

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aslıhan AĞAR

**ATIK SU ARITMA ÇAMURUNUN SÜS LAHANASININ GELİŞİMİ VE
BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ATIK SU ARITMA ÇAMURUNUN SÜS LAHANASININ GELİŞİMİ VE
BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Aslıhan AĞAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Bu Tez / /2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Yrd. Doç. Dr. Nezihe KÖKSAL
DANIŞMAN

.....
Doç. Dr. Okan ÖZKAYA
ÜYE

.....
Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2015-4942**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ATIK SU ARITMA ÇAMURUNUN SÜS LAHANASININ GELİŞİMİ VE BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Aslıhan AĞAR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nezihe KÖKSAL
Yıl: 2015, Sayfa: 125
Jüri : Yrd. Doç. Dr. Nezihe KÖKSAL
: Doç. Dr. Okan ÖZKAYA
: Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ

Bu çalışmada arıtma çamuru ve toprak ile hazırlanan beş farklı ortam süs lahanası yetiştiriciliğinde kullanılmıştır; I) toprak-%100 (kontrol), II) toprak-%75;çamur-%25, III) toprak-%50;çamur-%50, IV) toprak-%25;çamur-%75, V) çamur-%100.

Çalışmada, bitkisel büyüme parametreleri (bitki yüksekliği, gövde boyu, baş yüksekliği, kök uzunluğu, gövde ve kök boğazı çapı, yaprak uzunluğu ve genişliği, yaprak sapı uzunluğu ve çapı, tüm bitki, üst aksam ve kök yaş ağırlıkları, tüm bitki, üst aksam ve kök kuru ağırlıkları, oransal üst aksam ve kök ağırlıkları, kök/üst aksam oranı ve kompaktlık), fizyolojik parametreler (SPAD, PSII, turgor kaybı, yaprak oransal su kapsamı-YOSK, iyon sızıntısı ve zararlanma), bitki besin elementleri (N, P, K, Ca, Na, Cu, Fe, Mn, Mg, Zn ve B) ve çamurundaki bazı ağır metaller (Zn, Cr, Ni, Cd ve Mo) incelenmiştir.

Çalışma sonunda, birçok bitkisel parametre bakımından, III. ortam'da (% 50 arıtma çamuru) en yüksek; arıtma çamurunun artması ile (%75 ve %100) en düşük sonuçlar alınmıştır. Ayrıca, yüksek oranda çamur içeren ortamlarda (%75 ve %100) PSII ve YOSK azalırken, turgor kaybı, iyon sızıntısı ve zararlanma artmıştır. Arıtma çamuru (özellikle %25 ve %50) besin elementi alımında (P, Ca, Mg, Fe, Mn ve Zn) etkili bulunmuştur. Sonuç olarak, süs lahanasında arıtma çamurunun yetiştirme harcında kullanılması uygun (%50'ye kadar) bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Süs lahanası, Arıtma çamuru, Bitki gelişimi, İyon alımı

ABSTRACT

MSc THESIS

THE EFFECTS OF SEWAGE SLUDGE ON GROWTH AND NUTRIENT CONTENT OF ORNAMENTAL CABBAGE

Ashhan AĞAR

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF HORTICULTURE**

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Nezihe KÖKSAL
Year: 2015, Pages: 125
Jury : Asst. Prof. Dr. Nezihe KÖKSAL
: Assoc. Prof. Dr. Okan ÖZKAYA
: Assoc. Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ

In this study, five different growing medium made from sewage sludge and soil mixture were used for growth of ornamental cabbage; I) soil (control)-100%, II) soil-75%;sludge-25%, III) soil-50%;sludge-50%, IV) soil-25%;sludge-75%, V) sludge-100%.

In the study, plant growth parameters (plant height, stem length, head height, root length, stem and root collar diameter, length and width of leaf blade, length and diameter of leafstalk, fresh weights of plant, shoot and root, dry weights of plant, shoot and root, the relative weights of shoot and root, root/shoot ratio, compactness), physiological parameters (SPAD, PSII, loss of turgidity, leaf relative water content-LRWC, ion leakage, injury), plant nutrient (N, P, K, Ca, Na, Cu, Fe, Mn, Mg, Zn and B) and some heavy metals on sludge (Zn, Cr, Ni, Cd and Mo) were investigated.

It was concluded that, depending on various vegetative parameters, the highest results were taken from Medium III (with 50 % sludge), while the lowest were from Medium IV and V (with parallel to the increase in sludge by 75 and 100%). Moreover, PSII and YOSK were observed to decrease in media with high sludge (that is in 75% and 100%), whereas turgor loss, ion leakage and damage were seen to increase. Sludge, especially in the case of 25 and 50%, was found to be effective in nutrient uptake, such as P, Ca, Mg, Fe, Mn and Zn. As a result, sewage sludge to the extent of 50% was found to be useful for the growth of ornamental cabbage.

Key Words: Ornamental cabbage, Sewage sludge, Plant growth, Ion uptake

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve çalışmam boyunca tezimin planlanması, yürütülmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi sırasında beni sabırla dinleyen, dostça eleştiren ve sevgi ile teşvik eden danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Nezihe KÖKSAL'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmanın başlangıç aşamasında tez konumun belirlenmesinde ve çalışmamın kalite analizleri ölçümlerinde yardımcı olan ve kendilerinden edindiğim bilgilerden ilham alarak hareket ettiğim sayın hocam Doç.Dr.Okan ÖZKAYA'ya müteşekkirim.

Tez çalışmam boyunca deneyimlerinde faydalandığım ve tezin her aşamasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sayın hocam Doç.Dr.Kürşat KORKMAZ'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamın her aşamasında yardımlarını gördüğüm çok değerli arkadaşım Arş. Gör. Sara YASEMİN ve özellikle arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Celal DUMAN ve Cenzgiz BORAN'a teşekkür ederim.

Bu çalışmada bitki besin elementleri analizlerinin yapılmasında desteklerini esirgemeyen ALATA Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne başta Enstitü Müdürü sayın Dr. Davut KELEŞ olmak üzere Rasim ARSLAN ve Süleyman YALÇIN'a, EKOSİSTEM Çevre ve Analiz Laboratuvarı yetkililerine teşekkür ederim.

Bu çalışmayı destekleyen, Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu kuruluşunun sayın yetkililerine ayrıca teşekkür ederim.

Son olarakta yaşamım boyunca bana gösterdikleri maddi ve manevi fedakarlıkları için Sevgili Aileme ...

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Arıtma Çamurlarının Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanımına İlişkin Çalışmalar	7
2.2. Bitkilerde Ağır Metal Alımı Ve Fitoremedisyon Özelliği İle İlgili Çalışmalar.....	13
3. MATERYAL VE METOD	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Bitkisel Materyal.....	19
3.1.2. Bitki Yetiştirme Ortamında Kullanılan Substratların Özellikleri	21
3.2. Metod	22
3.2.1. Süs Lahanası Fidelerinin Yetiştirilmesi	22
3.2.2. Bitki Yetiştirme Ortamlarının Hazırlanması.....	23
3.2.3. Bitkilerin Yetiştirme Ortamlarında Yetiştirilmesi	25
3.2.4. Denemede İncelenen Parametreler.....	25
3.2.4.1. Morfolojik Parametreler.....	26
3.2.4.1.(1). Bitki Yüksekliği (cm).....	26
3.2.4.1.(2). Gövde Boyu (cm)	26
3.2.4.1.(3). Baş Yüksekliği (cm).....	26
3.2.4.1.(4). Kök Uzunluğu (cm).....	26
3.2.4.1.(5). Gövde Çapı (mm)	27
3.2.4.1.(6). Kök Boğazı Çapı (mm)	27

3.2.4.1.(7). Yaprak Ayası Uzunluğu (cm).....	27
3.2.4.1.(8). Yaprak Ayası Genişliği (cm).....	27
3.2.4.1.(9). Yaprak Sap Uzunluğu (cm).....	27
3.2.4.1.(10). Yaprak Sap apı (mm).....	28
3.2.4.1.(11). Bitki Yaş Ağırlığı (g)	28
3.2.4.1.(12). Üst Aksam Yaş Ağırlığı (g).....	28
3.2.4.1.(13). Kök Yaş Ağırlığı (g).....	28
3.2.4.1.(14). Bitki Kuru Ağırlığı (g).....	28
3.2.4.1.(15). Üst Aksam Kuru Ağırlığı (g).....	28
3.2.4.1.(16). Kök Kuru Ağırlığı (g).....	29
3.2.4.1.(17). Oransal Üst Aksam Kuru Ağırlığı (OÜAKA).....	29
3.2.4.1.(18). Oransal Kök Kuru Ağırlığı (OKKA).....	29
3.2.4.1.(19). Kök/Üst Aksam Kuru Ağırlık Oranı	29
3.2.4.1.(20). Kompaktlık Oranı (mg cm ⁻¹).....	29
3.2.4.2. Fizyolojik Parametreler	30
3.2.4.2.(1). Yaprakların Klorofil İçeriği (SPAD).....	30
3.2.4.2.(2). Fotosistem II (PSII) Ölçümleri.....	30
3.2.4.2.(3). Turgor Kaybı (%)	30
3.2.4.2.(4.) Yaprak Oransal Su Kapsamı (%)	31
3.2.4.2.(5). İyon Sızıntısı (%).....	31
3.2.4.2.(6). Hücresel Membran Zararlanması (%)	32
3.2.4.3. Toprak ve Arıtma amuru Örneklerinde Yapılan Analizler.....	32
3.2.4.3.(1). Toplam Tuz Analizi (mmhos/cm)	32
3.2.4.3.(2). Toplam Kireç Analizi (%).....	33
3.2.4.3.(3). Organik Madde Analizi (%)	34
3.2.4.3.(4). Alınabilir Fosfor Analizi (mg/kg)	35
3.2.4.3.(5). Alınabilir Potasyum Analizi (mg/kg)	36
3.2.4.3.(6). pH Belirlenmesi.....	37
3.2.4.3.(7). Toprak ve Arıtma amurunun Besin Elementi Analizleri	37

3.2.4.3.(8). Arıtma Çamurunun Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi	37
3.2.4.4. Bitki Örneklerinde Besin Elementi Analizileri	38
3.2.5. İstatistiksel Analizler.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1. Morfolojik İncelemelere İlişkin Bulgular	41
4.1.1. Bitki Yüksekliği (cm).....	41
4.1.2. Gövde Boyu (cm).....	43
4.1.3. Baş Yüksekliği (cm).....	44
4.1.4. Kök Uzunluğu (cm)	46
4.1.5. Gövde Çapı (mm).....	48
4.1.6. Kök Boğazı Çapı (mm).....	50
4.1.7. Yaprak Ayası Uzunluğu (cm)	51
4.1.8. Yaprak Ayası Genişliği (cm)	54
4.1.9. Yaprak Sapı Uzunluğu (cm).....	55
4.1.10. Yaprak Sap Çapı (mm).....	57
4.1.11. Bitki Yaş Ağırlığı (g)	58
4.1.12. Üst Aksam Yaş Ağırlığı (g)	61
4.1.13. Kök Yaş Ağırlığı (g)	62
4.1.14. Bitki Kuru Ağırlığı (g)	63
4.1.15. Üst Aksam Kuru Ağırlığı (g)	65
4.1.16. Kök Kuru Ağırlığı (g)	66
4.1.17. Oransal Üst Aksam Kuru Ağırlığı.....	68
4.1.18. Oransal Kök Kuru Ağırlığı.....	69
4.1.19. Kök /Üst Aksam Kuru Ağırlık Oranı.....	71
4.1.20. Kompaktlık Oranı (mg.cm ⁻¹).....	72
4.2. Fizyolojik Parametreler	74
4.2.1. Yaprak Klorofil İçeriği-SPAD (µmol m ⁻²).....	74
4.2.2. Fotosistem II (PSII) Ölçümleri.....	76
4.2.3. Turgor Kaybı (%).....	77
4.2.4. Yaprak Oransal Su Kapsamı (%)	78

4.2.5. İyon Sızıntısı (%)	80
4.2.6. Hücresel Membran Zararlanması (%).....	81
4.3. Toprak ve Arıtma Çamuru Örnekleri Analizlerine İlişkin Sonuçlar.....	83
4.3.1. Bünye ve Besin Elementi Analizleri	83
4.3.2. Ağır Metal Element Analizleri.....	84
4.4. Bitki Üst Aksam Dokularındaki Besin Elementlerine İlişkin Sonuçlar.....	84
4.4.1. Azot Konsantrasyonu (%).....	84
4.4.2. Fosfor Konsantrasyonu (%)	86
4.4.3. Potasyum Konsantrasyonu (%).....	87
4.4.4. Kalsiyum Konsantrasyonu (%)	89
4.4.5. Magnezyum Konsantrasyonu (%).....	90
4.4.6. Sodyum Konsantrasyonu (%)	92
4.4.7. Bakır Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹).....	93
4.4.8. Demir Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹)	95
4.4.9. Mangan Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹).....	96
4.4.10. Çinko Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹).....	98
4.4.11. Bor Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹).....	99
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	111
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	125

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1.	Toprakta kullanılabilecek arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal içerikleri (Tavan konsantrasyonlar).....	21
Çizelge 3.2.	Batı Adana Atık Su Arıtma Tesisi arıtma çamuru karakteristiği.	22
Çizelge 4.1.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki yüksekliği değerleri (cm).	41
Çizelge 4.2.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde gövde boyu değerleri (cm).	43
Çizelge 4.3.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde baş yüksekliği değerleri (cm).	45
Çizelge 4.4.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök uzunluğu değerleri (cm).	47
Çizelge 4.5.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde gövde çapı değerleri (mm).	49
Çizelge 4.6.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde kök boğazı çapı değerleri (mm).	51
Çizelge 4.7.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak ayası uzunluğu değerleri (cm).	52
Çizelge 4.8.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak ayası genişliği değerleri (cm).	55
Çizelge 4.9.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak sapı uzunluğu değerleri (cm).	56
Çizelge 4.10.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak sap çapı değerleri (mm).	58
Çizelge 4.11.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki yaş ağırlığı değerleri (g).	59
Çizelge 4.12.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam yaş ağırlığı değerleri (g).	61
Çizelge 4.13.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök yaş ağırlığı değerleri (g).	63

Çizelge 4.14. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki kuru ağırlığı değerleri (g).....	64
Çizelge 4.15. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam kuru ağırlığı değerleri (g).	66
Çizelge 4.16. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök kuru ağırlığı değerleri (g).....	67
Çizelge 4.17. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde oransal üst aksam kuru ağırlığı değerleri.	69
Çizelge 4.18. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde oransal kök kuru ağırlığı değerleri.	70
Çizelge 4.19. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök/üst aksam kuru ağırlık oranı değerleri.	72
Çizelge 4.20. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kompaktlık oranı değerleri (mg.cm ⁻¹).	73
Çizelge 4.21. Farklı yetiştirme ortamlarında yetişen süs lahanası bitkilerindeki SPAD değerleri (μmol m ⁻²).	75
Çizelge 4.22. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde PSII değerleri.	76
Çizelge 4.23. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde turgor kaybı değerleri (%).	78
Çizelge 4.24. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak oransal su kapsamı değerleri (%).	79
Çizelge 4.25. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde iyon sızıntısı değerleri (%).	81
Çizelge 4.26. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde hücrel membran zararlanması değerleri (%).	82
Çizelge 4.27. Süs lahanası çeşitlerinde hücrel membran zararlanması (%).	82
Çizelge 4.28. Süs lahanası yetiştirme harcı olarak kullanılan bahçe toprağı ve arıtma çamurunun bünye özellikleri ve besin elementi içerikleri	83
Çizelge 4.29. Süs lahanası yetiştirilen arıtma çamurunun ağır metal element konsantrasyonları (mg kg ⁻¹).	84

Çizelge 4.30. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında N değerleri (%).	85
Çizelge 4.31. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında P değerleri (%).	87
Çizelge 4.32. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında K değerleri (%).	88
Çizelge 4.33. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Ca değerleri (%).	90
Çizelge 4.34. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Mg değerleri (%).	91
Çizelge 4.35. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Na değerleri (%).	93
Çizelge 4.36. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Cu değerleri (mg kg ⁻¹).	94
Çizelge 4.37. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Fe değerleri (mg kg ⁻¹).	96
Çizelge 4.38. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Mn değerleri (mg kg ⁻¹).	97
Çizelge 4.39. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Zn değerleri (mg kg ⁻¹).	99
Çizelge 4.40. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında B değerleri (mg kg ⁻¹).	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1	‘Kamome Pink’ süs lahanası çeşidinin genel görünümü	20
Şekil 3.2.	‘Pigeon Purple’ süs lahanası çeşidinin genel görünümü.....	20
Şekil 3.3.	Süs lahanası çeşitlerinin fide yetiştirme aşamaları.....	23
Şekil 3.4.	Bitki yetiştirme ortamında kullanılan substuratlar ve deneme bitkileri	24
Şekil 3.5.	Deneme planının şematik görünümü.....	25
Şekil 4.1.	Süs lahanası çeşitlerinin bitki yüksekliği değişimleri (cm).....	42
Şekil 4.2.	Süs lahanası bitkilerinin yetiştirme ortamı içerisindeki genel görünümü.	42
Şekil 4.3.	Süs lahanası çeşitlerinin gövde boyu değişimleri (cm).....	44
Şekil 4.4.	Süs lahanası çeşitlerinin baş yüksekliği değişimleri (cm).....	45
Şekil 4.5.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası başlarının genel görünümü.....	46
Şekil 4.6.	Süs lahanası çeşitlerinin kök uzunluğu değişimleri (cm).....	47
Şekil 4.7.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası köklerinin genel görünümü.....	48
Şekil 4.8.	Süs lahanası çeşitlerinin gövde çapı değişimleri (mm).....	50
Şekil 4.9.	Süs lahanası çeşitlerinin kök boğazı çapı değişimleri (mm).....	51
Şekil 4.10.	Süs lahanası çeşitlerinin yaprak ayası uzunluğu değişimleri (cm).....	53
Şekil 4.11.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Kamome Pink süs lahanası çeşidinde yaprakların genel görünümü.	53
Şekil 4.12.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Pigeon Purple süs lahanası çeşidinde yaprakların genel görünümü.	54
Şekil 4.13.	Süs lahanası çeşitlerinin yaprak ayası genişliği değişimleri (cm).....	55
Şekil 4.14.	Süs lahanası çeşitlerinin yaprak sapı uzunluğu değişimleri (cm).	57
Şekil 4.15.	Süs lahanası çeşitlerinin yaprak sap çapı değişimleri (mm).	58
Şekil 4.16.	Süs lahanası çeşitlerinde bitki yaş ağırlığı değişimleri (g).....	59
Şekil 4.17.	Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerine ait bitkilerin genel görünümü.	60

Şekil 4.18. Süs lahanası çeşitlerinde üst aksam yaş ağırlığı değişimleri (g).	62
Şekil 4.19. Süs lahanası çeşitlerinde kök yaş ağırlığı değişimleri (g).	63
Şekil 4.20. Süs lahanası çeşitlerinde bitki kuru ağırlığı değişimleri (g).	65
Şekil 4.21. Süs lahanası çeşitlerinde üst aksam kuru ağırlığı değişimleri (g).	66
Şekil 4.22. Süs lahanası çeşitlerinde kök kuru ağırlığı değişimleri (g).	68
Şekil 4.23. Süs lahanası çeşitlerinde oransal üst aksam kuru ağırlık değişimleri.	69
Şekil 4.24. Süs lahanası çeşitlerinde oransal kök kuru ağırlığı değişimleri.	71
Şekil 4.25. Süs lahanası çeşitlerinde kök/üst aksam kuru ağırlık oranı değişimleri.....	72
Şekil 4.26. Süs lahanası çeşitlerinin kompaktlık oranı değişimleri (mg.cm^{-1}).	74
Şekil 4.27. Süs lahanası çeşitlerinin SPAD değerlerindeki değişimler ($\mu\text{mol m}^{-2}$)	75
Şekil 4.28. Süs lahanası çeşitlerinin PSII değerlerindeki değişimler.	77
Şekil 4.29. Süs lahanası çeşitlerinde turgor kaybı oranlarındaki değişimler (%).....	78
Şekil 4.30. Süs lahanası çeşitlerinde yaprak oransal su kapsamı değişimleri (%).	80
Şekil 4.31. Süs lahanası çeşitlerinin iyon sızıntısı değişimleri (%).....	81
Şekil 4.32. Süs lahanası çeşitlerinin N değerlerindeki değişimler (%).	86
Şekil 4.33. Süs lahanası çeşitlerinin P değerlerindeki değişimler (%).	87
Şekil 4.34. Süs lahanası çeşitlerinin K değerlerindeki değişimler (%).	89
Şekil 4.35. Süs lahanası çeşitlerinin Ca değerlerindeki değişimler (%).	90
Şekil 4.36. Süs lahanası çeşitlerinin Mg değerlerindeki değişimler (%).	92
Şekil 4.37. Süs lahanası çeşitlerinin Na değerlerindeki değişimler (%).	93
Şekil 4.38. Süs lahanası çeşitlerinin Cu değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).	95
Şekil 4.39. Süs lahanası çeşitlerinin Fe değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).	96
Şekil 4.40. Süs lahanası çeşitlerinin Mn değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).	98
Şekil 4.41. Süs lahanası çeşitlerinin Zn değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).	99
Şekil 4.42. Süs lahanası çeşitlerinin B değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).	101

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
µmol	: Mikromol
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
CaCl ₂ .6H ₂ O	: Kalsiyum Klorür
CaCO ₃	: Kalsiyum Karbonat
Cd	: Kadmiyum
cm	: Santimetre
Co	: Kobalt
CO ₂	: Karbondioksit
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
dk	: Dakika
EC	: Elektriki Kondativite
EPA	: The US Environmental Protection Agency
Fe	: Demir
g	: Gram
H ₃ PO ₄	: Ortofosforik Asit
HCl	: Hidroklorik Asit
K	: Potasyum
K ₂ Cr ₂ O ₇	: Potasyum Dikromat
KA	: Kuru Ağırlık
KCl	: Potasyum Klorür
kg	: Kilogram
KH ₂ PO ₄	: Potassium dihydrogen phosphate
L	: Litre
Mg	: Magnezyum

mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
N	: Azot
Na	: Sodyum
NaHCO ₃	: Sodyum Hidrojen Karbonat
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NH ₄ SO ₄ .7H ₂ O	: Ammonium sulfate hexahydrate
Ni	: Nikel
nm	: Nanometre
OD1	: 1. Okuma Değeri
OD1	: 2. Okuma Değeri
OKKA	: Oransal Kök Kuru Ağırlığı
OSK	: Oransal Su Kapsamı
OÜAKA	: Oransal Üst Aksam Kuru Ağırlığı
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
TA	: Taze Ağırlık
TuA	: Turgid Durumdaki Ağırlık
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ve kontrolsüz sanayileşme sürecinin sonucu olarak son yıllarda çevre üzerinde oluşan baskılar giderek artmaktadır. Bunların başında hava, su ve toprak kirliliği ve çeşitli atıkların yol açtığı kirlilik gibi çevre sorunları ilk sırada yer almaktadır. Son yıllarda endüstriyel ve kentsel atıklar çok çeşitlenmiş ve hacim olarak da artmaya başlamıştır. Bu nedenle çevresel atık sorunu ve atık kontrolü giderek önem kazanmaktadır. Atıkların çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde güvenli olarak uzaklaştırılması gelişmiş ülkelerde üzerinde çok tartışılan ve araştırılan bir konudur. ‘Atık’ konut veya sanayi kuruluşu kaynaklı kullanılmış, artık istenmeyen ve çevre için zarar oluşturan her türlü maddedir. Genel olarak atık sorunu ise; bu istemeyen materyaller ve bu materyallerin çevre ve su kaynaklarına gelişi güzel atılması konularını kapsamaktadır. Katı ve sıvı atıkların uzaklaştırma yöntemleri arasında; tarımda kullanma, ormancılık ve verimsiz arazilerin ıslahında kullanma, depolama, yakma, kompostlama, katkı maddesi olarak kullanma, göl ve denizlere boşaltılma yöntemleri bulunmaktadır (Manios, 2003).

Doğal kaynakların hızla tüketildiği günümüzde, atık su arıtma tesislerinin artışına paralel olarak arıtma çamurlarının miktarlarında da artış olmaktadır. Diğer yandan ise arıtma çamurlarının sebep olduğu çevre kirliliğini azaltmak ve yeniden yararlanmak gündeme gelmiştir. Arıtma çamuru; kendiliğinden çökelebilen katı maddeler ile biyolojik ve kimyasal işlemler sonucunda çökelebilir ve yüzdürülebilir hale getirilen katı maddelerin atık sudan ayrılmasıyla meydana gelmektedir (Taşatar,1997). Günümüzde artan atık su arıtma tesislerine paralel olarak tesisin son ürünü olan arıtma çamurları miktarları da artmaktadır. Kimyasal, biyolojik ve fiziksel arıtma işlemlerinden geçen atık sular, içerisindeki toksik ve patojenik kirlleticilerden maksimum seviyede arındırılmakta ve elde edilen arıtma çamurlarının da çevreye zarar vermeyecek şekilde tarımda, biyolojik onarım çalışmalarında, peyzaj sahalarında, bitki yetiştiriciliğinde ortam olarak kullanılarak geri dönüşümlerinin sağlanması yoluyla bertarafı mümkün olmaktadır (Ünal ve ark., 2011). Arıtma tesisinde oluşan çamurlar, çeşitli kademelerde işlem gördükten sonra son uzaklaştırma yeri olarak toprağa verilebilir, çöplerle birlikte işlenebilir veya

toprak ıslahında kullanılabilir. Atık suların niteliğinin ve atık suları arıtan tesislerin plan ve işletmelerinin çok farklı olması nedeniyle çamur özellikleri de çok değişkendir (Aşık ve Katkat, 2004).

Arıtma çamurlarının yüksek organik madde içeriğine sahip oluşu, toprağın toplam porozite, su tutma kapasitesi, havalanma gibi fiziksel özelliklerini iyileştirmesi, mikrobiyal aktiviteyi arttırması, içeriğindeki N, P, K gibi makro ve Fe, Cu, Zn, Mn, B ve Mo gibi mikro besin elementlerinin bulunuşu sebebiyle tarım alanlarında kullanımı tercih edilir hale gelmiştir (Öbek ve ark., 2004). Arıtma çamurunun bitki besin değerinin ahır gübresi ve organik komposta benzer olduğu (Sommers, 1997) ve bitkilerin gelişimi için gerekli tüm elementleri içerdiği (Linden ve ark., 1983) bildirilmiştir.

Arıtma çamurları gelişmiş ülkelerde ayrıntılı bir şekilde analiz edilip içeriği belirlenmekte ve çeşitli işlemlerden geçirilip olumsuz etkileri en az düzeye indirilerek yada kontrollü kullanımları sağlanarak tarımda gübre olarak değerlendirilmektedir (Pedreno ve ark., 1996; Sommers ve ark., 1977; Soumare ve ark., 2002). ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA) başta olmak üzere birçok yetkili kuruluş arıtma çamuru gibi biyolojik katıların tarımda kullanımını desteklemeye başlamıştır (Öbek ve ark., 2004).

Birçok ülkede geçmiş 20 yıldan uzun bir süredir belirli çamur bertarafı uygulamalarına (okyanus deşarjları ve arazi dolguları gibi) yasal sınırlamalar getirmiş, böylece arıtma çamurunun daha ekonomik alternatif bertaraf yolu olarak tarımsal amaçlı kullanımı gündeme gelmiştir. Bu güne kadar yapılan araştırmaların ortak bulgusu, çamurların bitki yetiştirmek bakımından ekonomik bir değer taşıdığı hususunda hiç bir kuşkunun bulunmamasıdır (Topcuoğlu ve ark., 2003).

Arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımı düşünüldüğünde, makro ve mikro besin element içeriğinin yanı sıra ağır metal içerikleri göz önünde bulundurulması gereken parametrelerin başında gelmektedir. Evsel nitelikli arıtma çamurları genellikle bitki büyümesi için gerekli besin maddelerini içermesine rağmen, çamurun gübre değeri; atığın kaynağı, potansiyel toksik elementlerin (PTE) varlığı, atık su özellikleri ve kullanılan arıtma proseslerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Soumare ve ark., 2002). Elde edildiği atık suyun kaynağı olan

endüstriyel kuruluşun çeşidine göre arıtma çamuru organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, Fe, Cu, Cd, Cr, Pb, Co, Al, As, Hg, organik fosfor ve azot gibi maddeler içerebilmektedir (Taşatar, 1997).

Arıtma çamuru kullanımının en büyük dezavantajı ise; kentsel organik atığın tarımsal alanlarda bilinçsiz bir şekilde uygulanması geri dönüşümü olmayan muhtemel sağlık ve çevre sorununu beraberinde getirmesidir. Bu nedenle toprak ekosistemini ve canlı sağlığını bozacak unsurlar içerisinde ağır metaller dikkatle ele alınmalıdır. Arıtma çamurları içerisinde yer alan ağır metaller bitkilerde büyümeyi sınırlamakta ve ürün kalitesini düşürmektedir (Shanker ve ark., 2005). Bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni) ve kobalt (Co) gibi bazı ağır metaller bitki büyüme ve gelişimi için gerekli mikro besin elementleridir. Buna karşın arsenik (As), civa (Hg), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve krom (Cr) gibi bazı ağır metaller ise bitki gelişimi için gerekli olmayan elementlerdir (Reeves, 2006). Mikro besin elementi olsun ya da olmasın ağır metallerin, atmosferde, suda ve topraktaki konsantrasyonunun belli bir seviyenin üzerine çıkması, tüm canlılar için ciddi problemlere neden olmaktadır (Benavides ve ark., 2005).

Kimyasal madde çeşitliliğinin bu kadar çok görüldüğü arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda bilinçsiz bir şekilde kullanımını önlemek için diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bu konuya yasal anlamda çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Arıtma çamurlarının doğrudan tüketilen bahçe bitkilerinin üretilmesinde kullanılmasının insan ve hayvan sağlığı açısından olası olumsuz etkileri nedeniyle pek mümkün gözükmemektedir. Literatürde bahçe ürünleri içerisinde sebze ve meyve türlerinin yetiştiriciliğinde arıtma çamurunun kullanımına dair çalışmalar bulunsa da her zaman risk içeren bir yaklaşım olarak kalacaktır. Buna karşın süs bitkileri arıtma çamurlarının kullanımı açısından çok yüksek potansiyel içermektedir.

Süs bitkilerinin, estetik amaçlı kullanımının yanı sıra kentsel alanlardaki kirlilik artışıyla birlikte, kirli toprakların temizlenmesinde fonksiyonel olarak kullanımı da dikkate alınmaya başlanmıştır (Liu ve ark., 2008a). Bunun yanı sıra, ağır metal içeren arıtma çamurlarının süs bitkilerinin üretim ortamı olarak kullanılmasına ilişkin çalışmalar bulunmamaktadır. Bu bitkilerin üretiminde arıtma çamurlarının

kullanılabilirliğinin araştırılması arıtma çamurlarının değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu anlamda son yıllarda süs bitkileri yetiştiriciliğinde kompostlanmış endüstriyel ve şehir atıklarının, çimlendirme ortamı olarak kullanımlarına ait olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle yeşil alanlarda çim kapak malzemesi olarak kullanımının, çim kalitesi üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu göstermektedir. Yetiştirme ortamı olarak kullanımlarında ise farklı bitki türlerinde iyi bir besin kaynağı olduğunu bildiren birçok çalışma vardır (Dede ve ark., 2009; Bozdoğan ve ark., 2009; Çetinkale ve ark., 2010). Arıtma çamurlarının olumsuz etkilerini ortadan kaldırılarak tekrar doğaya kazandırılması ve tarımsal amaçlı kullanılması konusu ise gözardı edilmiştir. Bugüne kadar pek çok bitki remediasyonda kullanılmıştır. Buna karşın süs bitkilerinin kirlenmiş toprakların iyileştirilmesinde kullanılması hakkında çok az bilgi mevcuttur.

Hızlı kentleşme ile yeşili yok olmuş yerleşim alanlarının yeniden yeşillendirilmesi için kullanılan, birçok fonksiyonları olan ve estetik özelliklere sahip bitkilere süs bitkisi adı verilmektedir. Süs bitkileri sektörü, bitkisel üretim içinde önemli bir yere sahip olan ve ekonomiye büyük katkı sağlayan etkili bir sektör olarak kabul edilmektedir. Ülkemiz çok çeşitli ekolojik bölgeye sahip olup, iklim ve toprak özellikleri bakımından süs bitkileri yetiştiriciliğine son derece uygundur.

Süs bitkileri genel bir kavramdır. Süs bitkileri dört alt grupta incelenmelidir.

1. **Kesme çiçekler:** Dünyada ticareti en fazla yapılan gruptur. Çünkü kitlesel üretim kolaylıkla yapılabilmekte ve kesme çiçeklerin taşınmaları ve ticareti kolayca olabilmektedir. Kesme çiçek kavramı bitkilerin buket, sepet, çelenk ve aranjmanlarda kullanılan çiçek, gonca, dal veya yaprakların taze, kurutulmuş durumlarını ifade etmektedir.
2. **İç mekan bitkileri:** Evlerde, bürolarda ve salonlarda iç dekorasyonda yeşil bir mekan oluşturmak için kullanılan bitkilerdir.
3. **Doğal çiçek soğanları:** Türkiye’de süs bitkilerinin ilk olarak tanınmasında öncülük yapan gruptur. Doğal olarak yetişen soğanların kültüre alınıp üretilmesi ile ticari anlamda önem kazanmıştır.

4. **Dış mekan bitkileri:** Doğadaki tüm bitkiler dış mekan bitkisi olarak değerlendirilebilir. Park ve bahçelerin, kentlerin ve yolların düzenlenmesinde, ağaçlandırılmasında kullanılan odunsu ve otsu bitkilerin tümüdür. Dış mekan süs bitkileri genellikle, parklarda, bahçelerde, yollarda, aktif ve pasif yeşil alanlarda, diğer bir deyişle çevre düzenlenmesinde kullanılan bitkilerdir. Bu bitkiler; kullandıkları alanı güzelleştirmenin dışında sosyal, kültürel, insan ve çevre sağlığı ve turizm açısından çok büyük öneme sahiptir. Dış mekan süs bitkileri; büyük ağaçlar, ağaççıklar, çalılar, çiçekler, yer örtücü bitkiler, su bitkileri, saz ve bambu türleri, sarmaşıklar ve çim gibi çeşitlilik göstermektedir (Özay ve Mammadov, 2013).

