



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİ
GELİŞİMİNE ETKİLERİ**

Hüda Nur ÇAKIR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
ŞUBAT-2018**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTSEL ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİ
GELİŞİMİNE ETKİLERİ**

Hüda Nur ÇAKIR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
ŞUBAT-2018**

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTSEL ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİ
GELİŞİMİNE ETKİLERİ**

Hüda Nur ÇAKIR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. K. Mesut ÇİMRİN danışmanlığında hazırlanan bu tez 12/02/2018 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. K. Mesut ÇİMRİN
Başkan

Prof. Dr. M. Rüştü KARAMAN
Üye

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KARACA
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 15880

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

12.02.2018

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Hüda Nur ÇAKIR

ÖZET

KENTSEL ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİ GELİŞİMİNE ETKİLERİ

Bu çalışmanın amacı, artan arıtma çamuru (% 0, % 2.5, % 5, % 7.5, % 10) uygulamaları sonrası deneme toprağının bazı özellikleri üzerindeki değişimler ile mısır bitkisinin verim, kök ve kök üstü kısımlarının besin elementi ve ağır metal içeriklerinde meydana gelen değişimleri incelemektir.

Artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle deneme toprağının pH ve kireç içeriklerinde istatistiki açıdan önemli azalmalar belirlenirken, toprağın tuz, organik madde, N, P, K, Ca, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co içeriklerinde ise istatistiki açıdan önemli artışlar meydana gelmiştir.

Uygulamalar mısır bitkisinin toplam yaş ve kuru verim, kök yaş ve kuru ile kök üstü yaş ve kuru verimleri, bitki boyu ve bitki çapını tanığa göre tüm uygulamalarda istatistiki açıdan önemli olarak artırmıştır. Artan arıtma çamuru dozlarıyla mısır bitkisinin kök C, H, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn ve Co içeriklerindeki değişimler önemli olmakla birlikte, mısır bitkisinin kök C ve Cu içeriklerinde tanığa göre doğrusal azalmalar belirlenirken, mısır bitkisinin kök N, P, Mg, Zn, Mn içeriklerinde tanığa göre artışlar belirlenmiştir. Artan dozda uygulanan arıtma çamuru mısır bitkisinin kök üstü H, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Pb içeriklerine istatistiki olarak önemli etkide bulunmuş olup, kök üstü N, P, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Pb içeriklerinde tanığa göre önemli artışlar meydana getirmiş ve bu artışlar kök üstü N, P, Zn ve Mn içeriklerinde doğrusal olmuştur.

Sonuç olarak, Hatay ili İskenderun ilçesi Biyolojik arıtma tesisinden taze alınan arıtma çamurunun farklı oranlarda toprağa uygulaması ile her ne kadar bazı bitki ve toprak özelliklerine olumlu etkilerinin bulunması ve herhangi bir ağır metal toksitesine rastlanmamasına rağmen bu arıtma çamurunda bulunan çok yüksek tuz miktarları nedeniyle, bu haliyle tarım topraklarında kullanılmasının uygun olmadığı söylenebilir.

2018, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: Toprak, arıtma çamuru, mısır, verim, ağır metal

ABSTRACT

MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE EFFECTS ON PLANT CORN GROWTH

The aim of this study is to investigate the existing changes for contents of nutrients and heavy metal of root and shoot, and corn yield with the changes on the experimental soil properties after the applications of increased sewage sludge (0 %, 2.5 %, 5 %, 7.5 %, 10 %).

While statistically significant decreases were determined in the pH and lime contents of the experimental soil, as for statistically significant increases for the contents of N, P, K, Ca, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd and Co, organic matter and salt of the soil by the effects of applied sewage sludge at the increased doses.

The applications statistically increased corn total fresh and dry weight, fresh root and dry root weights, fresh shoot and dry shoot weights, plant height and diameter compared to the control in the all treatments. Beside significant changes in both directions took place in the contents of plant corn root C, H, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn and Co with the determination of linear decreases of C and Cu contents, root N, P, Mg, Zn and Mn content increases were determined compared to the control by the increased sewage sludge doses. On the other hand, increased applications of sewage sludge doses affected corn shoot contents of the H, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn and Pb statistically significant with the resulting increases of the shoot N, P, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn and Pb resulting in the linear increases of the contents of N, P, Zn and Mn compared to the control.

