düzeyinde önemlidir.

\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

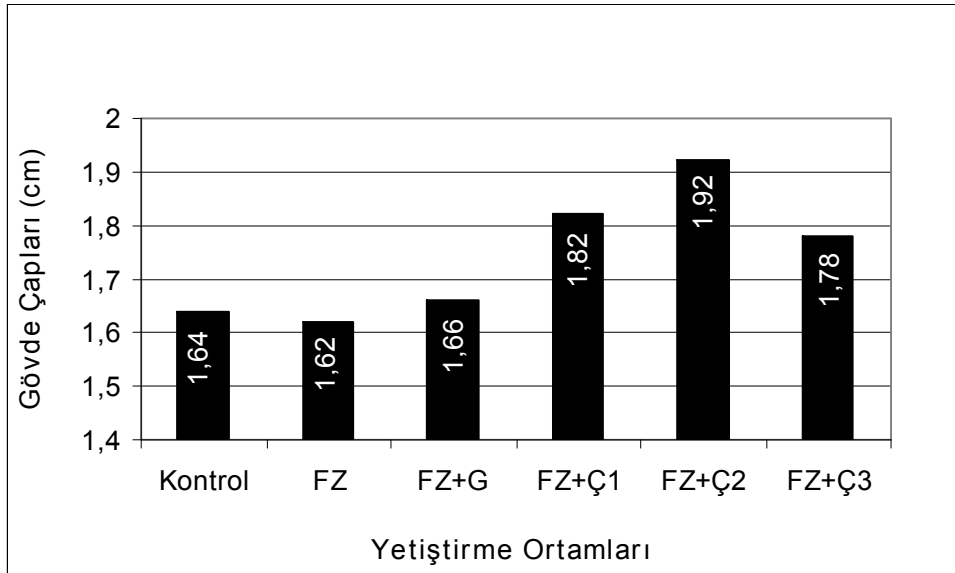
Farklı yetiştirme ortamlarında iki yetiştirme dönemi geçiren akasya bitkilerinin, ikinci yetiştirme döneminde bitki boylarında meydana gelen artışın aylara göre değişimi Şekil 4.44' de verilmiştir. İkinci yetiştirme dönemi başında 40-75 cm arasında değişen bitki boyları nisan-eylül ayları arasında değişik oranlarda artış göstermiştir. Tüm uygulamalarda bitki boylarının artış oranı eylül ayından itibaren stabil hale geçmiş ve bu durum ikinci yetiştirme döneminin sonu olan kasım ayına kadar böyle devam etmiştir.



Şekil 4. 44. Akasya Bitkisinin Boyunun Aylara Göre Artışı

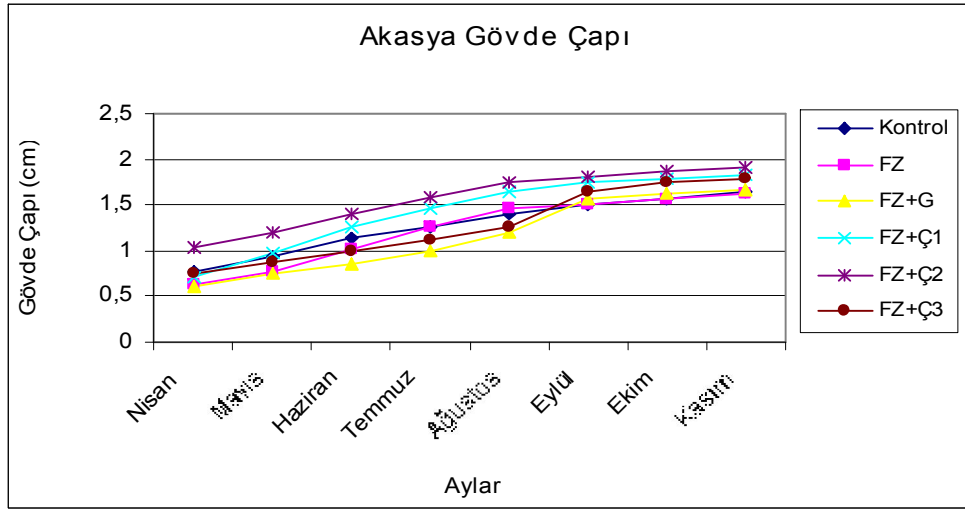
#### 4. 2. 7. 2 Yetiştirme ortamlarının Akasya bitkisinin gövde çapına etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin gövde çapına olan etkilerini belirlemek amacıyla, tespit edilen gövde çapı değerlerine varyans analizi uygulanmış ve bunun neticesinde farklı yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin gövde çapına etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 4.22).



Şekil 4. 45. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Akasya Bitkisinin Gövde Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Arıtma çamuru, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Arıtma çamuru, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürafu+%50 Arıtma çamuru

Yetiştirme dönemi sonunda elde edilen gövde çapı ortalamaları Şekil 4.45' de, bu ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesi için yapılan LSD testi sonuçları ise Tablo 4.23' de verilmiştir. Şekil 4.45' deki gövde çapı ortalamaları incelendiğinde, en büyük gövde çapına 1,92 cm ile %25 arıtma çamuru içeren FZ+Ç2 yetiştirme ortamında, en düşük gövde çapı değerinin ise 1,62 cm ile %100 fındık zürafundan oluşan FZ yetiştirme ortamında görülmüştür.

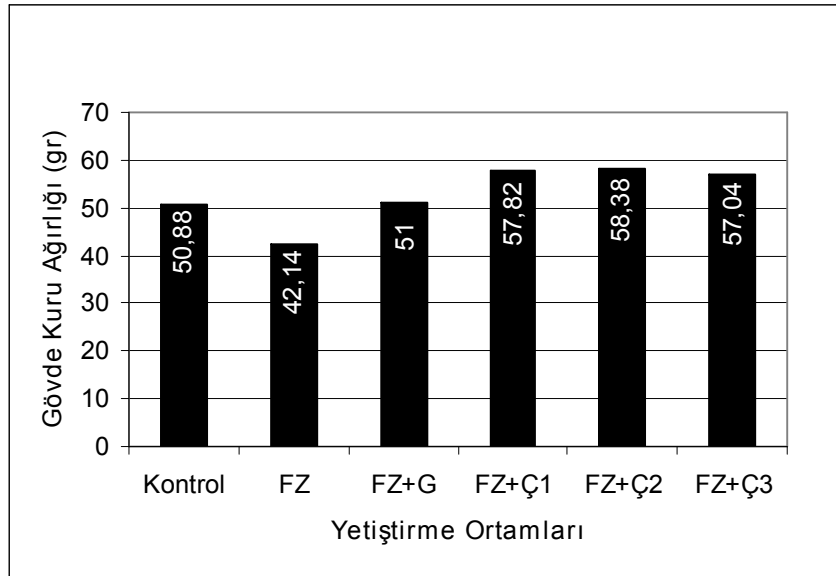


Şekil 4. 46. Akasya Bitkisinin Gövde Çapının Aylara Göre Artışı

Akasya bitkilerinin ikinci yetiştirme dönemi boyunca gövde çaplarında meydana gelen artışın aylara göre değişimi Şekil 4.46' da verilmektedir. İlk yetiştirme dönemi sonunda 0,5-1 cm arasında değişen gövde çapları nisan-ağustos döneminde tüm uygulamalarda benzer oranda artışlar gösterirken, FZ+Ç3 ve FZ+G uygulamalarında eylül ayı boyunca hızlı bir artış içine girmiştir. Ekim ayından itibaren ise yetiştirme dönemi sonuna kadar tüm uygulamalar da gövde çapları benzer artış oranları göstermiştir.

#### 4. 2. 7. 3. Yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri

Yetiştirilen akasya bitkilerinin gövde kuru ağırlığı değerlerine varyans analizi uygulanmış (Tablo 4. 22) ve elde edilen sonuçlar farklı yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin gövde kuru ağırlığını istatistikî olarak önemli derecede etkilediği sonucuna ulaşılmıştır ( $p < 0,01$ ).

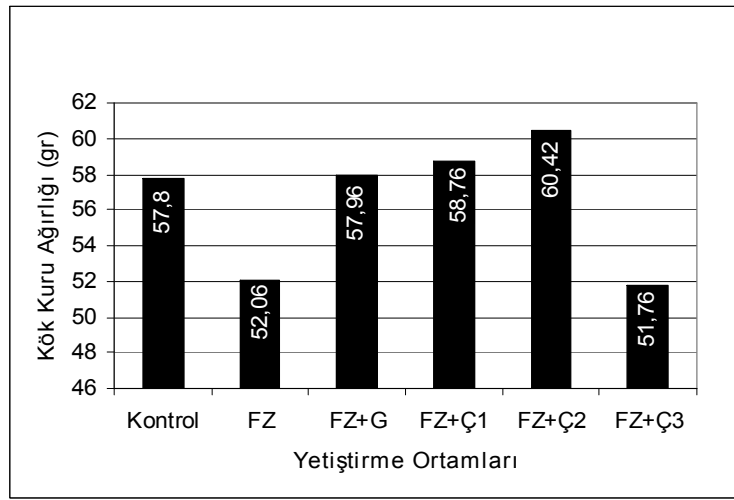


Şekil 4. 47. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Akasya Bitkisinin Gövde Kuru Ağırlığı Ortalamaları *KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

Akasya bitkisinin farklı yetiştirme ortamlarına gösterdiği tepkideki varyasyon bitki boyu ve gövde çapından ziyade biyokütlede daha belirgin olmuştur (Tablo 4.23, Şekil 4.47). Gövde kuru ağırlığı ortalamalarına göre en yüksek değer 58,38 g ile %25 arıtma çamuru içeren FZ+Ç2 ortamında tespit edilmiş ve bu diğer arıtma çamuru içeren FZ+Ç1 ve FZ+Ç3 uygulamalar ile istatistikî olarak benzer bulunmuştur. Yavaş salımlı gübre verilmiş %100 torftan oluşan Kontrol ve FZ+G uygulamaları da istatistikî olarak benzer benzer şekilde bunları takip etmiştir. En düşük gövde kuru ağırlığı değeri ise 42,14 g ile %100 fındık zürafunun kullanıldığı FZ ortamında elde edilmiştir. Bu sonuçlar bitki biyokütle üretiminin yetiştirme ortamlarının fiziksel özelliklerinden çok bitki besin elementi sağlama kapasitesinden etkilendiğini açıkça göstermektedir. Yüksek bitki kuru maddesi üretimi için en düşük arıtma çamuru dozu bile akasya bitkisine yeterli olmuş, artan arıtma çamuru dozları etkiyi istatistikî olarak değiştirmemiştir. Yetiştirme ortamı ana bileşeni olarak fındık zürafu bitkinin yetiştirme ortamı fiziksel özellikleri isteğini karşılamıştır.

#### 4. 2. 7. 4. Yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin kök kuru ağırlığına etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 4. 22' de, yetiştirme dönemi sonunda tespit edilen kök kuru ağırlığı ortalamaları Şekil 4. 48' de, ve ortalamaların LSD testine göre karşılaştırılması Tablo 4. 23'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamları kök kuru ağırlığını istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir ( $p<0,05$ ).



Şekil 4. 48 Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Akasya Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen akasya bitkilerinin kök kuru ağırlığı ortalamaları incelendiğinde (Şekil 4. 48), en yüksek kök kuru ağırlığının 60,42 g ile %25 arıtma çamuru içeren FZ+Ç2 uygulamasında görüldüğü ve bu uygulamadan elde edilen sonuçların %12,5 arıtma çamuru içeren FZ+Ç1, kimyasal gübre kullanılan FZ+G ve %100 torftan oluşan Kontrol uygulamalarından elde edilen sonuçlarla istatistikî olarak benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük kök kuru ağırlığı 51,76 g ile %50 arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 uygulamasında görülmüş ve gübre kullanılmamış fındık zürafundan oluşan FZ uygulaması ile istatistikî olarak benzerlik göstermiştir (Tablo 4. 23).

Ligustrum bitkisinde olduğu gibi besin elementi sağlama kapasitesi yüksek yetiştirme ortamlarında kök gelişimi, gövde gelişiminden daha düşük gerçekleşmiş ve bunun sonucunda gövde/kök oranları yüksek olmuştur. Arıtma çamuru uygulamalarında gövde/kök oranının diğer uygulamalardan yüksek olması, arıtma çamurunun bitki beslemede kimyasal gübreden daha etkin olduğunu göstermektedir.

#### 4. 2. 7. 5. Yaprak azot oranı

Akasya bitkilerinin yapraklarında yapılan azot analizi sonuçları Tablo 4.23'de verilmiştir. En yüksek azot oranı %25 arıtma çamuru ilave edilen FZ+Ç2 uygulamasında görülürken, en düşük yaprak azotu %100 fındık zürufundan oluşan FZ uygulamasında bulunmuştur. Bununla birlikte arıtma çamuru kullanılan uygulamalarda yetiştirilen akasya bitkilerinin yaprak azotu oranı, arıtma çamuru içermeyen uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Yetiştirme ortamlarına arıtma çamuru ilavesi ile bitkilerin yaprak azotu konsantrasyonunun yükselmesi literatürdeki çalışmalarla bezerlik göstermektedir [79, 110, 111, 112, 113].

Diğer test bitkilerine kıyasla en yüksek yaprak azot değerleri akasya bitkisinde tespit edilmiştir. Toprak azotuna pozitif tepki gösteren *Robinia pseudoacacia* gibi baklagil bitkilerinin yaprak azot değeri % 4,2'ye kadar tespit edilebilmektedir [114]. Bu çalışmada en yüksek yaprak azot değeri % 3,13 ile FZ+Ç2 uygulamasında ve diğer yüksek azot değerleri de arıtma çamuru içeren uygulamalarda tespit edilmiştir. Gerek kuru maddede, gerekse ekstraktlarında yüksek azot konsantrasyonlarına sahip olan arıtma çamuru içeren ortamların yaprak azot değeri de yüksek olmuş ve bu biyokütle üretimine pozitif yansımıştır (Tablo 4.14, Tablo 4.15). Yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre akasya bitkilerinin gövde kuru ağırlığı yetiştirme ortamının kimyasal özelliklerinden etkilenirken ( $R^2 = 0,66$ ) kök kuru ağırlığında fiziksel özelliklerinde etkili olduğu görülmüştür ( $R^2 = 0,65$ ). %50 ile en yüksek dozda arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 uygulamasında gövde kuru ağırlığı diğer çamur uygulamaları ile aynı düzeyde iken, kök kuru ağırlığının bu uygulamalardan düşük olması yüksek dozda çamur uygulamasının yetiştirme ortamının fiziksel özelliklerinde oluşturduğu olumsuz etkiden kaynaklanmış olabilir.