Süs lahanası (*Brassica oleracea*) Cruciferae familyasına ait bir dış mekan bitkisidir. Dekoratif amaçlı kullanımı çoğunlukla yer örtücü olarak, orta refüj ve yol kenarlarındadır (Özgür ve Köksal, 2010). *Brassica oleracea* bitkisi iklim istekleri yönünden seçici olmayıp soğuk iklimlere kolayca adapte olmaktadır. *Brassica oleracea* toprak istekleri bakımında da seçici değildir. *Brassica oleracea* (lahana) tuz stresine dayanıklı bir bitki olarak bilinmektedir (Boriss ve ark., 2006). Süs lahanası yüksek oranda ağır metal biriktirme yeteneğine sahip bir dış mekan süs bitkisidir (Sharma ve ark., 2008). Yılın her döneminde bulunabilen bu bitkiler süs amaçlı olarak kış aylarında kullanılmakta ve bahara girerken ömürlerini tamamlamaktadır. Tek yıllık ve otsu karakterli bir bitki olup, 10-30 cm kadar boylanabilmektedir. Bitkinin göbek kısmı pembe, kırmızı tonlarında olabildiği gibi beyaz da olabilir. İç içe geçmiş büyük yaprakları bir merkezden dışarı doğru açılır ve sarmal biçimde konumlanmıştır. Süs lahanasının düz kenarlı, ince saçaklı ve derin dişli yapraklı olmak üzere farklı formları vardır (Oral, 2004).

Süs bitkileri yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamı oldukça önemlidir ve yetiştiricilikte ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Arıtma çamurlarının organik madde içeriğinin yüksek olması sebebiyle günümüzde süs bitkilerinde yetiştirme ortamı olarak tek başına kullanabildiği gibi çeşitli ortamlar ile karışım halinde kullanımları da mümkün olmaktadır. Ayrıca makro ve mikro bitki besin elementlerince zengin olması bitki büyümesini pozitif yönde etkilediğinden, geleneksel süs bitkisi

yetiştiriciliğinde organik gübre kaynağı olarak kimyasal gübre yerine arıtma çamurlarının kullanılabileceğini göstermektedir (Garci-Gomez ve ark., 2002; Grigatti ve ark., 2007; Bachman ve Metzger, 2008). Bu açıdan bakıldığında, atık su arıtma çamurlarının süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanımı hem süs bitkisi yetiştiriciliğinde önemli bir girdi olan yetiştirme ortamı ve gübreleme maliyetlerinin düşürülmesi hem de günümüzde her geçen gün artan miktarlara ulaşarak çevresel bir sorun olarak karşımıza çıkan arıtma çamurların bertarafı problemine ekolojik ve ekonomik bir çözüm niteliğinde gözükmektedir. Ülkemizde özellikle gelişmekte olan süs bitkisi yetiştiriciliğinde de arıtma çamurlarından faydalanma imkanının her geçen gün giderek arttığı bildirilmiştir (Arıkan ve Öztürk, 2005).

Bu çalışmada çevre kirletici olarak bilinen arıtma çamurlarının süs bitkisi ortamı olarak kullanılma imkanı araştırılmıştır. Bu amaçla; arıtma çamurun içeriğinde bulunan ağır metalleri sömürme yeteneği olan ve ‘hiperakümülatör bitki’ olarak kabul edilen süs lahanası (*Brassica oleracea*) bitkisi kullanılmıştır. Kış aylarında çevre düzenlemelerinde yoğun olarak kullanılan, bu süs bitkisinin arıtma çamuru üzerinde yetiştirilme imkanları ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında arıtma çamurunun farklı oranları ile hazırlanmış yetiştirme ortamlarında süs lahasının gelişim performansı ortaya konurken bitki besin elementi alımı üzerine etkileri de araştırılmıştır. Aynı zamanda bu bitkinin fitoremedisyon (yeşil ıslah) yeteneği araştırılarak arıtma çamurların çevre düzenlenmelerinde kullanılarak bertaraf edilmesine yönelik sonuçlar ortaya konmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Arıtma Çamurlarının Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanımına İlişkin Çalışmalar

Arıtma çamurlarının besin zincirine katılan bahçe bitkilerinin üretilmesinde kullanılmasının sağlık açısından olası olumsuz etkileri sebebiyle kuşku içermektedir. Buna karşın arıtma çamuru kullanımının potansiyel risklerin söz konusu olmadığı bazı süs bitkisi türlerinde tercih edilmeleri akılcı ve ekonomik bir seçenek olarak görülmektedir. Aynı zamanda bu durum tarımsal ürünler için oldukça zararlı olabilecek bazı çamur bileşenlerine karşı süs bitkisi türlerinin daha toleranslı olduğunu göstermektedir (Jones ve ark., 1979). Bazı süs bitkilerinin üretiminde, arıtma çamurlarının çeşitli harç karışımlarına ilave olarak kullanıldığına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır.

Özcan ve Öztürk. (1995), Maltepe Askeri Lisesi arıtma tesisine ait farklı konsantrasyonlardaki arıtılmış ve arıtılmamış sular ile çamur'un, *L. prene* (ingiliz çimi) ve *L. italicum* (italyan çimi) bitkilerinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kontrol materyali olarak çeşme suyunun kullandığı çalışmada; arıtılmış su ve çamurun tohum çimlenme yüzdesini artırdığı, bitki gelişimini kontrole göre teşvik ettiği ve buna paralel olarak da kuru ve yaş madde miktarını artırdığı belirlenmiştir.

Tolay ve ark. (2000), maya üretim tesisinden ortaya çıkan arıtma çamuru, torf ve parçalanmış mısır sapı ile karıştırarak kompostlamış ve saksılarda bitki yetiştirme ortamı olarak kullanmışlardır. İki kısım arıtma çamuru kompostlanmış mısır sapı + 1 kısım kumlu balçık toprak ve % 20 tarımsal perlit karışımının mevsimlik bitkilerden; *Tagetes patula*, *Tagetes erecta*, *Zinnia elegans* ve *Malcolmia maritima* türlerinin yetiştiriciliğinde en iyi büyüme sonucunu verdiği saptanmıştır.

Çimrin ve ark. (2000), fosforlu gübrelere alternatif olarak arıtma çamurunun kullanılmasını ve arıtma çamurunun mısır bitkisinin toplam bitki kuru ağırlığı ile bitki besin elementi içeriğine etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bitkinin fosfor ihtiyacını karşılanmak için, TSP (Triple Süper Fosfat) ile arıtma çamuru

kombinasyonlarını kullanmışlardır. Uygulamaların kontrole göre, bitki kuru ağırlığını, toprak üstü aksam ağırlığını, bitkinin fosfor, çinko ve demir içeriğini önemli düzeyde artırdığını belirtmişlerdir. Uygulamaların bitki kök kuru ağırlığı ve bitki mangan içeriğini etkilemediğini, diğer yandan bitkinin bakır içeriğini azalttığını belirlemişlerdir. Arıtma çamuru ve TSP kombinasyonları, 80 ppm arıtma çamuru uygulamaları'na göre mısır bitkisinin fosfor içeriğini önemli olarak artırmasına rağmen, kombinasyonlar içerisindeki arıtma çamuru miktarı arttıkça bitkinin fosfor içeriği azalmıştır, ancak bu azalma istatistiki olarak önemsiz bulunmuş. Çalışmada, arıtma çamurunun bitkinin fosfor ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Bozkurt ve ark. (2000), kentsel arıtma çamurunun gübre değerini, bitki ve toprakta ortaya çıkabilecek toksiteye karşı humik asitin etkisini incelemişlerdir. Çalışmada kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimine, besin elementi ve ağır metal kapsamı üzerine arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Artan oranlarda (0, % 5, % 10, % 20 ve % 30) arıtma çamuru uygulamalarının, toprak üstü organ kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı ile toprak üstü organların N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ve Co içeriklerini arttırdığını belirlemişlerdir. Arıtma çamuru uygulamalarının toprak pH'sı, toprakta yarayırlı fosfor, toplam Ca, Zn, Cu ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Zn, Cu içeriklerini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Arıtma çamuru uygulanan topraklara humik asit verilmesi ile bitkinin Co, Ni, Cr, Cd içeriklerinde hafif azalma eğilimi görülürken DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu düzeyinin azaldığı bulunmuştur. Denenen arıtma çamuru dozlarında toprağın Zn içeriği dışında ağır metal riski olmadığı bildirilmiştir.

Bozkurt ve ark. (2001), kışlık arpa bitkisinin azot gereksinimini araştırmak amacıyla arıtma çamuru ve inorganik azotlu gübre uygulaması yapmışlardır. İnorganik azotlu gübre, 0-3-6-9- 12 kg N/da dozlarında, arıtma çamuru ise 0-400-800-1200-1600 kg/da düzeylerinde uygulanmıştır. Uygulama sonrasında bitkilerde ve toprakta besin elementi miktarları ile ağır metal düzeylerini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının bitkinin azot içeriğini ve alımını arttırdığını fakat artış'ın arıtma

çamuru uygulamalarında daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuç bitkinin azot ihtiyacının, bir bölümünün arıtma çamuru uygulaması ile karşılanabileceğini göstermiştir. Artan arıtma çamuru dozlarının P, Fe, Mn ve Cu içeriklerini artırmasına karşılık, diğer ağır metal içeriklerini önemli düzeyde artırmamıştır. Araştırmacılar, artan arıtma çamuru uygulamaları ile toprakta toplam Zn ve Cu miktarlarının arttığını; ancak topraktaki ağır metal kapsamalarının toksik düzeyin oldukça altında olduğunu belirtmişlerdir.

Korboulewsky ve ark. (2002), sera koşullarında yürüttükleri çalışmada arıtma çamuru ve mineral gübre uygulamasının *Diplotaxis eruroides* türüne etkilerini araştırmışlardır. Arıtma çamuru kompostu uygulanan bitkilerde çiçeklenmenin geciktiği ancak biyokütlede artış olduğu, bitkinin daha büyük kök sistemi oluşturduğu ve tohum sayısında da artış görüldüğü bildirilmiştir.

Topcuoğlu ve ark. (2003), farklı kentsel arıtma çamurlarının domates bitkisinde bitki besinleri ve ağır metal içerikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ile ilgili olarak her iki yıl da domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Ni ve Cd içeriklerinin arttığını belirtmişlerdir. Arıtma çamurlarının özelliklerindeki farklılıkların, yetiştirilen bitkilerin mineral içeriklerine yansıdığını bildirmişlerdir. Arıtma çamurunun tekrarlamalı uygulamalarında bitkilerin daha yüksek mineral içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan ise toprağa uygulanan çamurlarının bitki gelişimi üzerine olan olumlu etkileri düşük düzeylerde kalmıştır. Ancak, yinelemeli uygulamalarda ve yüksek uygulama düzeylerinde, fitotoksikite ve yüksek ağır metal içeriği belirlenmiştir. Yüksek düzeyde tuz ve mineral içeren çamur'un ikinci yıl uygulamasında domates bitkisinin gelişiminde duraklama ve toksite belirlenmiş ve Cd ve Pb gibi ağır metallerin bitkide insan sağlığı için izin verilen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir.

Aşık ve Katkat (2004), arıtma tesisi atıklarından alınan arıtma çamurunun özellikleri ve tarımsal kullanım olanağını araştırmışlardır. Sera koşullarında yürütülen çalışmada farklı miktarlarda arıtma çamuru (0-20- 40-80-120-160 ton ha⁻¹) toprağa uygulanmış ve mısır bitkisinin gelişim ve mineral element içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrasında

toprak özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler incelemişlerdir. Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru'nun; bitkinin mineral element içeriğini artırdığını ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir

Hernandez-Apaoloza ve ark. (2005), çam kabuğu ve hindistan cevizi lifi ile arıtma çamuru karışımının süs bitkisi üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmada, *Pinus pinea*, *Cupressus arizonica* ve *Cupressus sempervirens* türlerini kullanmışlardır. Çam kabuğu ve hindistan cevizi lifinin % 30'luk arıtma çamuru ile karışımlarının *C. arizonica* ve *C. sempervirens* türlerinde çok iyi sonuçlar verdiği, *P. pinea* türünde ise farklı ortamların araştırılması gerektiğini vurgulanmışlardır.

Özdemir ve ark. (2005), arıtma çamurlarının *Cupressus macrocarpa* 'Gold Crest' (limoni servi) çeşidinde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme potansiyelini araştırdıkları çalışmada, arıtma çamuru belli oranlarda (% 10, 20, 30 ve 50) çürütülmüş fındık zürufu, mısır samanı kompostu ve fındık zürufu + mısır samanı kompostuna karıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; artan dozlarda arıtma çamuru, C/N oranını azaltmış ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini istenilen değerlere ulaştırmıştır. Bitki büyüme performansı açısından da en iyi sonuçların % 30 ve % 50 arıtma çamuru ile oluşturulan karışımlardan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Stabnikova ve ark. (2005), *Ipomea aquatica* (Su ıspanağı) türünde yaptıkları çalışmada, arıtma çamuru ve bahçe kompostu karışımı kullanmışlardır. Bu karışımların *Ipomea aquatica* türünde bitki gelişimini arttırdığını, en yüksek yaş ağırlığın % 4 bahçe kompostu ve % 2 arıtma çamuru karışımında olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonunda araştırmacılar, kullandıkları arıtma çamurunun ağır metal içeriğinin toksik düzeyin altında olması sebebiyle denedikleri karışımların kent peyzajı ve bahçecilikte kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Grigatti ve ark. (2007), *Begonia semperflorens*, *Mimulus*, *Salvia splendens*, *Tagetes patula* türlerinde ortam olarak beyaz turba (kontrol), yeşil atık ve arıtma çamurunun kullanıldığı çalışmada bitki büyümesi ve iz element içeriklerinin etkilendiği'ni bildirilmişlerdir. *B. semperflorens* türünde; çiçek sayısı ve kuru ağırlık % 25 arıtma çamuru bulunan ortamda artarken, *S. splendens* türünde; kuru ağırlık %

25-50 arıtma çamuru olan ortamda artmıştır. *T. patula* türünde ise % 50'nin üzerinde arıtma çamuru olan ortamlarda kuru ağırlıkta artış saptanmamıştır. Çamur uygulamaları begonya türü hariç diğer türlerde bitki dokularındaki P konsantrasyonunda azalmaya neden olmuştur. Buna karşın *S. splendens* hariç üç türün bitki dokularında Mg konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir. *T. patula* ve *S. splendens* türlerinde de Ni ve Fe noksanlıkları görüldüğü bildirilmiştir.

Bose ve ark. (2008), saksıdaki *Canna indica* türüne farklı miktarlarda endüstriyel atık çamur uygulaması yaparak, bitki büyümesine etkileri ve bazı ağır metallerin bitkideki taşınımını araştırmışlardır. Sonuç olarak, toprakta çamur miktarının artmasıyla bitkinin farklı kısımlarında metal konsantrasyonun arttığı ancak *C. indica*'nın endüstriyel atık çamur uygulamasına iyi adapte olduğu ve bu bitkinin yeşil ıslah (phytoremediation) çalışmaları için tavsiye edilebileceği bildirilmiştir.

Wang ve ark. (2008), arıtma çamurlarının *Zoysia japonica* ve *Poa annua* çim türünde büyüme, gelişme ve çim alan kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada farklı dozlarda arıtma çamuru (0, 15, 30, 60, 120 ve 150 ton/ha) uygulamışlardır. Arıtma çamurunun topraktaki organik madde ve mineral içeriğini arttığı, çim bitkilerinde büyüme dönemini uzattığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, araştırmacılar arıtma çamurunun topraktaki ağır metal içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Özellikle Cd'un sınır değerlerin üzerinde olması sebebiyle tarımda kullanılmaması gerektiği ortaya konulmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar, arıtma çamurunun orman ve çim alanlarda kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Manas ve Castro (2008), orman fidancılığında torf ve benzeri materyallerin ekonomik olmaması nedeniyle alternatif materyallerin yaratılması amacıyla yaptıkları çalışmada, arıtma çamuru dahil 7 farklı organik materyal kullanılarak, *Pinus pinaster* fidanı yetiştiriciliğinde en iyi sonucun belediye atığı çamuru ile kompost edilmiş arıtma çamuru uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, arıtma çamurunun diğer farklı ürünlerle karıştırılıp kullanılabileceğini ve arıtma çamuru kullanımının yararlı kaynak yaratabileceği de ortaya koymuşlardır.

Dede ve ark. (2009), tek yıllık mevsimlik süs bitkisi türleri olan *Primula vulgaris* ve *Tagetes patula* var. *nana*'nın kullanıldığı çalışmada, fındık zürufu ve

arıtma çamurunu değişik oranlarda karıştırılarak hazırladıkları yetiştirme ortamlarını kullanmışlardır. Fındık zürufu yetiştirme ortamına arıtma çamuru ilave edilmesinin bitki gelişimini olumlu etkilediğini belirtmişlerdir. *Primula vulgaris* türünde elde edilen değerler süs bitkisi kalite kriterleri açısından incelendiğinde; karışımdaki arıtma çamuru oranının artmasıyla da bitki boyunda artış görüldüğü belirlenirken, bitki boyunda en yüksek değerin kontrol uygulamasında olduğu bulunmuştur. Buna karşın arıtma çamuru uygulamalarında gövde çapı, taç çapı ve kuru ağırlık değerlerinde kontrole göre artış belirlenmiştir. *Tagetes patula* var. *nana* türünde ise arıtma çamurunun % 50 oranına kadar kullanımının bitki büyümesinde gerilemeye yol açmadığı sonucu elde edilmiştir.

Çelebi ve ark. (2010), İngiliz çimi (*Lolium perenne* var. *ovation*) çeşidinde arıtma çamurunun 3, 6, 9, 12 kg/da dozlarını ve kontrol olarak da standart çiftlik gübresini kullanılmışlardır. Sonuçta, ilk dönemde bitki boyu, yeşil ot verimi ve bitki kaplı alan değerleri düşük bulunurken daha sonraki dönemlerde arıtma çamurunun yüksek dozlarının kullanıldığı alanlarda daha yüksek değerler elde edilmiştir. Renk ve çim kalitesi kriterlerinin ise atık su arıtma çamurunun yüksek dozlarında en yüksek değerlere ulaştığı, özellikle yaz aylarında atık su arıtma çamurunun kontrole göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Çelebi ve ark. (2011), *Festuca rubra* var. *Rubra*' da arıtma çamurunu farklı dozlarda (0, 3, 6, 9 ve 12 t/da) uygulayarak çiftlik gübresiyle karşılaştırmışlardır. Sonuçta; birinci yıl ilk dönemde alınan gözlemlerde bitki boyu, yeşil ot verimi ve bitki kaplı alan değerlerinin atık su arıtma çamurunun yüksek dozlarının kullanıldığı uygulamalarda düşük, daha sonraki dönemlerde ise yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, renk ve çim kalitesi kriterleri açısından, çiftlik gübresi kullanımına göre genel olarak her gözlem döneminde daha iyi sonuçlar alındığını, atık su arıtma çamurunun *Festuca rubra* var. *rubra* çeşidinde çim performansını arttırması sebebiyle çiftlik gübresine önemli bir alternatif olabileceğini vurgulamışlardır.

Ünal ve ark. (2011), kesme çiçek olarak değerlendirilen *Freesia spp* (Arpa Zambağı) türünde arıtma çamurunu farklı dozlarda uyguladıkları (0, 30, 60, 90 ve 180 t ha⁻¹) çalışmada, artan organik madde miktarıyla birlikte başak ve çiçek sapı uzunluğunda artış tespit etmişlerdir. Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma

çamuru *Freesia* spp. bitkisinin gelişimini etkilemiş olup; çamurun farklı dozları bitki başına elde edilen çiçek sayısı, kandil sayısı, yumru çapı ve yumrudan elde edilen yavru sayısını kontrole göre artırmıştır.

Demirkan ve ark. (2014), yaygın olarak kullanılan mevsimlik süs bitkilerinden *Clarkia amoena* türünde farklı dozlarda (Kontrol, % 25, % 50 ve % 75) atık su arıtma çamuru uygulanmalarının bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkilerinin ortaya konulmasını hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda; sürgün uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı, kök uzunluğu, üst aksam yaş ağırlığı ve üst aksam kuru ağırlığına ait sonuçlar önemli bulunmuştur. Kök yaş ve kuru ağırlığı parametrelerine bakıldığında ise değerlerin artmasına rağmen istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Akat ve ark. (2015), *L. sinuatum* yetiştiriciliğinde bölgedeki arıtma tesisinden elde edilen arıtma çamurunun bitki gelişimi ve verimi üzerindeki etkilerini ortaya koymayı hedefledikleri çalışmada farklı dozlarda arıtma çamuru (% 0, % 25, % 50, % 75, % 100) kullanmışlardır. Bitki başına çiçek sayısı, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek sapı kalınlığı artmıştır. Bitki verimi, çiçek sapı uzunlukları ve kalınlıkları ile yaprak sayılarına ilişkin en yüksek değerler sırasıyla % 50 ve % 75 doz uygulamalarından elde edilmiştir. Kök kuru ağırlığı ve üst aksam kuru ağırlığı değerleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, üst aksam yaş ve kuru ağırlığında ise kontrole kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir.

2.2. Bitkilerde Ağır Metal Alımı Ve Fitoremedisyon Özelliği İle İlgili Çalışmalar

Süs bitkileri türleri, arıtma çamurlarının bertarafı için doğrudan yetiştiricilik ortamı olarak kullanılmalarının yanı sıra süs bitkileri ağır metal bakımından zengin olan çamurlar ve topraklardan ağır metallerin bertarafında önemli rol oynamaktadır. Bitki türlerinin ağır metal alımı ve ağır metallerin bertarafı konusunda yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır.

Kumar ve ark. (1995), hardal bitkisinin (*Brassica juncea*) bazı türleri 760 µM Pb içeren besin solüsyonunda yetiştirildiği zaman gövde aksamında %1,5 düzeylerinde kurşun (Pb) biriktirebileceğini belirtmiştir. Ağır metalleri bünyesinde

topladığı bilinen bitkilerin çoğunluğunun *Brassica* familyasından olduğunu belirtmiştir.

Madejon ve ark. (2003), yürüttükleri çalışmada eski bir madende ayçiçeği yetiştirip toprağın iyileşme miktarını, ağır metalle kontamine olmamış bölgedeki sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak ayçiçeği bitkisinin bitkisel özümleme kapasitesinin çok düşük olduğu ancak bu bitkinin bölgede toprak koruma için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Manios ve ark. (2003), süs bitkisi olarak kullanılan *Typha latifolia* (su kamışı)'nın, sudan topladığı ağır metallerin incelendiği çalışmada bu bitkinin kök, gövde ve yapraklarında fazla miktarda bakır (Cu), nikel (Ni) ve çinko (Zn) metallerini biriktirdiğini tespit etmişlerdir.

Marchiol ve ark. (2004), çeşitli metallerle kirletilmiş topraklar üzerinde kanola (*Brassica napus*) ve turp (*Raphanus sativus*) bitkisi yetiştirerek bu bitkilerin fitoekstraksiyondaki işlevini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda her iki bitkinin de metal birikiminde etkin oldukları, fakat turp bitkisinin kolza bitkisinden daha etkin olduğu ve sonuç olarak bu türlerin çeşitli metallerle kirletilmiş toprakların fitoremediasyonu için uygun oldukları tespit edilmiştir.

Brennan ve Bolland (2005), kanola (*Brassica napus* L.) ve buğday (*Triticum aestivum*) bitkileri ile yürüttükleri çalışmada farklı konsantrasyonlarda kadmiyum ve fosforlu gübre uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada kanola bitkisinde kadmiyum konsantrasyonunun buğdaya oranla üç kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Fosfor konsantrasyonları açısından değerlendirildiğinde ise kanola bitkisinde iki katı daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kanolanın kuru gövde ve dane üretiminde tüm fosfor kaynaklarını buğdaydan daha etkin şekilde kullandığı tespit edilmiştir.

Nouairi ve ark. (2006), *Brassica napus* (Kanola) bitkisinin Cd biriktirme potansiyelinin araştırıldıkları çalışmada, Cd-hiperakümülatörü olarak bilinen *Brassica juncea* (Hardal) bitkisiyle karşılaştırmışlardır. Çalışma sonunda her iki bitkinin de kök bölgesinde biriken Cd konsantrasyonlarının gövdede birikenden fazla olduğunu belirtmişlerdir. Ancak araştırmacılar *B. juncea* bitkisinin gövdesinde *B. napus* bitkisine göre üç kat daha fazla Cd biriktirdiğini tespit etmişlerdir.

Lazaro ve ark. (2006), Cr (Krom), Mn (Manganez) ve Zn (Çinko) ile kirlenmiş toprağın bitkisel özümleme tekniği olan fitoremediasyon ile arıtmaya çalışmışlardır. Çalışma için yüksek biriktirme kapasitesine sahip *Cistus ladanifer*, *Lavandula stoechas*, *Plantago subulata* ve *Thymus mastichina* bitkilerini kullanmışlardır. Araştırma sonucunda Akdeniz bölgesine özgü bu bitki türlerinden “*P. subulata*” metal toksitesinden zarar görürken diğer üç bitki sahip oldukları yüksek tolerans kabiliyeti sayesinde hayatta kalmıştır. Sonuç olarak bu üç türün fitoremediasyon için iyi bir performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada ortamdaki yüksek ağır metal konsantrasyonuna rağmen *Cistus ladanifer*, *Lavandula stoechas*, ve *Thymus mastichina* koku bileşenleri ve uçucu yağlar bakımından ekonomik olarak fayda sağlayabilecek bir biokütle ortaya koymuşlardır.

Imamul ve ark. (2005), süs bitkileri kullanılarak topraktaki arsenik (As) kirliliğinin giderilmesi ile ilgili yaptıkları bu çalışmada süs bitkisi olarak kadife çiçeği (*Tagetes patula*) ve Fil kulağı (*Syngonia sp.*) kullanmışlardır. Saksıda kontrollü şartlar altında yetiştirilen ve çeşitli konsantrasyonlarda arsenik (As) verilen bitkiler, 15 gün sonunda kök ve gövdelerinde arsenik metalini biriktirmiştir. Ayrıca bu bitkilerin, metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde kullanılması açısından iyi birer kaynak olduğunu belirtmişlerdir.

Yoon ve ark. (2006), tropical bölgelerde ve Güney Amerikada yetişen ve bir süs bitkisi olan *Phylla nodiflora*’nın etkin olarak bakır ve çinkoyu bünyesine aldığını bildirmişlerdir.

Wei ve ark. (2006), süs bitkisi olarak kullanılan ve özellikle yaprakları için yetiştirilen eğrelti bitkisinin (*Pteris cretica* ve *Pteris vittata*) arsenik biriktirme kapasitelerini incelemişlerdir. Bu bitkilerin arsenik ile kontamine olmuş toprakların temizlenmesinde potansiyel temizleme aracı olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Dai ve ark. 2006, tarımda kullanım kriterlerine göre Cd, Zn, Cu ve Ni konsantrasyonları yüksek olan arıtma çamurunu, saksıdaki bazı süs bitkisi türlerine (*Begonia semperflorens*, *Ophiopogon japonicus*, *Viola tricolor*, *Antirrhinum majus*, *Buxus radicans*, *Ligustrum lucidum*, *Viburnum macrocephalum*, *Osmanthus fragrans*, *Loropetalum chindense* var. *rubrum*, *Dendranthema morifolium* ve

Cinnamomum camphora) uygulayarak etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada arıtma çamuru uygulamasının 8 süs bitkisi türünde (*B. semperflorens*; *O. japonicus*; *L. chindense* var. *rubrum*; *D. morifolium*; *B. radican*; *V. macrocephalum*; *O. fragrans*; *C. camphora*) kontrole göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Ağır metal içeriklerinde ise türlere göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek Ni, Cu, As, Pb, Cd ve Cr konsantrasyonunun özellikle *D. morifolium* türünde saptandığı görülmüş, tüm bitki örneklerinde Cu konsantrasyonunun bitkiler için toksik sınır olan 20 mg/kg'dan yüksek olduğu belirlenmiştir.

Angelova ve ark. (2007), ayrı ve kombine şekilde Pb, Cd ve Zn ile kirletilmiş topraklar üzerinde yetiştirilen *Brassica napus* L. bitkisinin ağır metal alımını araştırılmıştır. Deneme sonucunda topraktaki Pb, Cd ve Zn metallerinin konsantrasyonlarının artışına paralel olarak bu metallerin bitkinin kök, sap ve tohumundaki konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir. Alınan Pb ve Zn'nun büyük bir kısmının köklerde biriktiği diğer kısmının ise gövde ve tohum aksamalarına taşındığı ortaya konmuştur. Ayrıca Cd'un kökten sap kısmına kolayca hareket ederek bitkinin üst kısmında yüksek oranlarda biriktiği belirlenmiştir.

Köseoğlu (2007), atık su arıtma tesisinden alınan atık çamurun ağır metal içeriğinin süs bitkileri kullanılarak temizlenebileceğini ve süs bitkileri yetiştiriciliğinde bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilineceğini belirtmişlerdir. Bu amaçla yürütülen çalışmada süs bitkisi olarak *Aptenia cordifolia* (buz çiçeği, öğle çiçeği), *Carpobrotus edulis* (kaz ayağı) ve *Bryophyllum tubiflorum*'u kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bitki bünyelerinde Cr, Fe, Ni, Mn, Cu, Pb gibi ağır metallerin miktarları belirlenmiştir. Bitkilerin ağır metalleri bünyelerine farklı miktarlarda aldığını ve atık çamurunun süs bitkisi yetiştiriciliği sektöründe bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilineceğine dikkat çekmişlerdir.

Liu ve ark. (2008a), süs bitkilerinin kentsel alanları güzelleştirmesinin yanı sıra topraktaki ağır metallerin temizlenmesinde de kullanılabilineceğini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışmada süs bitkisi olarak *Calendula officinalis* (aynısafa çiçeği) ve *Althea rosea* (gül hatmi)'nin kadmiyuma toleransı ve kadmiyum biriktirme özellikleri incelenmiş ve bu bitkilerin fitoremediasyonda kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Liu ve ark. (2008b), *Calendula officinalis* (aynısafa çiçeği), *Altheae rosea* (gül hatmi), *Impatiens balsamina* (kına çiçeği) süs bitkilerinin fitoremediasyon yeteneklerini araştırmışlardır. Çalışmada tek Cd ve Cd-Pb kombine stresi altında bitkilerin tepkileri ve muhtemel fitoremediasyon yetenekleri araştırılmıştır. Bu üç süs bitkisinin de Cd ve Pb kirliliğine karşı yüksek tolerans gösterdikleri ve bu metalleri etkin bir biçimde biriktirebildiklerini tespit etmişlerdir. Ayrıca *Altheae rosea* (gül hatmi)'nın muhtemel bir Cd hiperakümülatörü olduğunu tespit etmişlerdir.

Sharma ve ark. (2008), *Brassica oleracea* ve *Brassica juncea* bitkilerinin ağır metal biriktirme içeriğini araştırmışlardır. Yoğun ağır metal kirliliğine sahip bölgede (özellikle Cu, Cd, Pb ve Zn ağır metalleri ile kontamine olmuş) bu bitkiler yetiştirilmiştir. Sonuçta *Brassica oleracea* ve *Brassica juncea*'nın bünyesinde Cu, Cd ve Zn metallerini biriktirdiği tespit edilmiştir. *Brassica juncea* ise bu ağır metallerin yanı sıra Pb'nu *Brassica oleracea*'dan daha fazla biriktirmiştir.

Purakayastha ve ark. (2008), ağır metaller (Zn, Cu, Ni ve Pb) ile kirlenmiş topraklar üzerinde beş farklı *Brassica* türünü (*Brassica juncea*, *Brassica campestris*, *Brassica carinata*, *Brassica napus* ve *Brassica nigra*) yetiştirmiş ve bu türlerin metalleri bünyesinde biriktirebilme kabiliyetlerini araştırmışlardır. *Brassica carinata* bitkisi yüksek kuru madde üretimine bağlı olarak bünyesinde yüksek oranda Zn, Ni ve Pb alırken, *Brassica campestris* bitkisinin yüksek Zn alım kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Genellikle farklı türlerin ağır metalleri alımı kök, gövde ve tohum aksamaları açısından karşılaştırıldığında en yüksek alımın sırasıyla Zn, Ni ve Pb şeklinde olduğu belirlenmiştir .

Başçı (2009), Cr (VI) iyonunu en yüksek düzeyde alabilen, bitki türünün tespiti ve bu bitkiler yardımıyla topraktan Cr (VI) iyonunun temizlenmesini amaçladıkları çalışmada farklı bitki türlerini değerlendirmişlerdir. Süs bitkisi olarak park ve bahçe, yol kenarları ve göbeklerde sıklıkla kullanılan *Aptenia cordifolia* (buz çiçeği, ögle çiçeği) *Brassica juncea* (hardal), *Brassica oleracea* (lahana) ve *Alyssum maritima* (bal çiçeği) bitkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla bitkilere farklı konsantrasyonlarda (2.6, 13, 26 ve 52 ppm) $K_2Cr_2O_7$ (potasyumdikromat) kullanılarak hazırlanmış olan sentetik atık su verilmiştir. Çalışma sonucunda bitki kök, gövde ve yaprak dokularındaki Cr (VI) iyonu miktarları belirlenmiştir. Çalışma

sonunda en yüksek konsantrasyonda Cr (VI) iyonunu bünyesine alabilen bitkilerin sırasıyla *Alyssum maritima* > *Brassica juncea* > *Brassica oleracea* > *Aptenia cordifolia* olduğu belirtilmiştir.

Siskos ve ark. (2010), *Alyssum* bitkilerdeki Ni birikimini ortaya koymak amacıyla yürüttükleri bu çalışmada, normal şartlar altında bitkilerde Ni birikiminin 0.5-10 µg/g arasında iken, *Alyssum* türlerinin yapraklarında 1280-29.400 µg/g (kuru ağırlık) Ni biriktirebildiğini belirlemişlerdir.

Shukla ve ark. (2011), arıtma çamurunun bazı süs bitkisi türlerinde (*Terminalia arjuna*, *Prosopis juliflora*, *Populus alba*, *Eucalyptus tereticornis* ve *Dendrocalamus strictus*) büyümeye etkisinin ve ağır metal biriktirme kapasitesinin araştırıldığı çalışmada, bitkilerin büyüme performansı, ağırlık, gövde çapı ve taç alanı ölçümleri yapılmış ve bitki dokularında toksik metallerin biriktiği gözlemlenmiştir. *E. tereticornis* türünde, daha fazla Fe, Cu, Mn ve Zn metallerinin, *T. arjuna* türünde ise Cd ve Ni metallerinin biriktiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, çalışmadan 1 yıl sonra toksik metallerin farklı oranlarda (Cr % 70.22, Ni % 59.21, Cd % 58.4, Fe % 49.75, Mn % 30.95, Zn % 22.80, Cu % 20.46 ve Pb % 14.05) ortamdan uzaklaştığı görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma 2014-2015 yıllarında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Süs Bitkisi Araştırma ve Uygulama Serasında yürütülmüştür. Çalışmada süs lahanası bitkileri Adana Batı Atık Su Arıtma Tesisinden temin edilen stabilize evsel atık su arıtma çamuru ile hazırlanan yetiştirme ortamlarında yetiştirilmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel Materyal

Bu deneme kapsamında bitkisel materyal olarak süs lahanası'na ait 2 farklı çeşit kullanılmıştır.