As a result, it can be said that that sewage sludge is not appropriate to use in the agricultural soils in the present form because of very high salt amounts presence in the sewage sludge although there were some positive effects on the plant and soil properties to some great extent with no determined heavy metal toxicity by the application of that sewage sludge into soil at different rates taken freshly from the biological sewage sludge foundation of district İskenderun of province Hatay.

2018, 69 page

Key Words: Soil, sewage sludge, corn, yield, heavy metal

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince tüm bilgi birikimini ve tecrübesini yardımına sunan, özellikle tez dönemim boyunca sabır, içtenlik ve özveriyle bana yol gösteren, karşılaştığım zorluklarda çalışmalarına devam edebilmem için bana destek olan ve bu süreçte hiçbir yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Kerim Mesut ÇİMRİN'e sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tez dönemim sürecinde görüş ve katkılarını esirgemeyen, elde ettiğim verilerin istatistiksel analizlerinin elde edilmesinde ve yorumlanmasında yardımlarını aldığım Doç. Dr. Sabri GÜL hocama teşekkürlerimi belirtmek isterim.

Tezimin analiz aşamasında bana tüm yardımları sağlayan başta Uzman Serbay BUCAK ve Uzman İrem KARAASLAN olmak üzere tüm Teknoloji ve Ar-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi (MARGEM) personeline teşekkürlerimi bildiririm.

Sevgi ve ilgisini hiçbir zaman üzerimden eksik etmeyen, eğitim hayatım boyunca bana maddi, manevi destek olan, eğitimimde ilerlememi teşvik eden aileme, ayrıca ziraat mühendisi olmama sebep olan ve hiçbir zaman maddi, manevi desteğini benden esirgemeyen sevgili dayım Mehmet KAMALI ve ailesine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu projeye maddi destek sağlayan Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (Proje No: 15880) teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3.MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.1.1.Araştırma Yerinin Genel Tanımı	16
3.1.2.Araştırmada Kullanılan Toprağın Özellikleri	17
3.1.3.Araştırmada Kullanılan Bitki ve Arıtma Çamurunun Özellikleri	17
3.1.4.Saksı Denemesi	19
3.2. Yöntem	20
3.2.1.Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması	20
3.2.2.Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler	20
3.2.2.1.Tekstür	20
3.2.2.2.Toprak Reaksiyonu	20
3.2.2.3.Total Tuz	21
3.2.2.4.Kireç	21
3.2.2.5.Organik Madde	21
3.2.2.6.Toplam Azot	21
3.2.2.7.Alınabilir Fosfor	21
3.2.2.8.Değişebilir Potasyum ve Kalsiyum	21
3.2.2.9.Yarayışlı Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co Analizleri	22
3.2.3.Arıtma Çamuru Örneğinin Analize Hazırlanması	22
3.2.4.Arıtma Çamuru Örneğinde Yapılan Analizler	22
3.2.4.1.Arıtma Çamuru Reaksiyonu	22
3.2.4.2.Arıtma Çamurunda Total Tuz	22
3.2.4.3.Kireç	22
3.2.4.4.Organik Madde	23
3.2.4.5.Toplam Azot	23
3.2.4.6.Alınabilir Fosfor	23
3.2.4.7.Toplam Besin Elementi ve Ağır Metal Analizleri	23
3.2.5.Bitki Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler	23
3.2.5.1.Toplam Yaş Verim	23
3.2.5.2.Toplam Kuru Verim	23
3.2.5.3.Kök Yaş Ağırlığı	24
3.2.5.4.Kök Kuru Ağırlığı	24
3.2.5.5.Kök Üstü Aksamın Yaş Ağırlığı	24
3.2.5.6.Kök Üstü Aksamın Kuru Ağırlığı	24
3.2.5.7.Bitki Boyu	24
3.2.5.8.Bitki Çapı	25

3.2.5.9.Kök ve Kök Üstü Aksam Bitki Besin ve Ağır Metal Element Analizleri	25
3.2.5.9.1.Toplam Karbon, Hidrojen ve Azot Analizleri	25
3.2.5.9.2.Bitkide Fosfor	25
3.2.5.9.3.Diğer Bitki Besin Elementleri ile Ağır Metal Analizleri	25
3.2.6.İstatistiksel Analizler	25
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	26
4.1.Uygulamaların Deneme Toprağının Bazı Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ile Bitki Besin Element İçerikleri Üzerine Etkileri	26
4.2.Uygulamaların Mısır Bitkisi Verim ve Verim Kriterleri Üzerine Etkileri	36
4.3.Uygulamaların Mısır Bitkisi Kök ve Kök Üstü Aksamı Bitki Besin ve Bazı Ağır Metal İçerikleri Üzerine Etkileri	44
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	69