Gövde Kuru Ağırlığı =  $-61,79 - 1,33 \times P + 68,15 \times N + 14,31 \times EC$  ( $R^2 = 0,66$ ;  $P \leq 0,001$ ).

Kök Kuru Ağırlığı =  $558,7 + 37,2 \times dg + 3,4 \times \text{Hava} + 3,3 \times \text{OM} + 0,43 \times \text{Su Tutma} - 133,3 \times \text{pH} + 0,48 \times \text{K} - 2,84125 \times \text{Gİ}$  ( $R^2 = 0,65$ ;  $P \leq 0,001$ ).

4. 2. 8. Yetiştirme ortamının tek yıllık *Primula (Primula vulgaris)* bitkisine etkileri

4. 2. 8. 1. Yetiştirme ortamlarının *Primula (Primula vulgaris)* bitkisinin boyuna etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının *Primula* bitkilerinin boyuna olan etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.24'de verilmektedir. Tablo 4.24'deki varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamlarının *Primula* bitkisinin boyuna olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 4. 24. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının *Primula* Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı ve Gövde/Kök Oranı Etkilerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

		Kareler Ortalaması					
V.Kaynağı	SD	Bitki Boyu	Gövde Çapı	Kanopi Çapı	G. Kuru Ağırlığı	K. Kuru Ağırlığı	Gövde/Kök Oranı
Uygulama	5	3,59	0,29**	29,59**	0,071	0,34*	0,147**
Hata	24	2,4	0,05	4,8	0,049	0,11	0,004
Genel	29						

\*\*p<0,01, \*p<0,05

Tablo 4. 25. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Primula Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı ve Gövde/Kök Oranı Üzerine Etkilerine İlişkin Ortalamaların LSD Testi İle Karşılaştırılması

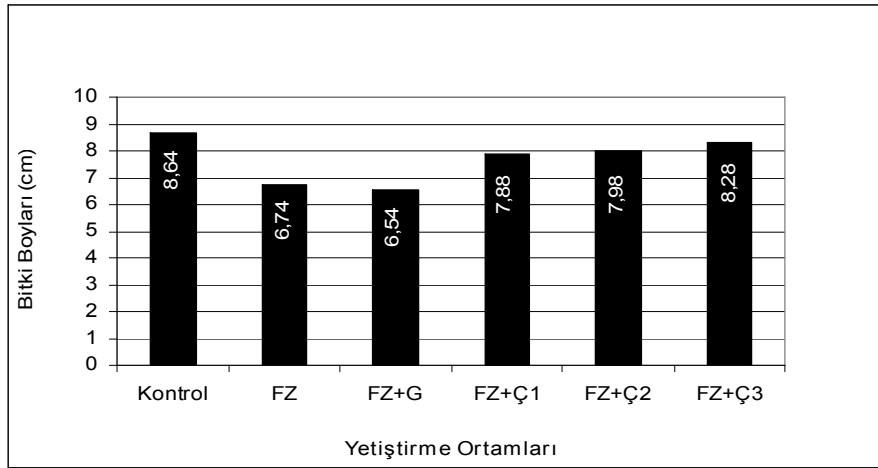
Uygulama	Bitki Boyu (cm)	G. Çapı (cm)	Kanopi Çapı (cm)	G. Kuru Ağırlığı (g)	K. Kuru Ağırlığı (g)	Gövde/kök oranı
Kontrol	8,64 A	0,72 B**	10,74 A**	0,3 AB	0,4 BC*	0,75 B**
FZ	6,74 AB	0,36 C	5,76 C	0,3 AB	0,32 C	0,93 A
FZ+G	6,54 B	0,6 BC	6,94 BC	0,24 B	0,25 C	0,96 A
FZ+Ç1	7,88 AB	0,82 AB	9,68 AB	0,48 AB	0,6 ABC	0,8 B
FZ+Ç2	7,98 AB	0,88 AB	10,4 A	0,44 AB	0,84 AB	0,52 D
FZ+Ç3	8,28 AB	1,06 A	12,14 A	0,54 A	0,86 A	0,62 C
LSD 0.05	2,02	0,3	2,86	0,028	0,45	0,08

\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,01$  düzeyinde önemlidir.

\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

Farklı yetiştirme ortamlarında ki Primula bitkilerinin bitki boyu ortalamaları Şekil 4. 49' da verilmektedir. %100 torf kullanılarak hazırlanan kontrol yetiştirme ortamında ki Primula bitkileri 8,64 cm ile en yüksek boya ulaşan bitkiler olurken, fındık zürufuna kimyasal gübre ilavesi ile hazırlanan FZ+G yetiştirme ortamındaki bitkiler 6,54 cm ile en düşük boya sahip bitkiler olmuşlardır.

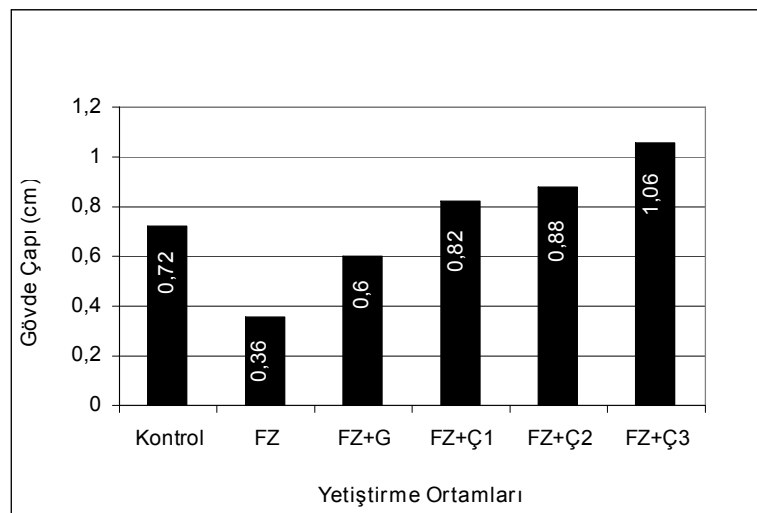
Bitki boyu ortalamalarının arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan LSD testi sonuçlarına göre en yüksek ve en düşük bitki boylarının görüldüğü Kontrol ve FZ+G uygulamaları birbirleri dışındaki tüm uygulamalarla istatistikî olarak benzer sonuçlar vermiştir (Tablo 4.25)



Şekil 4. 49. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Primula Bitkisinin Bitki Boyu Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre,  
**FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:**  
 %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

#### 4. 2. 8. 2. Yetiştirme ortamlarının primula bitkisinin gövde çapına etkileri

Primula bitkilerinde belirlenen gövde çaplarına varyans analizi uygulanarak, bitkilerin gövde çaplarının yetiştirildikleri değişik yetiştirme ortamlarından nasıl etkilendiği belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçları Tablo 4. 24' de verilen varyans analizi sonuçlarına göre Primula bitkisinin değişik yetiştirme ortamlarında yetiştirilmiş olmaları gövde çaplarını istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir ( $p<0,01$ ).

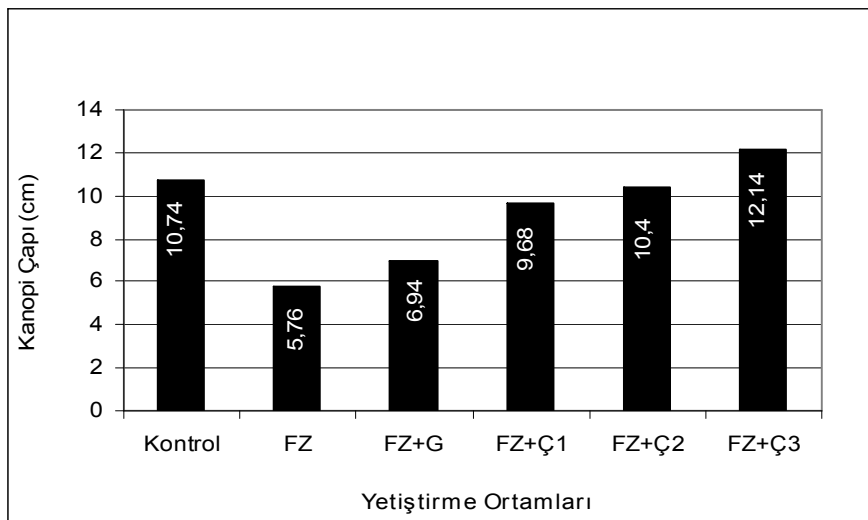


Şekil 4. 50. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Primula Bitkisinin Gövde Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre,  
**FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:**  
 %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Primula bitkilerinin de yetiştirme dönemi sonunda belirlenen gövde çapı ortalamalarına göre en yüksek gövde çapı 1,06 cm ile %50 ile en çok arıtma çamuru ilave edilen FZ+Ç3 yetiştirme ortamında elde edilmekle birlikte, %12,5 ve %25 oranlarıyla çamur içeren diğer uygulamalar olan FZ+Ç1 ve FZ+Ç2 ortamların da elde edilen gövde çapları da istatistikî olarak bu uygulamaya benzer bulunmuştur. %100 fındık zürufundan oluşan FZ ortamında yetişen Primula bitkileri 0,36 cm ile en düşük gövde çapına sahip olurken, fındık zürufuna kimyasal gübre ilavesiyle oluşan FZ+G uygulamasındaki sonuçlarda FZ uygulamasına benzerdir. Ayrıca Kontrol ve FZ+Ç3 dışındaki çamur içeren uygulamalarda istatistikî olarak benzer sonuçlar vermişlerdir (Şekil 4.50, Tablo 4.25).

#### 4. 2. 8. 3. Yetiştirme ortamlarının primula bitkisinin kanopi çapına etkileri

Çalışmada kullanılan farklı yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin kanopi çapı üzerindeki etkilerini görmek amacıyla, ölçülen kanopi çapı değerlerine varyans analizi uygulanmış (Tablo 4.24) ve Primula bitkisinin kanopi çapının yetiştirildiği ortamdan istatistikî olarak önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ( $p < 0,01$ ).



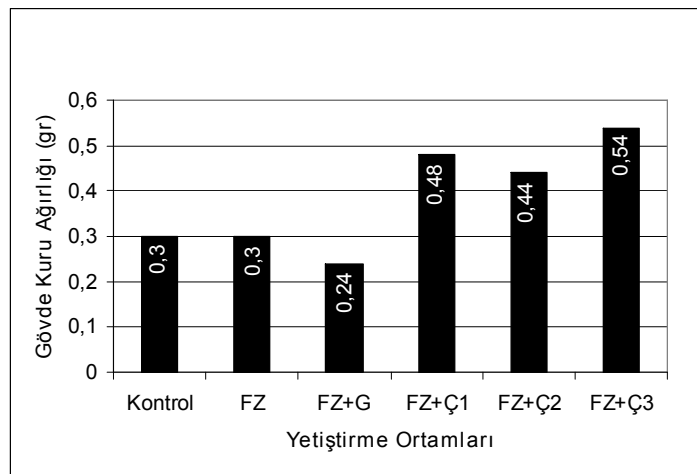
Şekil 4. 51. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Primula Bitkisinin Kanopi Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürufu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürufu+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur

Farklı yetiştirme ortamlarında ki Primula bitkilerinin kanaopi çapı ortalamalarına göre en yüksek kanopi çapı 12,14 cm ile %50 çamur içeren FZ+Ç3 ortamında, en düşük kanopi çapı ise 5,76 cm ile %100 fındık zürufundan oluşan FZ ortamında tespit edilmiştir (Şekil 4.51).

Ayrıca kanopi çapı ortalamalarının LSD testine göre karşılaştırılması neticesinde tüm çamur içeren uygulamalar olan FZ+Ç3, FZ+Ç2 ve FZ+Ç1 ile tort tan oluşan kontrol uygulaması istatistikî olarak benzer sonuçlar verirken, %100 fındık zürufu ile hazırlanan FZ ve fındık zürufuna kimyasal gübre ilave edilmesiyle oluşan FZ+G uygulamasının sonuçları da istatistikî olarak benzer grupta yer almışlardır. Bununla birlikte kimyasal gübre ilaveli FZ+G uygulamasında ile %12,5 çamur içeren FZ+Ç1 uygulaması da istatistikî olarak benzer sonuçlar vermişlerdir (Tablo 4. 25).

#### 4. 2. 8. 4. Yetiştirme ortamlarının primula bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin gövde kuru ağırlığına olan etkilerini belirlemek amacıyla, tespit edilen gövde kuru ağırlığı değerlerine varyans analizi uygulanmış ve bunun neticesinde farklı yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 4.24).