Brassica oleracea L. 'Kamome Pink': Pembe ve yeşilin farklı tonlarını bir arada bulunduran bir süs lahanası çeşididir. Sonbahar ve kış bahçesi için çok uygun park ve bahçeleri güzelleştiren bir bitkidir. Genellikle tek yıllık olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır. Etli yapraklı olan bu bitki Avrupa'nın bazı bölgelerinde kullanılmaktadır. Geniş yapraklı ve yaprak kenarları kıvrımlıdır. Yapraklar merkezde koyu pembe yada kırmızı olup dışa doğru olan yapraklar yeşil renktedir (Şekil 3.1). Hava sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde yapraklardaki pembe ve kırmızı renk oluşumu artar ve yaprak rengi parlaklaşır. Hava sıcaklığı yüksek olduğunda ise yapraklarda sararmalar meydana gelmektedir. Bol drenajlı ve organik olarak zengin toprakları sever. Kış bitkisi olmasına rağmen aşırı soğuk dönemlerde zarar görebilir. Tohumların ilkbahar yada sonbaharın erken dönemlerinde ekilmesi gerekmektedir. Tohum ekiminden 65-70 gün sonra olgunlaşır ve bitki satılabilecek duruma gelir (TAKII SEED, 2015).

Brassica oleracea L. 'Pigeon Purple': Yeşil ve mor yaprakların karışımından oluşmuş ve tepe kısmı yukardan bakıldığında rozet görünümüne sahiptir. Yaprakları geniş ve yaprak kenarları düzdür (Şekil 3.2). Bol drenajlı ve organik madde bakımından zengin topraklarda kolaylıkla yetiştirilebilir. Tohumların

ilkbahar yada sonbaharın erken dönemlerinde ekilmesi gerekmektedir (TAKII SEED, 2015).



Şekil 3.1 ‘Kamome Pink’ süs lahanası çeşidinin genel görünümü



Şekil 3.2. ‘Pigeon Purple’ süs lahanası çeşidinin genel görünümü

3.1.2. Bitki Yetiştirme Ortamında Kullanılan Substratların Özellikleri

Çalışmada kullanılan arıtma çamuru “Batı Adana Atık Su Arıtma Tesisi”nden temin edilmiştir. Denemede kullanılan çamur, tesisin çökeltme havuzlarında toplanıp çürütülmüş, yoğunlaştırılıp susuzlaştırılmış ve sonra tesis içinde belirli alanlarda serilip kurutulmuş arıtma çamurlarından alınmıştır. Tesisin son ürünü olan arıtma çamuru içerisindeki ağır metal miktarları 31 Mayıs 2005 tarihli 25831 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”ne göre sınır değerlerin altındadır (Çizelge 3.1). Deneme sırasında bu çamura herhangi bir işlem yapılmamıştır. Kullanılan arıtma çamurunun karakterizasyonu Çizelge 3.2.’de verilmektedir (Köseoğlu, 2007). Yetiştirme ortamı harç karışımında kullanılan bahçe toprağı ise Çukurova Belediyesi Park ve Bahçeler Şube Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Çizelge 3.1. Toprakta kullanılabilecek arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal içerikleri (Tavan Konsantrasyonlar) (Anonymous, 2001).

Kirletici	Sınır Değerler (mg/kg fırın kuru ağırlık)
Kurşun	1200
Kadmiyum	40
Krom	1200
Bakır	1750
Nikel	400
Çinko	4000

Çizelge 3.2. Batı Adana Atık Su Arıtma Tesisi arıtma çamuru karakteristiği (Köseoğlu, 2007).

<i>Özellikler</i>	<i>Konsantrasyon</i>
Kuru madde (%)	90.8
Organik madde (kg t ⁻¹)	538
C/N oram (% kuru madde)	8.9
Toplam N (kg t ⁻¹)	32
Cd (mg kg ⁻¹)	2.2
Co (mg kg ⁻¹)	2.6
Cu (mg kg ⁻¹)	203.4
Fe (mg kg ⁻¹)	8.6
Mn (mg kg ⁻¹)	216.8
Ni (mg kg ⁻¹)	4.9
P (mg kg ⁻¹)	14.1
Zn (mg kg ⁻¹)	401.9

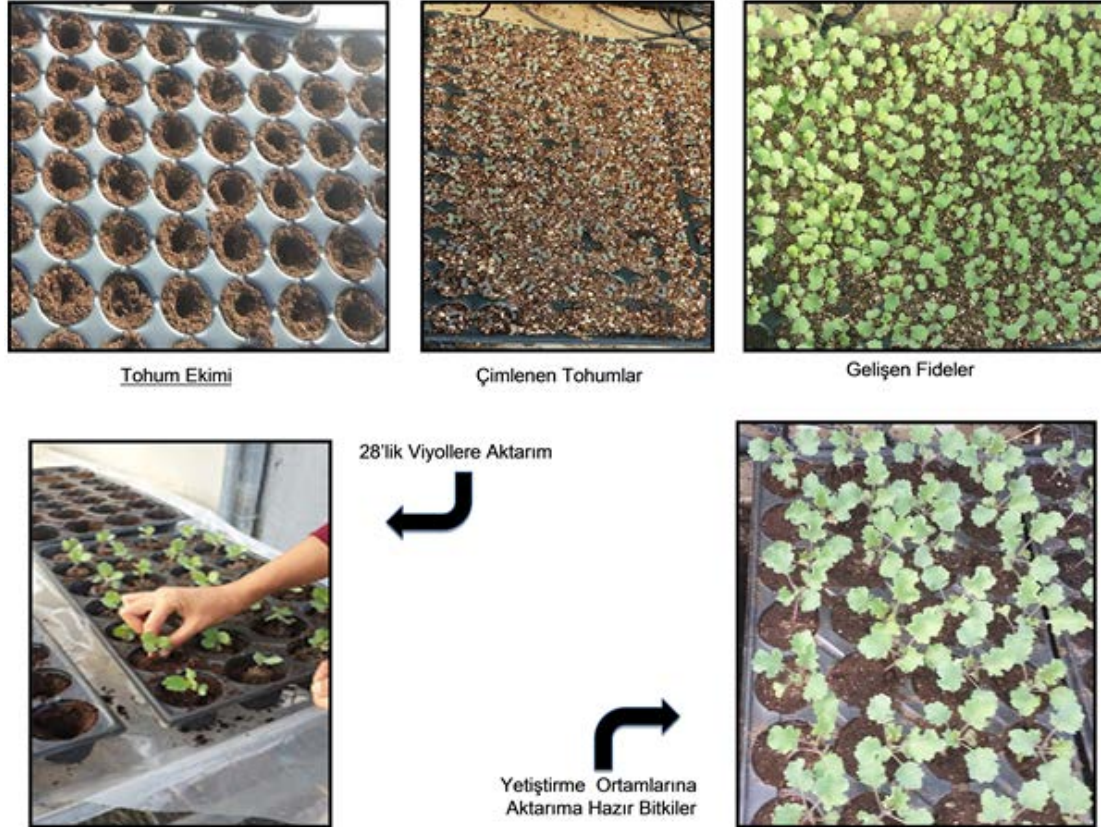
3.2. Metod

Bu çalışmada, iki farklı süs lahanası çeşidinin atıksu arıtma çamuru kullanılarak hazırlanan 5 farklı yetiştirme ortamında yetiştiriciliğinin yapılması, bitki gelişim, kalite ve fizyolojik parametreler üzerine etkilerinin ortaya konması, bitkilerin besin elementi alımlarının belirlenmesi ve yetiştirme sürecinde bitkilerin ortamdan sömürdüğü ağır metal miktarının belirlenmesi hedeflenerek deneme yürütülmüştür.

3.2.1. Süs Lahanası Fidelerinin Yetiştirilmesi

Süs lahanası (*Brassica oleracea* L.) çeşitlerine ait tohumların (TAKII SEED) çimlendirme işlemi içerisinde torf bulunan 108'lik viyoler'de gerçekleştirilmiştir. Çimlendirme aşamasında içerisinde herhangi bir fungus bulunmayan, ince yapılı, hava kapasitesi yüksek, lif oranı az olan, orta seviyede gübre ve gerekli iz elementlerini içeren torf kullanılmıştır. Çimlenme 5 gün içerisinde gerçekleşmiştir. Çimlenmeden 15 gün sonra fidelerin pişkinleşmesi için bitkiler 28'lik viyollere aktarılmıştır. Bu aktarım işleminden 1 ay sonra bitkiler yetiştirme ortamlarına dikime

hazır hale gelmiştir. Süs lahanasında fide yetiştirme aşamaları Şekil 3.3’de görülmektedir.



Şekil 3.3. Süs lahanası çeşitlerinin fide yetiştirme aşamaları

3.2.2. Bitki Yetiştirme Ortamlarının Hazırlanması

Batı Adana Atık Su Arıtma Tesisinden alınan arıtma çamuru ve Çukurova Belediyesi Park ve Bahçeler Şube Müdürlüğünden temin edilen kırmızı bahçe toprağı Ç.Ü. Bahçe Bitkileri Süs Bitkileri Serasına getirilmiştir. Daha sonra homojen bir karışım elde etmek amacıyla arıtma çamuru ve bahçe toprağı ıslatılarak 3 gün bekletilmiştir. Bu süre sonunda oluşan kesekler kürek yardımıyla küçültülmüş ve kullanımdan önce elekten geçirilerek homojenize edilmiştir.

Arıtma çamuru ve bahçe toprağının ön hazırlık aşamasından sonra aşağıda verilen oranlarda harç karışımı yapılarak yetiştirme ortamları hazırlanmıştır.

I.Ortam (Kontrol)	: Bahçe toprağı (%100)	+	Aritma çamuru (%0)	(4:0)
II.Ortam	: Bahçe toprağı (%75)	+	Aritma çamuru (%25)	(3:1)
III.Ortam	: Bahçe toprağı (%50)	+	Aritma çamuru (%50)	(2:2)
IV.Ortam	: Bahçe toprağı (%25)	+	Aritma çamuru (%75)	(1:3)
V.Ortam	: Bahçe toprağı (%0)	+	Aritma çamuru (%100)	(0:4)

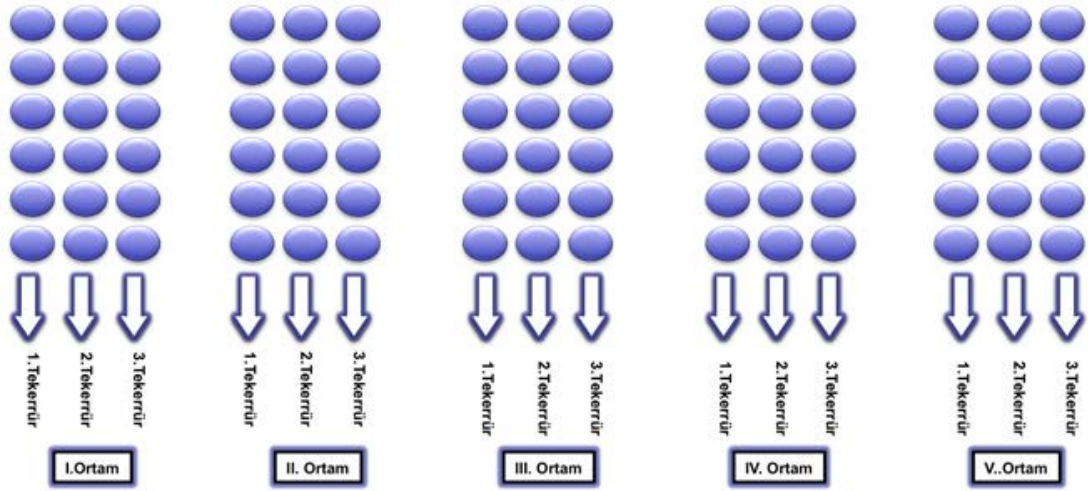
Yetiştirme ortamları belirtilen oranlarda homojen bir şekilde hazırlandıktan sonra, karışımlar önce 5 lt hacimli şeffaf ve kalın poşetler içerisine doldurulmuştur. Daha sonra bu şeffaf poşetler dışı siyah ve deliksiz yetiştirme torbalarının içerisinde düzenli bir şekilde yerleştirilerek bitkilerin dikimini kolaylaştırmak için ön sulama işlemi yapılarak 1 gece bekletilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Bitki yetiştirme ortamında kullanılan substuratlar ve deneme bitkileri

3.2.3. Bitkilerin Yetiştirme Ortamlarında Yetiştirilmesi

Deneme planı 3 tekerrürlü olarak hazırlanmıştır. Her tekerrürde 6 bitki toplamda ise 1 çeşit için 90 bitki kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Deneme planının şematik görünümü

Bitki boyları ortalama 7 cm'e ulaşınca bitkiler yetiştirme ortamlarına dikilmiştir (Şekil 3.4). Bitki dikiminden sonra sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneme süresi boyunca bitkinin ihtiyacı doğrultusunda sulamalar devam ettirilmiştir.

Araştırmada kullanılacak olan toprak (kontrol) uygulamasında bitkilerin sağlıklı bir biçimde gelişim gösterebilmeleri için $300 \text{ mg kg}^{-1} \text{ N}$ ($\text{NH}_4\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), $150 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}$ (KH_2PO_4) ve $200 \text{ mg kg}^{-1} \text{ K}$ (KH_2PO_4) olacak şekilde 15 gün aralıklarla temel gübreleme yapılmıştır. Arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarında gübreleme işlemi yapılmamıştır.

3.2.4. Denemede İncelenen Parametreler

Yetiştiricilik dönemi boyunca bitkilerde büyüme ve gelişim gözlemlenmiştir. Çalışma sonunda bitkiler yetiştirme ortamlarından sökülmeden önce bitkilerde çeşitli morfolojik ve fizyolojik ölçümler yapılmıştır.

Hasat edilen bitkiler serada büyük kaplar içerisinde ön yıkama işlemi

yapıldıktan sonra etiketli poşetler içerisine yerleştirilerek laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvar ortamında bitkiler tekrar yıkandıktan sonra saf sudan geçirilmiştir. Bu aşamada bazı morfolojik ve fizyolojik ölçümler yapılmıştır. Morfolojik değerlendirmeler sonrasında bitkilerin kök ve üst aksamaları ayrılıp kese kağıtlarına yerleştirildikten sonra 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Bitkilerin kuruma işleminden sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru örnekler bitki besin elementlerinin belirlenmesi aşamasına kadar muhafaza edilmiştir.

3.2.4.1. Morfolojik Parametreler

3.2.4.1.(1). Bitki Yüksekliği (cm)

Bitki yüksekliği için bitki baş kısmının en tepe noktasından kök boğazına kadar olan mesafe metre ile cm cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.4.1.(2). Gövde Boyu (cm)

Bitkilerin kök boğazından başa kadar olan mesafe ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.4.1.(3). Baş Yüksekliği (cm)

Başın gövdeye bağlandığı noktadan tepe noktasına kadar olan mesafesi ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.4.1.(4). Kök Uzunluğu (cm)

Her tekerrürde bitkiler laboratuvar ortamına getirildikten sonra düz bir zemin üzerine konularak kök ucundan kök boğazına kadar olan mesafe metre ile ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.4.1.(5). Gövde Çapı (mm)

Denemede yer alan bitkilerin gövde çapı, başın hemen altındaki noktadan kumpas yardımıyla ölçülüp kaydedilmiştir.

3.2.4.1.(6). Kök Boğazı Çapı (mm)

Kök boğazı çapı bitkilerin köklerinin gövde ile birleştiği noktaya yakın kısımlardan kumpas yardımıyla ölçülerek çıkan değerler kaydedilmiştir.

3.2.4.1.(7). Yaprak Ayası Uzunluğu (cm)

Her tekerrürde bitkilerin yaprak ayası uzunluğunu ölçmek için bitkinin farklı kısımlarından yapraklar alınarak 3 farklı ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Yaprak ayası uzunluğu yaprak sapının bittiği nokta ile yaprağın en uç noktası arasındaki mesafe ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.4.1.(8). Yaprak Ayası Genişliği (cm)

Yaprak ayası genişliğini ölçmek için bitkinin farklı kısımlarından yapraklar alınarak 3 farklı ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Yaprak ayalarının en geniş olduğu kısımlarda ölçümler yapılmıştır.

3.2.4.1.(9). Yaprak Sap Uzunluğu (cm)

Yaprak sap uzunluğunu ölçmek için bitkinin farklı kısımlarından yapraklar alınarak 3 farklı ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Yaprak sap uzunluğunu ölçmek için yaprağın gövdeden çıktığı noktadan yaprak ayası başlangıcına kadar olan kısım değerlendirilmiştir.

3.2.4.1.(10). Yaprak Sap Çapı (mm)

Her bitkinin farklı bölgelerinden alınan 3 farklı yaprakta, yaprağın gövdeden çıkan kısımlarına yakın olan noktalarda kumpas yardımıyla ölçümler yapılmıştır.

3.2.4.1.(11). Bitki Yaş Ağırlığı (g)

Tüm bitkilerde hassas terazide tartım yapılarak bitki yaş ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.4.1.(12). Üst Aksam Yaş Ağırlığı (g)

Her bitkinin üst aksamı kök boğazı noktasından kesildikten sonra hassas terazide tartılarak ölçülmüştür.

3.2.4.1.(13). Kök Yaş Ağırlığı (g)

Bitkiler saksılardan çıkarıldıktan sonra, çeşme suyuyla yıkanıp laboratuvarda tekrar saf su ile yıkanıp, suları alındıktan sonra köklerin yaş ağırlıkları hassas terazide tartılarak ölçülmüştür.

3.2.4.1.(14). Bitki Kuru Ağırlığı (g)

Bitki örnekleri 65-70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuş ve tüm bitkilerde hassas terazide tartım yapılarak bitki kuru ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.4.1.(15). Üst Aksam Kuru Ağırlığı (g)

Denemede yer alan bitkilerin üst aksam kuru ağırlıkları g cinsinden ölçülmüştür.

3.2.4.1.(16). Kök Kuru Ağırlığı (g)

Kurutulmuş kök örneklerinde hassas terazide kök kuru ağırlıkları g cinsinden ölçülmüştür.

3.2.4.1.(17). Oransal Üst Aksam Kuru Ağırlığı (OÜAKA)

Oransal üst aksam kuru ağırlığı Uzun (1997)'a göre aşağıda verilen formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{OÜAKA} = \text{Üst aksam kuru ağırlığı (g)} / \text{Toplam bitki kuru ağırlığı (g)}$$

3.2.4.1.(18). Oransal Kök Kuru Ağırlığı (OKKA)

Oransal kök kuru ağırlığı Uzun (1997)'a göre aşağıda verilen formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{OKKA} = \text{Kök kuru ağırlığı (g)} / \text{Toplam bitki kuru ağırlığı (g)}$$

3.2.4.1.(19). Kök/Üst Aksam Kuru Ağırlık Oranı

Kök kuru ağırlığının toprak üstü aksamı kuru ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır.

3.2.4.1.(20). Kompaktlık Oranı (mg cm^{-1})

Bitkilerin kompaktlık oranı Valdez-Aguilar ve ark., 2009'a göre aşağıda verilen formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{Kompaktlık oranı (mg.cm}^{-1}\text{)} = \text{Üst aksam kuru ağırlığı (g)} / \text{Bitki boyu (cm)}$$

3.2.4.2. Fizyolojik Parametreler

3.2.4.2.(1). Yaprakların Klorofil İçeriği (SPAD)

Bitkilerdeki klorofil içeriğinin belirlenmesi için SPAD-502 klorofilmetre cihazı kullanılmıştır (Minolta ve Camera, 1989). Deneme sonunda bitkiler sökülmeden önce serada her tekerürdeki bütün bitkilerde SPAD ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler her bitkide aynı tip ve büyüklükteki yapraklarda gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için seçilen noktalarda kırmızı veya pembe renk bulunmamasına dikkat edilerek yeşil rengin hakim olduğu kısımlarda ölçümler yapılarak kaydedilmiştir. Ölçümler, üç yinelemeli olarak yapıp üç okumanın ortalaması alınmıştır.

3.2.4.2.(2). Fotosistem II (PSII) Ölçümleri

Klorofil ışımaya verimi FluorPen™ fluorometresi (Photon System Instruments Ltd, Çek Cumhuriyeti) kullanılarak belirlenmiştir. Deneme sonunda serada her tekerrürde her bitkide gelişmesini tamamlamış üç yaprakta okumalar yapılarak ortalaması alınmıştır (Harding ve ark., 2009).

Klorofil ışımaya verimi (QY) = FV'/FM'

FV': Işığa adapte olmuş yapraktaki değişken klorofil ışımaya değeri, FM': Işığa adapte olmuş yapraktaki maksimum klorofil ışımaya değeri

3.2.4.2.(3). Turgor Kaybı (%)

Deneme sonunda bitkilerden aynı olgunluktaki yapraklar seçilmiştir. Yapraklardan 1.5 cm çaplı diskler alınmıştır. Daha sonra bu disklerin taze ağırlıkları hassas terazide tartımı yapılarak kaydedilmiştir. Yaprak diskleri 4 saat saf su içerisinde bekletildikten sonra turgor durumundaki ağırlıkları tekrar hassas terazide ölçümü yapılarak kaydedilmiştir. Bu iki değer kullanılarak aşağıda verilen formüle göre hesaplama yapılmıştır (Köksal ve ark., 2010).

Turgor Kaybı (%): $[(TuA-TA) / TuA] \times 100$

TA: Taze ağırlık, TuA: Turgid durumdaki ağırlık

3.2.4.2.(4.) Yaprak Oransal Su Kapsamı (%)

Yaprak oransal su kapsamının belirlenmesi için yapraklardan alınan 1.5 cm çaplı disklerin öncelikle taze ağırlıkları, 4 saat saf suda bekletildikten sonraki turgor ağırlıkları ve 70°C’de 48 saat tutulduktan sonraki kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Elde edilen verilere göre oransal su kapsamı (YOSK) hesaplanmıştır (Köksal ve ark., 2010).

Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK-%): $[(TA-KA)/(TuA-KA)] \times 100$

TA: Taze ağırlık, KA: Kuru Ağırlık, TuA: Turgid durumdaki ağırlık

3.2.4.2.(5). İyon Sızıntısı (%)

Süs lahanası bitkilerinin yapraklarında zararlanma düzeyinin bir göstergesi olan iyon sızıntısı testi Köksal ve ark., (2010)’na göre belirlenmiştir. Her uygulama için yapraklardan 1.5 cm çapında diskler alınarak yapılmıştır. Bu diskler cam tüp içerisine konulmuş ve üzerine saf su ilave edilerek 4 saat karıştırıcı üzerinde bekletilmiştir. Bu süre sonunda örneklerin elektriksel iletkenliği EC metre ile ölçülmüştür. Daha sonra otoklavda 121 °C’de 20 dakika tutularak dokuların öldürülmesi sağlanmıştır ve sonra yine EC metre ile ikinci okuma oda sıcaklığında yapılmıştır. Yaprakların iyon sızıntısı oranları ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

İyon Sızıntısı (%): $(OD1/OD2) \times 100$

OD1: 1. Okuma değeri, OD2: 2. Okuma değeri

3.2.4.2.(6). Hücresel Membran Zararlanması (%)

Hücresel membran zararlanması yaprak dokularının iyon sızıntısı oranları kullanılarak hesaplanmıştır. Kontrol örneklerindeki zararlanma temel alınarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Zararlanma (\%)}: [(UİS \times KİS) / 100 - KİS] \times 100$$

UİS: Uygulama grubunun iyon sızıntısı (%)

KİS: Kontrol grubunun iyon sızıntısı (%)

3.2.4.3. Toprak ve Arıtma Çamuru Örneklerinde Yapılan Analizler

Deneme kurulmadan önce bahçe toprağı ve arıtma çamurundan örnek alınarak tuz, kireç, organik madde miktarı, alınabilir fosfor ve potasyum, pH, K, Ca, Mg, Cu, Fe ve Mn analizleri yapılmıştır.

Deneme başında arıtma çamuru örneklerinde ve deneme sonunda sadece arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamı örneklerinde Zn, Cr, Ni, Cd, Mo ağır metal analizleri yapılmıştır.

3.2.4.3.(1). Toplam Tuz Analizi (mmhos/cm)

Deneme başlangıcında alınan toprak ve çamur örneklerinde tuzluluk analizi Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutulmuş ve 2 mm (10 mesh) lik elekten elenmiş 40 gr toprak örneğı 100 ml kapasiteli behere konulmuştur. Üzerine 100 ml saf su eklenip hazırlanan süspansiyon her 10 dk da bir olmak üzere 30 dk belli aralıklarla bagetle karıştırılmıştır. Hazırlanan süspansiyon bir süre bekletilip süspansiyon içerisindeki kaba parçaların dibe çökmesi sağlanmıştır. EC metre ile üstte kalan kısmın elektriksel kondaktivitesi ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlar toprak tuzluluk kapsamına göre yorumlanmıştır. Tuzluluk kapsamlarına göre topraklar genelde şu şekilde sınıflandırılmaktadır.

<u>EC (milimhos/cm)</u>	<u>Sınıf</u>	<u>% Tuz</u>	<u>Tuzun Etkisi</u>
0-2	1	0-0.15	Tuzluluk tehlikesi yoktur.
2-4	2	0.15-0.35	Hafif tuzluluk tehlikesi var.
4-8	3	0.35-0.65	Orta tuzluluk tehlikesi var.
8-16	4	0.65<	Kuvvetli tuzluluk tehlikesi var.

3.2.4.3.(2). Toplam Kireç Analizi (%)

Deneme başlangıcında alınan toprak ve çamur örneklerinde toplam kireç (CaCO_3) analizi Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutulmuş 2 mm'lik (10 mesh) elekten elenmiş 0.5 gr toprak örneği kalsimetrenin örnek şişesine konulmuştur. Örnek şişesi içerisinde yaklaşık 5 ml 1:3'lük hidroklorik asit (HCL) (1 kısım konsantre HCL + 3 kısım su) çözeltisi bulunan tüp 45°'lik açıyla yerleştirilip, örnek şişesinin tıpası iyice kapatılmıştır. Kalsimetrenin U borusu içindeki CO_2 ile doyurulmuş su seviyeleri eşitlenip şişe hafifçe yana eğilerek tüp içerisindeki asidin toprak ile karışması sağlanmıştır. Tepkime sonucu oluşan CO_2 gazı kalsimetrenin taksimatlı borusundaki suyu aşağı ittiğinde öteki borudaki su seviyesi yükselmeye başlamıştır. Tepkime hızı azalınca örnek şişesi parmak uçlarıyla tutularak çalkalanıp, toprak örneğine asidin karıştırılması sağlanıp, 2-3 dakika sonra U borularındaki su seviyeleri eşitlenip ilk okuma not edilmiştir. Örnek şişesi parmak uçlarıyla tutularak belli aralıklarla hızlı şekilde çalkalanmış ve 2-3 dk sonra okuma yinelenip aynı okuma elde edilince analize son verilmiştir. Asit ile tepkime sonucu toprak örneğinden açığa çıkan CO_2 'ın hacmi (ml) not edilmiştir. Aynı anda laboratuvar sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve atmosfer basıncı (mm) civa yüksekliği olarak belirlenmiştir.

Laboratuvar sıcaklığı ve atmosfer basıncı mm civa yüksekliği belirlendikten sonra değişik hava sıcaklıklarına göre barometre basıncının düzeltilmesinde uygulanacak düzeltme faktörü ile kalsimetrede okunan değer çarpılmıştır.

Toplam Kireç (%) = Kalsimetrede okunan değer x Düzeltme faktörü

Elde edilen sonuçlar toprak kireç kapsamına göre yorumlanmıştır. Kireç (CaCO_3) kapsamlarına göre topraklar genelde şu şekilde sınıflandırılmaktadır.

<u>% (CaCO_3)</u>	<u>Sınıfı</u>
0-2	Kireçsiz
2-4	Az kireçli
4-8	Orta kireçli
8-15	Kireçli
15-50	Çok kireçli
>50	Çok fazla kireçli

3.2.4.3.(3). Organik Madde Analizi (%)

Deneme başlangıcında alınan toprak ve çamur örneklerinde alınabilir organik madde analizi Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutulmuş 0.5 gr toprak ve çamur örneği geniş ağızlı ve 500 ml'lik erlenmayere konup üzerine 10 ml 1 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ çözeltisi eklenmiştir. Örnek ile çözeltinin iyice karışması için erlenmayer hafif hafif karıştırılmıştır. Daha sonra erlenmayerdeki süspansiyona çeker ocakta hızlı ve dikkatli bir şekilde 20 ml konsantre sülfürik asit eklenmiştir. Örnek ile iyi bir karışım sağlanabilmesi için zaman yitirilmeden erlenmayer önce hafif sonrada 1 dk hızlı olarak karıştırılmıştır. Karıştırıldıktan sonra çeker ocakta 30 dk bırakıldıktan sonra erlenmayere 170 ml saf su ve 10 ml ortofosforik asit (H_3PO_4) eklenip, süspansiyon filtre kâğıdından süzölmüştür. Erlenmayere 10-12 damla baryum difenilamin sülfonat indikatör eklenip 0.5 N demir sülfat heptahidrat çözeltisi ile titre edilmiştir. Çözeltinin rengi maviden birdenbire yeşile dönüşüncüye değin demir sülfat çözeltisi damla damla eklenmiştir. Son noktada harcanan demir sülfat çözeltisinin miktarı not edilmiştir. Aşağıdaki formüle göre organik madde miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Organik madde (\%)} = (\text{Numune} / \text{Tanık} - 1) \times 13.4$$

Elde edilen sonuçlar organik madde kapsamına göre yorumlanmıştır. Toprakların organik madde içeriklerine göre sınıflandırılması

<u>Organik madde (%)</u>	<u>Değerlendirme</u>
0-1	Çok düşük
1-2	Düşük
2-3	Orta
3-4	İyi
4-6	Yüksek
6<	Çok yüksek

3.2.4.3.(4). Alınabilir Fosfor Analizi (mg/kg)

Deneme başlangıcında alınan toprak ve çamur örneklerinde alınabilir fosfor analizi Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutulmuş ve 2 mm elekten geçirilmiş 2 gr toprak ve çamur örneği 250 ml'lik erlenmayere konulup üzerine yaklaşık 200 mg aktif kömür ile 50 ml 0,5 M sodyum hidrojen karbonat (NaHCO_3) eklenmiştir. Daha sonra çalkalama makinesinde 30 dk süresince çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Filtre kâğıdından süzölmüştür. Bu süzükten 25 ml'lik balon jojeye 5 ml konup, üzerine 10 ml saf su, 5 ml amonyum molibdat çözeltisi ve 5 ml kalay klorür çözeltisi eklenmiştir. Ayrıca 2.5 ppm'lik stok fosfor çözeltisinden 25 ml'lik ölçü balonlarına sırasıyla 0-2-4-6-8 ml çekilip, balonların her birine 5 ml 0.5 M sodyum hidrojen karbonat (NaHCO_3) eklenmiştir. Sonra balon jojelerin üzerine 5 ml amonyum molibdat ve 5 ml kalay klorür çözeltisinden konmuştur. Bunlar sırasıyla 0.2-0.4-0.6-0.8 ppm'lik fosfor içeren standartları oluşturmuştur.

Okuma sırasında standart fosfor çözeltisi içermeyen çözeltinin ışık absorpsiyon değeri tanık olarak kabul edilmiştir. Örnekler karıştırıldıktan sonra 10

1 dakika beklenmiş, balon jojelerdeki numunelerde hava kabarcığı kalmayınca kadar çalkalanıp, mavi renkli çözeltinin ışık absorpsiyonu 660 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Okumalar sonrasında alınabilir fosfor miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Alınabilir fosfor Fosfor (mg/kg)} = S_f \times S_t$$

S_f: Sulandırma faktörü

S_t: Spektrofotometrede okunan değer (ppm)

3.2.4.3.(5). Alınabilir Potasyum Analizi (mg/kg)

Deneme başlangıcında alınan toprak ve çamur örneklerinde alınabilir potasyum analizi Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutulmuş ve 2 mm'lik (10 mesh) elekten geçirilmiş toprak ve çamur örneğinden 150 ml'lik erlenmayere 2 gr tartılıp, üzerine 50 ml nötr 1 N amonyum asetat çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra çalkalama makinesinde 30 dk çalkalanıp filtre kâğıdından süz÷lm÷ştür. İlk bir kaç milimetresi atılan süz÷k yeterince berrak değilse süzme işlemi tekrar yinelenmiştir. Hazırlanan ekstraktların okuma işlemi, Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) cihazında yapılmıştır. Okuma işlemi öncesinde standart 100 ppm'lik stok potasyum çözeltisinden 100 ml'lik ölçü balonlarına sırasıyla 5-10-20-40-ml çekilmiş ve sırasıyla 5-10-20-40 ppm'lik potasyum içeren standart çözelti oluşturulmuştur. Analiz sonucunda elde edilen değerler aşağıdaki formüle göre hesaplanarak alınabilir potasyum miktarı belirlenmiştir.

$$\text{Alınabilir potasyum miktarı (mg/kg)} = S_f \times A_t$$

S_f: Sulandırma faktörü

A_t: Atomik Absorpsiyon Spektrometre'de (AAS) okunan değer

3.2.4.3.(6). pH Belirlenmesi

Deneme başlangıcında alınan toprak ve çamur örneklerinde pH belirlenmesi Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutulmuş ve 2 mm'lik (10 mesh) elekte elenmiş 40 gr toprak örneğı 100 ml kapasiteli behere konup sonra üzerine 100 ml saf su eklenmiştir. Süspansiyon her 10 dk'da bir olmak üzere 30 dk belli aralıklarla baget ile karıştırılmıştır. Ölçüm öncesi yeniden karıştırılarak cam elektrotlu pH metrede ölçüm yapılmıştır. Alet üzerindeki pH değeri sabitlendiğinde okunan değeri, numunenin pH değerini göstermiştir.

3.2.4.3.(7). Toprak ve Arıtma Çamurunun Besin Elementi Analizleri

Deneme başlangıcında alınan toprak ve çamur örneklerindeki besin elementi analizi Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Toprak örneklerinde alınabilir K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, analizi kireçli topraklar için geliştirilen DTPA-TEA ekstraksiyon çözeltisi ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norwell, 1978).

3.2.4.3.(8). Arıtma Çamurunun Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi

Deneme kurulmadan önce ve deneme sonunda arıtma çamurunda toplam ağır metal içerik analizleri yapılmıştır. Ağır metal analizleri Ekosistem Çevre Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Analiz yapılacak örnekler 1kg olarak hazırlanmıştır. Deneme başlangıcındaki arıtma çamuru örneklerinin yanısıra, deneme sonunda bitkilerin yetiştirme ortamından sömürdüğü ağır metal miktarının belirlenmesi amacıyla bitkilerin sökümünden sonra, sadece arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamından (V. Ortam) örnekler alınmıştır. Örnek alma işleminde ortamların farklı noktalarından 10-20 cm derinliğinden karışım örnekleri alınmış, sonra bunlar karıştırılarak tek örnek haline

getirilmiştir. Araştırma alanından alınan yetiştirme ortamı örnekleri etüvde kurutulmuş ve analiz için hazır hale getirilmiştir.