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	17
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan arıtma çamuruna ait bazı kimyasal özellikler.....	18
Çizelge 4.1.1. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde içeriklerine ait varyans analiz tablosu.....	26
Çizelge 4.1.2. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	27
Çizelge 4.1.3. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu	28
Çizelge 4.1.4. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları	29
Çizelge 4.1.5. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu	30
Çizelge 4.1.6. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları	30
Çizelge 4.1.7. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait varyans analiz tablosu	32
Çizelge 4.1.8. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	32
Çizelge 4.1.9. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait varyans analiz tablosu	34
Çizelge 4.1.10. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	34
Çizelge 4.2.1. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi toplam yaş verim ve toplam kuru verim değerlerine ait varyans analiz tablosu	36
Çizelge 4.2.2. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi toplam yaş verim ve toplam kuru verim değerlerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları	37
Çizelge 4.2.3. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök yaş ve kök kuru ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu	38
Çizelge 4.2.4. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök yaş ve kök kuru ağırlıklarına ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları	39
Çizelge 4.2.5. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü yaş ve kök üstü kuru ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu.....	40
Çizelge 4.2.6. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü yaş ve kök üstü kuru ağırlıklarına ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	40
Çizelge 4.2.7. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi bitki boyu ve bitki çapına ait varyans analiz tablosu	42

Çizelge 4.2.8. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi bitki boyu ve bitki çapına ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları	43
Çizelge 4.3.1. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait varyans analiz tablosu	44
Çizelge 4.3.2. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	45
Çizelge 4.3.3. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu	46
Çizelge 4.3.4. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	46
Çizelge 4.3.5. Arıtma çamuru uygulamalarının kök aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu.....	48
Çizelge 4.3.6. Arıtma çamuru uygulamalarının kök aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	48
Çizelge 4.3.7. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait varyans analiz tablosu	49
Çizelge 4.3.8. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	50
Çizelge 4.3.9. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait varyans analiz tablosu.....	52
Çizelge 4.3.10. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	52
Çizelge 4.3.11. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait varyans analiz tablosu.....	54
Çizelge 4.3.12. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	54
Çizelge 4.3.13. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu.....	54
Çizelge 4.3.14. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	55
Çizelge 4.3.15. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu	57
Çizelge 4.3.16. Arıtma çamuru uygulamalarının kök üstü aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	57
Çizelge 4.3.17. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait varyans analiz tablosu	58
Çizelge 4.3.18. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....	59

- Çizelge 4.3.19. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait varyans analiz tablosu.....61
- Çizelge 4.3.20. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları.....61



ŞEKİLLER DİZİNİ

Resim 3.1. Denemenin genel görünümü	16
Resim 3.2. Kurutulmuş ve elenmiş arıtma çamuru	18
Resim 3.3. Deneme konuları görünüm	19



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
da	Dekar
EC	Elektriki Kondaktivimetre
Fe	Demir
ha	Hektar
K	Potasyum
kg	Kilogram
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
Mn	Mangan
N	Azot
Ni	Nikel
°C	Santigrat Derece
P	Fosfor
Pb	Kurşun
t	Ton
Zn	Çinko