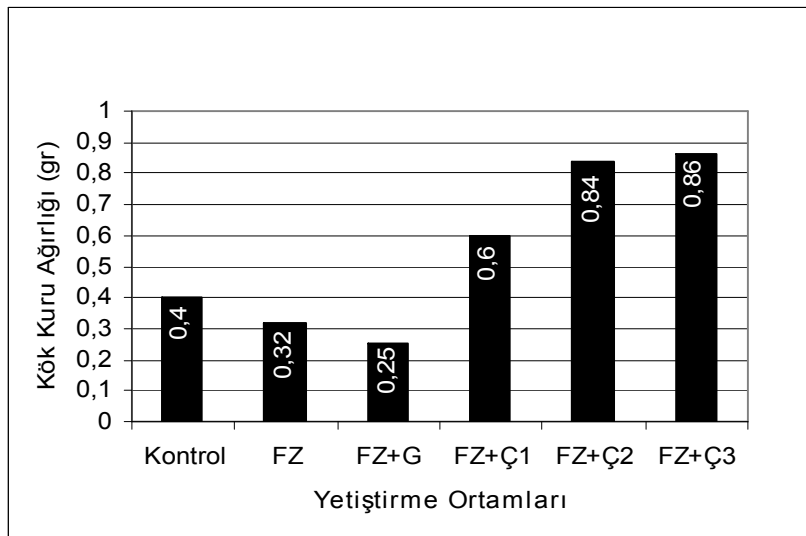
Şekil 4. 52. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Primula Bitkisinin Gövde Kuru Ağırlığı Ortalamaları *KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürufu, FZ+G: %100 Fındık Zürufu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur*

Şekil 4.52' de Primula bitkisinin gövde kuru ağırlıkları ortalamaları sunulmuştur. Şekil 4.52' ye göre en yüksek gövde kuru ağırlığı 0,54 g ile %50 ile en çok arıtma çamuru içeren ortam olan FZ+Ç3 ortamında, en düşük gövde kuru ağırlığı değeri de 0,24 g ile kimyasal gübre kullanılan FZ+G ortamında tespit edilmiştir.

Sonuçları Tablo 4.25' de verilen Primula bitkisinin gövde kuru ağırlığı ortalamalarının LSD testine göre karşılaştırılması neticesinde ise, en yüksek ve en düşük gövde kuru ağırlığı değerine sahip olan FZ+Ç3 ve FZ+G uygulamalarının birbirleri dışındaki diğer tüm uygulamalar ile istatistikî olarak benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır.

#### 4. 2. 8. 5. Yetiştirme ortamlarının primula bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin kök kuru ağırlığına etkilerinin belirlenmesi amacıyla ölçülen kök kuru ağırlığı değerlerine varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 4.24' de verilmiştir. Tablo 4.24' ün incelenmesinden de anlaşılacağı gibi farklı yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin kök kuru ağırlığını istatistikî olarak etkilediği belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).



Şekil 4. 53. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Primula Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre,  
**FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:**  
 %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Çalışma da kullanılan farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Primula bitkilerinin, kök kuru ağırlı ortalamaları incelendiğinde, en yüksek kök kuru ağırlığının 0,86 g ile %50 çamur içeren FZ+Ç3 uygulamasında görüldüğü ve diğer çamur içeren uygulamalar olan FZ+Ç2 ve FZ+Ç1 uygulamalarının da istatistikî olarak bu uygulamaya benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bunala birlikte en düşük kök kuru ağırlığı değeri 0,25 g ile kimyasal gübre ilaveli FZ+G uygulamasında tespit edilmiş ve %100 findık zürufundan oluşan FZ, %100 torftan oluşan Kontrol ve %12,5 çamur içeren FZ+Ç1 uygulamalarının istatistikî olarak bu uygulamaya benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca %25 ve %12,5 çamur içeren FZ+Ç2 ve FZ+Ç1 uygulamaları ile %100 torftan oluşan kontrol uygulamasından elde edilen kök kuru ağırlığı sonuçları da istatistikî benzerdir (Şekil 4.53, Tablo 4.25).

Farklı yetiştirme ortamlarındaki primula bitkisinin süs bitkisi kalite kriterleri açısından incelendiğinde bitki boyları ve gövde kuru ağırlığı, yetiştirme ortamlarından önemli derecede etkilenmezken, gövde çapı, kanopi çapı, kök kuru ağırlığı arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Literatürde değişik yetiştirme ortamlarının Primula bitkisinin diğer özelliklerinde farklılıklar oluşturmamasına rağmen, bitki boyunda farklılıklar oluşturmadığı çalışmalar bulunmaktadır [115]. Diğer yandan en yüksek bitki boyu kontrol uygulamasında görülmesine rağmen arıtma çamuru kullanılan uygulamalar da bitki boyu karışımdaki arıtma çamuru oranı yükseldikçe artmaktadır. Kanopi çapın da ise en yüksek değer %50 arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 uygulamasında bulunmuştur.

Süs bitkisi yetiştiriciliğin de önemli kalite kriterlerinden biri olan gövde çapı sonuçlarında arıtma çamuru içeren uygulamalar, ortamdaki arıtma çamuru oranı yükseldikçe artış göstermiştir. Bu durum kanopi çapı ve gövde kuru ağırlığı değerlerinde de gözlemlenmiştir. Gövde çapı, kanopi çapı ve kuru ağırlık değerlerinin arıtma çamuru içeren ortamlarda yüksek bulunması, bu otamların başta azot olmak üzere bitki besin elementleri yönünden zengin olmasından kaynaklanmaktadır.

Primula bitkisinde ölçülen tüm parametrelerde yetiştirme ortamlarının bitki besin maddesi ihtiyacını karşılamak amacıyla gübre görevi görmesi için findık zürufuna

arıtma çamuru ilave edilen tüm uygulamalar, fındık zürufuna kimyasal gübre ilave edilen FZ+G uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar süs bitkisi yetiştiriciliğinde bitki gübre ihtiyacının karşılanması amacıyla kimyasal gübre yerine arıtma çamurlarının kullanılabilceğini belirtmekte ve bu konuda literatürde yapılan pek çok çalışmayla paralellik göstermektedir [36, 79, 101, 116].

4. 2. 9 Yetiştirme ortamının tek yıllık *Tagetes (Tagetes patula nana)* bitkisine etkileri

4. 2. 9. 1 Yetiştirme ortamlarının tagetes bitkisinin boyuna etkileri

Tagetes bitkilerinin boyları ile çalışmada kullanılan farklı yetiştirme ortamları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla, ölçülen bitki boylarına varyans analizi uygulanmıştır (Tablo 4.26).

Yapılan varyans analizi farklı yetiştirme ortamlarının *Tagetes* bitkisinin boyunu istatistikî olarak önemli derecede etkilediğini göstermektedir ( $p<0,01$ )

Tablo 4. 26. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının *Tagetes* Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı, Kök Kuru Ağırlığı ve Gövde/Kök Oranı Üzerine Etkilerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

V.Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması					
		Bitki Boyu	Gövde Çapı	Kanopi Çapı	G. Kuru Ağırlığı	K. Kuru Ağırlığı	Gövde/Kök Oranı
Uygulama	5	120,03**	0,08**	58,87*	2,97**	0,1**	21,66**
Hata	24	6,32	0,007	15,58	0,14	0,02	0,0007
Genel	29						

\*\*p<0,01, \*p<0,05

Şekil 4.54' de hazırlanan yetiştirme ortamlarındaki *Tagetes* bitkilerinin yetiştirme dönemi sonunda ki bitki boyu ortalamaları, Tablo 4.27' da ise bitki boyu ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan LSD testi sonuçları verilmiştir.



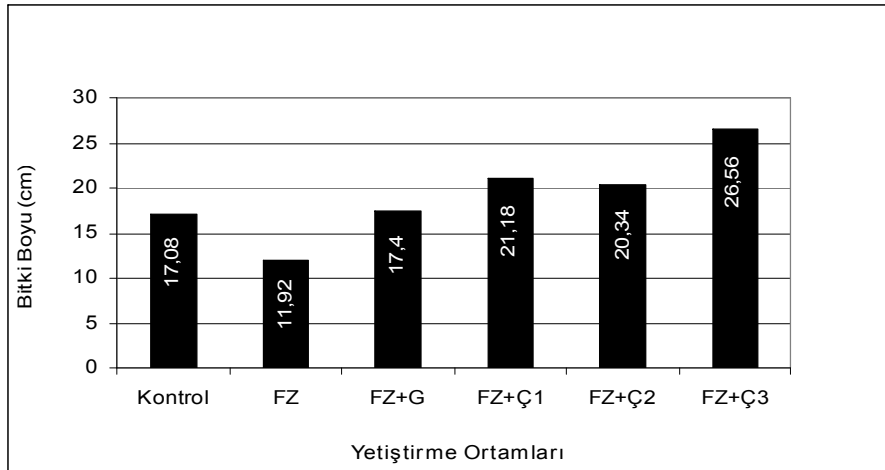
Tablo 4. 27. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Tagetes Bitkisinin Boy, Gövde Çapı, Kanopi Çapı, Gövde Kuru Ağırlığı ve Kök Kuru Ağırlığı ve Gövde/Kök Oranı Üzerine Etkilerine İlişkin Ortalamaların LSD Testi İle Karşılaştırılması

Uygulama	Bitki Boyu (cm)	G. Çapı (cm)	Kanopi Çapı (cm)	G. Kuru Ağırlığı (g)	K. Kuru Ağırlığı (g)	Gövde/kök oranı
Kontrol	17,08 C**	0,55 B**	14,3 BC*	1,16 B**	0,44 A**	2,63 D**
FZ	11,92 D	0,32 C	10,00 C	0,14 C	0,10 B	1,40 E
FZ+G	17,40 C	0,52 B	13,32 BC	1,28 B	0,48 A	2,66 D
FZ+Ç1	21,18 B	0,58 B	15,34 AB	2,22 A	0,48 A	4,62 C
FZ+Ç2	20,34 BC	0,72 A	19,98 A	1,78 A	0,34 A	5,23 B
FZ+Ç3	26,56 A	0,60 B	17,38 AB	2,12 A	0,30 A	7,06 A
LSD 0.05	3,28	0,11	5,15	0,49	0,19	0,035

\*\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,01$  düzeyinde önemlidir.

\* Aynı harflerle gösterilen yetiştirme ortamları arasındaki farklılıklar  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

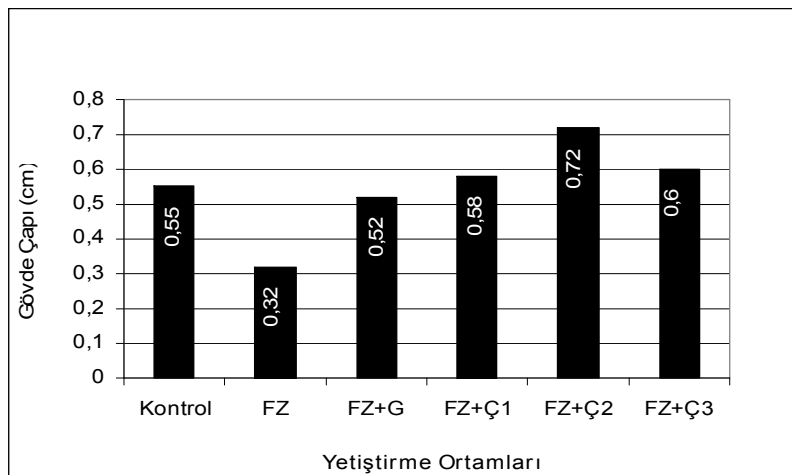
Tagetes bitkisi findık zürufuna arıtma çamuru eklenmesine pozitif tepki göstermiş ve en yüksek bitki boyu 26,56 cm ile %50 arıtma çamuru ilave edilen FZ+Ç3 ortamında saptanmıştır. Diğer arıtma çamuru içeren uygulamalar FZ+Ç1 ve FZ+Ç2 istatistikî olarak benzer şekilde bu uygulamayı takip etmiştir. Kimyasal gübre ilaveli FZ+G uygulamasından elde edilen sonuçlar %100 torftan oluşan kontrol uygulaması ile istatistikî olarak benzerlik göstermiştir. (Şekil 4.54, Tablo 4.27) Tagetes bitkisinin en düşük boy ortalaması 11,92 cm ile %100 findık zürufundan oluşan FZ ortamında belirlenmiştir. Bu sonuçlar Tagetes bitkisinin büyümesini yetiştirme ortamının ana bileşeninden çok besin elementi amacıyla kullanılan bileşenin etkilediğini göstermektedir. Bitki besin elementi sağlama kapasitesi artan yetiştirme ortamlarında bitki boyu da istatistikî olarak fark yaparak artmıştır.



Şekil 4. 54. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Tagates Bitkisinin Bitki Boyu Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre,  
**FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:**  
 %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

#### 4. 2. 9. 2. Yetiştirme ortamlarının tagates bitkisinin gövde çapına etkileri

Hazırlanan yetiştirme ortamlarının Tagates bitkisinin gövde çapına etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 4.26' de, yetiştirme dönemi sonunda tespit edilen gövde çapı ortalamaları Şekil 4.55'de, ve gövde çapı ortalamalarının LSD testine göre karşılaştırılması Tablo 4.27' da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre farklı yetiştirme ortamları Tagates bitkisinin gövde çapını istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir ( $p<0,01$ ).

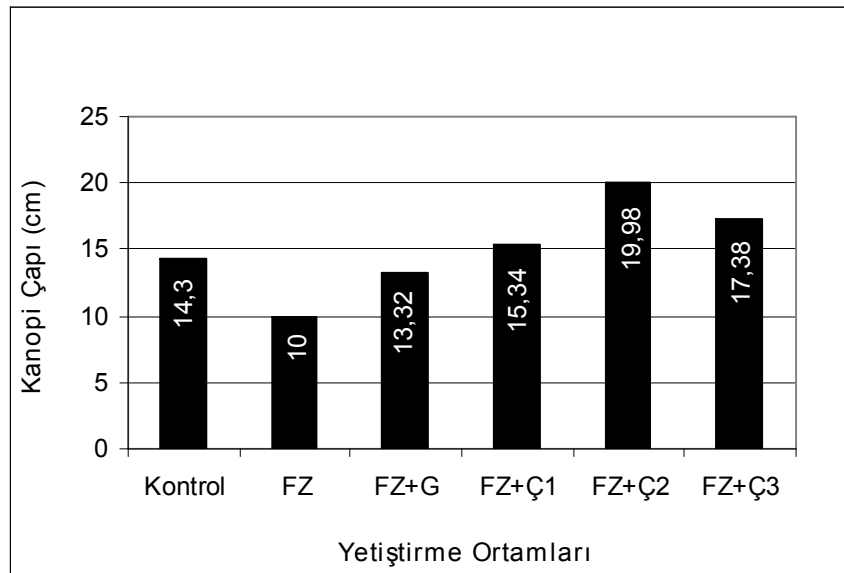


Şekil 4. 55. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Tagates Bitkisinin Gövde Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürafu, **FZ+G:** %100 Fındık Zürafu+Gübre,  
**FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, **FZ+Ç3:**  
 %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur

Şekil 4.55' den de anlaşılacağı gibi en yüksek gövde çapı değeri 0,72 cm ile %25 çamur içeren FZ+Ç2 ortamında, en düşük gövde çapı değeri de 0,32 cm ile %100 fındık zürufundan oluşan FZ ortamında belirlenmiştir. %50 ve %12,5 arıtma çamuru ilaveli ortamlar olan FZ+Ç3 ve FZ+Ç1 uygulamaları, %100 torftan oluşan Kontrol uygulaması ve fındık zürufuna kimyasal gübre ilave edilerek hazırlanan FZ+G uygulaması istatistikî olarak benzer sonuçlar vermişlerdir (Şekil 4.55, Tablo 4.27).