Toplam ağır metal analizleri örnek hazırlama işleminde parçalama kabına 0.5 g arıtma çamuru örneği tartılmış ve üzerine 2.5 ml nitrik asit ve 7.5 ml hidroklorik asit eklenip karışım dikkatlice karıştırılmıştır. Reaksiyonun tamamlanması için mikrodalga kabını kapatmadan önce en az 20 dakika oda koşullarında beklenmiştir. Arıtma çamuru örneğinin mikrodalga fırında parçalaması işlemi ise iki aşamalı yapılmış ve her iki aşamada farklı mikro dalga sıcaklık ve süresi uygulanmıştır. Buna göre 1. aşamada; sıcaklık-180°C, güç-%99, süre 25 dak., 2. aşamada; sıcaklık-100°C, güç-%99, süre 10 dak. programına uyulmuştur. Parçalama aşamasından sonra sıvı formdaki örnekler 0.45 um gözenekli filtreden süzülerek ve gerekli seyreltme ultra saf su ile yapılarak analize hazırlanmıştır. Elde edilen çözeltinin çinko (Zn), nikel (Ni), krom (Cr), kadminyum (Cd), molibden (Mo) konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS 700-Perkin Elmer) cihazında gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.4. Bitki Örneklerinde Besin Elementi Analizleri

Deneme sonunda yetiştirme ortamından sökülen bitkilerin üst aksam kısımları köklerden ayrılıp kese kağıtlarına yerleştirildikten sonra 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler Çukurova Üniversitesi Toprak Bölümü Laboratuvarında agat değirmende 700 rpm hızda 1 dk içinde öğütülmüştür. Çalışmada üst aksam örneklerinde yapılan besin elementi analizleri Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin analize hazırlanmasında kuru yakma yöntemi uygulanmıştır. Yakma işleminden önce porselen krezeler boş olarak en az iki saat kurutma dolabında 105 °C’de bekletilmiştir. Daha sonra porselen krezeler desikatörde soğutulmuştur. Bitki örneğinden 0.5 gr tartılıp porselen krezelere yerleştirilmiştir. Bitki örneklerinin yakılma işlemi kül fırınında 250 °C’de 2.5 saat süresince gerçekleştirilmiştir. Sonra kademeli olarak kül fırınına 500 °C’ ye çıkartılıp, bitki örnekleri 3 saat daha yakılmıştır. Bitki örnekleri beyaz kül haline gelene kadar

yakma işlemine devam ettirilmiştir. Daha sonra krozeler soğutulup üzerine 5 ml % 20'lik hidroklorik asit (HCl) eklenmiştir. Krozedeki örnekler saf su dolu bir pisetle üç dört defa yıkanarak 50 ml'lik balon jojelere süzölmüştür. Süzme işlemi bitince balon jojeler 50 ml'ye saf suyla tamamlanıp, 3 defa çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan bitki ekstralarında fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn), magnezyum (Mg), Çinko (Zn), bor (B), elementlerinin okunması ICP cihazında gerçekleştirilmiştir. Okuma sonuçları sulandırma faktörüne göre hesaplanmıştır.

Mikro element miktarı (ppm) = Sf x At

Makro element miktarı (ppm) = Sf x At

Sf: Sulandırma faktörü, At: ICP'de okunan değer (ppm)

Süs lahanası yapraklarındaki azot (N) konsantrasyonları ise Khjeldal yöntemine göre yaş yakma ile belirlenmiştir.

3.2.5. İstatistiksel Analizler

Deneme, iki çeşit, beş uygulama, üç tekerrür düzeninde (2 x 5 x 3) "Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Düzen Deneme Deseni"ne göre kurulmuştur. Araştırmadan elde edilen tüm veriler, JMP 8 paket programı ile iki yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve iki yönlü varyans analizi sonuçlarında ana etki (çeşit ve ortam) ve interaksiyon etkilerine (çeşit x interaksiyon) ait sonuçlar Bulgular ve Tartışma bölümünde 'Çizelge'lerde gösterilmiştir.

Ayrıca, her iki çeşitte de kendi içerisindeki ortam etkilerine ait bulgular, JMP 8 paket programı ile tek yönlü varyans analizine tabi tutularak, SigmaPlot® (version 11.00, Systat Software, San Jose, CA, USA) programı kullanılarak oluşturulan grafiklerde gösterilmiştir. Çeşitlerin kendi içerisindeki ortam etkilerine ait grafikler ise Bulgular ve Tartışma bölümünde 'Şekil'lerde gösterilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Morfolojik İncelemelere İlişkin Bulgular

4.1.1. Bitki Yüksekliği (cm)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki bitki yüksekliği (cm) değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çalışmada bitki yüksekliği (cm bitki⁻¹) üzerine çeşit, ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Pigeon Purple çeşidinin bitki yüksekliği (16.9 cm bitki⁻¹) Kamome Pink’e (14.8 cm bitki⁻¹) göre daha yüksek bulunmuştur. Bitki yüksekliği üzerine ortamların etkisi incelendiğinde II. (17.3 cm bitki⁻¹) ve IV. (17.3 cm bitki⁻¹) yetiştirme ortamlarında en yüksek değerler elde edilirken, en düşük değer ise V. (12.1 cm bitki⁻¹) yetiştirme ortamında bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki yüksekliği değerleri (cm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	14.6 d	16.7 b	15.7 b
II	16.2 bc	18.5 a	17.3 a
III	16.6 b	16.5 b	16.6 ab
IV	14.9 cd	19.8 a	17.3 a
V	11.5 e	12.7 e	12.1 c
Çeşit Ortalaması	14.8 b	16.9 a	

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

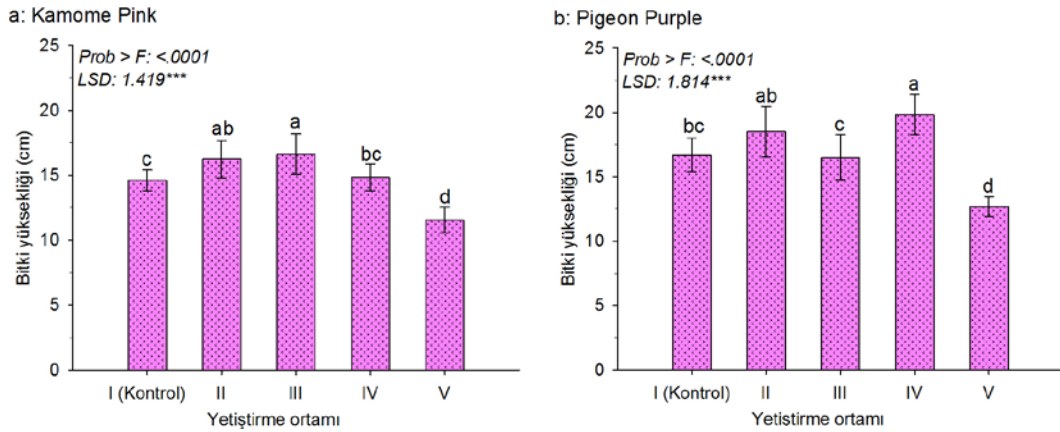
Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0008

LSD (çeşit): 0.698***, LSD (ortam): 1.104***, LSD (çeşit x ortam): 1.561***

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki yüksekliğindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.1’de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek bitki boyu (16.6 cm bitki⁻¹) III. yetiştirme ortamında belirlenirken, Pigeon Purple’da ise en yüksek değer (19.8 cm bitki⁻¹) IV.

yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir. En düşük bitki yüksekliği ise her iki çeşitte de V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Değişik oranlarda arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin bitki yüksekliğindeki farklılıklar Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.1. Süs lahanası çeşitlerinin bitki yüksekliği değişimleri (cm).

a: *Brassica oleracea* L. ‘Komome Pink’, b: *Brassica oleracea* L. ‘Pigeon Purple’

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{0D}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.2. Süs lahanası bitkilerinin yetiştirme ortamı içerisindeki genel görünümü.

a: *Brassica oleracea* L. ‘Komome Pink’, b: *Brassica oleracea* L. ‘Pigeon Purple’

4.1.2. Gövde Boyu (cm)

Çizelge 4.2’de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki gövde boyu verilmiştir. Çalışmada gövde boyu (cm bitki⁻¹) üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pigeon Purple çeşidinin gövde boyunun (7.3 cm bitki⁻¹) Kamome Pink çeşidine (5.6 cm bitki⁻¹) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde gövde boyu değerlerinde I., II., III. ve IV. yetiştirme ortamlarında en yüksek değerler elde edilirken en düşük değerin ise V. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.3.’de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde gövde boyu (cm bitki⁻¹) değişimlerinin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Değerler incelendiğinde, Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer (6.6 cm bitki⁻¹) III. yetiştirme ortamında, Pigeon Purple çeşidinde ise (8.6 cm bitki⁻¹) II. yetiştirme ortamına olduğu tespit edilmiştir. En düşük gövde boyunun ise her iki çeşitte de sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde gövde boyu değerleri (cm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	5.5 de	7.6 b	6.5 a
II	5.4 de	8.6 a	7.0 a
III	6.6 c	6.7 c	6.6 a
IV	5.9 cd	7.7 ab	6.8 a
V	4.9 e	5.8 cde	5.3 b
Çeşit Ortalaması	5.6 b	7.3 a	

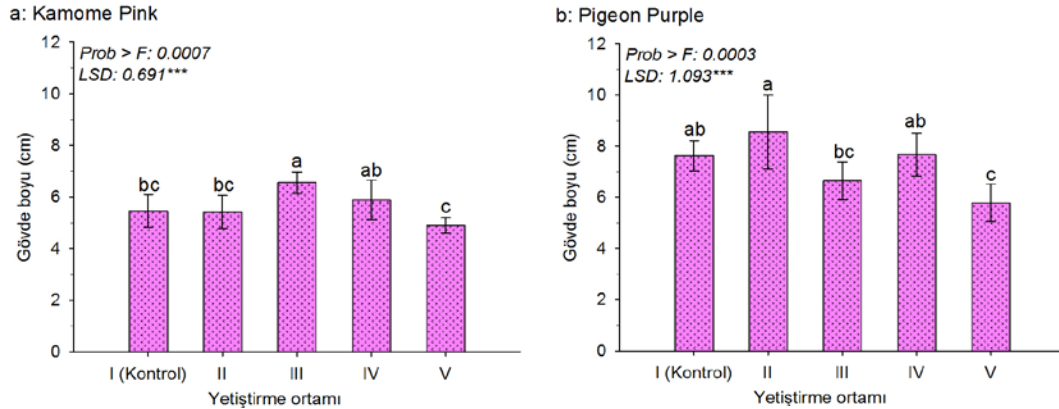
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0001

LSD (çeşit): 0.399***, LSD (ortam): 0.630***, LSD (çeşit x ortam): 0.891***

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.3. Süs lahanası çeşitlerinin gövde boyu değişimleri (cm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{0D}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.3. Baş Yüksekliği (cm)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki baş (cm bitki⁻¹) yüksekliği değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çalışma sonunda yapılan ölçümler sunucunda baş yüksekliği üzerine ortam faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortamlar değerlendirildiğinde ise baş yüksekliğinde II. (10.4 cm bitki⁻¹) ve IV. (10.6 cm bitki⁻¹) yetiştirme ortamlarından en yüksek değerler elde edilirken, en düşük değerin (6.8 cm bitki⁻¹) sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan Çizelge 4.3 incelendiğinde çeşit faktörünün etkisinin ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde baş yüksekliğindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.4'de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek değerin (10.8 cm bitki⁻¹) II. yetiştirme ortamında olduğu, Pigeon Purple çeşidinde ise en yüksek değerin (12.2 cm bitki⁻¹) IV. yetiştirme ortamında olduğu bulunmuştur. En düşük baş yüksekliğinin (cm bitki⁻¹) ise her iki çeşitte de V. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir. Değişik oranlarda arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin baş yüksekliğindeki farklılıklar Şekil 4.5'de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde baş yüksekliği değerleri (cm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	9.1 c	9.1 c	9.1 b
II	10.8 ab	10.0 bc	10.4 a
III	10.1 bc	9.9 bc	10.0 ab
IV	9.0 c	12.2 a	10.6 a
V	6.6 d	6.9 d	6.8 c
Çeşit Ortalaması	9.1	9.6	

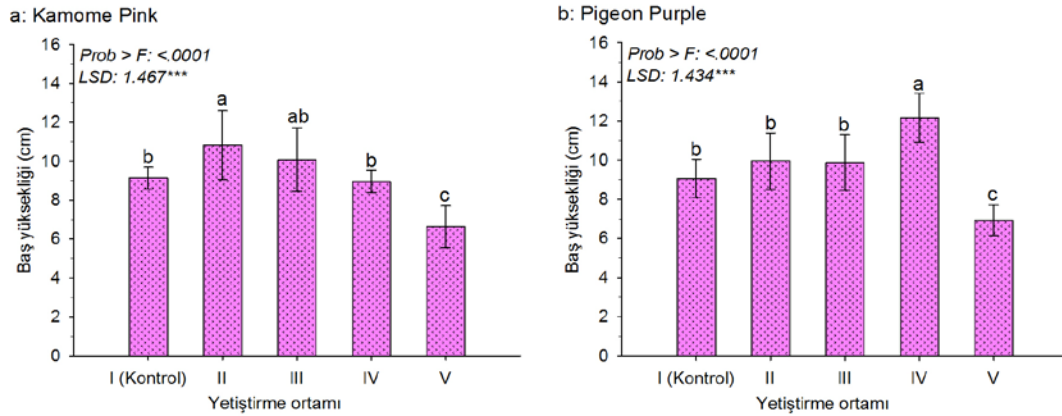
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.1474, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0016

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 1.000***, LSD (çeşit x ortam): 1.414**

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



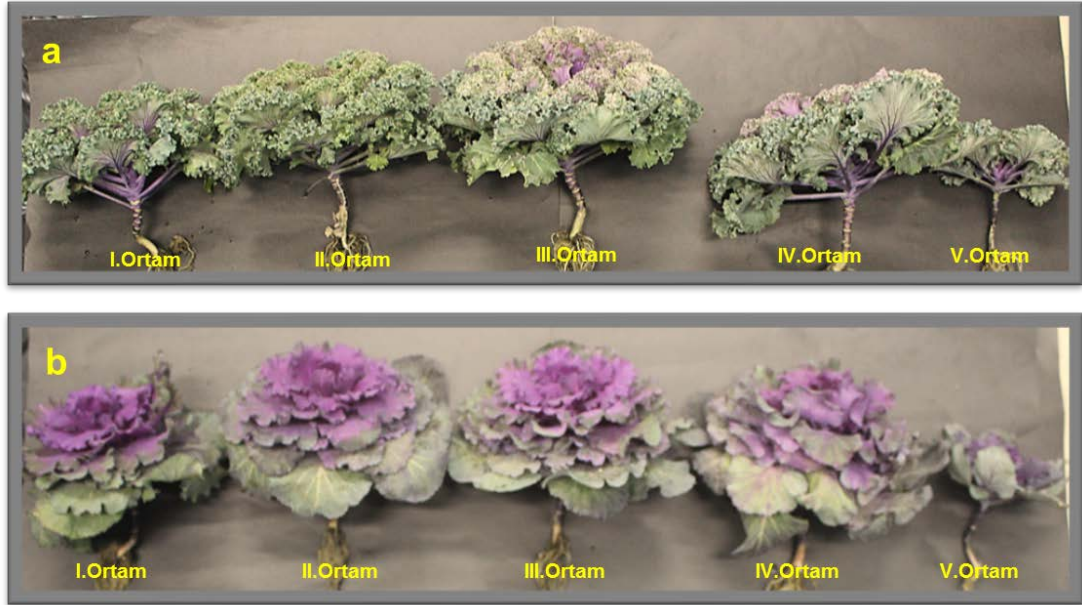
Şekil 4.4. Süs lahanası çeşitlerinin baş yüksekliği değişimleri (cm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.5. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası başlarının genel görünümü.

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

4.1.4. Kök Uzunluğu (cm)

Çizelge 4.4'de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki kök uzunluğu (cm) değerleri verilmiştir. Çalışmada kök uzunluğu üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kamome Pink çeşidinin kök uzunluğunun Pigeon Purple çeşidine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde kök uzunluğu değerleri en yüksek III. yetiştirme ortamında en düşük ise V. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök uzunluğu değişimlerinin çeşitlere göre etkisi görülmektedir (Şekil 4.6.). Değerler incelendiğinde Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer III. (48.4 cm) yetiştirme ortamında, Pigeon Purple çeşidinde ise I. (33.9 cm), II. (31.9 cm) ve III. (31.0 cm) yetiştirme ortamlarında tespit edilmiştir. En düşük kök uzunluğunun ise her iki çeşitte de sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir. Değişik oranlarda arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin kök uzunluğundaki farklılıklar Şekil 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.4. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök uzunluğu değerleri (cm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	35.8 c	33.9 cd	34.9 b
II	40.8 b	31.9 d	36.4 b
III	48.4 a	31.0 d	39.7 a
IV	33.1 cd	22.8 e	27.9 c
V	19.2 f	16.4 f	17.8 d
Çeşit Ortalaması	35.5 a	27.2 b	

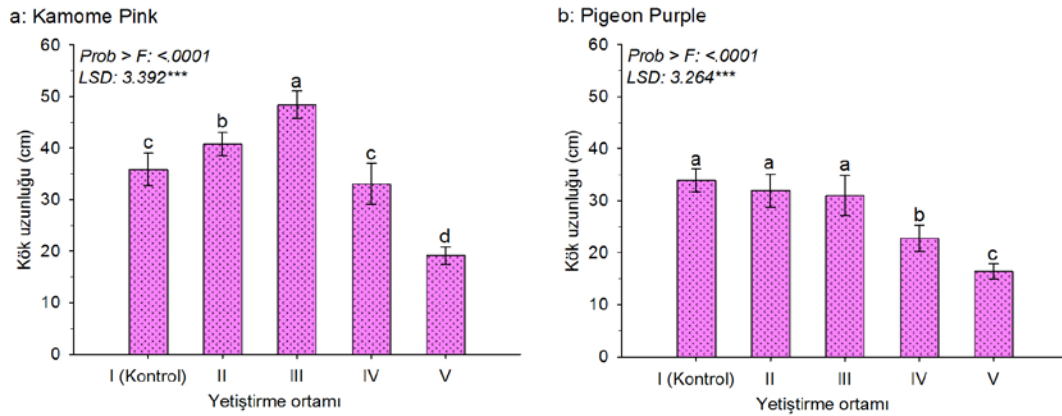
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): <.0001

LSD (çeşit): 1.427***, LSD (ortam): 2.256***, LSD (çeşit x ortam): 3.190***

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



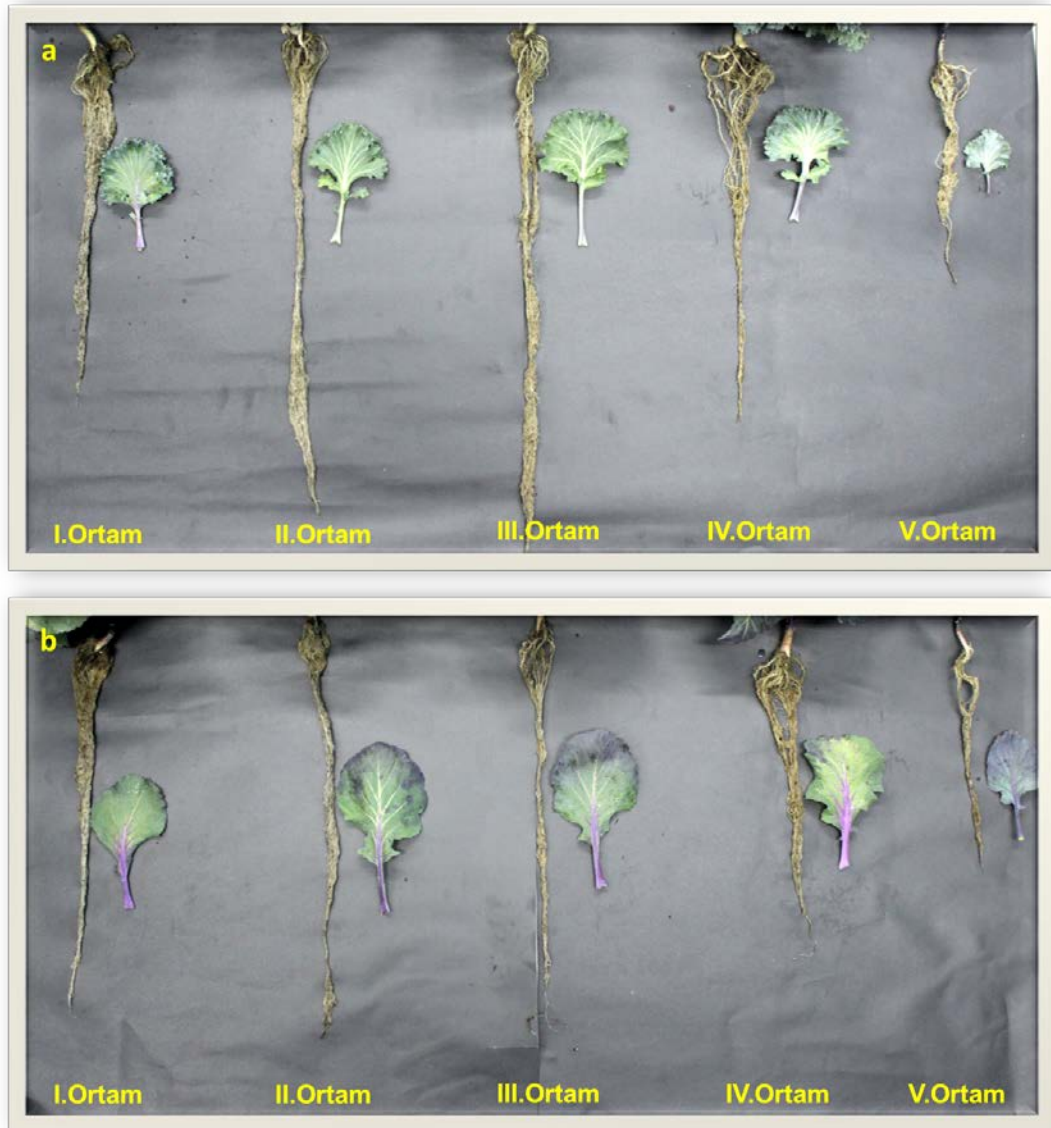
Şekil 4.6. Süs lahanası çeşitlerinin kök uzunluğu değişimleri (cm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.7. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası köklerinin genel görünümü

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

4.1.5. Gövde Çapı (mm)

Çizelge 4.5'de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki gövde çapı (mm) değerleri verilmiştir. Yapılan ölçümler sunucunda gövde çapı değerleri üzerine çeşit ve ortam faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pigeon Purple çeşidinin gövde çapının (7.93 mm) Kamome Pink çeşidinin gövde çapından (7.35 mm) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ortamlar değerlendirildiğinde III. yetiştirme ortamında en yüksek değer elde edilirken, en düşük değer ise V. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir. Diğer yandan çizelge incelendiğinde çeşit x ortam interaksiyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.8’de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde gövde çapı değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Çeşitler incelendiğinde Kamome Pink çeşidinde en yüksek gövde çapı değerinin III. yetiştirme ortamında olduğu belirlenirken, Pigeon Purple çeşidinde en yüksek değerler I., II., III. ve IV. yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir. Aynı doğrultuda her iki çeşitte de en düşük gövde çapı (mm) değeri ise V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde gövde çapı değerleri (mm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	7.94	7.99	7.96 b
II	7.77	8.55	8.16 b
III	8.81	8.76	8.78 a
IV	7.43	8.82	8.12 b
V	4.82	5.53	5.17 c
Çeşit Ortalaması	7.35b	7.93a	

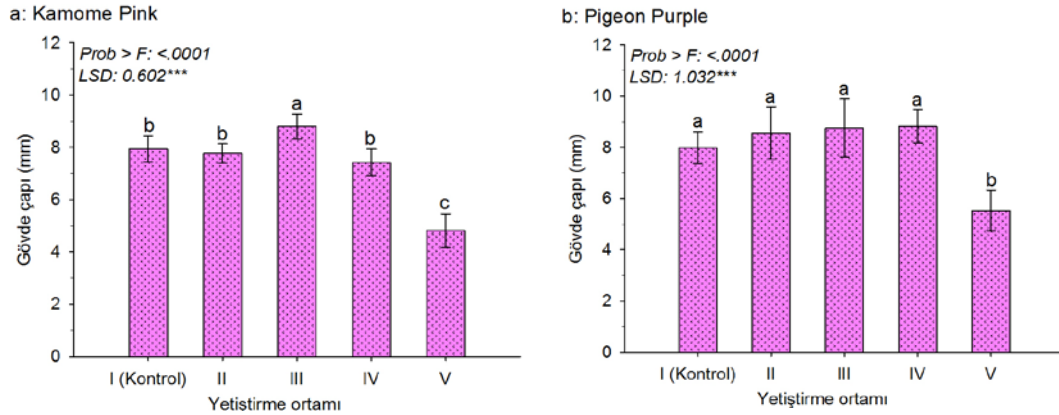
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0028, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0981

LSD (çeşit): 0.362**, LSD (ortam): 0.572***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.8. Süs lahanası çeşitlerinin gövde çapı değişimleri (mm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.6. Kök Boğazı Çapı (mm)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde kök boğazı çapı (mm) değerleri Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Çalışmada kök boğaz çapı (mm) üzerine yetiştirme ortamlarının etkisi önemli bulunmuştur. Yetiştirme ortamlarındaki en kalın kök boğaz çapı (6.94 mm) III. yetiştirme ortamında bulunurken, en düşük kök boğaz çapı (3.99 mm) V. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir. Araştırmada kök boğaz çapı üzerine çeşit faktörü ile çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök boğaz çapı (mm) değişimlerinin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.9'da görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde III. yetiştirme ortamında en yüksek değer elde edilirken, Pigeon Purple çeşidinde ise III. ve IV. yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Her iki çeşitte de en düşük kök boğaz çapı sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde kök boğazı çapı değerleri (mm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	6.46	6.03	6.25b
II	6.13	6.30	6.21b
III	6.87	7.00	6.94a
IV	6.72	6.95	6.84b
V	3.73	4.25	3.99c
Çeşit Ortalaması	5.98	6.10	

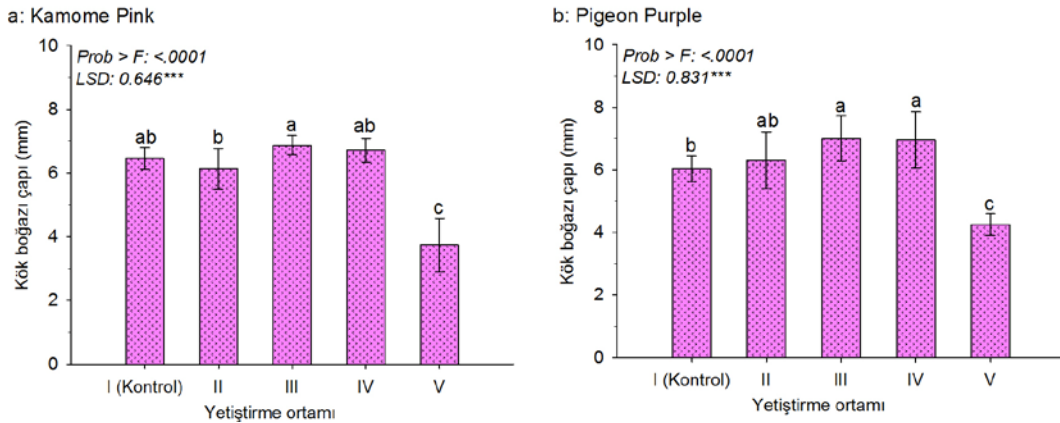
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.4444, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.4695

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 0.513***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.9. Süs lahanası çeşitlerinin kök boğazı çapı değişimleri (mm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.7. Yaprak Ayası Uzunluğu (cm)

Çizelge 4.7'de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki yaprak ayası (cm) uzunluğu verilmiştir. Çalışmada yaprak ayası uzunluğu üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pigeon Purple çeşidinin yaprak ayası

uzunluğunun (9 cm) Kamome Pink çeşidine (6.8 cm) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde ise yaprak ayası uzunluğunda I. (8.1 cm), II. (8.5 cm), III. (8.5 cm), IV. (8.4 cm) yetiştirme ortamlarında en yüksek değerler elde edilirken en düşük değerin ise V. (6 cm) yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.10'da beş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak ayası uzunluğu (cm) değişimlerinin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Değerler incelendiğinde Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer I. yetiştirme ortamında, Pigeon Purple çeşidinde ise II., III. ve IV. yetiştirme ortamlarında tespit edilmiştir. En düşük yaprak ayası uzunluğunun ise her iki çeşitte de sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir. Değişik oranlarda arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin yaprak ayası uzunluğundaki farklılıklar Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görülmektedir.

Çizelge 4.7. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak ayası uzunluğu değerleri (cm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	7.6 c	8.6 b	8.1 a
II	7.0 cd	9.9 a	8.5 a
III	7.4 cd	9.7 a	8.5 a
IV	6.9 d	9.9 a	8.4 a
V	5.0 e	7.1 cd	6.0 b
Çeşit Ortalaması	6.8 b	9.0 a	

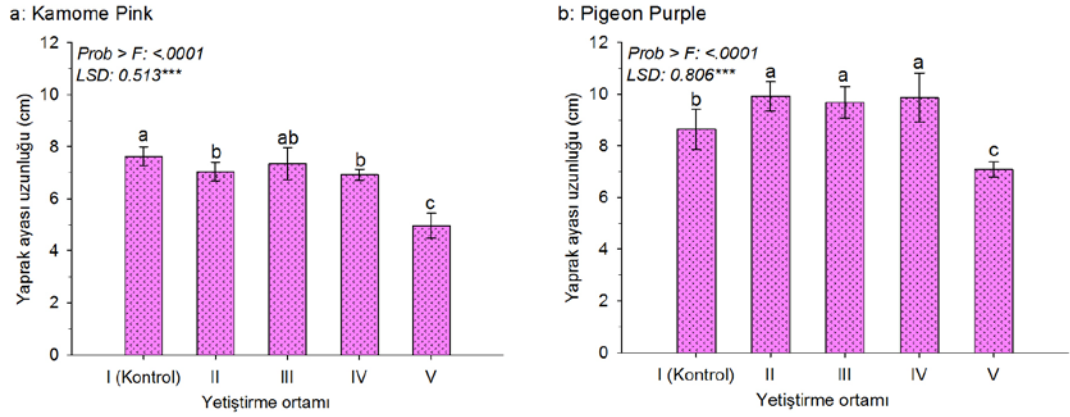
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0007

LSD (çeşit): 0.290***, LSD (ortam): 0.458***, LSD (çeşit x ortam): 0.648***

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



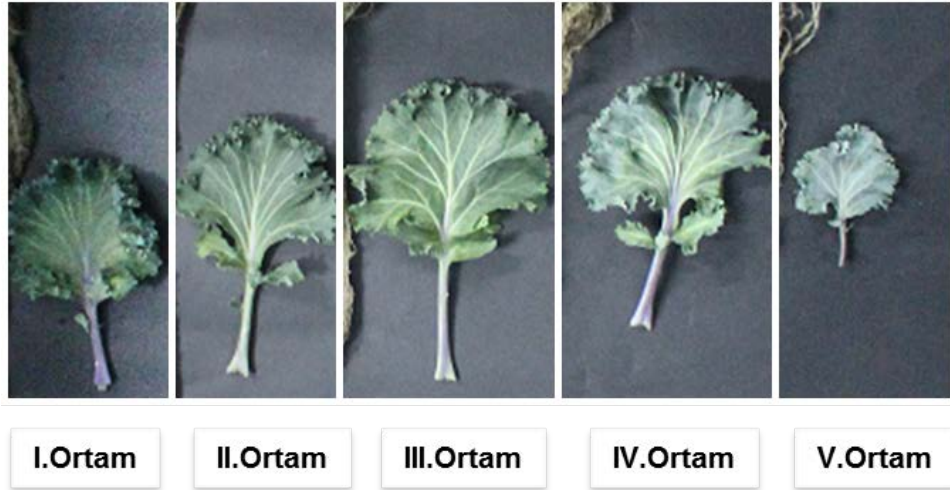
Şekil 4.10. Süs lahanası çeşitlerinin yaprak ayası uzunluğu değişimleri (cm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

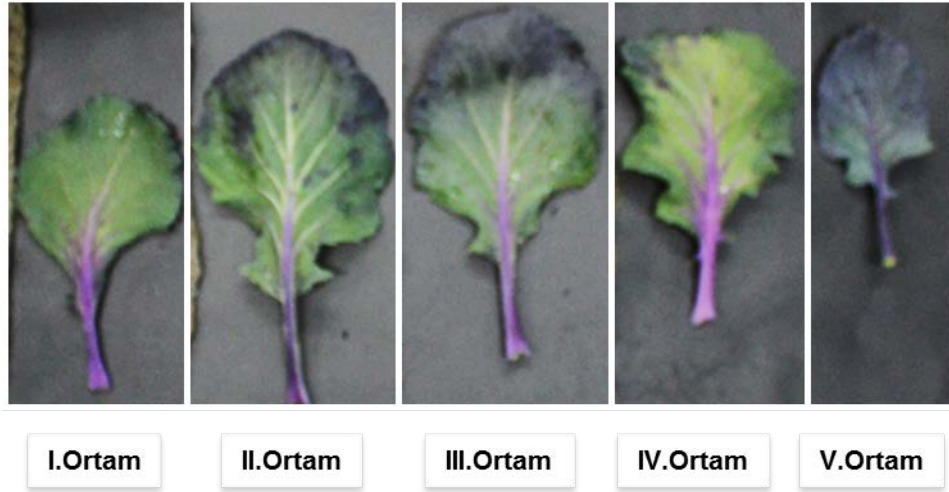
Yetiştirme ortamları: I (K) (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.11. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Kamome Pink süs lahanası çeşidinde yaprakların genel görünümü.



Şekil 4.12. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Pigeon Purple süs lahanası çeşidinde yaprakların genel görünümü.

4.1.8. Yaprak Ayası Genişliği (cm)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde yaprak ayası genişliği (cm) Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Çalışmada yaprak ayası genişliği (cm) üzerine yetiştirme ortamlarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yetiştirme ortamlarındaki en geniş yaprak ayası (7.9 cm) III. yetiştirme ortamında bulunurken, en düşük yaprak ayası genişliği (5.3 cm) V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Araştırmada yaprak ayası genişliği (cm) üzerine çeşit faktörü ile çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak ayası genişliği değişimlerinin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.13’de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde III. yetiştirme ortamında en yüksek değer (8.3 cm) elde edilirken, Pigeon Purple çeşidinde ise I. (7.6 cm), II. (7.8 cm), III. (7.6 cm) ve IV. (7.7 cm) yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Her iki çeşitte de en düşük yaprak ayası genişliği değerleri sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Değişik oranlarda arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin yaprak ayası genişliğindeki farklılıklar Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de görülmektedir.