#### 4. 2. 9. 3. Yetiştirme ortamlarının tagates bitkisinin kanopi çapına etkileri

Farklı yetiştirme ortamlarında ki Tagates bitkilerinin yetiştirme dönemi sonundaki kanopi çapı değerlerine varyans analizi uygulanmış (Tablo 4.26) ve Tagates bitkisinin kanopi çapının farklı yetiştirme ortamlarından istatistiki olarak etkilendiği görülmüştür ( $p<0,05$ ).



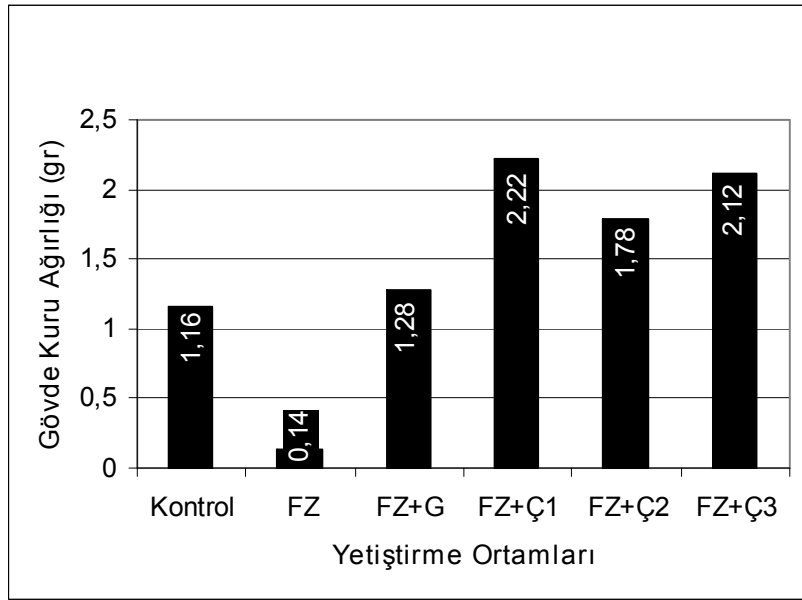
Şekil 4. 56. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Tagates Bitkisinin Kanopi Çapı Ortalamaları  
**KONTROL:** %100 Torf +Gübre, **FZ:** %100 Fındık Zürufü, **FZ+G:** %100 Fındık Zürufü+Gübre, **FZ+Ç1:** %87,5 Fındık Zürufü+%12,5 Çamur, **FZ+Ç2:** %75 Fındık Zürufü+%25 Çamur, **FZ+Ç3:** %50 Fındık Zürufü+%50 Çamur

Yetiştirme dönemi sonunda tespit edilen kanopi çapı ortalamalarına göre, en yüksek kanopi çapına 19,98 cm ile %25 çamur içeren FZ+Ç2 uygulamasında ulaşılırken, bu uygulamanın sonuçları, %50 ve %12,5 arıtma çamuru içeren uygulamalar FZ+Ç3 ve FZ+Ç1 ile istatistikî olarak benzerlik göstermiştir. Kimyasal gübre verilmiş FZ+G, kontrol uygulaması ile aynı sonucu vermiştir. En düşük kanopi çapı ise 10 cm ile

gübre verilmemiş fındık zürufundan oluşan FZ uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.56, Tablo 4.27).

#### 4. 2. 9. 4. Yetiştirme ortamlarının tagetes bitkisinin gövde kuru ağırlığına etkileri

Tagetes bitkisinin gövde kuru ağırlığı çalışmada kullanılan farklı yetiştirme ortamlarından istatistikî olarak önemli derecede etkilenmiştir ( $p < 0,01$ , Tablo 4.26).



Şekil 4. 57. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Tagetes Bitkisinin Gövde Kuru Ağırlığı Ortalamaları *KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürufu, FZ+G: %100 Fındık Zürufu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürufu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürufu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürufu+%50 Çamur*

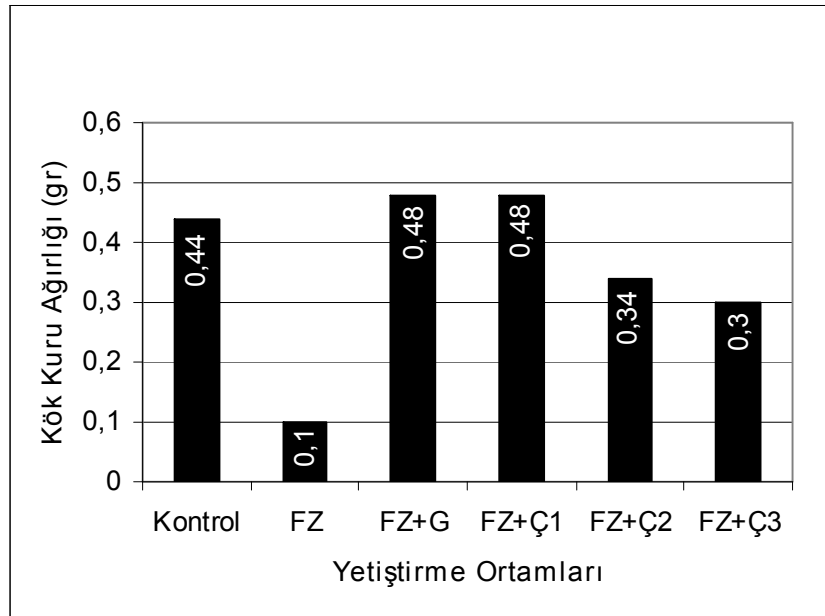
Tagetes bitkilerinin farklı yetiştirme ortamlarına gösterdiği tepki çiçeklenme başlangıcına kadar takip edilmiş ve tespit edilen farklılıklar istatistikî olarak önemli bulunmuş. Farklı yetiştirme ortamlarında yetişen bitkilerin ortalama kuru ağırlıklarına uygulanan LSD testine göre üç farklı grup oluşmuştur. Fındık zürufuna arıtma çamurunun ilave edildiği uygulamalar en yüksek kuru ağırlığı sahip istatistikî grubu oluştururken, yavaş salımlı gübre uygulanan yetiştirme ortamları bunları takip etmiş ve gübre uygulanmayan FZ uygulaması en düşük değere sahip istatistikî grupta yer almıştır (Tablo 4.27). Regesyon analizi sonuçları da biokütle üretiminin

yetiştirme ortamlarına arıtma çamuru eklenmesinden pozitif etkilendiğini göstermiştir.

Arıtma çamuru eklenmiş veya yavaş salınımlı gübre verilmiş fındık zürufu yetiştirme ortamlarında yetişen *Tagetes* bitkilerinin kuru ağırlığının kontrol uygulamasına eşit veya yüksek olması, torfa alternatif yetiştirme ortamlarının bu bitkide başarılı sonuç verdiğini ve fındık zürufunun torf yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Yavaş salınımlı gübre ekleniş FZ+G uygulamasının kontrol torf uygulaması ile benzer sonuç vermesi, *Tagetes* bitkisinin yetiştirme ortamlarının fiziksel özelliklerinden çok bitki besin elementi sağlama özelliklerinden etkilendiğini göstermiştir. Fındık zürufuna düşük miktarda arıtma çamuru eklenmesi bile bitkinin ihtiyacını karşılamıştır. Bu bulgular *Tagetes* bitkisinin bitki gelişiminin % 50 arıtma çamuru kompostuna kadar olumsuz etkilenmediğinin ve organik kaynaklı gübrelerden pozitif etkilendiğini belirten çalışmalarla paralellik göstermektedir. [36, 116].

#### 4. 2. 9. 5. Yetiştirme ortamlarının *tagetes* bitkisinin kök kuru ağırlığına etkileri

*Tagetes* bitkilerinin kök kuru ağırlığı farklı yetiştirme ortamlarından da istatistiksel olarak önemli derecede olduğu bulunmuştur ( $p < 0,01$ , Tablo 4.26). %12,5 arıtma çamuru içeren FZ+Ç1 ve kimyasal gübre kullanılan FZ+G yetiştirme ortamlarındaki bitkiler 0,48 g ile en yüksek kök kuru ağırlığına sahip bitkiler olurken, gübre verilmemiş FZ uygulaması hariç istatistiksel olarak diğer uygulamalarla benzer bulunmuşlardır. En düşük kök kuru ağırlığı 0,1g ile sadece fındık zürufundan oluşan FZ yetiştirme ortamındaki bitkilerde saptanmıştır (Şekil 4.58).



Şekil 4. 58. Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarındaki Tagetes Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları  
*KONTROL: %100 Torf +Gübre, FZ: %100 Fındık Zürafu, FZ+G: %100 Fındık Zürafu+Gübre, FZ+Ç1: %87,5 Fındık Zürafu+%12,5 Çamur, FZ+Ç2: %75 Fındık Zürafu+%25 Çamur, FZ+Ç3: %50 Fındık Zürafu+%50 Çamur*

Gövde/kök oranı yetiştirme ortamının besin elementi kapsamına bağlı olarak yükselmiş ve en yüksek değer 7,06 ile % 50 arıtma çamuru içeren uygulamada belirlenmiştir.

Süs bitkisi kalite kriterleri dikkate alınarak yapılan ölçümlerde, arıtma çamuru kullanılan uygulamalar tüm parametrelerde daha yüksek sonuçlar vermiştir. Gövde çapı dışındaki parametrelerde en düşük değerler %100 torftan oluşan Kontrol ve %100 fındık zürafundan oluşan FZ uygulamalarında belirlenmiş ve kimyasal gübre kullanılan FZ+G uygulamasında ölçülen değerler bu uygulamalardan yüksek olmuştur. Bu durum uygulamalar arasında tespit edilen farkların kullanılan yetiştirme ortamlarının besin elementi içeriklerinden kaynaklandığını göstermektedir. Arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarının yüksek besin maddesi içeriği, en iyi bitki büyümesinin bu ortamlarda gerçekleşmesini sağlamıştır. Ayrıca arıtma çamuru içeren uygulamalar da belirlenen yüksek gövde/kök oranları da en iyi bitki büyümesinin bu ortamlarda gerçekleştiğinin göstergesidir. Arıtma çamuru uygulamasının bitki büyümesini pozitif etkilediğini gösteren bu sonuçlar literatürde arıtma çamuru kullanılarak yapılan çalışmalardaki sonuçlarla benzerdir [36, 79, 101, 116].

Genel olarak fındık zürufu arıtma çamuru uygulansın veya kimyasal gübre verilsin bitki büyüme ve gelişmesini kontrol uygulamasına benzer veya daha çok artırmıştır. Bu bulgular fındık zürufunun kimyasal gübre uygulanması şartıyla tek başına saksı dolgu maddesi olarak torf yerine kullanılabilceğini göstermektedir. Yetiştirme mevsimi kısa ve bitki ebatlarının küçük olması nedeniyle en düşük arıtma çamuru bile bitkinin besin elementi ihtiyacını karşılamıştır. Bitki besin ihtiyacının kimyasal gübreye ihtiyaç duyulmadan arıtma çamuru ile karşılanması mümkün görülmektedir. Yetiştirme ortamlarına karıştırılan artan arıtma çamuru miktarının ortamın fiziksel özelliklerini olumsuz etkileyerek Tagetes bitkisinin büyümesini negatif etkilediğini belirten çalışmalar olmakla birlikte [38] bu çalışmada % 50 arıtma çamurunu kadar bitki büyümesinde gerileme gözlenmemiştir. Artan arıtma çamuru ilavesinin ortamın fiziksel özelliklerinde meydana getirdiği olumsuz değişmelerin bitki büyümesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Fındık zürufu ile arıtma çamurlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarında ise fiziksel özelliklerinden toplam su tutma kapasitesi ve organik madde kapsamı dışındaki özellikler ideal değerler içinde yer almıştır. Yetersiz su tutma kapasitesi sık sulama yapılarak giderilebilmektedir. Arıtma çamuru veya kompost ilavesinde en ciddi problem yüksek EC değerlerinden kaynaklanmaktadır [18, 38, 79]. Bu çalışmada arıtma çamuru ilavesi EC değerini bitki gelişimini etkileyecek değerlere kadar yükseltmemiştir.

#### 4. 3. Fındık zürufunun birim maliyeti ve fayda- maliyet analizi

Çalışmada kullanılan fındık zürufunun, hasattan yetiştirme ortamı olarak kullanılmasına kadar geçirdiği süreçler dikkate alınarak sabit ve değişken maliyet kalemleri belirlenmiştir. Hazırlanan yetiştirme ortamı ürün olarak düşünüldüğünde, fındık hasadından sonra ortaya çıkan zürufur ham madde olarak kabul edilebilir. Bu ham madde (Züruf) şuan için atık olarak görüldüğü ve herhangi bir kullanım alanı olmadığından ticari değeri bulunmamaktadır. Dolayısıyla fındık zürufunun sabit maliyeti yoktur. Bununla birlikte ham fındık zürufunun temin edildiği yerler ve bazı durumlarda partikül boyutunun ayarlanması ihtiyacı nakliye, işgücü ve enerji gibi değişken maliyetler gerektirmektedir.

Ham fındık zürufunun yetiştirme ortamı olarak kullanıma hazır hale gelmesindeki yaklaşık maliyet 10 TL/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu maliyet hesaplanırken ham zürufa ulaşma mesafesi 100 km, taşıma kapasitesi 25 m<sup>3</sup>, işçilik bir işgünü ve enerji giderleri piyasa araştırması sonucunda ortalama bir değer kabul edilerek hesaplanmıştır. Süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılan torf ve ticari yetiştirme ortamlarının fiyatı özelliklerine göre 55–120 TL/m<sup>3</sup> (Piyasa araştırması) arasında değişmektedir. Fındık zürufu en ucuz torfa göre 5,5 kat daha ucuz bulunmuştur. Bu durum en ucuz torfun yerine kullanılsa bile fındık zürufunun süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanıldığında yetiştirme ortamı maliyetini yaklaşık %82 azaltacağını göstermektedir.

Yetiştirme ortamlarının gösterdiği bitki büyütme performanslarına bakıldığında, bitki besin elementi ihtiyacını karşılamak için arıtma çamuru kullanımı kimyasal gübreye göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Kimyasal gübreye alternatif olarak arıtma çamuru kullanılması süs bitkisi üretim maliyetinin azalmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca arıtma çamuru bertaraf maliyetlerinin toplam atık su arıtma maliyetinin yaklaşık yarısını oluşturduğu hesaba katılırsa, bu atıkların faydalı bir kullanım alanı bulması bertaraf maliyetlerinde önemli bir azalma sağlamaktadır [117, 118].



## BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ülkemize özgü atık olan fındık zürufunun süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanımına yönelik fiziksel, fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca fındık zürufu ve arıtma çamurlarının değişik oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamları bazı çok yıllık ve tek yıllık süs bitkilerinde denenmiştir. Fındık zürufunun karakterizasyonu ve fındık zürufu arıtma çamuru karışımlarının denemede kullanılan süs bitkilerinin büyümelerindeki etkilerine ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Ülkemiz yıllık ortalama 600–650 tonluk üretimi ile dünyanın en çok fındık üreten ülkesidir. Her yıl bu üretimin 1/3'ü oluşturan yaklaşık 200 bin ton kadar fındık zürufu ortaya çıkmaktadır. Fındık üretimi ve fındık zürufu oluşum miktarları göz önüne alındığında, bu materyalin süs bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanılması durumunda temin edilebilirliğinde sınırlama bulunmamaktadır.

Fındık zürufu atıldığı bölgeden toplanarak küçük partiküller haline gelecek şekilde parçalanmış ve ardından doğal koşullarda ayrışma dereceleri belirlenmiştir. Ayrışma derecesi farklı olan örneklerin süs bitkisi yetiştirme ortamlarında incelenen parametrelerine göre karakterizasyonu belirlenmiştir.

Fındık zürufu numunelerinin partikül boyut dağılımı incelenmiş ve ayrışmaya uğramamış ham örnek (H1) 16 mm- 0,125 mm arasında dağılım gösterirken, yarı olgunlaşmış örnekler (H2, H3) 4 mm – 0,125 mm, tam olgunlaşmış (H4) numunede ise 2mm – 0,125 mm arasında dağılım göstermiştir. Bununla birlikte numunelerin  $\sigma$  (geometrik ortalamaların standart sapması) değerlerinin ham örnekten tam olgunlaşmış örneğe doğru 2,27-2,45 arasında değişmesi, tüm örneklerin homojen partikül dağılımına sahip olduğunu göstermektedir [19, 29]. Yetiştirme ortamı olarak

kullanılacak materyalin partikül boyut dağılımının 0,25 mm – 2 mm arasında olması gerektiğini ve substratın fiziksel özelliklerini daha çok 1 mm den büyük parçacıkların toplam partikül miktarı içindeki oranının (CI) belirlediğini bildirmişlerdir. Fındık zürufu numunelerinin CI değeri 95,33- 35,66 arasında değişmiş ve optimum su ve hava dengesinin sağlanabilmesi için CI değerinin 30 civarında olması gerektiği hesaplanmıştır. Fındık zürufunun ayrışma derecesi arttıkça kırılgenlik özelliği arttığından daha küçük partiküller elde edilmiş ve ideal CI değerine yaklaşılmıştır. Stabilitenin, lignin, selüloz ve hemiselüloz oranının yüksek olmasından dolayı optimum partikül boyut dağılımı ve CI değeri elde etmede ayrışmanın ileri evreleri beklenmeden parçalayıcıdan sonra eleme işlemi ile de sağlanacağı kararına varılmıştır.

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin hacim ağırlıkları, ham fındık zürufu numunesinde  $85 \text{ kg/m}^3$  olarak bulunurken, olgunluk seviyeleri ilerledikçe artış göstermiş ve tam olgun H4 numunesinde  $201 \text{ kg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir. Hacim ağırlığının olgunluk seviyeleri arttıkça yükselmesi, ayrışmaya bağlı olarak partikül boyutlarının küçülmesi ve makro porozitenin azalmasından kaynaklanmıştır. Tüm numunelerin hacim ağırlıkları ideal yetiştirme ortamlarının hacim ağırlıkları için üst limit olan  $0,4 \text{ g/cm}^3$ 'ün altında bulunmuştur [49]. Numunelerin hacim ağırlıklarına bakılarak, fındık zürufunun yetiştirme ortamı olarak kullanılması sırasında, saksılardaki bitkileri tutabilecek kadar güçlü bir destek sağlamasına ek olarak, yetiştirme ortamının taşınması sırasında ağırlık problemi oluşturmayacak kadar hafif bir malzeme olduğu söylenebilir.

Fındık züruflarının toplam porozitesi, numunelerin ayrışma derecesinin artması ile, partikül boyut dağılımı indeksindeki (CI) düşüşe paralel olarak, H1 numunesinden H4'e doğru azalmış ve %94 – %87 arasında bulunmuştur. Fındık zürufu numunelerinin tümünde porozite değerleri, ideal yetiştirme ortamlarında olması gerektiği gibi %85'in üstündedir.

Toplam porozite içinde hava kapasitesi oranı, ham fındık zürufu numunesi ile yarı ayrışmış numuneler olan H2 ve H3'de sırasıyla 67%, 63% ve 58% olarak tespit edilmiştir. Bu değerler ideal yetiştirme ortamının sahip olması gereken hava

kapasitesi değer aralığı olan %20 - %30'dan yüksektir [49]. H4 numunesinde ise hava kapasitesi 21% olarak bulunmuştur. Bu örnekte hava kapasitesinin ideal değer aralığında olmasını partikül boyut indeksinin küçük (35,66) olması sağlamıştır.

Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin su tutma kapasiteleri H1'den H4'e doğru sırası ile 273, 303, 373, 662 ml/l olarak belirlenmiştir. Saksılı süs bitkisi üretiminde kullanılacak yetiştirme ortamları için ideal su tutma kapasitesi 600–1000 ml/L olarak belirtilmektedir [19]. Bu bilgiye göre sadece H4 numunesinin su tutma kapasitesi, saksılı süs bitkisi yetiştiriciliği için ideal değer aralığında bulunmuştur. Diğer fındık zürufu numunelerinin partikül boyutlarının yüksek olması ve suyu tutacak küçük porlara sahip olmamaları suyun kolayca drene olmasını sağlamıştır. Fındık zürufunun su tutma kapasitesi yaygın olarak kullanılan yetiştirme ortamlarına göre ağaç kabuğu kompostu hariç, düşük bulunmuştur. Su tutma kapasitesinin Hindistan cevizi liflerinde 252–786 ml/L, torfda 1000 ml/L'ye kadar ulaştığı belirtilmektedir [31, 82].

Farklı olgunluk derecelerindeki fındık zürufu numunelerinin kolay alınabilir su miktarlarında da su tutma kapasitelerin de olduğu gibi, en yüksek değer %31,39 ile tam olgunlaşmış H4 numunesinde tespit edilmiştir. Ham ve yarı olgun numuneler olan H1, H2 ve H3 numunelerinin kolay alınabilir su miktarları ise sırasıyla %14, %11 ve %14 olarak belirlenmiştir. H1 ve H3 numunelerinde elde edilen değerler yüzde olarak eşit ve H2 numunesinden yüksek görünmesine rağmen, su tutma kapasiteleri göz önüne alındığında, H2 ve H3 numunelerinin su miktarı bakımından H1 numunesinden daha fazla kolay alınabilir su miktarına sahip olduğu söylenebilir.

Fındık zürufu numunelerinin rezerv su miktarları incelendiğinde iki gup oluştuğu görülebilir. Ham fındık zürufundan oluşan H1 ve yarı olgun H2 numunelerinin her ikisinde de rezerv su miktarları %3 bulunmuştur. Bu değer ideal yetiştirme ortamlarında aranan rezerv su miktarı olan %4-%10 seviyesinin altındadır. Diğer yarı olgun numune olan H3 ve tam olgun H4 numunelerinin rezerv su miktarları ise yetiştirme ortamları için istenen ideal değer aralığında ve sırasıyla %7 ve %8 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan fındık zürufu örneklerinin yeniden su çekme değerleri H2, H3 ve H4 numunelerinde 8–28 dakika arasında değişmiş, H1 numunesinde ise 1 dakikanın altında bulunmuştur. H1 numunesinin yeniden su çekme değerinin düşüklüğü, aşırı poroz yapısından dolayı suyun numunenin içinde durmayıp dışarı süzülmesinden kaynaklanmıştır. Bu durumdan dolayı H1 numunesi dikkate alınmasa, fındık zürufu numunelerinin yeniden su çekme süreleri, ideal yetiştirme ortamları için verilen maksimum süre olan 7 dakikanın üzerindedir. Fındık zürufunda hidrofobik problem görülmekte ve nedeninin açığa çıkarılması gerekli görülmektedir.

Fındık zürufunun hidrolik özellikleri genel olarak incelendiğinde, organik materyallerden elde edilen yetiştirme ortamlarının hemen hemen tamamında görüldüğü gibi, su tutma kapasitesinin düşük olduğu ve kuruduktan sonra yeniden su çekme süresinin, süs bitkisi yetiştiriciliğinde en çok kullanılan yetiştirme ortamı olan torfa göre daha uzun olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte fındık zürufunun parçalayıcıdan geçirilme ve eleme işlemleri ile parçacık boyutunun ayarlanması ve tam olgunlaşmış halde kullanılmasının hidrolik özelliklerde önemli ölçüde iyileşme sağladığı belirlenmiştir. Bu yüzde mümkün olduğunca ayrılmış ve daha ufak tanelerden oluşan fındık züruflarının kullanılması önerilmektedir. Ayrıca fındık zürufunun yetiştirme ortamı olarak saksılara yerleştirilmesinde, yüksek saksılar yerine daha geniş saksıların kullanılması ve sulama programının yetiştirme ortamının saksıda büzülmesine fırsat vermeyecek şekilde, sık sulamalarla sürekli nemli kalmasını sağlayacak biçimde belirlenerek, damla veya küçük damlalıklı yağmurlama sistemin tercih edilmesinin bitki gelişimi için en iyi sonuçları vereceği düşünülmektedir.

Saksılı süs bitkisi üretiminde kullanılacak yetiştirme ortamları için ideal büzülme seviyesi, ortam hacminin %30'un altında olmalıdır [19]. Fındık zürufu numunelerinin tümünün hacimsel büzüşmesi bu değer altında bulunmuş olup, H1 numunesinden H4 numunesine doğru %27,65-%11,62 arasında değişmiştir. Numunelerin ayrışma derecesi arttıkça hacminde meydana gelen büzüşmede azalmaktadır. Bu sonuçlar ve fındık zürufunun özgül ağırlığının düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda, yetiştirme ortamı olarak kullanıldığında fındık zürufunun kurusa dahi köklerin sıkışmasına neden olmayacağı sonucuna varılmıştır.

Çalışmada kullanılan ham fındık zürufu numunesi H1' in pH değeri 4,79 olarak bulunmuş, numunelerin olgunlaşma seviyeleri arttıkça pH'larında yükselerek tam olgunlaşmış numunede 7,67 ya kadar çıkmıştır. H1 numunesinin pH'sının düşük olması, ham haldeki fındık zürufunun organik asitlerce zengin olmasından kaynaklanmış olabilir. Doğal koşullarda ayrışma ve yağışlarla yıkanma neticesinde organik asit kapsamalarının düşmesi pH'yı yükseltmiştir. Yetiştirme ortamlarının ideal pH seviyelerinin 5,2 – 6,3 arasında olması istenmekle birlikte, organik atıklardan hazırlanan yetiştirme ortamlarında pH'nın 7 civarında olması normal kabul edilmektedir [16, 19, 30]. Bu yüzden, özellikle sulama ve gübreleme programı ile kontrol altında tutulduğunda, fındık züruflarının pH problemine yol açmayacağı söylenebilir.