Çizelge 4.8. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak ayası genişliği değerleri (cm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	7.5 bc	7.6 abc	7.5 ab
II	6.9 c	7.8 ab	7.4 b
III	8.3 a	7.6 abc	7.9 a
IV	7.4 bc	7.7 ab	7.5 ab
V	5.3 d	5.4 d	5.3 c
Çeşit Ortalaması	7.0	7.2	

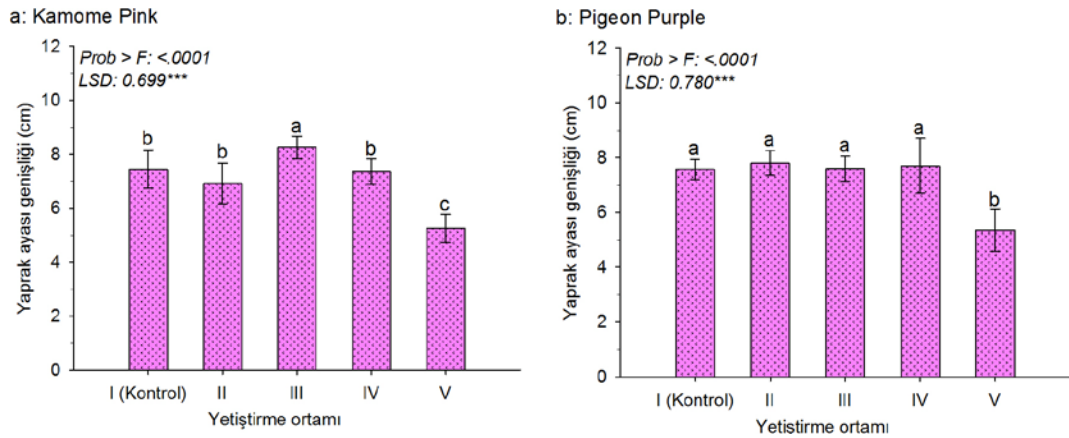
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.3246, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0658

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 0.511***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.13. Süs lahanası çeşitlerinin yaprak ayası genişliği değişimleri (cm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.9. Yaprak Sapı Uzunluğu (cm)

Farklı oranlardaki arıtma çamuru ve toprak karışımından oluşan beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki yaprak sapı uzunluğu (cm) Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çalışmada yaprak sap uzunluğu üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak

önemli bulunmuştur. Kamome Pink çeşidinin yaprak sapı uzunluğunun (4.1 cm) Pigeon Purple çeşidine (3.7 cm) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde yaprak sap uzunluğu en yüksek (4.7 cm) III. yetiştirme ortamında elde edilirken en düşük ise (2.8 cm) V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir.

Şekil 4.14’de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak sap uzunluğu değişimlerinin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Elde edilen değerler incelendiğinde Kamome Pink’de I., II., III., IV. yetiştirme ortamlarında çeşidinde en yüksek değer elde edilirken, Pigeon Purple çeşidinde ise III. yetiştirme ortamında en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir. En düşük yaprak sap uzunluğu ise her iki çeşitte de sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir. Değişik oranlarda arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin yaprak sapı uzunluğundaki farklılıklar Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de görülmektedir.

Çizelge 4.9. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak sapı uzunluğu değerleri (cm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	4.6 ab	3.1 d	3.8 b
II	4.3 abc	3.8 c	4.1 b
III	4.6 a	4.7 a	4.7 a
IV	4.2 abc	4.0 bc	4.1 b
V	2.8 d	2.7 d	2.8 c
Çeşit Ortalaması	4.1 a	3.7 b	

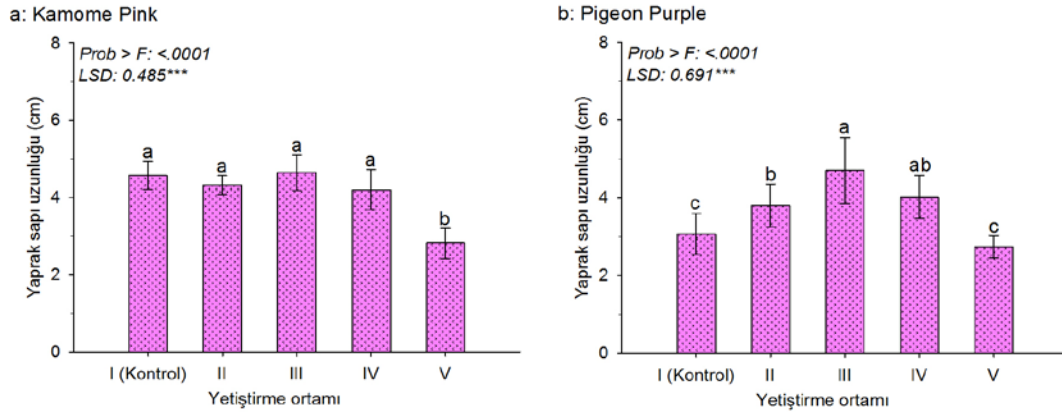
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0012, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0026

LSD (çeşit): 0.256**, LSD (ortam): 0.404***, LSD (çeşit x ortam): 0.572**

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.14. Süs lahanası çeşitlerinin yaprak sapı uzunluğu değişimleri (cm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.10. Yaprak Sap Çapı (mm)

Çizelge 4.10'da beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki yaprak sapı çapı (mm) değerleri verilmiştir. Çalışmada yaprak sap çapı değerleri üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pigeon Purple çeşidinin yaprak sapı çapı değerinin (3.95 mm) Kamome Pink çeşidine göre (2.85 mm) daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ortamlar değerlendirildiğinde ise yaprak sap çapı değerlerinde II. (3.94 mm) ve III. (4 mm) ortamlarda en yüksek değerler elde edilirken en düşük yaprak sap çapı değerinin ise (2.05 mm) V. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.15'da beş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak sap çapı (mm) değişimlerinin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Değerler incelendiğinde Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer: I., II. ve III. yetiştirme ortamlarında, Pigeon Purple çeşidinde ise II., III. ve IV. yetiştirme ortamlarında olduğu tespit edilmiştir. En düşük yaprak sapı çapı (mm) ise her iki çeşitte de sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak sap çapı değerleri (mm).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	3.43 b	3.27 b	3.35 b
II	3.14 b	4.75 a	3.94 a
III	3.23 b	4.76 a	4.00 a
IV	2.56 c	4.75 a	3.65 ab
V	1.88 d	2.23 cd	2.05 c
Çeşit Ortalaması	2.85 b	3.95 a	

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

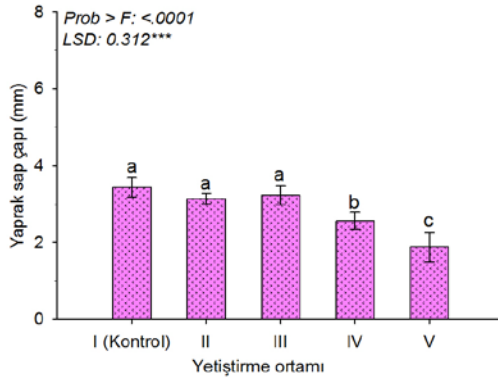
Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): <.0001

LSD (çeşit): 0.213***, LSD (ortam): 0.337***, LSD (çeşit x ortam): 0.476***

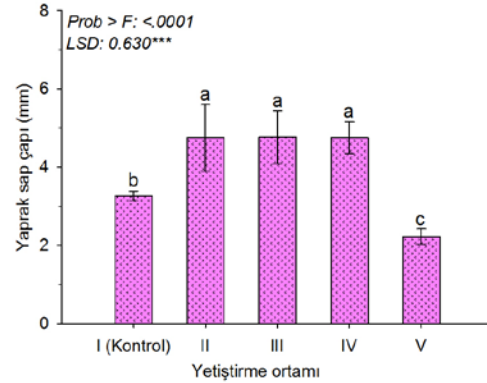
Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

a: Kamome Pink



b: Pigeon Purple



Şekil 4.15. Süs lahanası çeşitlerinin yaprak sap çapı değişimleri (mm).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.11. Bitki Yaş Ağırlığı (g)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki bitki yaş ağırlığı (g bitki⁻¹) değerleri Çizelge 4.11'de sunulmuştur. Çalışma sonunda bitki yaş ağırlığı üzerine ortam faktörünün etkisi önemli bulunmuştur. Ortamlar bakımından değerler incelendiğinde en yüksek değer (110.806 g bitki⁻¹) III. yetiştirme ortamında olduğu görülmektedir. En düşük bitki yaş ağırlığı değerleri (33.727 g bitki⁻¹) ise V. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir. Diğer yandan çizelge incelendiğinde

çeşit faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun önemsiz olduğu belirlenmiştir. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki yaş ağırlığı değerlerinin çeşitlere göre değişimleri Şekil 4.16'da görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde bitki yaş ağırlığı en yüksek bitkiler III. ve IV. yetiştirme ortamlarında belirlenirken, Pigeon Purple'da ise en yüksek değer III. ortamda bulunmuştur. En düşük bitki yaş ağırlığı ise her iki çeşitte de V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Değişik oranlarda arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarındaki bitkilerin gelişim farklılığı Şekil 4.17'de görülmektedir.

Çizelge 4.11. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki yaş ağırlığı değerleri (g).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	69.727	79.728	74.728 c
II	84.156	94.812	89.484 b
III	116.322	105.290	110.806 a
IV	109.800	92.691	101.245 ab
V	32.483	34.970	33.727 d
Çeşit Ortalaması	82.498	81.498	

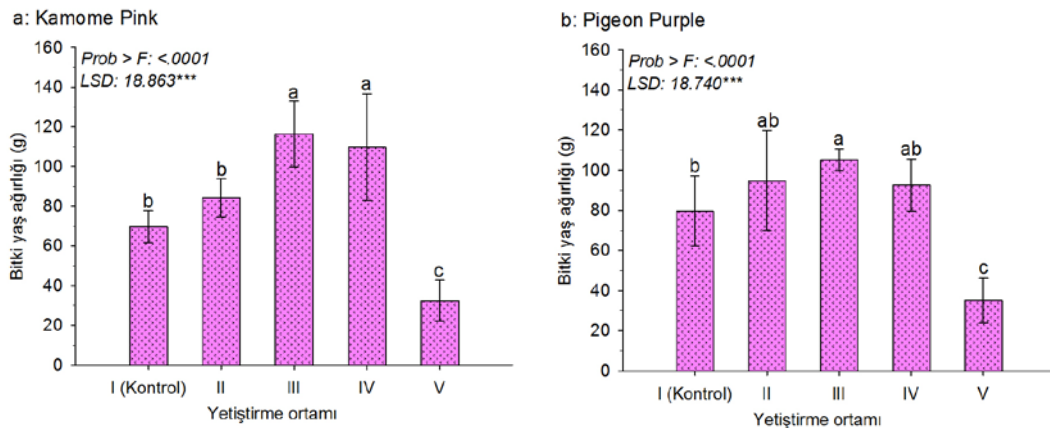
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.8076, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.1272

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 12.966***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik, ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.16. Süs lahanası çeşitlerinde bitki yaş ağırlığı değişimleri (g).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik, ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.17. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerine ait bitkilerin genel görünümü.

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

4.1.12. Üst Aksam Yaş Ağırlığı (g)

Çizelge 4.12’de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki üst aksam yaş ağırlığı (g) değerleri verilmiştir. Çalışma sonunda yapılan ölçümler sunucunda üst aksam yaş ağırlığı değerleri üzerine ortam faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortamlar değerlendirildiğinde üst aksam yaş ağırlığı bakımından III ve IV. yetiştirme ortamlarında en yüksek değer elde edilirken, en düşük değer ise sadece toprak içeren I. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir. Diğer yandan çizelge incelendiğinde çeşit faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Şekil 4.18’de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam yaş ağırlığındaki değişimlerin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Çeşitler incelendiğinde Kamome Pink çeşidinde en yüksek değerlerin III. (104.752 g) ve IV. (102.373 g) yetiştirme ortamlarında olduğu belirlenmiştir. Pigeon Purple çeşidinde ise en yüksek değer (100.067 g) III. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir. En düşük üst aksam yaş ağırlığı ise her iki çeşitte sadece atık çamur içeren V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam yaş ağırlığı değerleri (g).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	61.543	74.055	67.799 c
II	74.434	88.420	81.427 b
III	104.752	100.067	102.409 a
IV	102.373	86.924	94.649 a
V	30.115	32.662	31.388 d
Çeşit Ortalaması	74.643	76.425	

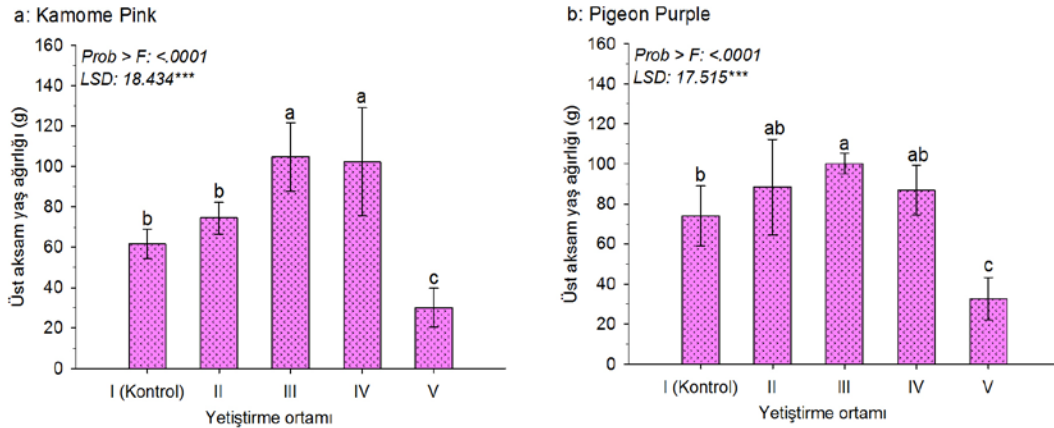
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.6501, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.1120

LSD (çeşit): --^{OD}, LSD (ortam): 12.399***, LSD (çeşit x ortam): --^{OD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.18. Süs lahanası çeşitlerinde üst aksam yaş ağırlığı değişimleri (g).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.13. Kök Yaş Ağırlığı (g)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki kök yaş ağırlıkları (g bitki⁻¹) Çizelge 4.13'de verilmiştir. Çalışmada kök yaş ağırlıkları üzerine çeşit, ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuştur. Buna göre Kamome Pink çeşidinin kök yaş ağırlığı Pigeon Purple çeşidine göre daha yüksek bulunmuştur. Kök yaş ağırlıkları üzerine ortamların etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde III. yetiştirme ortamında en yüksek değer elde edilirken, en düşük değer ise V. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök yaş ağırlığındaki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.19'da görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek kök yaş ağırlığı (11.570 g bitki⁻¹) III. yetiştirme ortamında belirlenirken, Pigeon Purple'da en yüksek değerler I. (5.673 g bitki⁻¹), II. (6.392 g bitki⁻¹), III. (5.223 g bitki⁻¹) ve IV. (5.767 g bitki⁻¹) yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir. En düşük kök yaş ağırlıkları ise her iki çeşitte de V. yetiştirme ortamında bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök yaş ağırlığı değerleri (g).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	8.184 bc	5.673 de	6.929 bc
II	9.722 ab	6.392 cde	8.057 ab
III	11.570 a	5.223 e	8.397 a
IV	7.427 cd	5.767 de	6.597 c
V	2.368 f	2.308 f	2.338 d
Çeşit Ortalaması	7.854 a	5.073 b	

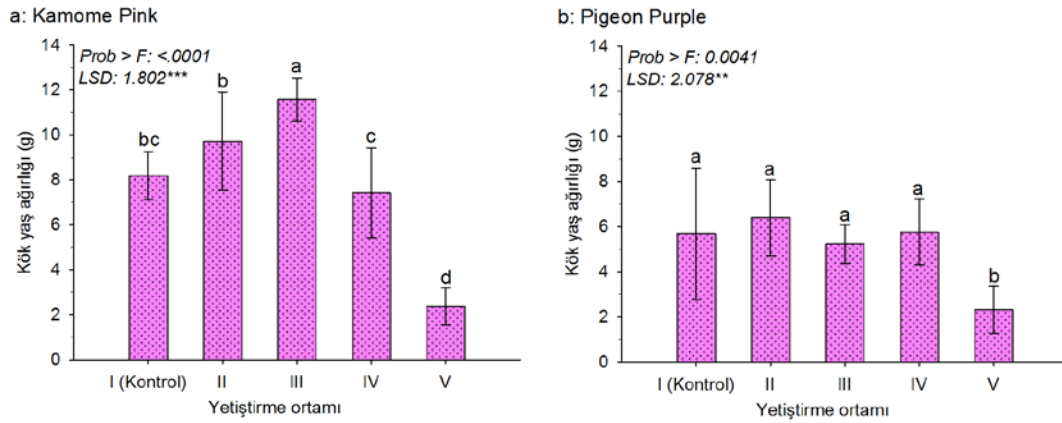
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0004

LSD (çeşit): 0.848***, LSD (ortam): 1.341***, LSD (çeşit x ortam): 1.897***

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{0D}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.19. Süs lahanası çeşitlerinde kök yaş ağırlığı değişimleri (g).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{0D}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.14. Bitki Kuru Ağırlığı (g)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki bitki kuru ağırlıkları Çizelge 4.14'de sunulmuştur. Çalışmada bitki kuru ağırlıkları (g bitki⁻¹) üzerine ortam faktörünün etkisi önemli bulunmuştur. Bitki kuru ağırlıkları üzerine ortamların etkisi incelendiğinde II. ve III. yetiştirme ortamlarında en yüksek

değerler elde edilirken, en düşük değer sadece atık çamur içeren V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Araştırmada bitki kuru ağırlığı üzerine çeşit faktörü ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki kuru ağırlığındaki (g bitki⁻¹) değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.20’de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek bitki kuru ağırlığı III. (12.837 g bitki⁻¹) ve IV. (12.477 g bitki⁻¹) yetiştirme ortamlarında elde edilirken, Pigeon Purple’da ise en yüksek değer (11.125 g bitki⁻¹) III. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. En düşük bitki kuru ağırlıkları ise her iki çeşitte de V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde bitki kuru ağırlığı değerleri (g).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	7.881	8.552	8.216 b
II	9.183	10.042	9.612 b
III	12.837	11.125	11.981 a
IV	12.477	10.153	11.315 a
V	4.434	4.720	4.577 c
Çeşit Ortalaması	9.362	8.918	

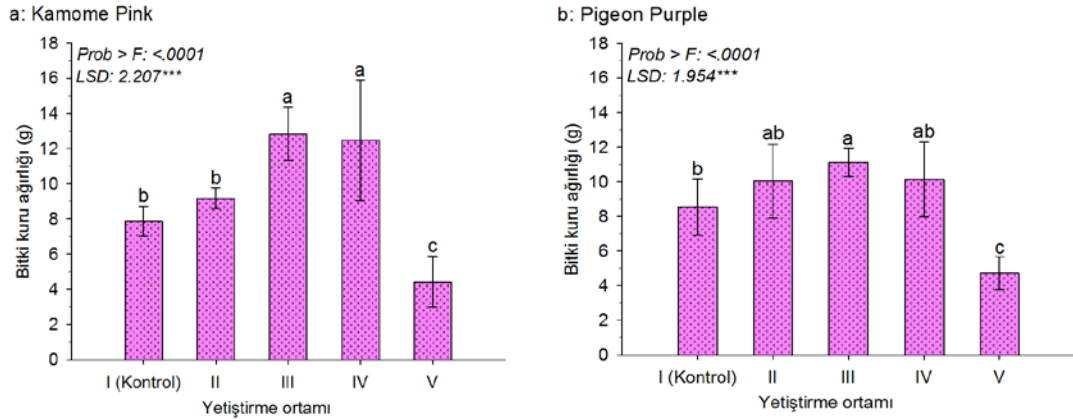
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.3313, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0942

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 1.437***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.20. Süs lahanası çeşitlerinde bitki kuru ağırlığı değişimleri (g).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.15. Üst Aksam Kuru Ağırlığı (g)

Çizelge 4.15'da beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki üst aksam kuru ağırlığı (g) değerleri verilmiştir. Çalışma sonunda yapılan ölçümler sunucunda üst aksam kuru ağırlığı (g) değerleri üzerine ortam faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortamlar değerlendirildiğinde üst aksam kuru ağırlığı bakımından III. (10.703 g) ve IV. (10.389 g) yetiştirme ortamlarında en yüksek değerler elde edilirken, en düşük değer (4.164 g) ise sadece toprak çamur içeren V. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir. Diğer yandan çizelge incelendiğinde çeşit faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir.

Şekil 4.21'de beş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam kuru ağırlığı değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Çeşitler incelendiğinde her iki çeşitte de en yüksek değerlerin III. ve IV. yetiştirme ortamlarında olduğu görülmektedir. Aynı doğrultuda her iki çeşitte de en düşük üst aksam kuru ağırlığı V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam kuru ağırlığı değerleri (g).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	6.601	7.550	7.075 c
II	7.913	8.967	8.440 b
III	11.325	10.082	10.703 a
IV	11.370	9.409	10.389 a
V	4.006	4.322	4.164 d
Çeşit Ortalaması	8.243	8.066	

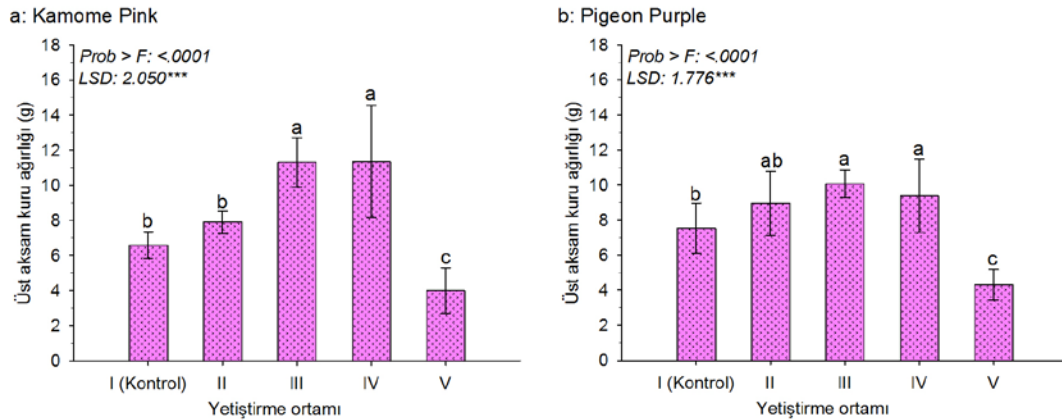
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.6731, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0925

LSD (çeşit): --^{ÖD}***, LSD (ortam): 1.323***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.21. Süs lahanası çeşitlerinde üst aksam kuru ağırlığı değişimleri (g).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.16. Kök Kuru Ağırlığı (g)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki kök kuru ağırlıkları Çizelge 4.16'da sunulmuştur. Çalışmada kök kuru ağırlıkları (g bitki⁻¹) üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Buna göre, Kamome Pink çeşidinin kök kuru ağırlığı daha yüksek bulunmuştur. Kök kuru ağırlıkları

üzerine ortamların etkisi incelendiğinde I. (Kontrol), II. ve III. yetiştirme ortamlarında en yüksek değerler elde edilirken, ortam içerisindeki çamur oranı arttıkça kök kuru ağırlığı azalmıştır. Araştırmada kök kuru ağırlığı üzerine çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök kuru ağırlığındaki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.22’de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek kök kuru ağırlığı ($1.512 \text{ g bitki}^{-1}$) III. yetiştirme ortamında belirlenirken Pigeon Purple’da ise en yüksek değerler II. ($1.075 \text{ g bitki}^{-1}$) ve III. ($1.043 \text{ g bitki}^{-1}$) ortamlarda belirlenmiştir. En düşük kök kuru ağırlıkları ise her iki çeşitte de V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök kuru ağırlığı değerleri (g)

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	1.280	1.003	1.141 a
II	1.270	1.075	1.172 a
III	1.512	1.043	1.278 a
IV	1.107	0.743	0.925 b
V	0.429	0.398	0.413 c
Çeşit Ortalaması	1.120 a	0.852 b	

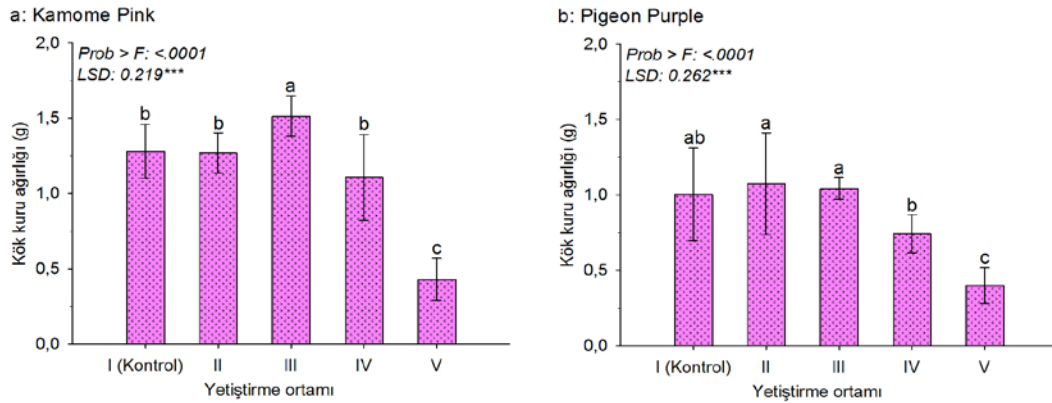
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.1053 LSD (çeşit):

0.105***, LSD (ortam): 0.167***, LSD (çeşit x ortam): --^{OD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.22. Süs lahanası çeşitlerinde kök kuru ağırlığı değişimleri (g).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{0D}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.17. Oransal Üst Aksam Kuru Ağırlığı

Çizelge 4.17'de beş farklı yetiştirme ortamında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki oransal üst aksam kuru ağırlık değerleri verilmiştir. Çalışma sonunda oransal kök kuru ağırlık değeri üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pigeon Purple çeşidinin oransal üst aksam kuru ağırlık değerinin (0.91) Kamome Pink çeşidine (0.88) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde ise oransal üst aksam kuru ağırlık değeri bakımından I. yetiştirme ortamında en yüksek değer elde edilirken, en düşük değerlerin ise V. ve IV. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan çizelge incelendiğinde çeşit x ortam interaksiyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.23'de beş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde oransal üst aksam kuru ağırlık değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi görülmektedir. Oranlar incelendiğinde her iki çeşitte de en yüksek değer IV ve V. yetiştirme ortamlarında olduğu görülmektedir. En düşük oransal üst aksam kuru ağırlık değeri ise her iki çeşitte de I. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde oransal üst aksam kuru ağırlığı değerleri.

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.84	0.88	0.86 d
II	0.86	0.90	0.88 c
III	0.88	0.91	0.89 b
IV	0.91	0.93	0.92 a
V	0.90	0.92	0.91 a
Çeşit Ortalaması	0.88 b	0.91 a	

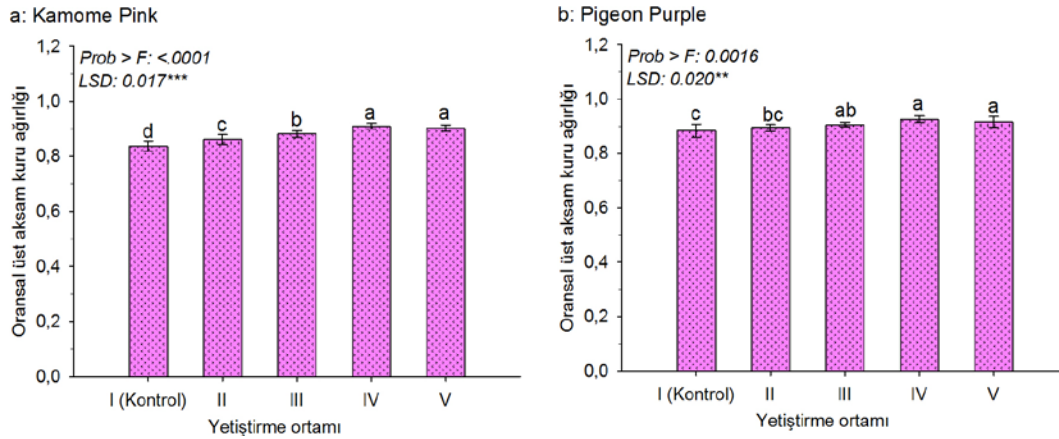
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0723

LSD (çeşit): 0.008***, LSD (ortam): 0.013***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.23. Süs lahanası çeşitlerinde oransal üst aksam kuru ağırlık değişimleri.

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.18. Oransal Kök Kuru Ağırlığı

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki oransal kök kuru ağırlığı değerleri Çizelge 4.18'de verilmiştir. Çalışma sonunda yapılan ölçümler sunucunda oransal kök kuru ağırlık değerleri üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kamome Pink çeşidinin

oransal kök kuru ağırlığı değerlerinin Pigeon Purple çeşidine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde ise oransal kök kuru ağırlığı bakımından I. yetiştirme ortamında en yüksek değer elde edilirken, en düşük değerlerin ise V. ve IV. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan çizelge incelendiğinde çeşit x ortam interaksiyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde oransal kök kuru ağırlığındaki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.24’de görülmektedir. Oranlar incelendiğinde her iki çeşitte de en yüksek değer I. yetiştirme ortamında bulunmuştur. En düşük oransal kök kuru ağırlığı oranı ise her iki çeşitte de IV ve V. yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde oransal kök kuru ağırlığı değerleri.

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.16	0.12	0.14 a
II	0.14	0.11	0.12 b
III	0.12	0.09	0.11 c
IV	0.09	0.08	0.08 d
V	0.10	0.09	0.09 d
Çeşit Ortalaması	0.12 a	0.10 b	

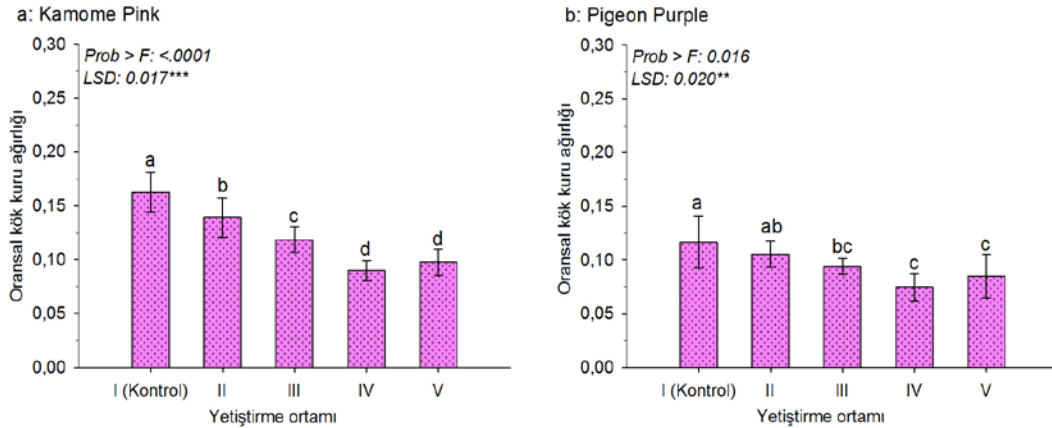
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0723

LSD (çeşit): 0.008***, LSD (ortam): 0.013***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.24. Süs lahanası çeşitlerinde oransal kök kuru ağırlığı değişimleri.

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (K) (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ÖD: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

4.1.19. Kök /Üst Aksam Kuru Ağırlık Oranı

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerindeki kök kuru ağırlık/üst aksam kuru ağırlık oranları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Çalışma sonunda kök/üst aksam kuru ağırlık oranı üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam etkisinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kamome Pink çeşidinin kök/üst aksam kuru ağırlık oranının Pigeon Purple çeşidine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ortamlar bakımından kök/üst aksam kuru ağırlık oranı incelendiğinde I. yetiştirme ortamında en yüksek değer elde edilirken, en düşük değerler ise IV. ve V. yetiştirme ortamında tespit edilmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök/üst aksam kuru ağırlık oranındaki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.25'de görülmektedir. Oranlar incelendiğinde her iki çeşitte de en yüksek değer I. yetiştirme ortamında bulunmuştur. En düşük kök/üst aksam kuru ağırlık oranı ise her iki çeşitte de IV. ve V. yetiştirme ortamlarında hesaplanmıştır.

Çizelge 4.19. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kök/üst aksam kuru ağırlık oranı değerleri.

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.20 a	0.13 c	0.16 a
II	0.16 b	0.12 cd	0.14 b
III	0.14 c	0.10 def	0.12 c
IV	0.10 def	0.08 f	0.09 d
V	0.11 de	0.09 ef	0.10 d
Çeşit Ortalaması	0.14 a	0.11 b	

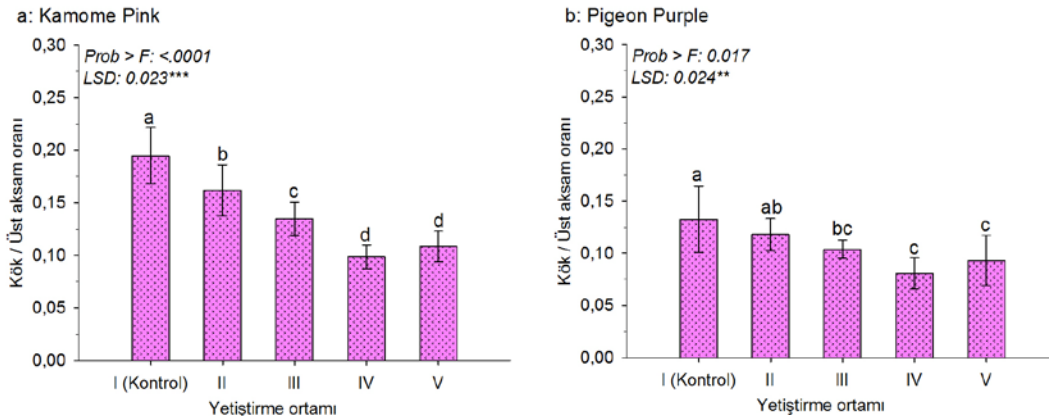
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0368

LSD (çeşit): 0.010***, LSD (ortam): 0.016***, LSD (çeşit x ortam): 0.023*

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.25. Süs lahanası çeşitlerinde kök/üst aksam kuru ağırlık oranı değişimleri

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.1.20. Kompaktlık Oranı (mg.cm⁻¹)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki kompaktlık oranları (mg.cm⁻¹) Çizelge 4.20'de sunulmuştur. Çalışma sonunda kompaktlık oranı üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur. Kamome Pink çeşidinin kompaktlık

oranının Pigeon Purple çeşidine göre daha yüksek bulunmuştur. Ortamlar bakımından kompaktlık oranı incelendiğinde III. ve IV. yetiştirme ortamlarında en yüksek değerler elde edilirken, bunu I. ve II. ortamlar izlemiştir. En düşük kompaktlık oranı ise sadece arıtma çamuru içeren V. ortamda belirlenmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kompaktlık oranındaki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.26'da görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en kompakt bitkiler III. ve IV. ortamlarda Pigeon Purple'da ise III. ortamda bulunmuştur. En düşük kompaktlık oranı ise her iki çeşitte de V. yetiştirme ortamında hesaplanmıştır.