Genellikle saksılı süs bitkisi üretiminde kullanılacak yetiştirme ortamlarının tuzluluk (EC) değerinin  $\leq 0,5$  dS.m<sup>-1</sup> olması istenmektedir [19]. Çalışmada kullanılan fındık zürufu numunelerinin tuzluluk değerleri H1 numunesinde 1,07 dS.m<sup>-1</sup>, H2 numunesinde 0,12 dS.m<sup>-1</sup>, H3 numunesinde 0,17 dS.m<sup>-1</sup> ve H4 numunesinde 0,26 dS.m<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Ham numune olan H1 numunesinde tuzluluk değeri limit değerinin üstünde bulunsa da, ayrışma periyodunda yağışların etkisiyle yıkanarak azalmıştır. Yarı ayrılmış ve tam ayrılmış fındık zürufu numunelerinin tuzluluk değerleri kritik değerinin altında bulunmuştur. Bu sonuçlar yarı olgun ve tam olgun fındık züruflarının tuzluluğa hassas bitkilerde dahi hiçbir yıkama işlemine gerek kalmadan kullanılabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Çalışmada incelenen fındık züruflarının toplam organik madde içeriği ayrışma derecesine bağlı olarak %94 - % 84 arasında değişmiştir. Ham materyal olan H1 numunesi en yüksek organik madde içeriğine sahipken, ileri derecede ayrılmış H4 numunesinin en düşük organik madde içeriğine sahip numune olmuştur. Yetiştirme ortamı olarak kullanılacak materyallerin organik madde içeriğinin % 80'in üstünde olması istenir [9, 19]. Buna göre tüm numunelerin yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Organik madde miktarında bulunan sonuçlara paralel olarak en yüksek organik karbon değeri %55 ile ham fındık zürufu numunesinde, en düşük değer ise 47,88 ile tam olgunlaşmış H4 numunesinde

bulunmuştur. Bununla birlikte H1 numunesinin organik karbon içeriğinin yüksek olması mikrobiyal aktiviteden dolayı ayrışma süresince toplam azot miktarını düşürebilir. Bu durumda ihtiyaç duyulan azot uygun bir gübreleme programıyla sağlanabilir. Fındık zürufunun lignin, selüloz ve hemiselüloz miktarları yüksektir. Fındık zürufunda yapılan incelemede selüloz %24,5, hemiselüloz %11 ve lignin %42,56 olarak bulunmuştur. Fındık zürufu içinde bulunan odunsu maddelerin yüksek lignin ve hemiselüloz miktarı içermesi ayrışmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Çalışmada incelenen fındık zürufu numunelerinin C/N oranları, 49,68 – 28,48 arasında değişmiş ve numunelerin olgunluk derecesi arttıkça düşmüştür. Organik kökenli bir yetiştirme ortamının olgunlaşmış ve stabil olarak kabul edilebilmesi için C/N oranı 15-20 arasında olması istenmektedir [9]. Fındık zürufu numunelerinin C/N oranı süs bitkisi yetiştiriciliği için yüksek olsa da süs bitkilerine yetiştirme ortamı olarak kullanılacağına, istenilen bitki büyümesini sağlamak için azot içeren gübrelerin kullanılması veya yüksek oranda azot içeren materyallerle değişik oranlarda karıştırılması önerilmektedir.

Fındık zürufu numunelerinin katyon değiştirme kapasiteleri ayrışma derecesine bağlı olarak değişmiş ve ayrışmaya uğramamış H1 numunesinde 39,4 cmol kg<sup>-1</sup> iken ileri derecede ayrılmış H4 numunesinde 73,5 cmol kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Fındık zürufu için belirlenen KDK değerleri torf, Hindistan cevizi lifi [19] ve ağaç kabuğu kompostundan daha düşüktür [9, 37]. Buna rağmen katyon değiştirme kapasitesi ortamın pH'sına bağlı olarak değiştiğinden, tek başına yetiştirme ortamlarının kıyaslanmasında yeterli değildir.

Fındık zürufu numunelerinin toksisitesi çimlenme indeksi (GI) testi ile belirlenmiş ve çimlenme indeksi (GI), ham numune olan H1' de 81,9, yarı olgun numuneler H2 ve H3' de 93,2 ve 106,7 tam olgun H4 numunesinde ise 119,8 olarak bulunmuştur. Yetiştirme ortamlarında toksisitenin problem olmaması için çimlenme indeksinin 60' ın üstünde olması gerekir [19, 66]. Tüm numunelerin çimlenme indeksi bu değerlerin üstündedir. Buna rağmen kontrol uygulamasının altında çimlenme indeksine sahip

H1 ve H2 numunelerinin toksisitesi kuşku uyandırmaktadır. H3 ve H4 numunelerinin ise herhangi bir toksisiteye yol açmayacağı söylenebilir.

Fındık zürüfları makro ve mikro besin elementleri açısından kuru madde de H1 numunesinden H4'e doğru, azot (%) 1,107-1,681, fosfor (%) 4,57- 5,72, potasyum (mg/kg) 10024-11421 olarak belirlenmiştir. Fındık zürufu numuneleri özellikle potasyum açısından zengin bulunurken, azot içeriğinin ayrışmasına bağlı olarak arttığı, ekstrakta amonyum ve nitrat içeriğinin ise ayrışma süresince doğal yağmurlarla yıkanma neticesinde azaldığı tespit edilmiştir. Tüm numunelerin kalsiyum konsantrasyonları 1 mg/kg'ın altında bulunmuştur. Klor ve sodyum ise sırasıyla 6,15-1,48 mg/L ve 117,9-66,17 mg/L olarak tespit edilmiştir. Toplam kuru maddede Zn ve Cu dışında mikro besin elementleri ve ağır metal düzeyleri genel olarak düşük veya tespit edilemez düzeydedir. Fındık zürufunun bitki besin elementi sonuçlarına göre, potasyum dışındaki bitki besin elementleri ideal değerlerin altında bulunmuş, bu yüzden süs bitkisi yetiştiriciliğinde bitki büyümesini desteklemek için gübreleme yapılması veya bitki besin elementlerince zengin materyallerin uygun oranlarda karıştırılmasına ihtiyaç duyulacağı görülmüştür.

Fındık zürufunun bitki yetiştirmeye uygunluğunu belirlemek amacıyla, gübre sağlayıcı olarak değişik oranlardaki arıtma çamurları ve kimyasal gübre kullanılarak yetiştirme ortamları hazırlanmış ve bu ortamların bitki büyüme performansı kontrol uygulaması olarak kullanılan ticari torf ile kıyaslanmıştır. Çalışmada kullanılan arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal analizi sonucu fiziksel özelliklerinin bir kısmının ideal yetiştirme ortamları için verilen değer aralığının dışında bulunsa da, azot, fosfor, potasyum ve mikro besin elementleri açısından zengin olduğu, çimlenme indeksine göre bitkiler için toksik etkisinin bulunmadığı, patojen sorununun bulunmadığı ve içerdiği ağır metal düzeyinin toprak kirliliği kontrol yönetmeliğinde verilen sınır değerlerden düşük olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde, özellikle içeriğindeki yüksek miktardaki bitki besin elementleri nedeniyle, arıtma çamurlarının saksılı süs bitkisi yetiştiriciliğinde gübre sağlayıcı materyal olarak kullanılmasının uygun olacağı, bu durumda hem süs bitkisi yetiştiriciliğinde önemli bir gider olan gübreleme maliyetini azaltacağı hem de

günümüzde arıtma tesislerinin en önemli sorunlarından biri olan çamur bertarafı sorununa ekolojik ve ekonomik bir alternatif sunacağı sonucuna varılmıştır.

Yetiştirme ortamlarının hazırlanmasında, arıtma çamurları %12,5 (FZ+Ç1), %25 (FZ+Ç2), ve %50 (FZ+Ç3) oranlarında fındık zürufuna karıştırılmıştır. Artan çamur oranları yetiştirme ortamlarının partikül boyut dağılımı indeksini (CI) artırmış ve partikül boyut indeksi FZ+Ç1 uygulamasından FZ+Ç3' doğru 47-56 arasında değişmiştir. Uygulamaların özgül ağırlık ve hacim ağırlıkları benzer şekilde çamur dozlarının yükselmesiyle artmış ve sırası ile 1,66-1,76 g cm<sup>3</sup> ve 0,263-0,399 g cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu değerler yetiştirme ortamları için verilen ideal değer aralığındadır. Arıtma çamuru kullanılan uygulamaların porozitesi (%) 84,14-77,41, hava kapasitesi (%) 34,61-28,51, su tutma kapasiteleri (%) 498,29-488,98, büzüşme (%) 19,72-22,77 değerleri arasında tespit edilmiştir. Her üç parametrede de uygulanan arıtma çamuru dozu ile birlikte azalma meydana gelse de arıtma çamuru uygulanmış ortamların CI değerinin yükselmesinden dolayı hava kapasitesi fındık zürufundan yüksek bulunmuştur. Arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarının yeniden su çekme sürelerinin 25,76-17,2 dakika arasında değişmiş ve bu süre fındık zürufunun yeniden su çekme süresini iyileştirmiştir. Fındık zürufuna ilave edilen arıtma çamurlarının, su çekme sürelerini kısaltması ortamların fiziksel özelliklerine yaptığı en pozitif etkidir. Elde edilen bu sonuç, fındık zürufunun yetiştirme ortamı olarak kullanılmasında, yeniden su çekme süresinin uzun olmasından kaynaklanan sorunların, ortama değişik oranlarda arıtma çamuru ilave edilerek azaltılabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Arıtma çamurlarının organik maddesinin düşük olması (%55), hazırlanan yetiştirme ortamlarının organik maddesinin karıştırılan arıtma çamuru oranına bağlı olarak azalmasına neden olmuş ve ortamların organik maddesi sırası ile % 72, % 67 ve % 60 olarak bulunmuştur. Aynı durum ortamların organik karbon içerikleri içinde geçerlidir. Arıtma çamuru kullanılan yetiştirme ortamlarının organik karbon içerikleri 37,83-30,26 arasında değişmektedir. Fındık zürufunda %1,68 olarak belirlenen azot miktarı, arıtma çamuru içeren ortamlar da kullanılan arıtma çamuru oranıyla artış göstermiş ve %50 ile en çok arıtma çamuru içeren FZ+Ç3 uygulamasında %1,94 seviyesine kadar yükselmiştir. Ayrıca arıtma çamuru içeren



ortamların C/N oranı (20,44-15,59), kation değiştirme kapasitesi (50,2-32,66), ve pH (7,49-7,14), seviyesi arıtma çamuru dozlarının artmasıyla düşüş göstermiştir. Arıtma çamuru ilavesi yetiştirme ortamlarının, potasyum (11,43-22,46 mg/L), fosfor (545,81-698,58 mg/L), nitrat (4,98-17,68 mg/L), amonyum (12,24-26,75 mg/L) ve kalsiyum (3,82-8,54mg/L) gibi bitki büyümesinde ihtiyaç duyulan besin elementleri içeriğini önemli derecede artırmıştır. Ortamların klorür (2,49-8,74 mg/L) ve sodyum (58,82-78,99 mg/L) içerikleri de artış göstermiş fakat bu artış bitkiler için olumsuz etki gösterebilecek limit değerlerin üstüne çıkmamıştır. Arıtma çamuru kullanılarak hazırlanan ortamların kimyasal özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, arıtma çamurunun kullanılma amacı olan, başta azot olmak üzere bitki besin elementlerinin artırılması hedefine ulaşıldığı söylenebilir.

Fındık zürufu ve arıtma çamuru kullanılarak hazırlanan yetiştirme ortamları, standart ticari torf kullanılan kontrol uygulaması ile kıyaslanarak bazı dış mekân süs bitkileri (Leylandi, Mazı, Ligusturum ve Akasya) ile biri kışlık diğeri yazlık mevsimlik çiçek (Primula ve Tagates) bitkisinde süs bitkisi yetiştirmeye uygunluğu belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının Leylandi bitkisinin büyüme performansına etkileri incelenmiş ve önemli bitki büyüme kriterleri olan boy, kanopi çapı, gövde ve kök kuru ağırlıklarında kontrol uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte en yüksek arıtma çamuru dozu olan %50 arıtma çamuru uygulaması başta azot olmak üzere bitki besin elementleri açısından daha zengin olduğundan en iyi performansı sergilemiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, diğerlerine göre daha iyi sonuçlar veren fındık zürufu ve arıtma çamuru karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının leylandi yetiştiriciliğinde başarı ile kullanılabilieceği sonucuna varılmıştır.

Hazırlanan yetiştirme ortamları mazı bitkisinde ölçülen tüm parametreleri istatistikî olarak önemli derecede etkilemiştir. Yapılan ölçümler neticesinde bitki boyu hariç diğer tüm parametrelerde arıtma çamuru içeren uygulamaların kontrol uygulamasından daha yüksek sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Mazı bitkisinde elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamurunun artan dozlarının bu bitkinin boyuna değil yüksek yapraklanmadan dolayı enine büyümesine neden olduğu ve bitki formunun

korunması açısında arıtma çamurunun düşük dozlarda kullanılmasının daha yararlı olacağı söylenebilir.

Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamları içinde ligusturum bitkilerinin bitki büyüme performansına en pozitif etki arıtma çamuru içeren uygulamalarda belirlenmiş ve arıtma çamuru içeren uygulamalar ölçülen tüm parametrelerde kontrol uygulamasından daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar dikkate alındığında fındık zürufu ve arıtma çamuru karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının Ligusturum bitkisinde başarı ile kullanılabileceği ve özellikle %50 arıtma çamuru kullanılarak hazırlanan ortamların gösterdikleri yüksek büyütme performansı ile tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Yetiştirme ortamlarının akasya bitkisinin boy ve gövde çaplarına olan etkisi istatistikî olarak önemli bulunmamış, buna karşın gövde ve kök kuru ağırlıkları, gövde/kök oranı ve bitkilerin yaprak azotu içerikleri yetiştirme ortamlarından istatistikî olarak önemli derecede etkilenmiştir. Bununla birlikte yetiştirme ortamlarının önemli farklılıklar oluşturduğu tüm parametrelerde arıtma çamuru kullanılan uygulamalar, ticari torf kullanılan kontrol uygulamasından daha yüksek sonuçlar vermiştir. Akasya bitkisinde elde edilen sonuçlara göre fındık zürufu ve arıtma çamuru karışımlarından oluşan yetiştirme ortamlarının bitki büyümesini diğer ortamlara göre daha pozitif etkilediği söylenebilir.

Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarının mevsimlik çiçekler; Primula ve Tagetes bitkilerinin büyüme parametrelerine etkisi daha çok, ortamın bitki besin elementi sağlama kapasitesi yönünden olmuştur. Farklı ortamların fiziksel etkilerine bağlı olmadan azot oranı yüksek ortamların büyüme parametreleri daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar yetiştirme mevsimi kısa, saksı boyutu küçük olduğu zaman fındık zürufunun içine farklı yetiştirme ortamı bileşeni karıştırılmadan, sadece gübreleme ve sulama programı ile tek başına kullanılabilceğini göstermiştir.