Çizelge 4.20. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde kompaktlık oranı değerleri (mg.cm^{-1}).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.45 de	0.46 de	0.46 b
II	0.49 cd	0.49 d	0.49 b
III	0.68 ab	0.61 bc	0.65 a
IV	0.77 a	0.48 d	0.62 a
V	0.34 e	0.34 e	0.34 c
Çeşit Ortalaması	0.55 a	0.48 b	

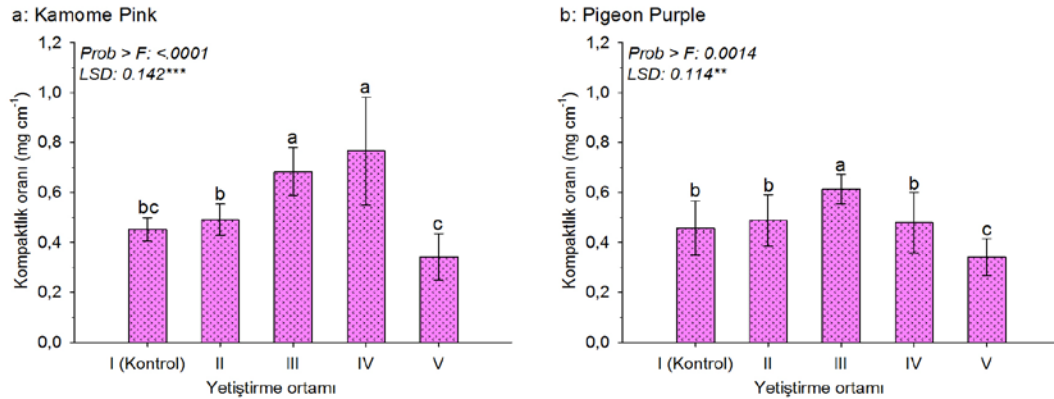
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0141, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0067

LSD (çeşit): 0.056*, LSD (ortam): 0.089***, LSD (çeşit x ortam): 0.125**

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.26. Süs lahanası çeşitlerinin kompaktlık oranı değişimleri (mg.cm⁻¹).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.2. Fizyolojik Parametreler

4.2.1. Yaprak Klorofil İçeriği-SPAD (μmol m⁻²)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinin SPAD (μmol m⁻²) değerleri Çizelge 4.21'de sunulmuştur. Çalışmada SPAD değeri üzerine çeşit ve ortam faktörleri ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Pigeon Purple çeşidindeki SPAD değerinin (60.12 μmol m⁻²) Kamome Pink çeşidine (57.55 μmol m⁻²) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde ise en yüksek değerlerin III. (63.37 μmol m⁻²), IV. (62.39 μmol m⁻²) ve V. (63.73 μmol m⁻²) yetiştirme ortamlarında olduğu belirlenirken en düşük SPAD değeri ise I. (46.84 μmol m⁻²) yetiştirme ortamında elde edilmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde SPAD (μmol m⁻²) değişimlerinin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.27'de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek SPAD değeri sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında belirlenirken diğer yandan Pigeon Purple çeşidinde ise en yüksek değerler II. ve III. IV. ve V. yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Kamome Pink çeşidinde en düşük değerler I.(47.49 μmol m⁻²) ve II. (50.44 μmol m⁻²) yetiştirme ortamlarında

elde edilirken Pigeon Purple çeşidinde ise I. ($46.84 \mu\text{mol m}^{-2}$) yetiştirme ortamında elde edilmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı yetiştirme ortamlarında yetişen süs lahanası bitkilerindeki SPAD değerleri ($\mu\text{mol m}^{-2}$).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	47.49 b	46.18 b	46.84 c
II	50.44 b	65.28 a	57.86 b
III	62.57 a	64.17 a	63.37 a
IV	62.69 a	62.09 a	62.39 a
V	64.56 a	62.89 a	63.73 a
Çeşit Ortalaması	57.55 b	60.12 a	

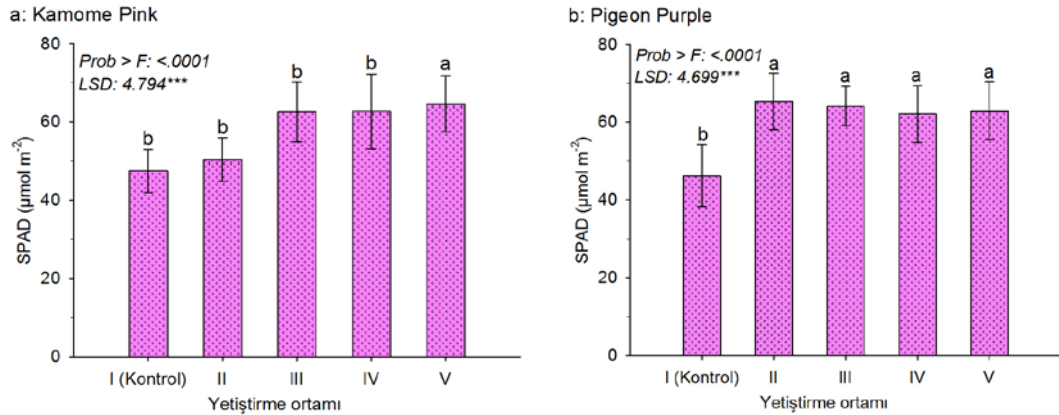
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0171, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): <.0001

LSD (çeşit): 2.108*, LSD (ortam): 3.332***, LSD (çeşit x ortam): 4.713***

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.27. Süs lahanası çeşitlerinin SPAD değerlerindeki değişimler ($\mu\text{mol m}^{-2}$)

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.2.2. Fotosistem II (PSII) Ölçümleri

Çizelge 4.22’de beş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerindeki PSII değerleri verilmiştir. Çalışmada PSII değerleri üzerine ortam faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortamlar değerlendirildiğinde en yüksek PSII değeri II. yetiştirme ortamında en düşük PSII değeri ise V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Araştırmada PSII değeri üzerine çeşit faktörünün etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Şekil 4.28’de beş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde PSII değerinin çeşitlere göre değişimleri görülmektedir. Değerler incelendiğinde Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer II. ve III. yetiştirme ortamlarında, Pigeon Purple çeşidinde ise I. ve II. yetiştirme ortamlarında olduğu tespit edilmiştir. En düşük PSII değeri ise her iki çeşitte de sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde PSII değerleri.

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.6730 b	0.7115 a	0.6923 b
II	0.7163 a	0.7124 a	0.7144 a
III	0.7024 a	0.6753 b	0.6888 b
IV	0.6059 c	0.5930 c	0.5995 c
V	0.5595 d	0.5010 e	0.5303 d
Çeşit Ortalaması	0.6514	0.6387	

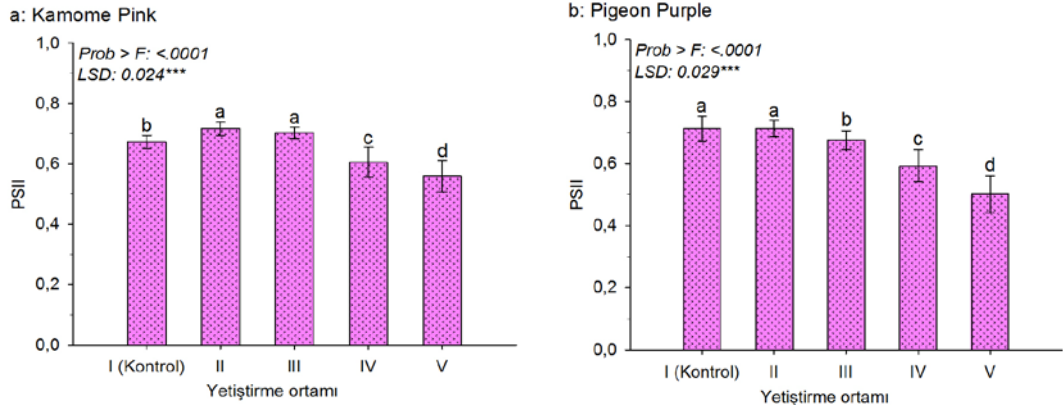
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0333, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): <.0001

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 0.019***, LSD (çeşit x ortam): 0.026***

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.28. Süs lahanası çeşitlerinin PSII değerlerindeki değişimler.

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{0D}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.2.3. Turgor Kaybı (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde turgor kaybı oranları (%) Çizelge 4.23'de sunulmuştur. Çalışmada turgor kaybı oranları (%) üzerine ortam faktörünün etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ortamlar değerlendirildiğinde ortam içerisindeki arıtma çamuru oranının artışına paralel olarak turgor kaybı artmıştır. Buna göre en fazla turgor kaybı V. (% 24) yetiştirme ortamında belirlenirken en düşük turgor kaybı I. (% 6) yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Diğer yandan çeşit faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde turgor kaybı değişimlerinin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.29'da görülmektedir. Her iki çeşitte de en yüksek turgor kaybı sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Buna karşın en düşük turgor kaybı Kamome Pink çeşidinde I., II. ve III. yetiştirme ortamlarında elde edilirken, Pigeon Purple çeşidinde turgor kaybı oranı tüm yetiştirme ortamlarında aynı istatistiki grupta yer almış ve V. yetiştirme ortamına göre düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.23. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde turgor kaybı değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	6	6	6 d
II	8	10	9 cd
III	7	13	10 bc
IV	14	12	13 b
V	21	28	24 a
Çeşit Ortalaması	11	14	

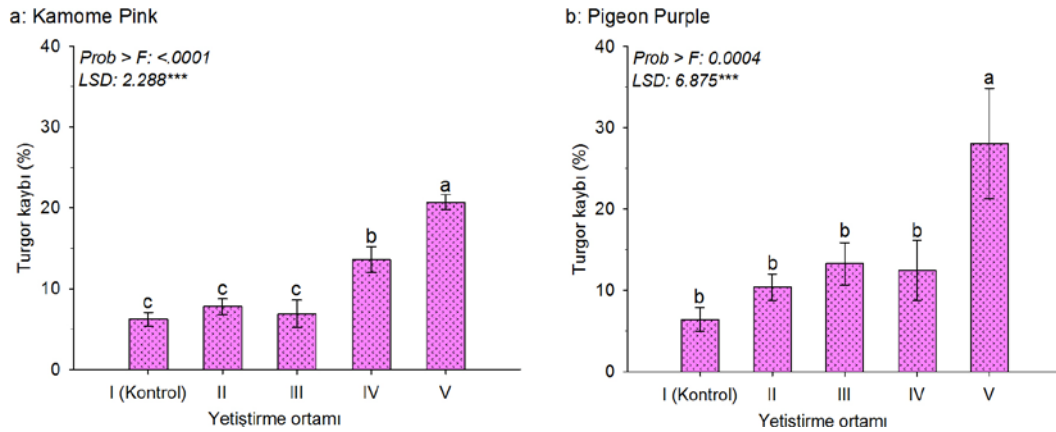
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0956, Prob > F (ortam): 0.0003, Prob > F (çeşit x ortam): 0.5002

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 3,623***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.29. Süs lahanası çeşitlerinde turgor kaybı oranlarındaki değişimler (%)

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.2.4. Yaprak Oransal Su Kapsamı (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde yaprak oransal su kapsamı oranları (%) Çizelge 4.24'de sunulmuştur. Çalışmada yaprak oransal su kapsamı oranları üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin etkisi istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Kamome Pink çeşidindeki yaprak oransal su kapsamının

(% 87) Pigeon Purple çeşidindeki yaprak oransal su kapsamından (% 84) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ortamlar değerlendirildiğinde ise en yüksek değer (% 93) I. yetiştirme ortamında elde edilirken en düşük değer ise (% 71) V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak oransal su kapsamı oranı (%) değişimlerinin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.30'da görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek yaprak oransal su kapsamı (%) değerleri I., II. ve III. yetiştirme ortamlarında belirlenirken diğer yandan Pigeon Purple çeşidinde ise en yüksek değerler I., II., III. ve IV. yetiştirme ortamlarında tespit edilmiştir. Her iki çeşitte de en düşük oran sadece atık çamur içeren V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir.

Çizelge 4.24. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde yaprak oransal su kapsamı değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	93	93	93 a
II	91	88	90 ab
III	92	85	89 bc
IV	84	86	85 c
V	76	66	71 d
Çeşit Ortalaması	87 a	84 b	

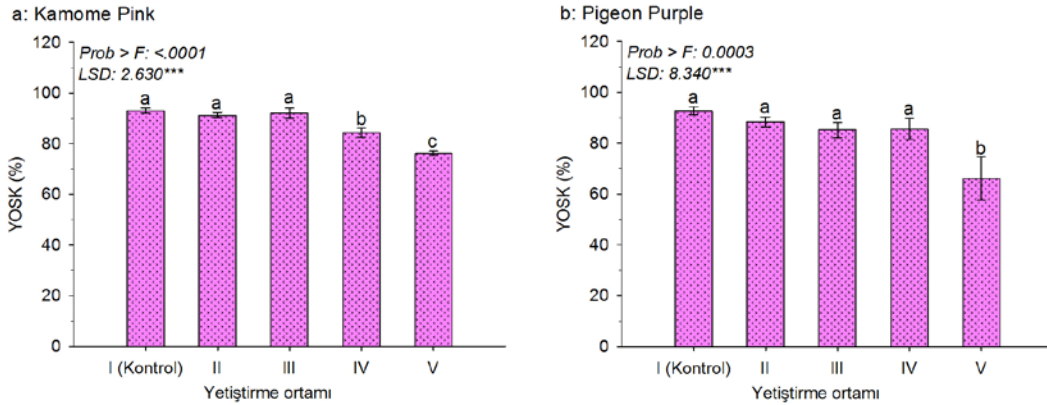
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0065, Prob > F (ortam): <.0001*, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0534

LSD (çeşit): 2.765**, LSD (ortam): 4.372***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.30. Süs lahanası çeşitlerinde yaprak oransal su kapsamı değişimleri (%).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (K) (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III

(toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.2.5. İyon Sızıntısı (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde iyon sızıntısı değerleri (%) Çizelge 4.25'de sunulmuştur. Çalışmada iyon sızıntısı üzerine yetiştirme ortamlarının etkisi istatistiki önemli bulunmuştur. Yetiştirme ortamlarındaki en yüksek iyon sızıntısı (% 28) sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında bulunurken, en düşük iyon sızıntısı (% 15) sadece toprak içeren I. yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Araştırmada iyon sızıntısı üzerine çeşit faktörü ile çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde iyon sızıntısı (%) değişimlerinin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.31'de görülmektedir. Her iki çeşitte en yüksek iyon sızıntısı değerleri sadece arıtma çamuru içeren V. yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Kamome Pink çeşidinde I., II. ve III. yetiştirme ortamlarında en düşük iyon sızıntısı değerleri elde edilirken, Pigeon Purple çeşidinde ise I., II., III., IV. yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir..

Çizelge 4.25. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde iyon sızıntısı değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	15	15	15c
II	16	18	17c
III	16	18	17c
IV	22	18	20b
V	30	27	28a
Çeşit Ortalaması	20	19	

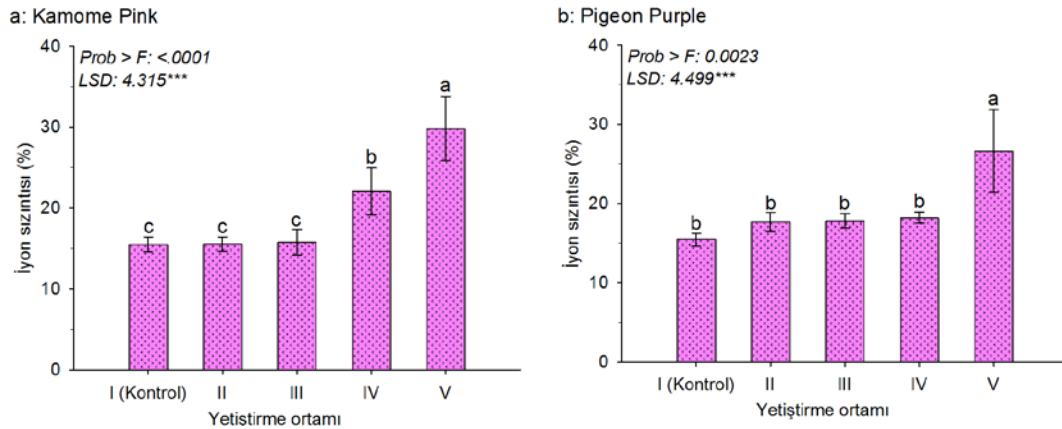
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.5292, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.1243

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 2.918***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.31. Süs lahanası çeşitlerinin iyon sızıntısı değişimleri (%)

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.2.6. Hücresel Membran Zararlanması (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası çeşitlerinde kontrol uygulamasına karşı zararlanma oranları (%) Çizelge 4.26'de sunulmuştur. Çalışmada zararlanma oranı üzerine yetiştirme ortamlarının etkisi önemli bulunmuştur. Yetiştirme ortamındaki arıtma çamuru miktarının artışına paralel olarak zararlanma

düzeyi artmıştır. En yüksek zararlanma oranı (% 15.09) beşinci yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Araştırmada zararlanma oranı bakımından çeşit faktörü ile çeşit x ortam interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde zararlanma oranlarındaki (%) değişimlerin çeşitlere göre etkisi Çizelge 4.27’de görülmektedir. Her iki çeşitte de II. ve III. yetiştirme ortamlarında kontrole kıyasla zararlanma oranları en düşük değerlerde belirlenirken, en yüksek değerler IV. ve V. yetiştirme ortamında bulunmuştur.

Çizelge 4.26. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde hücrel membran zararlanması değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
II	0.04	2.64	1.34 c
III	0.32	2.81	1.56 c
IV	7.78	3.25	5.52 b
V	16.94	13.23	15.09 a
Çeşit Ortalaması	6.27	5.48	

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.5493, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.1239

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 3.873***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Çizelge 4.27. Süs lahanası çeşitlerinde hücrel membran zararlanması (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler	
	Kamome Pink	Pigeon Purple
II	0.05 c	2.64 b
III	0.32 c	2.81 b
IV	7.78 b	3.25 b
V	16.94 a	13.23 a
Prob > F	0.0005	0.0097
LSD	5.820***	6.093**

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.3. Toprak ve Arıtma Çamuru Örnekleri Analizlerine İlişkin Sonuçlar

4.3.1. Bünye ve Besin Elementi Analizleri

Çalışmada kullanılan toprak ve arıtma çamuru içeriğine ait sonuçlar incelendiğinde kullanılan iki ortam arasında bazı parametrelerde önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 28). Yetiştirme ortamı olarak kullanılan arıtma çamurunda tuzluluk oranının bahçe toprağına göre yaklaşık iki kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Buna karşın toplam kireç miktarı bahçe toprağında arıtma çamuruna göre yaklaşık iki kat fazla bulunmuştur. Ancak hem arıtma çamurundaki hem de bahçe toprağındaki tuz ve toplam kireç içeriği bitki yetiştiriciliği için belirlenen sınır değerlerin altındadır. Diğer yandan arıtma çamurunun organik madde içeriğinin bahçe toprağına göre yaklaşık 60 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca arıtma çamurunun bahçe toprağına göre yaklaşık 4 kat daha fazla alınabilir fosfor (P) ve yaklaşık 2 kat alınabilir potasyum (K) içerdiği belirlenmiştir. Buna karşın kullanılan bahçe toprağının Fe ve Mn içeriğinin arıtma çamuruna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ca, Mg, Cu içerikleri ve pH değerlerinin ise her iki substuratta da yaklaşık olarak aynı oranlarda olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Süs lahanası yetiştirme harcı olarak kullanılan bahçe toprağı ve arıtma çamurunun bünye özellikleri ve besin elementi içerikleri

İçerik	Bahçe Toprağı (Kontrol toprağı)	Arıtma Çamuru
Tuz (mmhos/cm)	0.75	1.25
Toplam kireç (%)	18.4	10.2
Organik madde	0.2	12.1
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	22.3	86.4
Alınabilir K (mg kg ⁻¹)	270.6	563.3
pH	7.43	7.8
K (mg kg ⁻¹)	279.59	365.89
Ca (%)	1.92	1.72
Mg (%)	0.18	0.17
Cu (mg kg ⁻¹)	38.08	38
Fe (mg kg ⁻¹)	108.88	76.73
Mn (mg kg ⁻¹)	54.13	48.8

4.3.2. Ağır Metal Element Analizleri

Süs lahanası bitkilerinin arıtma çamurundan sömürdüğü ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla deneme başlangıcı ve deneme sonundaki arıtma çamuru örneklerindeki (V. yetiştirme ortamı) bazı ağır metal elementlerinin analiz sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir. Çalışmada yetiştirme ortamı olarak kullanılan arıtma çamuru içerisindeki ağır metal konsantrasyonlarının ‘Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir (Anonymous, 2001). Çalışma kapsamında değerlendirilen ağır metal elementlerinin deneme başındaki ve deneme sonundaki arıtma çamuru örneklerindeki konsantrasyonları açısından Kamome Pink çeşidinde belirgin bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Pigeon Purple çeşidinde ise bitkilerin arıtma çamuru içesinden krom, nikel, kadminyum ve molibden elementlerini sömürdüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Süs lahanası yetiştirilen arıtma çamurunun ağır metal element konsantrasyonları (mg kg⁻¹)

Elementler	Deneme Başlangıcı Arıtma Çamuru	Deneme Sonu	
		Arıtma Çamuru (V. ortam)	
		Kamome Pink	Pigeon Purple
Çinko	586.6	594.9	608.4
Krom	263.7	261.8	162.5
Nikel	166.1	169.4	155.7
Kadminyum	4.0	4.4	1.6
Molibden	5.0	4.6	3.7

4.4. Bitki Üst Aksam Dokularındaki Besin Elementlerine İlişkin Sonuçlar

4.4.1. Azot Konsantrasyonu (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam dokularındaki azot (N) değerleri (%) Çizelge 4.30.’da verilmiştir. Çalışmada N değerleri üzerine çeşit, ortam faktörleri ve çeşit x ortam interaksyonunun etkileri

istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Pigeon Purple çeşidinin üst aksam dokularındaki N değeri (% 1.88) Kamome Pink çeşidine (% 1.60) göre daha yüksek bulunmuştur. Azot değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde ise en yüksek değer (% 2.88) V. yetiştirme ortamında olduğu tespit edilirken en düşük değerin ise (% 1.39) II. yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki N değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.32’de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer (% 1.97) V. yetiştirme ortamında belirlenirken en düşük değerler ise I. ve II. yetiştirme ortamlarından elde edilmiştir. Pigeon Purple çeşidinde ise en yüksek değer (% 2.88) V. yetiştirme ortamında bulunmuştur. Diğer ortamlardaki N konsantrasyonları ise birbirine yakın bulunmuştur.

Çizelge 4.30. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında N değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	1,33 d	1,73 bc	1,53 bc
II	1,33 d	1,45 cd	1,39 c
III	1,75 bc	1,60 bcd	1,68 b
IV	1,63 bcd	1,73 bc	1,68 b
V	1,97 b	2,88 a	2,43 a
Çeşit Ortalaması	1.60 b	1.88 a	

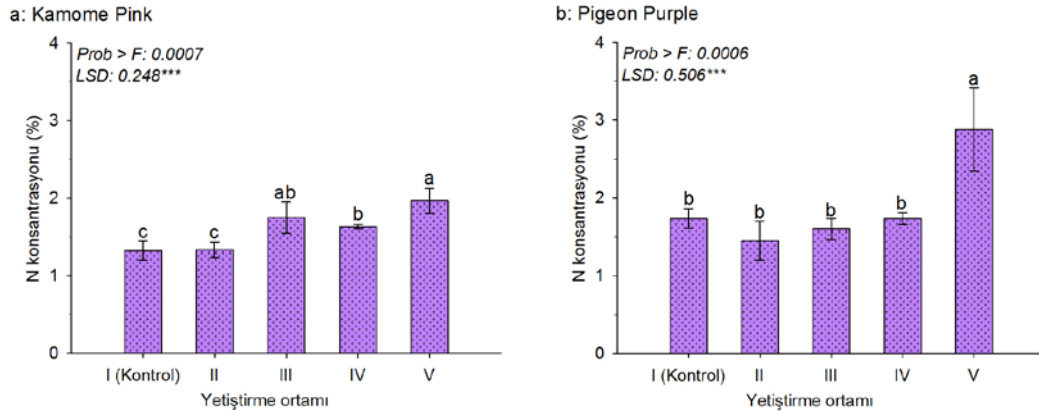
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0024, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0049

LSD (çeşit): 0.167, LSD (ortam): 0.264, LSD (çeşit x ortam): 0.373

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.32. Süs lahanası çeşitlerinin N değerlerindeki değişimler (%).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.4.2. Fosfor Konsantrasyonu (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam dokularındaki fosfor (P) değerleri (%) Çizelge 4.31.'de verilmiştir. Çalışmada P değerleri üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Pigeon Purple çeşidinin üst aksam dokularındaki P değeri (% 0.52) Kamome Pink çeşidine (% 0.39) göre daha yüksek bulunmuştur. Fosfor değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde ise en yüksek değerler IV. (% 0.52) ve V. (% 0.53) yetiştirme ortamlarında tespit edilirken en düşük değerler ise I. ve II. yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki P değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.33'de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer (% 0.49) IV. yetiştirme ortamında belirlenirken Pigeon Purple'da ise en yüksek değer (% 0.65) V. yetiştirme ortamında bulunmuştur. En düşük P değeri ise Kamome Pink çeşidinde I., Pigeon Purple çeşidinde ise III. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında P değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.30	0.50	0.40 b
II	0.34	0.46	0.40 b
III	0.40	0.43	0.41 b
IV	0.49	0.56	0.52 a
V	0.41	0.65	0.53 a
Çeşit Ortalaması	0.39 b	0.52 a	

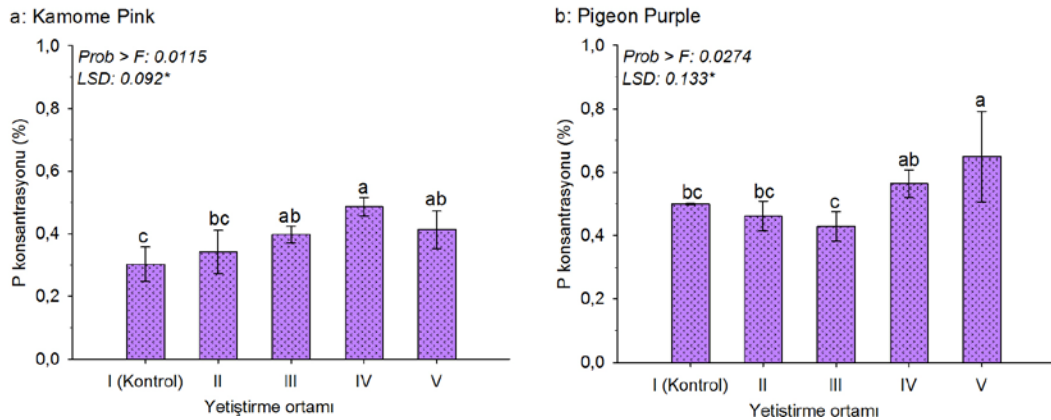
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): 0.0012, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0624

LSD (çeşit): 0.048***, LSD (ortam): 0.076**, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.33. Süs lahanası çeşitlerinin P değerlerindeki değişimler (%).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.4.3. Potasyum Konsantrasyonu (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki potasyum (K) konsantrasyonları Çizelge 4.32.'de verilmiştir. Çalışmada K değerleri üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Pigeon Purple çeşidinin üst aksam dokularındaki K

değeri (% 1.67) Kamome Pink çeşidine (% 1.46) göre daha yüksek bulunmuştur. Potasyum değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde ise en yüksek değerler (% 1.95) I. yetiştirme ortamında tespit edilirken en düşük değer ise (% 1.27) III. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki K değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.34’de görülmektedir. Potasyum konsantrasyonu bakımından en yüksek değerler hem Kamome Pink çeşidinde (% 1.76) hem de Pigeon Purple’da (% 2.14) I. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. En düşük K konsantrasyonu ise Kamome Pink çeşidinde V. ve III. yetiştirme ortamlarında belirlenirken Pigeon purple çeşidinde III. yetiştirme ortamında bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında K değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	1.76	2.14	1.95 a
II	1.48	1.47	1.47 bc
III	1.20	1.33	1.27 c
IV	1.48	1.75	1.61 b
V	1.36	1.66	1.51 b
Çeşit Ortalaması	1.46 b	1.67 a	

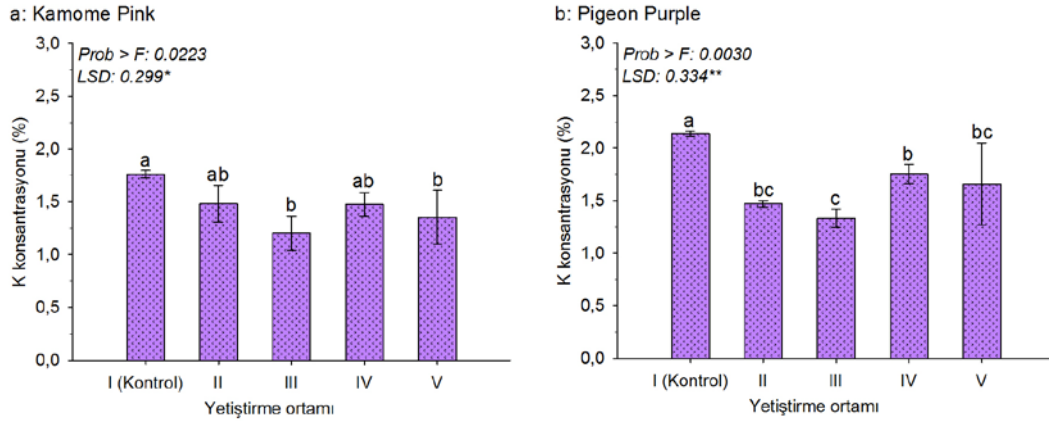
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.0030, Prob > F (ortam): <.0001*, Prob > F (çeşit x ortam): 0.3492

LSD (çeşit): 0.133**, LSD (ortam): 0.210***, LSD (çeşit x ortam): --^{OD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.34. Süs lahanası çeşitlerinin K değerlerindeki değişimler (%).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{0D}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.4.4. Kalsiyum Konsantrasyonu (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki kalsiyum (Ca) değerleri Çizelge 4.33.'de verilmiştir. Çalışmada Ca değerleri üzerine ortam faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Ca değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde en yüksek değer (% 2.88) V. yetiştirme ortamında tespit edilirken en düşük değer (% 1.72) ise I. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki Ca değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.35'de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer (% 2.91) V. yetiştirme ortamında belirlenirken diğer yetiştirme ortamlarında Ca değeri açısından istatistiki fark bulunmamıştır. Diğer yandan Pigeon Purple çeşidinde en yüksek kalsiyum konsantrasyonu V. yetiştirme ortamında belirlenmesine rağmen Ca konsantrasyonu açısından yetiştirme ortamları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.33. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Ca değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	1.79	1.65	1.72 c
II	1.86	1.85	1.85 c
III	1.99	1.94	1.97 bc
IV	2.18	2.51	2.35 b
V	2.91	2.85	2.88 a
Çeşit Ortalaması	2.16	2.16	

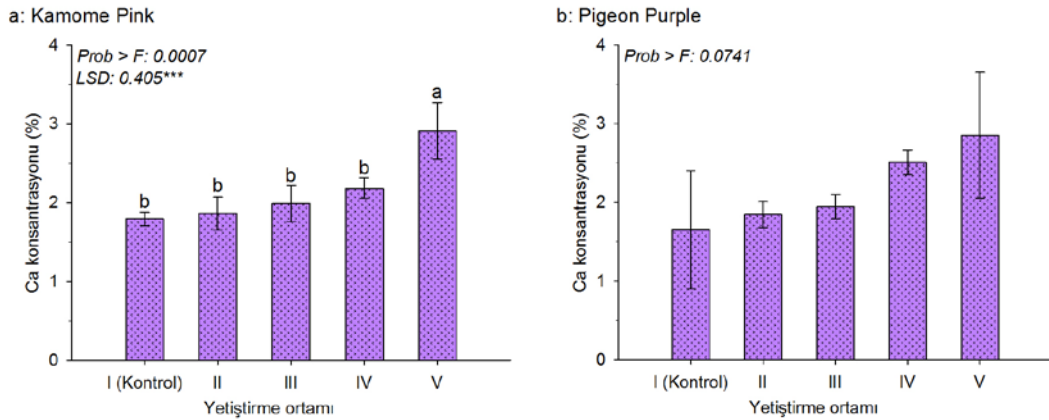
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.9267, Prob > F (ortam): 0.0003, Prob > F (çeşit x ortam): 0.8604

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 0.470***, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.35. Süs lahanası çeşitlerinin Ca değerlerindeki değişimler (%).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.4.5. Magnezyum Konsantrasyonu (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki magnezyum (Mg) değerleri Çizelge 4.34.'de verilmiştir. Çalışmada Mg değerleri üzerine ortam faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mg değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde en yüksek değer (% 0.52) V.

yetiştirme ortamında tespit edilirken en düşük değer ise (% 0.29) I. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit faktörü ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki Mg değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.36'de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer (% 0.51) V. yetiştirme ortamında belirlenirken en düşük değer (% 0.29) I. yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Diğer yandan Kamome Pink çeşidine benzer olarak Pigeon Purple çeşidinde de en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla V. ve I. yetiştirme ortamlarında belirlenmesine rağmen ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.34. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Mg değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.29	0.29	0.29 c
II	0.31	0.37	0.34 c
III	0.32	0.37	0.35 bc
IV	0.37	0.40	0.38 b
V	0.51	0.53	0.52 a
Çeşit Ortalaması	0.36	0.39	

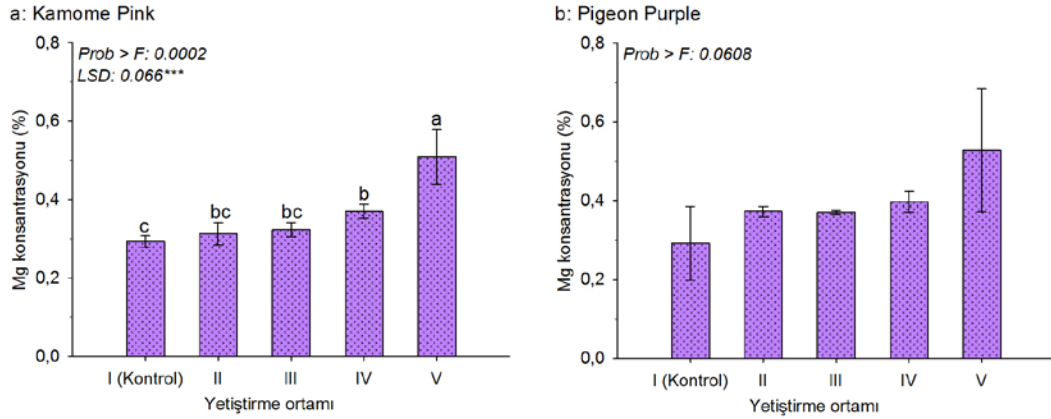
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.2098, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.9316

LSD (çeşit): --^{OD}, LSD (ortam): 0.077***, LSD (çeşit x ortam): --^{OD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.36. Süs lahanası çeşitlerinin Mg değerlerindeki değişimler (%).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.4.6. Sodyum Konsantrasyonu (%)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki sodyum (Na) değerleri Çizelge 4.35.'de verilmiştir. Çalışmada Na değerleri üzerine ortam faktörü ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Na değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde en yüksek değerler II. ve III. yetiştirme ortamlarında olduğu tespit edilirken en düşük değerin ise V. yetiştirme ortamında olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki Na değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.37'de görülmektedir. Her iki çeşitte de en yüksek değer II. ve III. yetiştirme ortamlarında belirlenirken En düşük Na konsantrasyonu Kamome Pink çeşidinde I. yetiştirme ortamında (% 0.54) bulunurken, Pigeon Purple çeşidinde V. yetiştirme ortamında (% 0.41) belirlenmiştir.

Çizelge 4.35. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Na değerleri (%).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	0.54 e	0.52 e	0.53 c
II	0.68 abc	0.75 a	0.72 a
III	0.70 abc	0.75 ab	0.72 a
IV	0.64 bcd	0.61 cde	0.63 b
V	0.56 de	0.41 f	0.49 c
Çeşit Ortalaması	0.63	0.61	

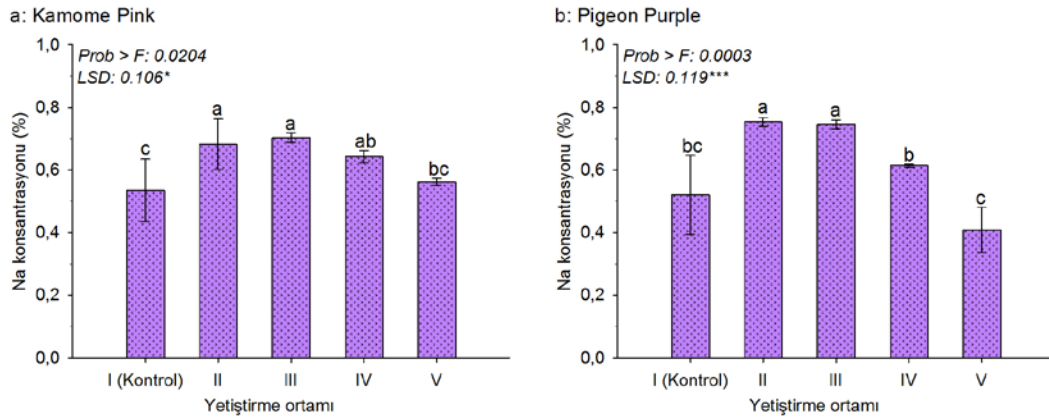
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.4711, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0468

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 0.075***, LSD (çeşit x ortam): 0.106

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.37. Süs lahanası çeşitlerinin Na değerlerindeki değişimler (%).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.4.7. Bakır Konsantrasyonu (mg kg⁻¹)

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam dokularındaki bakır (Cu) değerleri Çizelge 4.36'de verilmiştir. Çalışmada Cu (mg kg⁻¹) değerleri üzerine ortam faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Cu değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde en yüksek değer

(3.26 mg kg⁻¹) V. yetiştirme ortamında tespit edilirken en düşük değer (1.47 mg kg⁻¹) ise II. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit faktörünün ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki Cu değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.38’de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer (3.37 mg kg⁻¹) V. yetiştirme ortamında belirlenirken en düşük değer (1.27 mg kg⁻¹) II. yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Diğer yandan Pigeon Purple çeşidinde de benzer olarak en yüksek değer V. yetiştirme ortamında belirlenmesine rağmen ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.36. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Cu değerleri (mg kg⁻¹).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	1.67	1.98	1.83 bc
II	1.27	1.66	1.47 c
III	1.87	1.23	1.55 c
IV	3.14	2.05	2.60 ab
V	3.37	3.15	3.26 a
Çeşit Ortalaması	2.27	2.01	

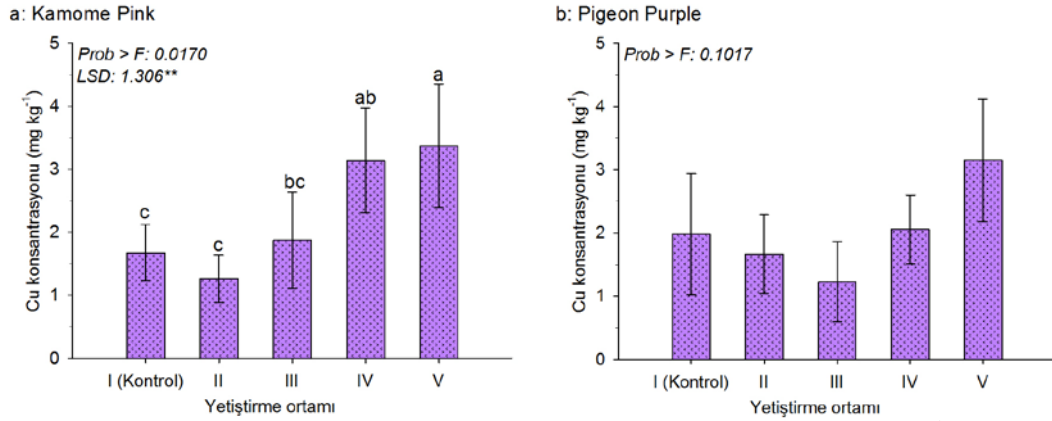
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.3671, Prob > F (ortam): 0.0017, Prob > F (çeşit x ortam): 0.3921

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 0.895**, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.38. Süs lahanası çeşitlerinin Cu değerlerindeki değişimler (mg kg⁻¹).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

4.4.8. Demir Konsantrasyonu (mg kg⁻¹)

Çizelge 4.37.'de farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam dokularındaki Fe (mg kg⁻¹) değerleri verilmiştir. Çalışmada Fe değerleri üzerine ortam faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tüm yetiştirme ortamlarında üst aksam dokularının Fe konsantrasyonu kontrol ortamındaki bitkilerden daha yüksek bulunmuştur. Diğer yandan çalışmada çeşit faktörünün ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki Fe değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.39'de görülmektedir. Pigeon Purple çeşidinde tüm yetiştirme ortamlarında üst aksam dokularının Fe konsantrasyonu kontrol ortamındaki bitkilerden daha yüksek bulunmuştur. Diğer yandan Kamome Pink çeşidinde de benzer olarak tüm yetiştirme ortamlarında Fe konsantrasyonu kontrol ortamına göre yüksek bulunmuştur. Ancak Kamome Pink çeşidinde ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.37. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Fe değerleri (mg kg^{-1}).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	64.76	51.86	58.31 b
II	82.19	74.93	78.56 a
III	75.79	93.59	84.69 a
IV	82.38	82.75	82.57 a
V	85.21	83.60	84.40 a
Çeşit Ortalaması	78.07	77.34	

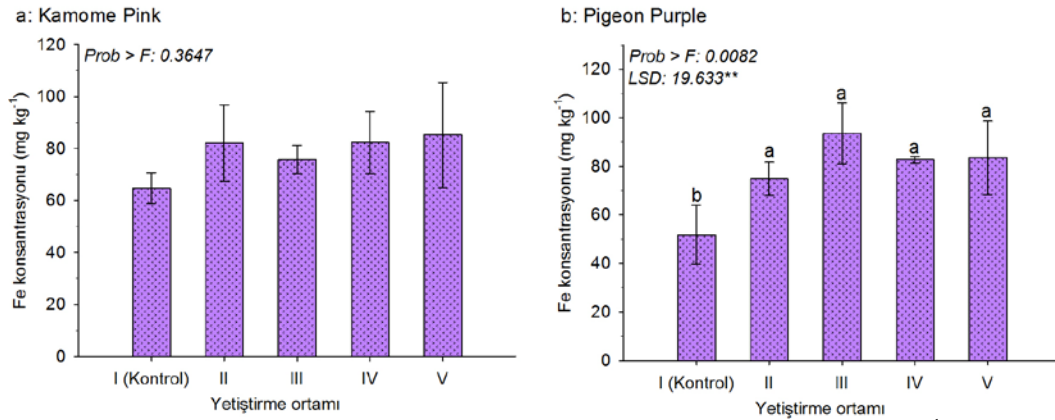
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.8697, Prob > F (ortam): 0.0047, Prob > F (çeşit x ortam): 0.2636

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 14.323**, LSD (çeşit x ortam): --^{ÖD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Şekil 4.39. Süs lahanası çeşitlerinin Fe değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

4.4.9. Mangan Konsantrasyonu (mg kg^{-1})

Çizelge 4.38.'de farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam dokularındaki mangan (Mn) değerleri verilmiştir. Çalışmada Mn değerleri üzerine çeşit ve ortam faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre Kamome Pink çeşidinin Mn değerinin (75.23 mg kg^{-1})

Pigeon Purple çeşidine (58.60 mg kg^{-1}) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mangan değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde en yüksek değer ($103.72 \text{ mg kg}^{-1}$) V. yetiştirme ortamında tespit edilirken en düşük değer ise I. (45.73 mg kg^{-1}), II. (45.70 mg kg^{-1}), III. (48.26 mg kg^{-1}) yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularının Mn değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.40'da görülmektedir. Her iki çeşitte de en yüksek Mn değerleri IV. ve V. yetiştirme ortamlarında belirlenirken, en düşük değerler her iki çeşitte de I., II. ve III. yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.38. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Mn değerleri (mg kg^{-1}).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	53.57	37.88	45.73 c
II	55.55	35.85	45.70 c
III	54.88	41.64	48.26 c
IV	101.01	81.30	91.15 b
V	111.13	96.31	103.72 a
Çeşit Ortalaması	75.23 a	58.60 b	

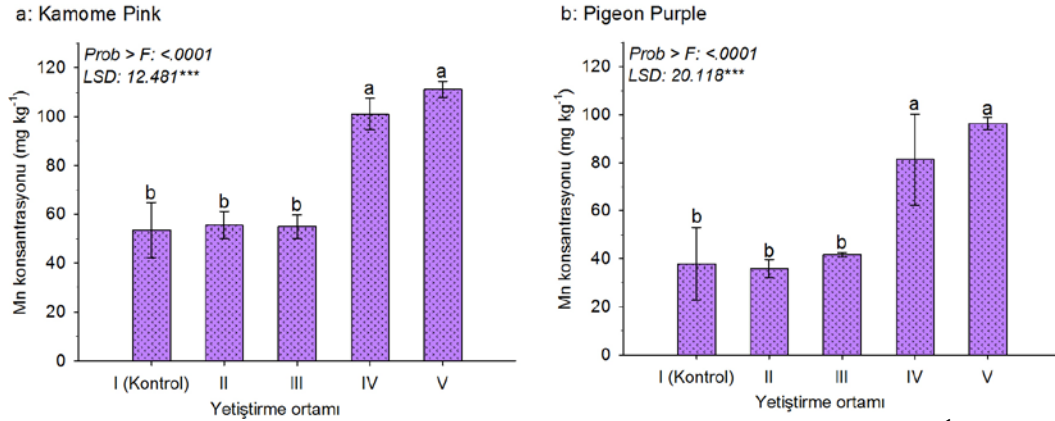
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): <.0001, Prob > F (çeşit x ortam): 0.9593

LSD (çeşit): 7.009***, LSD (ortam): 11.082***, LSD (çeşit x ortam): --^{OD}

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$



Şekil 4.40. Süs lahanası çeşitlerinin Mn değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

4.4.10. Çinko Konsantrasyonu (mg kg^{-1})

Çizelge 4.39'da farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki çinko (Zn) değerleri verilmiştir. Çalışmada Zn değerleri üzerine ortam faktörü ve çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çinko değerleri üzerine ortamların etkisi incelendiğinde en yüksek değer ($176.22 \text{ mg kg}^{-1}$) V. yetiştirme ortamında tespit edilirken en düşük değer ($114.68 \text{ mg kg}^{-1}$) ise II. yetiştirme ortamında belirlenmiştir. Diğer yandan çalışmada çeşit faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki Zn değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.41'de görülmektedir. Kamome Pink çeşidinde en yüksek değer ($213.65 \text{ mg kg}^{-1}$) V. yetiştirme ortamlarında belirlenirken en düşük değer I., II. ve III. yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Diğer yandan Pigeon Purple çeşidinde ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.39. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında Zn değerleri (mg kg^{-1}).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	114.57 bc	118.59 bc	116.58 bc
II	100.91 c	128.45 bc	114.68 c
III	114.63 bc	147.54 bc	131.09 bc
IV	143.87 bc	161.30 b	152.59 ab
V	213.65 a	138.78 bc	176.22 a
Çeşit Ortalaması	138.93	138.93	

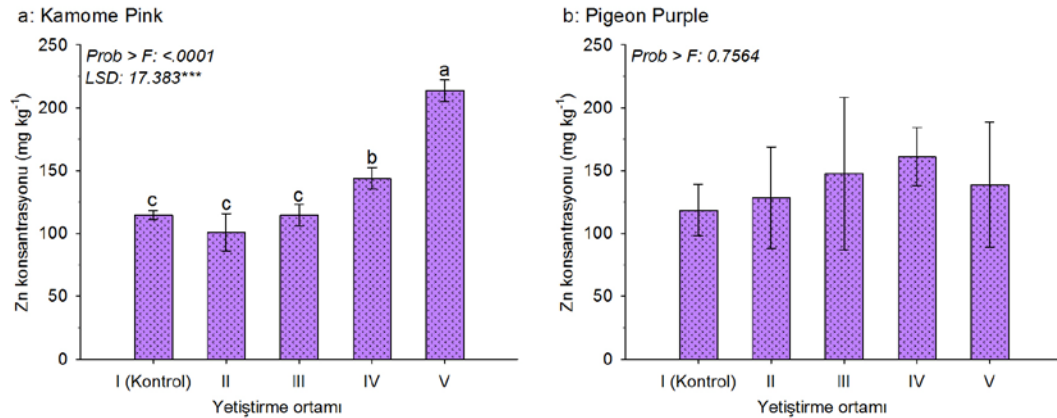
Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Prob > F (çeşit): 0.9004, Prob > F (ortam): 0.0099, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0363

LSD (çeşit): --^{ÖD}, LSD (ortam): 36.536**, LSD (çeşit x ortam): 51.670

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Şekil 4.41. Süs lahanası çeşitlerinin Zn değerlerindeki değişimler (mg kg^{-1}).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamlar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{ÖD}: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

4.4.11. Bor Konsantrasyonu (mg kg^{-1})

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinde üst aksam dokularındaki bor (B) değerleri Çizelge 4.40.'de verilmiştir. Çalışmada B değerleri üzerine çeşit ve ortam faktörleri ve çeşit x ortam interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pigeon Purple çeşidinin B değerinin (77.72 mg kg^{-1})

Kamome Pink çeşidine (54.80 mg kg^{-1}) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Üst aksam dokularının B konsantrasyonu üzerine ortamların etkisi incelendiğinde en yüksek değer (74.04 mg kg^{-1}) I. yetiştirme ortamında tespit edilirken en düşük değer (59.95 mg kg^{-1}) ise V. yetiştirme ortamında belirlenmiştir.

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki B değerlerindeki değişimlerin çeşitlere göre etkisi Şekil 4.42’de görülmektedir. Pigeon Purple çeşidinde en yüksek değer (95.13 mg kg^{-1}) I. yetiştirme ortamlarında belirlenirken en düşük değer III., IV. ve V. yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Diğer yandan B konsantrasyonu açısından Kamome Pink çeşidinde ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.40. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularında B değerleri (mg kg^{-1}).

Yetiştirme Ortamı	Çeşitler		Ortam Ortalaması
	Kamome Pink	Pigeon Purple	
I (Kontrol)	52.95 e	95.13 a	74.04 a
II	54.05 e	80.47 b	67.26 ab
III	56.60 de	74.60 bc	65.60 b
IV	57.03 de	71.88 bc	64.45 b
V	53.36 e	66.54 cd	59.95 b
Çeşit Ortalaması	54.80 b	77.72 a	

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

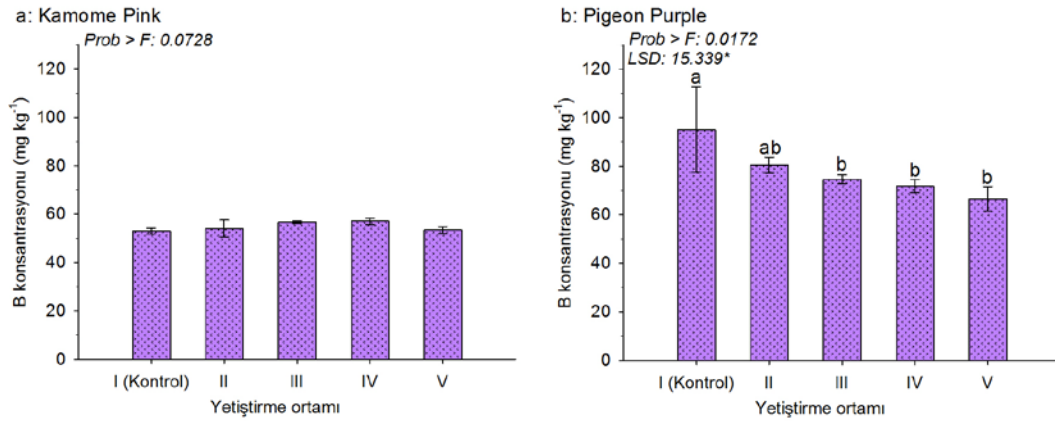
Prob > F (çeşit): <.0001, Prob > F (ortam): 0.0123, Prob > F (çeşit x ortam): 0.0031

LSD (çeşit): 4.654***, LSD (ortam): 7.359*, LSD (çeşit x ortam): 10.407**

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Arıtma çamurları toprağın fiziksel özellikleri ve bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri sebebiyle tarımda kullanılabilir hale gelmiştir (Ozores-Hampton ve ark., 1994; Öbek ve ark, 2004; Erdogan ve ark., 2011). Bazı süs bitkilerinin üretiminde, arıtma çamurlarının çeşitli harç karışımlarına ilave olarak kullanıldığına ilişkin bir çok çalışma bulunmaktadır (Grigatti ve ark., 2007; Patel ve Patra, 2014; Özdemir ve ark., 2005).



Şekil 4.42. Süs lahanası çeşitlerinin B değerlerindeki değişimler (mg kg⁻¹).

a: *Brassica oleracea* L. 'Komome Pink', b: *Brassica oleracea* L. 'Pigeon Purple'

Yetiştirme ortamları: I (kontrol ortamı, toprak:çamur-4:0), II (toprak:çamur-3:1), III (toprak:çamur-2:2), IV (toprak:çamur-1:3), V (toprak:çamur-0:4)

Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Önemlilik; ^{OD}: Önemli Değil, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Birçok çalışmada; zengin organik madde ve besin içeriğine sahip arıtma çamurlarının olumsuz etkilerinden arındırılarak çevresel ve sağlık açısından risk oluşturmayacak şekle dönüştürülerek, özellikle de bazı endüstriyel atıkların, katkı maddeleriyle karıştırılıp kompostlandıktan sonra süs bitkisi üretiminde ve yetiştirilmesinde başarı ile kullanılabileceği sonucunu ortaya konmuştur (Perez-Murcia ve ark., 2006; Özay ve Mammadov, 2013). Arıtma çamurlarının dış mekanda peyzaj tasarım alanlarında kullanılabilirliğini hedefleyen bir çalışma ise bulunmamaktadır. Yapılan literatür taramasında arıtma çamurlarının yetiştirme harcında substurat olarak kullanılmasının bitkisel özellikler, bitki kalitesi ve bitki fizyolojisi üzerine etkilerine ilişkin bu kadar ayrıntılı hiçbir çalışma olmadığı görülmüştür. Bu güne kadar yürütülen çalışmalarda çoğunlukla arıtma çamurları içerisindeki ağır metal iyonlarının etkileri veya bitkilerin bu iyonları sömürme kapasiteleri üzerine yoğunlaşarak arıtma çamurunun bitki gelişimi ve bitkisel kalite ve bitki fizyolojine olan etkileri ihmal edilmiştir. Bu nedenle burada sonuçları verilen tez çalışmasında şehir içi peyzaj tasarımında sıklıkla kullanılan süs lahanası bitkisi arıtma çamuru kullanılarak hazırlanan farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilmiş ve bitki gelişimi, kalitesi ve bitki içinde gerçekleşen fizyolojik olayları açıklamaya ilişkin parametreler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Genel olarak, çalışma kapsamında incelenen morfolojik parametreler bakımından arıtma çamurunun yetiştirme harcında substurat olarak kullanılmasının olumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırma sonucunda morfolojik parametrelere ilişkin elde edilen sonuçlar literatürle uyum göstermektedir. Pedreno ve ark. (1996), Ramachandran ve D'Souza (1999), Johanson ve ark. (1999), Kütük ve ark. (2000), Tolay ve ark. (2000), Vieira (2001), Lopez- Mosquera ve ark. (2000) ve Ünal ve Katkat (2003), Hernandez-Apaolaza ve ark. (2005) farklı arıtma kaynaklarının bitki yetiştiriciliğinde kullanılmasının bitki gelişimi üzerine olumlu etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızda yapılan incelemeler sonucunda arıtma çamurunu % 25, 50 ve 75 oranında içeren ortamlarda yetiştirilen bitkilerde bitki yüksekliğinin, kontrol uygulaması ve % 100 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamlarına göre yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Böylece arıtma çamurunun farklı oranlarda karıştırılarak harç karışımlarında kullanılmasının bitki yüksekliği üzerine olumlu etki yapacağı sonucuna varılmıştır. Buna paralel olarak aynı oranlarda arıtma çamurunun kullanılması baş yüksekliğinin de artmasını sağlamıştır (Çizelge 4.3. ve Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Bizim çalışmamıza paralel olarak Patel ve Patra (2014) *Tagetes mitula* türünde toprak ve arıtma çamuru (50:50) uygulamasının bitki büyümesinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Dede ve ark. (2009), *Tagetes petula* bitkisinde genel olarak kontrol uygulamasında arıtma çamuru uygulamalarına göre bitki boylarının daha yüksek olmasına rağmen arıtma çamurunun artışına paralel olarak bitki boylarında artış belirlemişlerdir. Araştırmacılar bizim sonuçlarımıza paralel olarak, en kısa boylu bitkilerin % 100 arıtma çamuru içeren ortamda olduğunu vurgulamışlardır.

Kök uzunluğu, gövde çapı ve kök boğaz çapına ait veriler incelendiğinde her üç parametrede de en yüksek değerlerin % 50 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamında elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6). Diğer yandan en düşük sonuçlar ise % 100 arıtma çamuru içeren uygulamadan elde edilmiştir Dede ve ark. (2009), % 50 oranına kadar arıtma çamuru kullanılmasının gövde çapını arttırdığını belirtmişlerdir. Gövde çapı ile ilgili olarak bizim sonuçlarımız bu çalışma ile uyum içindedir. Ayrıca, Demirkan ve ark (2014)

yer açelyası bitkisinde sürgün uzunluğunun ve kök uzunluğunun yetiştirme ortamındaki çamur oranının arttışına paralel olarak arttığını belirtmişler. Bizim çalışmamızdan farklı olarak ise yer açelyası bitkisinin yetiştiriciliği için % 75 oranında çamur içeren ortamların kullanılmasının daha uygun olduğunu belirlemişler. Akat ve ark., (2015) *Limonium siniatum* bitkisinde arıtma çamurunun yetiştirme harcına karıştırılmasının bitki kök uzunluğu değerleri açısından istatistiksel anlamda fark yaratmamasına rağmen arıtma çamuru uygulamasının artışına paralel olarak kök uzunluğunun arttırdığını belirtmişlerdir. Arıtma çamuru uygulamaları arasında en yüksek kök uzunluğunun % 50 arıtma çamuru uygulamasından, en düşük değerin ise % 100 arıtma çamuru uygulamasından elde edildiğini vurgulamışlardır. Bu sonuçlara paralel olarak, bizim çalışmamızda da en yüksek kök uzunluğu % 50 arıtma çamuru içeren ortamdan (III. ortam) elde edilirken en düşük sonuçlar % 100 arıtma çamuru içeren ortamda (V. ortam) belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde kontrol ve tüm arıtma çamuru içeren harç karışımlarında yetiştirilen bitkilerin yaprak ayası uzunluğunun % 100 arıtma çamuru içeren ortama göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Yaprak ayası genişliği, yaprak sap uzunluğu ve yaprak sap çapı parametrelerinin sonuçları incelendiğinde ise her üç parametrede de birbirine paralel sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). Buna göre en yüksek değerler % 50 arıtma çamuru içeren ortamda elde edilirken en düşük değerler ise % 100 arıtma çamuru içeren ortamda elde edilmiştir. Genel olarak, yaprak ayası genişliği, yaprak sap uzunluğu ve yaprak sap çapı parametreleri açısından arıtma çamurunun harç karışımına karıştırılarak uygulanmasının, sadece toprak (kontrol) ve sadece arıtma çamuru (V. ortam) içeren ortamlara göre daha olumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Arıtma çamurlarının yetiştirme ortamı olarak kullanıldığı çalışmalarda yaprak özelliklerine ilişkin ayrıntılı incelemeler bulunmadığı için bu parametrelerin literatürle tartışılması mümkün olmamıştır.

Çalışma süresince 5 farklı yetiştirme ortamında arıtma çamurunun tüm bitki, üst aksam ve kök yaş ağırlıklarına ait veriler incelendiğinde her üç büyüme parametresinde de en yüksek sonuçların % 50 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamında olduğunu belirlenmiştir (Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13).

Ayrıca arıtma çamuru içeren ortamların kontrol ve % 100 arıtma çamuru içeren ortamlara göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Her üç büyüme parametresinde de en düşük sonuçlar % 100 arıtma çamuru içeren ortamdan elde edilmiştir. Böylece arıtma çamuru karışımının bitki gelişimini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Yetiştirme harcında arıtma çamurunun kullanılması ile bitki üst aksam yaş ağırlığında belirlenen artışlara, üst aksamı oluşturan kısımlardaki değerlerin (gövde boyu, baş yüksekliği, gövde çapı ve yaprak boyutları) artışı eşlik etmiştir. Kök yaş ağırlığında ise arıtma çamuru oranının % 50 üzerine çıkması olumsuz etkilemiştir (Çizelge 4.13.) Buna paralel sonuçlar kök uzunluğunda da belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Tüm bitki ve üst aksam kuru ağırlığına ait veriler incelendiğinde ise % 50 ve % 75 oranında arıtma çamuru içeren ortamlarda en iyi sonuçların elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15). Buna karşın % 100 arıtma çamuru içeren ortamdaki sonuçlar ise daha düşük çıkmıştır. Kök kuru ağırlığına ait veriler incelendiğinde ise kontrol, % 25 ve % 50 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamında en yüksek değerler elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.16.). Arıtma çamuru oranının % 50'nin üzerine çıkması ise kök kuru ağırlığını azaltmıştır.

Oransal üst aksam kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde bütün ortamlardaki sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır (Çizelge 4.17). En yüksek değer % 75 ve % 100 arıtma çamuru içeren ortamlardan edilmiştir. Oransal kök kuru ağırlığının ise kontrol uygulamasında diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu belirlenirken en düşük sonuçlar % 75 ve % 100 arıtma çamuru içeren ortamdan elde edilmiştir (Çizelge 4.18). Bu da bize arıtma çamuru uygulamasının % 50'nin üzerine çıkmasının kök ve üst aksam dengesinin bozulmasına sebep olduğunu göstermektedir. Nitekim bu sonuçları yüksek oranda arıtma çamuru içeren ortamlarda (% 75 ve % 100) yetiştirilen bitkilerin kök/üst aksam kuru ağırlık oranındaki azalmalar da desteklemektedir (Çizelge 4.19).

Kompaktlık oranı incelendiğinde % 50 oranında arıtma çamuru içeren ortamdaki bitkilerin daha kompakt olduğu görülmüştür (Çizelge 4.20). Kontrol ve % 100 arıtma çamuru içeren uygulamalarda bitkilerin kompaktlık oranının en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Böylelikle arıtma çamuru karışımından elde edilen

yetiştirme ortamları süs lahanası bitkilerinin daha kompakt ve daha kaliteli olmasını sağlamıştır. Özellikle de % 50 arıtma çamurunda en kaliteli ve en kompakt bitkiler elde edilmiştir.

Bu güne kadar yürütülen çalışmalarda arıtma çamuru uygulamalarının etkilerinin ortaya konulması için çoğunlukla bitki yaş ve kuru ağırlığı parametreleri incelenmiştir. Bir çok çalışmada belirli oranlara kadar arıtma çamurunun kullanılmasının bitki, üst aksam ve kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine olumlu etkilerinden bahsedilmiştir (Bozkurt ve ark., 2000; Akat ve ark., 2015; Aşık ve Katkat, 2004; Demirkan ve ark. 2014; Dai ve ark., 2006)

Akat ve ark., (2015) *Limonium siniatum* bitkisinde arıtma çamurunun yetiştirme harcına karıştırılmasının bitki üst aksam kuru ağırlığını artırdığını ifade etmiştir. Araştırmacılar, bizim çalışmamıza paralel olarak, üst aksam kuru ağırlığında en yüksek değerler % 75 arıtma çamuru uygulamasından elde edildiğini belirlemişlerdir. Bizim sonuçlarımızdan farklı olarak ise en düşük değerler % 25 arıtma çamuru uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Akat ve ark., (2015) kök yaş ve kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerleri % 75 arıtma çamuru uygulamasında belirlemiştir. Bizim çalışmamızda ise arıtma çamuru oranının % 50'nin üzerine (% 75 ve % 100) çıkması kök yaş ve kuru ağırlıklarını olumsuz etkilemiştir (Çizelge 4.13, Şekil 4.19, Çizelge 4.16 ve Şekil 4.22). Ayrıca Aşık ve Katkat (2004) mısır bitkisinde arıtma çamuru uygulamalarının bitki yaş ve kuru ağırlığını artırdığını belirterek en yüksek bitki yaş ve kuru ağırlığının 160 ton ha⁻¹ arıtma çamuru uygulamasında en düşük ise kontrol uygulamasında elde edildiğini ifade etmişlerdir. Bozkurt ve ark. (2000), mısır bitkisinde arıtma çamuru uygulamaları ile toprak üstü organ kuru ağırlığının kontrole göre arttığını bildirmişlerdir. Bizim sonuçlarımızdan farklı olarak en yüksek üst aksam ve kök kuru ağırlığının % 30 ve % 20 çamur içeren ortamda olduğunu belirtmişlerdir. Bizim sonuçlarımıza benzer olarak Demirkan ve ark. (2014), yer açelyası bitkisinde ve üst aksam yaş ve kuru ağırlığında en yüksek değerleri % 75 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamında belirlerken bizim çalışmamızdan farklı olarak kök yaş ve kuru ağırlıklarında en yüksek değerleri yine % 75 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamında bulmuşlardır. Yapılan literatür araştırmasında arıtma çamurları ile

hazırlanan farklı yetiştirme harçlarının bitki gelişimi ve bitki ağırlık artışı üzerine olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmalarda en uygun harç ortamının bitki türüne özgü olarak değiştiği görülmektedir. Genel olarak % 20-75 arasındaki oranlarda arıtma çamuru kullanılmasının bitki gelişimi ve ağırlık artışı açısından olumlu olduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da süs lahanası bitkisinde bitki gelişimi ve ağırlık artışı açısından en % 50 oranında arıtma çamuru kullanılması en olumlu sonucu vermiştir.

Bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı toleransları bitki türüne, stres faktörüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organının yapısına bağlı olarak değişmektedir (Gür ve ark., 2004). Bu nedenle bitkilerin bu stres koşullarına tepkilerinin ve geliştirdikleri uyum mekanizmalarının bilinmesi gerekmektedir. Arıtma çamurlarının bitki yetiştiriciliğinde kullanımı sırasında çamurun içerdiği olumsuz etmenler ve bunların yaratacağı stres etkileri göz ardı edilmemelidir. Bunların başında da kullanılan arıtma çamurunun kaynağına bağlı olarak değişen ağır metal içerikleri gelmektedir. Bitkilerin ağır metal toksisite tolerans sınırlarının bilinebilmesi için söz konusu elementin tür ve miktarı, yayılgınlığı, zararın şiddeti ve türü ayrıca zarar oluşum süreci göz önüne alınmalıdır. Bu özelliklerin bilinmesi, bitkilerin gelişimi ve canlılığı açısından oldukça önemlidir (Purakayastha ve ark., 2008). Evsel kökenli arıtma çamurlarında genellikle ağır metal içeriği endüstriyel kaynaklı çamurlara göre düşüktür. Bizim çalışmamızda kullandığımız arıtma çamuru içerisindeki ağır metal konsantrasyonlarının ‘Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir (Anonymous, 2001). Buna karşın yetiştirme ortamı içerisindeki arıtma çamuru oranının artışına bağlı olarak bitkilerde büyüme gelişmede bazı aksamalar gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan arıtma çamurundan kaynaklanan bitki stres durumunun ortaya konulması ve fizyolojik etkilerinin belirlenmesi amacıyla bazı fizyolojik analizler yapılmış ve sonuçları ortaya konmuştur.

Fotosentez, ışık enerjisini kimyasal bağ enerjisine dönüştürerek ilk basamaktaki organik madde üretimini sağlayan mekanizmadır. Bitkiler besin zincirinin ilk halkasını oluşturduğundan, diğer tüm canlıların var olabilmesi ve yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli enerji fotosentez olayı sırasında elde

edilmektedir. Bu nedenle farklı çevresel stres faktörlerinin bitkilerdeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda fotosentez ve klorofil miktarının göstergesi olarak SPAD ve PSII (klorofil ışımaya verimi) parametreleri sıklıkla incelenmektedir. Bizim çalışmamızda da arıtma çamuru ile hazırlanan yetiştirme ortamlarının bitkilerdeki fotosentez verimliliği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla SPAD ve PSII parametreleri incelenmiştir. Genel olarak tüm yetiştirme ortamlarında SPAD değerleri kontrol ortamına göre yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.21). Özellikle de yetiştirme ortamdaki çamur oranının % 25'in üzerine çıkması ile SPAD değeri belirgin olarak artmıştır. Klorofil ışımaya verimi (PSII) ise % 25 arıtma çamuru içeren ortamda kontrole göre yüksek bulunurken % 50 arıtma çamuru içeren ortamda kontrol seviyesinde bulunmuş ve yüksek oranda arıtma çamuru içeren ortamlarda (% 75 ve % 100) ise belirgin olarak düşmüştür (Çizelge 4.22). Yüksek oranda arıtma çamuru içeren ortamlarda PSII değerinin düşüşü bitkilerde metabolik aktivitenin zarar gördüğünü göstermektedir.