Çalışmada kullanılan fındık zürufunun, hasattan yetiştirme ortamı olarak kullanılmasına kadar geçirdiği süreçler dikkate alınarak sabit ve değişken maliyet kalemleri belirlenmiştir ve fındık zürufu maliyet açısından torfla kıyaslanmıştır. Ham

findık zürufunun yetiştirme ortamı olarak kullanıma hazır hale gelmesindeki yaklaşık maliyet 10 TL/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yapılan piyasa araştırmasında süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılan torf ve ticari yetiştirme ortamlarının 2009 yılı fiyatının 55-120 TL/m<sup>3</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu fiyatlar findık zürufu ile kıyaslandığında findık zürufu en ucuz torfa göre 5,5 kat daha ucuz bulunmuştur. Bu sonuçlara göre findık zürufunun en ucuz torfun yerine kullanılsa bile, yetiştirme ortamı giderini yaklaşık %82 azaltacağı söylenebilir.

Farklı bitkilerde de denemelerinin yapılması gerekli olmakla birlikte findık zürufu yetiştirme ortamı bileşeni olarak kullanılabilir potansiyele sahiptir. Findık zürufunun yetiştirme ortamında sağladığı avantajlar, düşük elektriksel iletkenlik, saksı içinde ayrışmaya dayanıklılık ve stabilite, yüksek porozite ve hava kapasitesidir.

Findık zürufunun besin elementince zengin arıtma çamuru ile karıştırılması (FZ + %12,5 Ç, FZ + % 25 Ç ve FZ + % 50 Ç) findık zürufunun yetersiz özelliği olan yeniden su çekmeyi iyileştirmiş, bitki büyüme ve gelişimini kontrol uygulamasına göre artırmıştır.

Bitki yetiştirme denemeleri findık zürufundan daha iyi sonuç alınabilmesi için besin elementince zengin materyallerle karıştırılması gerektiğini göstermiştir. Yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal yapısında önemli gerilemeye neden olmaması, bitki büyümesini pozitif etkilemesi ve maksimum oranda atık kullanılmasına olanak vermesi nedeniyle % 50 oranında arıtma çamuru kullanılan yetiştirme ortamı en iyi alternatif olduğu görülmektedir.

Çalışmanın ana amacı atık geri dönüşümü sağlamak olduğundan, atık malzemelerin yetiştirme ortamı olarak kullanımı, maliyeti düşük, yüksek kaliteli yetiştirme ortamı oluşturma yanında, ekonomik ve çevresel açıdan atık yönetimi için de uygun bir çözüm aracı sağlamaktadır.

Bu çalışmada ulaşılmak istenen hedefler doğrultusunda elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Ülkemize özel ürün olan fındık ve onun hasat atığı olan ve halen önemli bir değerlendirilme alanı olmayan zürufun karakterizasyonu belirlenmiş ve süs bitkisi yetiştirme ortamı haline getirilmiştir.
- Belediyelerin ciddi problemi haline gelen atıksu arıtma tesisi çamurları için, yararlı bir kullanım alanı ortaya koyulmuş, arıtma çamurlarının süs bitkisi yetiştiriciliğinde gübre sağlayıcı olarak kullanılmasının mümkün olduğu ve bu amaçla kullanılmalarının arıtma çamurları için sürdürülebilir, ekonomik ve ekolojik bertaraf metodu olacağı sonucuna varılmıştır.
- Fındık zürufu ve arıtma çamurlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının, süs bitkisi yetiştiriciliğinde halen yetiştirme ortamı olarak kullanılan doğal toprak ve torfa alternatif, çevreye dost, maliyeti düşük, bitki büyüme performansı yüksek yetiştirme ortamı bileşenleri oldukları ve bu materyallerden hazırlanan ortamların yetiştirme ortamı ve gübreleme maliyetlerini azaltacağı belirlenmiştir.
- Ülkemizde fazla miktarda bulunan fındık zürufunun yetiştirme ortamı olarak katma değeri yüksek bir ürüne dönüştürülebileceği ve halen kaliteli yetiştirme ortamı ihtiyacının önemli bir bölümünü yurt dışından karşılayan ülkemizin milli bir yetiştirme ortamına sahip olarak bu alanda alıcı konumundan satıcı konumuna geçebilecek potansiyele sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

## KAYNAKLAR

- [1] CAYCI, G., UNVER, I., ATAMAN, Y., MUNSUZ, N., Distribution and horticultural values of the peats in Anatolia. Symposium on substrates in horticulture other than soil in situ, Dublin, Ireland, 12–16 September 1988. *Acta Horticulturae*, 238, pp. 189–196, 1989
- [2] Devlet İstatistik Enstitüsü Verileri, 2000, <http://www.die.gov.tr/istatistikler.html>
- [3] INGELMO, F., CANET, R., IBANEZ, M.A., POMARES, F., GARCIA, J., Use of msw compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil, *Bioresource Technology*, 63, pp. 123–129, 1998
- [4] BARAN A., ÇAYCI G., KUTUK C., HARTMANN R., Composted grape marc as growing medium for hypostases (*Hypostases phyllostagya*), *Bioresource Technology*, 78, pp. 103-106, 2001
- [5] KÜTÜK C., Çay Atığı Komposu ve Atık Mantar Kompostunun Yetiştirme Ortamı Bileşeni Olarak Süs Bitkisi Yetiştiriciliğinde Kullanılması, *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 1-2, pp. 75-86, 2000
- [6] OZDEMİR S., DEDE O. H., KOSEOĞLU G., Recycling of MSW Compost and Sewage Sludge as Growing Substrate for Ornamental Potted Plants, *Fresenius Environmental Bulletin*, 13 – No 1, pp. 30-33, 2004
- [7] NOGUERA P., ABAD M., PUCHADES R., MAQUIEIRA A AND NOGUERA V., Influence of Particle Size on Physical and Chemical Properties of Coconut Coir Dust as Container Medium, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, pp. 593-605, 2002
- [8] DEDE O. H., KOSEOĞLU G., OZDEMİR S., CELEBI A., Effects of Organic Wastes Substrates on the Growth of Impatiens, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30, pp. 375-381, 2006
- [9] BENITO M., MASAGUER A., MOLINER A., DE ANTONIO R., Chemical and Physical Properties of Prunig Waste Compost and Their Seasonal Variability, *Bioresource Technology*, 97, pp. 2071-2076, 2006
- [10] FAO Tarımsal üretim istatistikleri, [www.fao.org](http://www.fao.org)

- [11] SARIKAYA, H. Z., Master Plana göre İstanbul’ da arıtma çamurlarının yönetimi ve kontrolü, Türk-Alman atıksu arıtma çamurlarının yönetimi ve kontrolü semineri, 30 Ekim-1 Kasım 2002, İstanbul, 2002
- [12] ARIKAN O. A., ÖZTÜRK İ., Arıtma Çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Evsel Katı Atık İlavesinin Etkisi, İtü Dergisi/d mühendislik, Cilt 4, Sayı 1, Sayfa 15-24, 2005
- [13] HANAY Ö., HASAR H., Kayseri İli Kentsel Atık Su Arıtma Tesisi Çamurlarının Tarımsal Amaçlı Kullanım Potansiyeli, Science and Eng. J. Of Fırat University, 19 3, pp. 333-337, 2000
- [14] AYAN, S., Fidan Üretiminde Topraksız Kültür Ortamı Alternatifleri, G. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Sayı.1, s.30-42, 2001
- [15] APAOLAZA L. H., GASCO A. M., GASCO J. M., GUERRERO F., Reuse of Waste Materials as Growing Media for Ornamental Plants, Bioresource Technology, 96, pp. 125-131, 2005
- [16] ZHANG Y., HE Y., Co-Composting Solid Swine Manure with Pine Sawdust as Organic Substrate, Bioresource Technology, 97, pp. 2024-2031, 2006
- [17] NSALAMBI V., NKONGOLO V., GAUTHIER F., CARON J., Effects of fresh and composted organic wastes on media physical properties and growth of three ornamental species, International Journal of Soil Science, 2(4), pp 235-246, 2007
- [18] HICKLENTON P. R., RODD V., WARMAN P. R., The Effectiveness and Consistency of Source-Separated Municipal Solid Waste and Bark Composts as Components of Container Growing Media, Scientia Horticulturae, 91, pp. 365-378, 2001
- [19] ABAD, M., NOGUERA, P., BURES, S., Natinoal inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain, Bioresource Technology, 77, pp. 197-200, 2001
- [20] GUERIN, V., LEMAIRE, F., MARFA, O., CACERES, R., GIUFFRIDA, F., Growth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media, Scientia Horticulturae 89, pp. 129–142, 2001
- [21] WILSON S. B., STOFFELLA P. J., GRAETZ D. A., Development of compost-based media for containerized perennials, Scientia Horticulturae, 93, pp. 311-320, 2002
- [22] Marianthi, T., Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core and rice hulls as components of container media for growing *Pinus halepensis* M. seedlings. Bioresource Technology, 97(14):1631-1639, 2006.
- [23] OZDEMIR S., NUHOGLU N. N., KOSEOGLU G., DEDE O. H., Production of Soilless Media from Organic Wastes for Ornamental

Substrates, 13th International Symposium On Environmental Pollution And Its Impact On Life In The Mediterranean Region, Thessaloniki, Greece, October, 2005

- [24] ŞAHİN Ü., ÖZDENİZ A., ZÜLKADİR A., ALAN R., Sera Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Domates *Lycopersicon esculentum* Mill. Bitkisinde Farklı Yetiştirme Ortamlarının Verim, Kalite ve Bitki Gelişmesine Olan Etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Sayı 22, Sayfa 71-79, 1998
- [25] PAPAFOOTIU M., PHSYHALOU M., KARGAS G., CHATZIPAULIDIS I., CHRONOPOULOS J., Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia, Scientia Horticulturae, 102, pp. 167-175, 2004
- [26] ABAD M., NOGUERA P., PUCHADES R., MAQUIEIRA A., NOGUERA V., Physico-Chemical and Chemical Properties of Some Coconut Coir Dusts for Use as a Peat Substitute for Containerised Ornamental Plants, Bioresource Technology, 82, pp. 241-245, 2003
- [27] BARAN A., ÇAYCI G., İNAL A., Farklı Tarımsal Atıkların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı 1 2-3, Sayfa 169-172, 1995
- [28] BUNT, A.C., Media and mixes for container grown plants: a manual on the preparation and the use of growing media for growing pot plants, 2. edn. Unwin Hyman Ltd.London, 1988
- [29] ABAD M., FORNES F., CARRION C., NOGUERA P., MAGUIEIRA A., PUCHADES R., Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. Hortscience. 40, 2138-2144, 2005
- [30] ABD EL-HADY M., SHAABAN S.M., EBTISAM, I. EL-DARDIRY, Effect of hydro-physical improvement of substrates on cucumber plant growth, Journal Applied Sciences Research, 212, pp. 1185-1190, 2006
- [31] ATIYEH R. M., EDWARDS C. A., SUBLER S., METZGER J. D., Pig Manure Vermicompost as a Component of a Horticultural Bedding Plant Medium: Effects on Physicochemical Properties and Plant Growth, Bioresource Technology, 78, pp. 11-20, 2001
- [32] HERRERA F., CASTILLO J. E., CHICA A. F., BELLIDO LOPEZ L., Use of municipal solid waste compost MSWC as a growing medium in the nursery production of tomato plants, Bioresource Technology, 99, pp. 287-296, 2008
- [33] IGLESIAS- JIMENEZ E., ALVAREZ C. E., Apparent availability of nitrogen in composted municipal refuse, Biology and Fertility of Soils, 16, pp. 313-318, 1993
- [34] HARGREAVES J. C., ADL M. S., WARMAN P. R., A review of the use

- of composted municipal solid waste in agriculture, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123, pp. 1-14, 2008
- [35] GUERRERO, F., GASCO, J.M. AND HERNANDEZ-APAOLAZA, L., Use of Pine Bark and Sewage Sludge Compost as Components of Substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* Production, *Journal of Plant Nutrition* 25 1, pp. 129-141, 2002
- [36] GRIGATTI M., GIORGIONI M. E., CIAVATTA C., Compost-based growing media: Influence on growth and nutrient use of bedding plants, *Bioresource Technology*, 98, pp. 3526-3534, 2007
- [37] AŞIK B. B., KATKAT A. V., Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atığının Arıtma Çamuru Tarımsal Alanlarda Kullanım Olanakları, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Sayı 182, Sayfa 59-71, 2004
- [38] TOLAY U., YAVUZŞEFİK Y., TOLAY M., SÖĞÜT N., Atık Çamurların Bitki Üretiminde Kullanılması Üzerine Araştırmalar, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, pp. 705-712, 2000
- [39] ÖBEK E., TATAR Ş., Y., HASAR H., ARSLAN E., İPEK U., Kentsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Değerlendirilmesi, *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Sayı 16 1, Sayfa 31-38, 2004
- [40] TICKNOR R. L., HEMPHILL D. D., FLOWER DJ. and JR., Growth Response of Photinia and Nutrient Concentration in Tissues and Potting Medium as Influenced by Composted Sewage Sludge, Peat, Bark and Sawdust in Potting Media, *J. Environ. Hort.*, 34, pp. 176-180, 1985
- [41] ÖNAL M. K., TOPÇUOĞLU B., ARI N., Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi II. Gelişme ve Meyve Özellikleri ile Mineral İçerikleri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 161, pp. 97-106, 2003
- [42] OSTOS J. C., LOPEZ- GARRIDO R., MURILLO J. M., LOPEZ R., Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge-based compost in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native *Shrub Pistacia Lentiscus* L., *Bioresource Technology*, 99, pp. 1793-1800, 2008
- [43] HERNANDEZ-APAOLAZA L., GUERRERO F., Comparison between pine bark and coconut husk sorption capacity of metals and nitrate when mixed with sewage sludge, *Bioresource Technology*, 99, pp. 1544-1548, 2008
- [44] SINGH R.P., AGRAWAL M., Potential benefits and risks of land application of sewage sludge, *Waste Management* 28, pp. 347-358, 2008
- [45] ÜNAL M., KATKAT A. V., Bisküvi ve Şekerleme Sanayi Arıtma Çamurunun Toprak Özelliklerine ve Mısır Bitkisinin Kimi Mineral



Madde İçeriği Üzerine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 171, pp. 107-118, 2003

- [46] SELLAMI F., HACHICHA S., CHTOUROU M., MEDHIOUB K., AMMAR E., Maturity assessment of composted olive mill wastes Using UV spectra and humication parameters, *Bioresource Technology* 99, pp. 6900-6907, 2008
- [47] MARTINEZ, F.X., Proposal of methodology for the determination of the physical properties of the substrata, *Minutes of Gardening*, 11, pp. 55-66, 1992
- [48] Standart Of European, Potting Mixes, Une-En 13650
- [49] SPIERS, T.M., FIETJE, G., Green waste compost as a component in soilless growing media. *Compost, Sci. Util.* 8, pp. 19–23, 2000
- [50] HANDRECK, K.A., Rapid assesment of the rate of nitrogen immobilization in organic components of potting comes up the nitrogen drawdown index and plant growth. *Com. in Soil Sci. and Plant Analysis* 23, 217-230., 1992
- [51] DE BOODT, M AND VERDONCK, O., The physical properties of the substrates in horticulture, *Horticulture*, 26, pp. 37-44, 1972
- [52] DE BOODT M., VERDONCK O AND CAPPAERT I., Method for measuring the water relase curve of organic substrates, *Proceeding Symposium Artifical Media in Horticulture*, 2054-2062, 1973
- [53] RAVIV M., Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review, *Horttechnology*, 15/1, pp. 52-57, 2005
- [54] ALLAIRE S., CARON J., GALLICHAND J., Measuring the saturated hydraulic conductivity of peat substrates in nursery containers, *Canadian Journal of soil science*, Vol 74/4, pp. 431-437, 1994
- [55] VAN GENUCHTEN, M.TH., A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, pp. 892–898, 1980
- [56] VAN GENUCHTEN M.TH., NIELSEN D.R., On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils, *Ann. Geophys.* 3, pp. 615–628, 1985
- [57] MUALEM, Y., A new model predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media, *Water Resour. Res.* 12, pp. 513–522, 1976
- [58] Australian Standard, Potting Mixes, As 3743-1993
- [59] ROSS, D. S., Chapter 9, ‘Recommended Methods for Determining Soil Cation Exchange Capacity’, University of Delaware Cooperative Extension, College of Agriculture & Natural Resources.