Bitkilerde çevresel stres koşulları altında SPAD ve PSII değerlerinde azalışlar görülmektedir. Incesu ve ark. (2014), hurma bitkisinde artan tuz stresi altında SPAD ve PSII değerlerinde azalmalar belirlemişlerdir. Genel olarak yapılan çalışmalarda stres koşulu altında SPAD ve PSII değerlerinin değişiminde pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda bitkilerin strese girmediği % 25 arıtma çamuru içeren ortamda bu pozitif korelasyon görülmektedir. Bu yetiştirme ortamındaki bitkilerde hem SPAD hem de PSII değerleri artmıştır. Buna karşın yüksek oranda arıtma çamuru içeren ortamlarda (% 50'den fazla) beklenenin aksine bir negatif korelasyon görülmüştür. Bu durum yetiştirme ortamlarındaki artan çamur oranına bağlı olarak bitki yapraklarında yeşillik oranının artmasına rağmen bunun fotosenteze yansımadağını göstermektedir. Çalışma sırasında yapılan genel gözlemlerde her iki çeşitte de yaprak renklerinde koyulaşma gözlemlenmiştir. Ancak her iki çeşitte de yaprak yüzeyinin yeşil tonun yanı sıra kırmızı ve pembe renk varlığının buluşunu da başka bir etkidir. Ölçümler sırasında mümkün mertebe yeşil hakimiyeti olan bölgeler tercih edilmesine karşın bu durumun SPAD okumalarını etkilediği düşünülmektedir. Yapılan gözlemlerde yetiştirme ortamındaki arıtma çamurunun

artışı ile, yapraklarda ve başın merkez kısmında kırmızı ve pembe renk oluşumunun da arttırdığı belirlenmiştir.

Turgor kaybı değerleri incelendiğinde yüksek oranda arıtma çamuru kullanılmasının (% 75 ve % 100) turgor kaybını arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.23). En fazla turgor kaybı ise % 100 arıtma çamuru içeren ortamda yetişen bitkilerde bulunmuştur. Kontrol uygulamasında ise en az turgor kaybı görülmektedir. Buda bize arıtma çamurunun kullanılmasının süs lahanası bitkilerinde strese sebep olduğunu göstermektedir. Ancak % 50'ye kadar oranda arıtma çamuru kullanılmasının bitki tarafından tolere edilebilir düzeyde strese sebep olduğu belirlenmiştir. Yaprak oransal su kapsamı incelendiğinde ise en yüksek değer kontrol ortamında yetişen bitkilerden elde edilmiştir (Çizelge 4.24). En düşük değerler ise % 100 arıtma çamuru ve bunu % 75 arıtma çamur içeren ortam takip etmiştir. Yüksek oranda arıtma çamuru içeren ortamlarda (% 75 ve % 100) yaprak oransal su kapsamının düşük olması bitkinin strese girdiğinin göstergesidir. Bilindiği gibi stres durumunda turgor kaybı nedeniyle hücre büyümesi olumsuz olarak etkilendiğinden hücreler küçük kalmaktadır. Hücre büyümesindeki azalma ise çeper, protein ve klorofil sentezini olumsuz olarak etkilemektedir. Buna bağlı olarak fotosentez ve solunum yavaşlamakta veya tamamen durmaktadır. Hücre büyümesindeki gerileme yaprakların küçülmesine ve fotosentez üretiminin daha da azalmasına yol açmaktadır. Bütün bu olaylar ürün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Liu ve ark., 2008 b).

Arıtma çamurları elde edildiği kaynağa bağlı olarak bünyesinde bazı olumsuz etmenleri barındırmakta ve bu durum bitkilerde strese sebep olmaktadır. Hücre membran stabilitesinin belirlenmesi bitki stres düzeyinin ortaya konulması için stres çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bilindiği gibi yüksek membran stabilitesi stres koşullarına toleransla doğru orantılıdır (Premachandra ve ark., 1992). Bununla birlikte iyon sızıntısı testi, zararlanmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan hücre membranındaki fonksiyon bozuklukları nedeniyle sitoplazmadan apoplastik sıvıya sızan iyonların miktarının belirlenmesi prensibine dayanmaktadır (Eugenia ve ark., 2003). Stres uygulamaları sonrası söz konusu eriyiklerin sızıntı miktarının tespiti, doku zararlanmalarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. (Liao ve Lin,

2001). Çalışmamızda yapılan iyon sızıntı testi sonucunda bitkilerde meydana gelen stres düzeyi belirlenmiştir. Sonuçlar içinde en yüksek değer % 100 arıtma çamuru uygulamasında belirlenmiş ve bunu % 75 arıtma çamur içeren ortam takip etmiştir (Çizelge 4.25). En düşük değerler ise kontrol ortamında yetişen bitkilerden elde edilmiştir. Ancak % 25 ve % 50 arıtma çamuru içeren ortamlardaki stres düzeyi bitki tarafından tolere edilebilir seviyede bulunmuştur. Hücrel membran zararlanması sonuçları iyon sızıntısı sonuçlarıyla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.26). Bu sonuçlar yüksek oranda arıtma çamuru kullanılan yetiştirme ortamlarında (% 75 ve % 100) bitkinin strese girdiğini göstermektedir. Aynı yetiştirme ortamlarında yaprak oransal su kapsamında ve PSII değerlerindeki düşüşler ve turgor kaybındaki artışlar bu sonucu desteklemektedir.

Arıtma çamurlarının organik madde içeriğinin yüksek olması sebebiyle günümüzde süs bitkilerinde yetiştirme ortamı olarak tek başına kullanılabildiği gibi çeşitli ortamlar ile karışım halinde kullanımları da mümkün olmaktadır. Ayrıca, makro ve mikro bitki besin elementlerince zengin olması bitki büyümesini pozitif yönde etkilediğinden, geleneksel süs bitkisi yetiştiriciliğinde toprağa karıştırılarak toprak düzenleyici ve organik gübre kaynağı olarak da bitki gübre ihtiyacının karşılanması amacıyla kimyasal gübre yerine arıtma çamurlarının kullanılabileceğini göstermekte ve bu konuda pek çok yapılmış çalışma bulunduğu da görülmektedir (Garcia ve Gomez, 2002; Grigatti ve ark., 2007; Bachman, 2008). Bizim çalışmamızda arıtma çamurunun süs lahanası yetiştiriciliğinde hem gübre kaynağı olarak kullanılma hem de yetiştirme ortamı olarak kullanılma imkanlarının belirlenmesi için bitki besin elementi analizleri yapılmıştır.

Bilindiği gibi arıtma çamurları elde edildiği atık suyun kaynağı olan endüstriyel kuruluşun çeşidine göre organik bileşikler, N, P, K gibi makro ve Fe, Cu, Zn, Mn, B ve Mo gibi mikro besin elementlerini içerebilmektedir (Taşatar, 1997; Ozores-Hampton ve ark., 1994; Casado-Vela ve ark., 2006). Bizim çalışmamızda kullanıldığımız Batı Adana Atık Su Arıtma Tesisinden elde edilen arıtma çamurunda yapılan toprak analizleri sonucunda yüksek oranda organik madde, K, Ca ve Mg içerdiği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda makro besin elementlerinden P, Ca Mg ve Na konsantrasyonları bakımından % 25 ve % 50 arıtma çamuru içeren ortamlarda

yetişen bitkilerin kontrol bitkilerinin gerisinde kalmadığı, hatta kontrolden daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir (Çizelge 4.31, Çizelge 4.33, Çizelge 4.34, Çizelge 4.35). N konsantrasyonu açısından ise yetiştirme ortamındaki çamur oranının artışına bağlı olarak (% 50 ve üzeri) bir artış eğilimi belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Çalışma süresince kontrol bitkilerinin N, P ve K elementleri ile beslendiği göz önüne alındığında bu sonuçlar arıtma çamurunun organik gübre değerini ortaya koymaktadır. Aşık ve Katkat (2004), mısır bitkisinde toprağa uygulanan arıtma çamuru oranın 40 t ha⁻¹ miktarının üzerine çıkması ile bitkilerin N konsantrasyonun arttığını bildirmişlerdir. Benzer olarak Akat ve ark., (2015) *Limonium sinuatum* bitkisinde yetiştirme harcı içindeki arıtma çamurunun artışına paralel olarak (% 25, 50, 75 ve 100) bitki üst aksamında P, K, Ca, Mg, Na konsantrasyonun arttığını belirlemişlerdir. Cimrin ve ark., (2000) mısır bitkisinde arıtma çamuru -TSP (fosfor kaynağı olarak) kombinasyonlarını denemişlerdir. Artan arıtma çamuru miktarına karşın azalan P dozuna rağmen, bitkilerin P içeriğinin değişmediğini belirlemişlerdir. Buna karşın arıtma çamuru içeren ortamlardaki bitkilerin potasyum konsantrasyonu kontrole göre düşük bulunmuştur (Çizelge 4.32).

Araştırma sonucunda mikro besin elementlerinden Fe, Mn ve Zn değerleri bakımından arıtma çamuru içeren tüm ortamlarda yetişen bitkilerin kontrol bitkilerinin gerisinde kalmadığı, hatta Fe bakımından kontrolden daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir (Çizelge 4.37, Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39). Bu sonuçlar arıtma çamurunun mikro elementler açısından organik gübre değerini ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamıza benzer olarak Akat ve ark., (2015) *Limonium sinuatum* bitkisinde yetiştirme harcı içindeki arıtma çamurunun artışına paralel olarak (% 25, 50, 75 ve 100) bitki bünyesindeki Fe, Mn, Zn, Cu içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir. Bozkurt ve ark. (2000) mısır bitkisinin toprak üstü organlarında artan arıtma çamuru oranına bağlı olarak (% 5, 10, 20 ve 30) Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonlarında artış belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmamızda yüksek arıtma çamuru içeren ortamlarda (% 75 ve % 100) yetiştirilen bitkilerin yapraklarında Cu, Mn ve Zn konsantrasyonlarının en yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.36, Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hızla artan dünya nüfusu ve kontrolsüz kentleşme ve sanayileşme sürecinin sonucu olarak son yıllarda endüstriyel ve kentsel atıklar çok çeşitlenmiş ve hacim olarak da artmaya başlamıştır. Bu atık sorunlarından birisi de atık su arıtma tesislerinin son ürünü olan arıtma çamurlarıdır. Arıtma çamurunun nihai bertarafı ile ilgili sorun, bu atıkların miktarlarının devamlı olarak artması nedeni ile hala çözüme kavuşmamıştır. Arıtma çamurlarının uzaklaştırma yöntemleri arasında; tarımda kullanma, ormanlık ve verimsiz arazilerin ıslahında kullanma, depolama, yakma, kompostlama, katkı maddesi olarak kullanma yöntemleri bulunmaktadır.

Arıtma çamurlarının yüksek organik madde içeriğine sahip oluşu, toprağın toplam porozite, su tutma kapasitesi, havalanma gibi fiziksel özelliklerini iyileştirmesi, mikrobiyal aktiviteyi arttırması, içeriğindeki makro ve mikro besin elementlerinin bulunuşu sebebiyle tarım alanlarında kullanımı tercih edilir hale gelmiştir. Arıtma çamurları gelişmiş ülkelerde ayrıntılı bir şekilde analiz edilip içeriği belirlenerek kontrollü kullanımları sağlanarak tarımda yetiştirme ortamı veya gübre olarak değerlendirilmektedir. Arıtma çamurlarının insan ve hayvan tarafından doğrudan tüketilen meyve sebze ve tarla bitkileri gibi ürünlerde kullanılması için sınırlamalar bulunmaktadır. Buna karşın arıtma çamurlarının, besin zincirine katılmayan ve çamur içerisinde insan ve hayvan sağlığına zarar verebilecek etmenlere karşı toleransı olan süs bitkileri alanında kullanılması daha doğru ve güvenli bir yaklaşım olacaktır.

Bu çalışmada arıtma tesislerinde yüksek miktarda biriken ve berteraf edilmesi gereken arıtma çamurunun geri kazanılması için kış aylarında çevre düzenlemelerinde yoğun olarak kullanılan süs lahanası bitkisinde yetiştirme ortamı olarak kullanılma imkanları araştırılmıştır. Çalışma kapsamında arıtma çamurunun farklı oranları ile hazırlanmış yetiştirme ortamlarında süs lahanasının gelişim performansı ortaya konurken, bitki besin elementi alımı üzerine etkileri de araştırılmıştır. Çalışma sonucunda arıtma çamurunun, serada bitki yetiştiriciliği sırasında kullanımı ve çevre düzenlenmelerinde kullanılabilirliğine yönelik sonuçlar elde edilmiştir.

Genel olarak, çalışma kapsamında incelenen morfolojik parametreler bakımından arıtma çamurunun yetiştirme harcında substurat olarak kullanılmasının olumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırma sonunda incelenen birçok bitki büyüme parametresi bakımından en yüksek değerlerin % 50 arıtma çamuru içeren yetiştirme ortamında (toprak:arıtma çamuru, 2:2) elde edildiği belirlenmiştir. Bunu % 25 arıtma çamuru içeren ortam (toprak:arıtma çamuru, 3:1) ve sadece topraktan oluşan kontrol ortamı takip etmiştir. En kaliteli ve en kompakt bitkiler ise % 50 arıtma çamuru içeren ortamda elde edilmiştir. Arıtma çamuru oranının % 75'in üzerine çıkması ise bitkilerde büyüme geriliği ve kalite kayıplarına sebep olmuştur. Bu yetiştirme ortamlarında bitkilerin olumsuz etkilendiği fizyolojik analizler ile de ortaya konmuştur. Arıtma çamurunu yüksek oranda içeren yetiştirme ortamlarında (% 75 ve % 100) yetişen bitkilerde yaprak oransal su kapsamı ve PSII değerlerinde azalış ve turgor kaybı, iyon sızıntısı ve hücrel membran zararlanmasında artışlar belirlenmiştir.

Çalışma sonunda arıtma çamurunun yetiştirme harcında substurat olarak kullanılmasının bitkilerin besin elementi alımları üzerine olumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Makro besin elementlerinden P, Ca Mg ve Na konsantrasyonları bakımından % 25 ve % 50 arıtma çamuru içeren ortamlarda yetişen bitkilerin kontrol bitkilerinin gerisinde kalmadığı, hatta kontrolden daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Azot konsantrasyonu açısından ise yetiştirme ortamındaki çamur oranının artışına bağlı olarak (% 50 ve üzeri) bir artış eğilimi belirlenmiştir. Mikro besin elementlerinden Fe, Mn ve Zn değerleri bakımından ise arıtma çamuru içeren tüm ortamlarda yetişen bitkilerin kontrol bitkilerine yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar arıtma çamurunun organik gübre değerini ortaya koymaktadır.

Çalışma sonunda atık su arıtma çamurunun süs lahanası yetiştiriciliğinde tek başına kullanılmasından ziyade toprakla birlikte harç olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Özellikle de yüksek kaliteli bitki elde etmek için % 50 oranında kullanılması yerinde olacaktır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, organik gübre kaynağı olarak kimyasal gübre yerine arıtma çamurlarının kullanılabileceğini göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, süs lahanası ve diğer süs bitkilerinin yetiştiriciliğinde atık su arıtma çamurlarının kullanımı ile hem önemli bir girdi olan yetiştirme ortamı hem de

gübreleme maliyetlerinin düşürülmesini sağlayacaktır. Ayrıca araştırmadan çıkan bu sonuçlar, pratikte uygulanabilecek alanlar olan şehir içi peyzajında arıtma çamurlarının kullanılabilirliğine ışık tutmaktadır. Bu alanlarda yüksek su ve besin elementi tutma kapasitesine sahip arıtma çamurunun kullanılması ile bu işlemler için gereken işçilikten tasarruf edilerek ekonomiye katkı sağlanacaktır. Arıtma çamurlarının şehir bitkilendirme çalışmalarında belediyeler tarafından kullanımı ile kitlesel ekonomik bir etki ortaya çıkacaktır. Özellikle büyük şehirler için yüksek miktarda biriken arıtma çamurlarının bertarafı için sürdürülebilir bir çözüm olacaktır.

KAYNAKLAR

- AKAT, H., DEMİRKIRAN, G.Ç., YAĞMUR, B., YOKAŞ, İ., 2014. Arıtma Çamuru Uygulamalarının *Limonium sinuatum* 'Compindi White' Çeşidinde Bitki Gelişimi, Verim ve Çiçek Kalitesi Üzerine Etkileri, Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 52(1): 107-114.
- ANGELOVA, V., IVANOV, K., IVANOVA, R., 2007. Effect Of Chemical Forms Of Lead, Cadmium And Zinc In Polluted Soils On Their Uptake By Tobacco. Journal of Plant Nutrition, 27: 5, 757-7.
- ANONYMOUS, 2001. Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, 10,12,2001, Sayı 24609, Ankara.
- ARIKAN, A.O., ÖZTÜRK, İ., 2005. Arıtma Çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Evsel Katı Atık İlavesinin Etkisi. İTÜ Dergisi/d Mühendislik, 4(1): 15-24.
- AŞIK, B., KATKAT, V.K., 2004. Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atığının (Arıtma Çamuru) Tarımsal Alanlarda Kullanım Olanakları. Uludağ Üniv.Zir.Fak.Derg., 18 (2): 59-71.
- BACHMAN, G.R., METZGER, J.D., 2008. Growth Of Bedding Plants In Commercial Potting Substrate Amended With Vermicompost. Bioresource Technology, 99: 3155-3161.
- BAŞÇI, N., 2009. Cr (VI) İyonunun SüS Bitkileri Kullanılarak Toprakta Gideriminin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- BENAVIDES, M.P., GALLEGOS, S.M., TOMARO M.L., 2005. Cadmium Toxicity In Plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17: 21-34.
- BORISS, H., BRUNKE, H. KREITH, M., 2006. Commodity Profile: Cauliflower Agricultural Issues Center University Of California (09.09.2006) <http://faostat.fao.org/faostat/collections>.

- BOSE, S., JAIN A., RAI, V., RAMANATHAN, A.L., 2008. Chemical Fractionation And Translocation Of Heavy Metals In *Canna indica* l. Grown On Industrial Waste Amended Soil. Journal of Hazardous Materials, 160: 187–193.
- BOZDOĞAN, E., ÇETİNKALE, G., SÖĞÜT, Z., 2009. Atık Su Arıtma Çamurlarının Yeniden Kullanımları. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, UKAY, 334-342.
- BOZKURT, M.A., ERDAL, İ., ÇİMRİN, K.M., KARACA, S., SAĞLAM., 2000. Kentsel Arıtma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Besin İçeriği ve Ağır Metal Kapsamına Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(4): 35-43.
- BOZKURT, M.A., YILMAZ, İ., ÇİMRİN, K.M., 2001. Kentsel Arıtma Çamurunun Kışlık Arpada Azot Kaynağı Olarak Kullanılması. Tarım Bilimleri Dergisi, 7(1): 105-110.
- BRENNAN, R.F., BOLLAND, M.D.A., 2005. Canola Takes Up More Cadmium And Phosphorus From Soil Than Spring Wheat. Journal of Plant Nutrition, 28: 931-948.
- CASADOVELA, J., SELLE'S, S., NAVARRO, J., BUSTAMANTE, M.A., MATAIX, J., GUERRERO, C., GOMEZ, I., 2006. Evaluation Of Composted Sewage Sludge As Nutritional Source For Horticultural Soils. Waste Management, 26,946–952.
- ÇELEBİ, Z.Ş., ARVAS, Ö., ÇELEBİ, R., YILMAZ, İ.H., 2010. Atık Su Arıtma Çamuru İle Tesis Edilen Yeşil Alanda İngiliz Çimi (*Lolium perenne* L.)'Nin Performansının Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(3): 111-118.
- ÇELEBİ, Z.Ş., ARVAS, Ö., ÇELEBİ, R., YILMAZ, İ.H., 2011. Rizomlu Kırmızı Yumak (*Festuca rubra* var. *rubra*) İle Tesis Edilen Yeşil Alanda Atık Su Arıtma Çamurunun Tesis Gübresi Olarak Değerlendirilmesi. Ekoloji, 20 (78): 18-25.

- ÇETİNKALE, G. ve SÖĞÜT, Z., 2010. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Çim Alanlarında Kentsel Su Arıtım Sistem Çamurlarından Yararlanabilme Olanakları. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Fen ve Mühendislik Bilim Dergisi, 23(3): 11-21.
- ÇİMRİN, K.M., BOZKURT, M.A., ERDAL, İ., 2000. Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması.Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 10(1): 85-90.
- DAI, J., CHEN, L., ZHAO, J., MA, N., 2006. Characteristics Of Sewage Sludge And Distribution Of Heavy Metal In Plants With Amendment Of Sewage Sludge. Journal Of Environmental Sciences, 18(6): 1094–1100.
- DEDE, Ö.H., ÖZDEMİR, S., DEDE, G., 2009. Fındık Zürafu Ve Arıtma Çamurlarının Tek Yıllık Süs Bitkisi Yetiştiriciliğinde Kullanılması. II. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, 04-06 Kasım, İzmir.
- DEMİRKAN, G.Ç., AKAT, H., YOKAŞ, İ., 2014. Atık Su Arıtma Çamurunun *Clarkia amonena* (Yer Açelyası) Türünün Bitki Gelişimi ve Çiçeklenme Üzerine Etkisi. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2): 49-57.
- ERDOĞAN, R., ZAHMOĞLU, Z., BUDAK, F., KOSEOGU, C., 2011. Use Of Sewage Sludge In Growth Media For Ornamental Plants And Its Effects On Growth And Heavy Metal Accumulation. Journal of Food, Agriculture & Environment 9(2): 632-635.
- EUGENIA, M., NUNES S., SMITH G.R, 2003. Electrolyte Leakage Assay Capable Of Quantifying Freezing Resistance In Rose Clover. Crop Sci., 43: 1349-1357.
- GARCIA-GOMEZ, A., BERNAL, M.P., ROIG, A., 2002. Growth Of Ornamental Plants In Two Composts Prepared From Agroindustrial Wastes, Bioresource Technology, 83: 81-87.
- GRIGATTI, M., GIORGIANI, M.E., CIAVATTA, C., 2007. Compost-Based Growing Media: Influence On Growth And Nutrient Use Of Bedding Plants. Bioresource Technology, Volume 98(18): 3526-3534.

- GÜR, K., 2004. Toprak Kirliliği Ve Kontrolü Yüksek Lisans Ders Notları, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Konya.
- HARDING S.A., JARVIE M.M., LINDROTH R.L., TSAI C.J., 2009. A Comparative Analysis Of Phenylpropanoid Metabolism, N Utilization, And Carbon Partitioning In Fast- And Slow-Growing Populus Hybrid Clones. Journal of Experimental Botany. 60: 3443-3452.
- HERNANDEZ-APAOLAZA, L., GASCO, A.M., GASCO, J.M., GUERRERO, F., 2005. Reuse Of Waste Materials As Growing Media For Ornamental Plants. Bioresource Technology, 96(1): 125-131.
- IMAMUL HUQ, S.M., JOARDAR, J.C., PARVIN, S., 2005. Marigold (*Tagetes patula*) And Ornamental Arum (*Syngonia sp.*) As Phytoremediators For Arsenic In Pot Soil. Bangladesh Journal of Botany, 34(2): 65-70.
- JOHANSON, M., STENBERG B., TORSTENSSON, L., 1999. Microbiological And Chemical Changes In Two Arable Soils After Long-Term Sludge Amendments. Bio. Fertil. Soils, 30: 160-167.
- KORBOULEWSKY, N., BONIN, G., MASSIANI, C., 2002. Biological And Ecophysiological Reactions Of White Wall Rocket (*Diplotaxis erucoides*) Grown On Sewage Sludge Compost. Environmental Pollution, 117: 365-370.
- KÖKSAL N., ÖZGÜR M., GÜLEN H., 2010. Lisianthusda Unicanazole Uygulamalarının Vazo Ömrüne Etkisi. IV. Süs Bitkileri Kongresi (20-22 Ekim-Erdemli/Mersin) Bildiri Kitabı, s:103-111.
- KÖSEOĞLU, C., 2007. Atık Çamurun İyileştirilebilmesi İçin Phytoremediation'ın Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- KUMAR, N.P.B.A, DUSHENKOV, V., MOTTO, H., RASKIN, I., 1995. Phytoextraction The Use Of Plants To Remove Heavy Metals From Soils. Environmental Science and Technology, 29: 1232-1238.
- KÜTÜK, C., ÇAYCI, G., BARAN, A. VE BAŞKAN, O., 2000. Bira Fabrikası Atıklarının Tarımsal Amaçlı Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi Kesin Raporu, 98-11-10-01:35 s.

- LAZARO, D.J., KIDD P. S., MARTINEZ, C. M., 2006. A Phytogeochemical Study Of The Trás-Os-Montes Region Ne Portugal: Possible Species for Plant-Based Soil Remediation Technologies, *Science Of The Total Environment*, 354: 265–277.
- LIAO, C.T., LIN, C.H., 2001. Physiological Adaptation Of Crop Plants To Flooding Stress. *Proc. Natl. Sci. Counc. Roc (B)*, 25(3): 148-157.
- LINDEN, D.R., CLAP, C.E., DOWDY, R.H., 1983. Hydrologic Management: Nutrients. *Proceedings Of The Workshop On Utilization Of Municipal Wastewater And Sludge On Land*. Riverside, University of California. 79-103
- LIU, J.N., ZHOU, Q. X., SUN, T., MA, LQ., WANG, S., 2008a. Identification And Chemical Enhancement Of Two Ornamental Plants For Phytoremediation. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80: 260-265.
- LIU, J.N., ZHOU, Q. X., SUN, T., MA, LQ., WANG, S., 2008b. Growth Responses Of Three Ornamental Plants To Cd And Cd-Pb Stress And Their Metal Accumulation Characteristics. *Journal of Hazardous Materials*, 151(1): 261-267.
- LO'PEZ-MOSQUERA, M.E., MOIRO'N, C., CARRAL, E., 2000. Use Of Dairy-Industry Sludge As Fertiliser For Grasslands In Northwest Spain: Heavy Metal Levels In The Soil And Plants. *Resources, Conservation and Recycling*, 30: 95-109.
- MADEJON, P., MURILLO, J.M., MARANON, T., CABRERA, F., SORIANO, M.A., 2003. Trace Element And Nutrient Accumulation In Sunflower Plants Two Years After The Aznalcollar Mine Spill. *The Science Of The Total Environment*, 307: 239-257
- MANAS, P., CASTRO, E., 2008. Quality of Maritime Pine (*Pinus pinaster* Ait.) Seedlings Using Waste Materials As Nursery Growing Media. *J. New Forest*, 37: 295-311.
- MANIOS, T., STENTIFORD, E. I., MILLNER, P. A., 2003. The Effect Of Heavy Metals Accumulation On The Chlorophyll Concentration of *Typha latifolia* L. Plants, Growing in A Substrate Containing Sewage Sludge Compost and Watered With Metaliferus Water. *Ecological Engineering*, 20(1): 65-74.

- MARCHIOL, L., ASSOLARI, S., SACCO, P., ZERBI, G., 2004. Phytoextraction Of Heavy Metals By Canola (*Brassica napus*) And Radish (*Raphanus sativus*) Grown On Multicontaminated Soil. Environmental Pollution, 132: 21-27.
- NOUAIRI, I., AMMAR, W.B., YOUSSEF, N.B., DAOUD, D.B.M., GHORBAL, M.H., ZARROUK, M., 2006. Comparative Study Of Cadmium Effects On Membrane Lipid Composition Of *Brassica juncea* and *Brassica napus* Leaves. Plant Science, 170 (3): 511–519.
- ORAL N., 2004. Bahçe Çiçekleri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yay. No:3, Adalı Matbaası, Bursa, 140s.
- OZORES-HAMPTON, M., SCHAFFER, B., BRYAN, H.H., 1994. Nutrient Concentrations, Growth, And Yield Of Tomato And Squash In Municipal Solid Waste Amended Soil. Hortscience, 29(7): 785-788.
- ÖBEK, E., TATAR, Ş., HASAR, H., ARSLAN, E., IPEK, U., 2004. Kentsel ve Endüstriyel Atık Su Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Değerlendirilmesi. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1): 31-34.
- ÖZAY, C., MAMMADOV, R., 2013. Ağır Metaller ve Süs Bitkilerinin Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği. BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, 15(1): 67-76.
- ÖZCAN, S., ÖZTÜRK, M., 1995. Arıtma Tesisi Sularının Bitki Sulamasında Kullanılması. Ekoloji Çevre Dergisi, 15: 9-13.
- ÖZDEMİR, S., KÖSEOĞLU, G., DEDE, Ö.H., 2005. Arıtma Çamurlarının Süs Bitkisi Toprağı Hazırlanmasında Kullanımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu Bildiri Kitabı, İzmir, 557-564.
- ÖZGÜR, M. ve KÖKSAL, N., 2010. Süs Lahanası (*Brassica Oleracea* var. Acephala) Yetiştiriciliğinde Boylanmanın Kontrolü Üzerine Uniconazole Uygulamalarının Etkileri. IV. Süs Bitkileri Kongresi (20-22 Ekim-Erdemli/Mersin) Bildiri Kitabı, 603-610.
- PATEL, A., PATRA, D.D., 2014. Influence of Heavy Metal Rich Tannery Sludge on Soil Enzymes vis-à-vis Growth of *Tagetes mitula*, an Essential Oil Bearing Crop., Chemosphere, 112: 323- 332.

- PEDRENO, N.J., GOMEZ, I., MORAL, R., MATAIX, J. 1996. Improving The Agricultural Value Of A Semi-Arid Soil By Addition Of Sewage Sludge And Almond Residue. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 58: 115-119.
- PEREZ-MURCIA, M.D., MORAL, R., MORENO-CASELLES, J., PEREZ-ESPINOSA, A., PARED, C., 2006. Use Of Composted Sewage Sludge In Growth Media For Broccoli, *Bioresource Technology*, 97:123–130.
- PREMACHANDRA, G.S., SANEOKA, H., FUJITA, K., OGATA, S., 1992. Leaf Water Relations, Osmotic Adjustment, Cell Membrane Stability, Epicuticular Wax Load And Growth As Affected By Increasing Water Deficits In Sorghum. *Journal of Experimental Botany*, 43: 1569-1576.
- PURAKAYASTHA, T.J., VISWANATH, T., BHADRARAY, S., CHHONKAR, P.K., ADHIKARI, P.P., SURIBABU, A., 2008. Phytoextraction Of Zinc, Copper, Nickel And Lead From A Contaminated Soil By Different Species Of Brassica. *International Journal of Phytoremediation*, 10: 61-72.
- RAMACHANDRAN, V., D'SOUZA, R.J., MISTRY, K.B., 1999. Uptake And Transport Of Chromium In Plants. *J. Nuclear Agric. Biol.*, 9: 126-128.
- REEVES, R.D., 2006. Hyperaccumulation Of Trace Elements By Plants. In: *Phytoremediation Of Metal-Contaminated Soils*, (eds.) Morel, J.L., Echevarria, G., Goncharova, N., NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, Springer, NY. pp:1-25.
- SHANKER, A.K., CERVANTES, C., LOZA-TAVERA, H., AVUDAINNAYAGAM, S., 2005. Chromium toxicity In Plants. *Environment International*, 31: 739-753.
- SHARMA, R.K., AGRAWAL, M., MARSHALL, F.M., 2008. Heavy Metal (Cu, Zn, Cd And Pb) Contamination Of Vegetables In Urban India: A Case Study In Varanasi. *Environmental Pollution*, 154(2): 254-263.
- SHUKLA, O.P., JUWARKAR, A.A., SINGH, S.K., KHAN, S., RAI, U.N., 2011. Growth Responses And Metal Accumulation Capabilities Of Woody Plants During The Phytoremediation Of Tannery Sludge. *Waste Management*, 31: 115-123.

- SISKOS, A., YUPSANI, A., SYMEONIDIS, L., YUPSANIS, T., 2010. Similarities And Differences In The Properties Of Multiple NDP-Kinase Isoforms Of Alyssum Murale, Ni²⁺ Accumulator Species, Journal of Plant Physiology, 167: 675-682.
- SOMMERS, L.E. 1997. Chemical Composition Of Sewage Sludge And Analysis Of Their Potential Use As Fertilizer. J. Environmental Quality, 6: 225-232
- SOUMARE, M., DEMEYER, A., TACK, F.M.G., VERLOO, M.G., 2002. Chemical Characteristics Of Malian And Belgian Solid Waste Composts. Bioresource Technology, 81: 97-101.
- TAKII SEED, 2015. www.takiiseed.com. (Erişim Tarihi 14/12/2015).
- TAşATAR, B., 1997. Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, 81 s.
- TOLAY, U., YAVUZşEFİK, Y., TOLAY, M., SÖĞÜT, N., 2000. Atık Çamurlarının Bitki Üretiminde Kullanılması Üzerine Araştırmalar. Turk J Agric For, 24: 705-712.
- TOPCUOĞLU, B., ÖNAL, M.K. ve ARI, N. 2003. Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I. Bitki Besinleri Ve Ağır Metal İçerikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1): 87-96.
- UZUN, S., 1997. Sıcaklık Ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme Ve Verimine Etkisi (I.Büyüme). OMÜ. Ziraat Fak. Dergisi 12(1): 147–156.
- ÜNAL, M., KARACA, A., CAMCI, Ç.S., ÇELİK, A., 2011. İçme Suyu Tesisi Arıtma Çamurunun Arpa Zambağı (*Freesia spp.*) Bitki Gelişimi Ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(2): 46-56.
- ÜNAL, M., KATKAT, A.V., 2003. Bisküvi Ve şekerleme Sanayi Arıtma Çamurunun Toprak Özelliklerine Ve Mısır Bitkisinin Kimi Mineral Madde İçeriğı Üzerine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (1): 107-118.

- WANG, X., T, CHEN., Y. GE., Y. JIA., 2008. Studies On Land Application Of Sewage Sludge And Its Limiting Factors. *Journal Of Hazardous Materials*. 160 (2-3): 554-558.
- WEI, C.Y., CHEN T.B., 2006. Arsenic Accumulation By Two Brake Ferns Growing On An Arsenic Mine And Their Potential In Phytoremediation, *Chemosphere*, 63: 1048-1053.
- VIEIRA, R.F., 2001. Sewage Sludge Effects On Soybean Growth And Nitrogen Fixation. *Biol. Fertil. Soils*, 34: 196-200.
- YOON, J., CAO, X., ZHOU, Q., M.A., L.Q., 2006. Accumulation Of Pb, Cu, and Zn In Native Plant Growing On A Contaminated Florida Site. *Science of The Total Environment*, 368: 456-464.

ÖZGEÇMİŞ

29/10/1979 yılında Adana’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 1998 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü’nden 2002 yılında mezun oldu ve 2003 yılında Ç.Ü. Biyoteknoloji Anabilimdalında Yüksek Lisansa başladı. ‘Aurantioideae Alt Familyasındaki Cinslerde Yer Alan Bazı Türlerin SSR Markılarıyla Moleküler Karakterizasyonu’ konulu Yüksek Lisans Tezini 2007 yılında bitirdi.