- [60] BREMMER J. M., MULVANEY, C. S., Nitrogen-Total. In: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed-s A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, Am. Soc. Argon. Madison Wis. 595-624, 1982
- [61] CRAFT, C. B., SENECA, E. D., BROOME, S. W., Loss on Ignition and Kjeldahl Digestion for Estimating Organic Carbon and Total Nitrogen in Estuarine Marsh Soils: Calibration with Dry Combustion', *Estuaries*, 14, No. 2, p. 75-179, 1991
- [62] RYAN, J., ESTEFAN, G., RASHID, A., Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. Second Edition. Jointly published by the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas ICARDA and the National Agricultural Research Center NARC. Available from ICARDA, Aleppo, Syria. 172, 2001,
- [63] SCHULTE, E. E., Chapter 8, 'Recommended Soil Organic Matter Tests', University of Delaware Cooperative Extension, College of Agriculture & Natural Resources.
- [64] MURPHY, J., RILEY, J. P., A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters, *Anal.Chem.Acta* 27, pp. 3136, 1962
- [65] VANSOEST P.J., ROBERTSON J.B., LEWIS B.A., Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *JDairy Sci.* 74, pp. 3583-3597, 1991.
- [66] ZUCCONI F.M., PERA A., FORTE M., DE BERTOLDI M., Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle* 22, pp. 54-7, 1981
- [67] MARI, L., EHALIOTIS, C., KOSTSOU, M., BALIS, C., GEORGAKAKIS, D., Respiration profiles in monitoring the composting of by-products from the olive oil agro-industry. *Bioresource Technol.* 87, 331-336, 2003
- [68] WONG, J.W.C., LI, K., KURE, L.K., SU, D.C., Toxicity Evaluation of Sewage Sludges in Hong Kong, *Environment International*, 27, pp. 373-380, 2001
- [69] YU S., ZINATI G. M., Physical and Chemical Changes in Container Media in Response to Bark Substitution for Peat, *Compost Science&Utilization*, 14/3, pp. 222-230, 2006
- [70] RAVIV M., TARRE S., GELER Z., SHELEF G., Changes in some physical and chemical properties of fibrous solids from cow manure and digested cow manure during composting, *Biological Wastes*, 19/4, , pp. 309-318, 1987
- [71] ÇAYCI, G. , İNAL, A., BARAN, A., VE ARCAK, S., Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Peatin Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Kükürt ilavesi ve İnkübasyon Süresinin Etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, Yıl:1, Sayı: 1

Ankara, 1995

- [72] FONTENO W.C., Problems&considerations in determining physical properties of horticultural substrates, *Acta Horticulture*, 342, pp. 197-204
- [73] CORTI, C., CRIPPA, L., GENEVINI, P.L., CENTEMERO, M., Compost use in plant nurseries: hydrological and physicochemical characteristics, *Compost Sci. Util.* 6, pp. 35–45, 1998
- [74] DRZAL M. S., FONTENO W. C., CASSEL D. K., Pore fraction analysis: A new tool for substrate testing, *Acta Horticulture*, 481, pp. 43-54, 1999
- [75] PAYNE, B.S., MILLER, A.C., Growth and survival of recent recruits to a population of *Fusconaia ebena* (Bivalvia: Unionidae) in the lower Ohio River. *American Midland Naturalist*. 121, pp. 99-104, 1989
- [76] CHANG C. P., HSU C. C., The formation and water content of synthetic fiber growing media, *Materials Science and Engineering A*, 433, 2006, pp. 100-103
- [77] RAVIV M., WALLACH R., BLOM T. J., The effect of physical properties of soilless media on plant performance- A review. Invited Lecture, *Acta Hort*, 644, pp. 251-259, 2004
- [78] POKORNY, F., A., WETZSTEIN H. V., Internal Porosity, Water Availability and Root Penetration of Pine Bark Particles. *Hort. Sci.* 19, 447-9, 1984
- [79] GARCIA-GOMEZ, A., BERNAL M.P., ROIG A., Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes, *Bioresource Technology* 83, pp. 81-87, 2002
- [80] WALLACH R., DA SILVA F. F., CHAN Y., Hydraulic characteristics of tuff (scoria) used as a container medium, *J Amer. Soc. Hort. Sci*, 117, pp. 415-421, 1992a
- [81] WALLACH R., DA SILVA F. F., CHAN Y., Un-saturated hydraulic characteristics of composted agricultural wastes, tuff and their mixtures, *Soil Sci*, 153, pp. 434-441, 1992b
- [82] BEARDSSELL, D.V., NICHOLS, D.G., Wettability properties of driedout nursery container media, *Sci. Horticult.* 17, pp. 49–59, 1982
- [83] NAASZ, R., MICHEL, J.C., CHARPENTIER, S., Water repellency of organic growing media related to hysteretic water retention properties, *European Journal of Soil Science* 59, pp. 156-165, 2008
- [84] DOERR, S.H., SHAKESBY, R.A., WALSH, R.P.D., Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance, *Earth-Science Reviews* 51, pp. 33–65, 2000

- [85] RIBEIRO H. M., Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production, *Bioresource Technology*, 98, pp. 3294-3297, 2007
- [86] UNSAL T., OK S. S., Description of characteristics of humic substances from different waste materials, *Bioresource Technology*, 78, pp. 239-242, 2001
- [87] FORNES F., BELDA R. M., CARRIÒN C., NOGUERA V., GARCIA-AGUSTIN P., ABAD M., Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance, *Scientia Horticulturae*, 113, pp. 52-59, 2007
- [88] CASADO-VELA J., SELLES S., NAVARRO J., BUSTAMANTE M. A., MATAIX J., GUERRERO C., GOMEZ I., Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils, *Waste Management*, 26, pp. 946-952, 2006
- [89] THOMAS, G.V., PRABHU, S.R., REENY, MZ., BOPAIAH, B.M., Evaluation of lignocellulosic biomass from coconut palm grass substrate for cultivation of *Pleurotus sajor-cashew*, *World J. of Micro. and Biotech.* 14, pp. 879-882, 1998
- [90] NOGUERA P, ABAD M, PUCHADES R, NOGUERA V, MAQUIEIRA A AND MARTINEZ J, Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth, *Acta Hort.* 450, pp. 365–373, 1997
- [91] NOGUERA P, ABAD M, NOGUERA V, PUCHADES R AND MAQUIEIRA A, Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute, *Acta Hort.* 517, pp. 279–286, 2000
- [92] ZEYTIN, S., BARAN, A., Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils, *Bioresource Technology*. 88 3, pp. 241-244, 2003
- [93] ZMORA-NAHUM S., HADAR Y., CHEN Y., Physico-chemical properties of commercial composts varying in their source materials and country of origin, *Soil Biology & Biochemistry*, 39, pp. 1263-1276, 2007
- [94] ABAD, M., MARTÍNEZ, P.F., MARTINEZ, M.D., MARTINEZ, J., Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo Agronomic evaluation of substrates, *Acta Hort.* 11, pp. 141–154, 1993
- [95] RESMÍ GAZETE, 2001
- [96] US EPA, Environmental regulations and technology. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Report EPA/625/R-92/013, US EPA, Washington DC, 1999
- [97] GUERIN, VÇ, LEMAIRE, F., MARFA, O., CACERES, R., GIUFFRIDA, F., Growth of *viburnum tinus* in peat-based and peat-

- substitute growing media, *Scientia Horticulturae*, 89, pp. 129-142, 2001
- [98] SCHMILEWSKI G., The role of peat in assuring the quality of growing media, *Mires and Peat*, Vol. 3, 2008
- [99] JARREL, W.M., BEVERLY, R.B., The dilution effect in plant nutrition studies, *Adv. Agron.* 34, pp. 197–224, 1981
- [100] PINAMONTI, F., STRINGARI, G., ZORZI, G., Use of compost in soilless cultivation, *Compost. Sci. Util.* 5, pp. 38–46, 1997
- [101] RAVIV, M., CHEN, Y., INBAR, Y., Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants, In: Chen, Y., Avnimelech, Y. Eds., *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 257–287, 1986
- [102] MARSCHNER, H., Effect of Internal and External Factors on Root Growth and Development. In *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd Ed.; Academic Press: London, 1995
- [103] FITZPATRICK, G.E., DUKE, E.R., KLOCK-MOORE, K.A., Use of compost products for ornamental crop production: research and grower experiences, *Hort Science.* 33, pp. 941–944, 1998
- [104] EVANS, R.Y.SMITH, S, POUL, J.L., Nitrogen Critical Level Determination in The Woody Ornamental Shrub *Euonymus fortunei*, *Journal Of Plant Nutrition*, 31, pp. 2075-2088, 2008
- [105] SRAMEK F, DUBSKY M, Effect of slow release fertilizers on container-grown woody plants, *Horticultural Science*, 34, pp. 35-41, 2007
- [106] SALIFU, K. F., NICODEMUS, M.A. JACOBS, D. F. DAVIS, A.S., Evaluating chemical indices of growing media for nursery production of *Quercus rubra* seedlings, *Hortscience*, 41, pp. 1342-1346, 2006
- [107] SRATTON, R., SHIWEN, X., MARTINI, G., HOLMES, A., LEASK, A., HABERBERGER, T., MARTIN, G. R., BLACK, C. M., ABRAHAM, D., Iloprost suppresses connective tissue growth factor production in fibroblasts and in the skin of scleroderma patients *J.Clin. Invest.* 108, pp. 241–250, 2001
- [108] HUETT, D. O., Fertiliser use efficiency by containerised nursery plants, 2. Nutrient Leaching, *Aust. J. Agric. Res.* 48, pp 259-265, 1997
- [109] MILLS, H. A., JONES, J. B., *Plant Analysis Handbook. II. Micro Macro* Publishing, Athens, GA, 1996
- [110] MILLER, R.W., AZZARI, A.S. AND GARDINER, D.T., Heavy metals in crops as affected by soil types and sewage sludge rates, *Communications in soil science and plant analysis*, 26:5-6, pp. 703-711, 1995

- [111] KUTUK, C., CAYCI, G., BARAN, A., BASKAN, O., HARTMANN, R., Effects of beer factory sludge on soil properties and growth of sugar beet *Beta vulgaris saccharifera L.*, Bioresource Technology, 90 pp. 75-80, 2003
- [112] TOPCUOĞLU B., ÖNAL M. K., ARI N., Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I.Bitki Besinleri Ve Ağır Metal Çerikleri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 161,87-96, 2003
- [113] HICKLENTON, P.R., Effectiveness and consistency, of MSW compost as a component in container growing media, [http:// www. compost. org/ ccc. MSWCompost.htm](http://www.compost.org/ccc.MSWCompost.htm),\_2004
- [114] L.J. UNRUH SNYDER, J-M. LUGINBUHL, J.P. MUELLER, A.P. CONRAD AND K.E. TURNER, Intake, digestibility and nitrogen utilization of *Robinia pseudoacacia* foliage fed to growing goat wethers. Small Ruminant Research. 71, 179-193, 2007
- [115] BAĞCI S., Hindistan cevizi lif atığı ve peat esaslı yetiştirme ortamlarında on bir ay Primula bitkisinin gelişimi, Ankara Üniversitesi FBE Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2007
- [116] BACHMAN G.R., METZGER J.D., Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost Bioresource Technology 99, pp. 3155–3161, 2008
- [117] FİLİBELİ A., ERDEN KAYNAK G., Arıtma çamuru miktarının azaltılması ve özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan ön işlemler, İTÜ Dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü, cilt 16, sayı 1-3, 3-12, 2006
- [118] YASUI, H., SHIBATA, M., An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process, Water Science and Technology, 30, 9, pp. 11-20, 1994

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında İstanbul’ da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul’ da tamamladı. 1996 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Fizik Bölümünden 2000 yılında mezun oldu. 2001–2004 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 2002 yılında Sakarya Üniversitesi Enformatik Bölüm Başkanlığında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktora öğrenimine başladı. 2004–2007 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Uzaktan Eğitim Merkezinde çalıştı. 2007 yılından bu yana Kaynarca Seyfettin Selim Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.