Kısaltmalar

AÇ	Arıtma Çamuru
----	---------------

1. GİRİŞ

Kentlerde kanalizasyon sistemiyle toplanan atık suların çeşitli arıtma işlemleri sonucu, belediyelerin atık su arıtma tesislerinde sonuç ürün olarak arıtma çamuru ortaya çıkmaktadır. Ancak ortaya çıkan bu çamurların bertarafı önemli bir sorun olup canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Çamurların bertarafında depolama, yakma, denize boşaltma ve tarım arazilerinde kullanma gibi çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Fakat bu yöntemlerin çoğu geçici bir çözüm yolu olup, kontrolsüz koşullarda ana alıcı ortam olan toprağa döndüğünde toprağı, yer altı sularını ve bitkileri kirleterek besin zincirini tehlikeye atmaktadır. Günümüzde arıtma çamurlarının tarım arazilerine uygulanarak, topraklara ve bitkilere, organik madde ve bitki besin elementi kaynağı olarak değerlendirilmesi gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır (Demir ve Çimrin, 2011; Yalçın ve ark., 2011). Bu atıkların kontrollü koşullarda uygun miktar ve oranlarda toprağa verildiğinde ticari gübrelere ciddi bir alternatif veya destek olacakları çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Çimrin ve ark., 2000; Bozkurt ve ark., 2001; Kocaer ve Başkaya, 2001; Yalçın ve ark., 2011). Ayrıca bu yöntem diğer bertaraf yöntemleriyle kıyaslandığında en ucuz yöntemdir (Ayvaz, 2000). Ancak arıtma çamurları tarımsal açıdan olumlu özellikler taşıdığı gibi doğa ve insan sağlığını tehdit eden olumsuz özellikleri de barındırmaktadır. Bunlar mangan, çinko, bakır, krom, kobalt, nikel, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metaller, tuzlar, toksik organik kimyasallar ve hastalık yapıcı mikroorganizmalar olup çamurların tarım alanlarında kullanımını kısıtlamaktadır. Arıtma çamurlarının olumsuz etkileri sebebiyle birçok ülkede kullanımını sınırlayan yönetmeliklerin bulunmasıyla birlikte ülkemizde de bu amaçla Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği yürürlükte bulunmaktadır.

Çamurlar kentsel ve endüstriyel nitelikli olmak üzere ayrılırken; kentsel arıtma çamurlarının besin elementi içeriği bölgeden bölgeye, bölgede yaşayan halkın gelir düzeyi, yaş ve cinsiyet dağılımına, beslenme durumuna göre değişmekle birlikte atık suyun arıtılmasında kullanılan işlemlere, çamurun bekleme süresi ile katı madde oranına göre de değişiklik gösterebilir. Farklı tesislerden çıkan çamurların özelliklerinin farklı olması, çamurun verime etkisini ve kullanım olanaklarını da değiştirebilir. Bu nedenle, arıtma çamurları toprağa uygulanmadan önce mutlaka analiz edilerek içerikleri belirlenmeli ve bu amaçla farklı arıtma çamurları farklı topraklarda denenerek en uygun

dozlarının belirlenmesi gerekmektedir. Başka bir ifade ile ana alıcı ortam olan topraklara uygun dozlarda kontrollü koşullarda bu atıklar verilerek bertarafı gerçekleştirilmelidir. İçerikleri belirlenen ve uygulanmasında sakınca görülmeyen çamurlar toprakların yapısı, besin elementi içeriği, yetiştirilecek bitkinin cinsi, arazideki taban suyu seviyesi, arazinin topoğrafyası gibi hususlar göz önünde bulundurularak toprağa uygulanmalıdır. Çamurların nehirlere ve denizlere dökülerek ya da toprağa bırakılarak kirlilik oluşturmaları yerine araziye uygulanması; çamurun en kısa yoldan doğadaki doğal çevrime katılımını sağlar.

Birçok araştırmacı farklı özellikteki arıtma çamurlarını tarım topraklarına uygulayarak farklı bitkilerde açığa çıkan çeşitli etkileri araştırmışlardır. Çimrin ve ark. (2000), kentsel arıtma çamurunu mısır bitkisine fosfor kaynağı olarak vermiş ve fosfor ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir. Aşık ve Katkat (2004) ise gıda sanayi arıtma çamurunu mısır bitkisine uygulamış olup artan dozlarla bitki mineral element içeriğinin ve gelişiminin arttığını bildirmişlerdir. Mısır dışındaki bitkilerde, Bozkurt ve ark. (2001) kentsel arıtma çamuru ve inorganik azotlu gübreyi kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanmışlardır. Sonuç olarak, arpa bitkisinin azot içeriğinin ve alımının arttığını, arıtma çamurunun bitkinin azot ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Türkmen ve ark. (2001) kentsel arıtma çamurunun hıyarda çıkış ve fide gelişimi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada çamurun bitki gelişimine olumlu etki yaptığını bildirmişlerdir. Angın ve Yağanoğlu (2009) arıtma çamurlarını fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak uygulamış, sonuçta uygulamanın artan dozlarında etkinin yükseldiğini ve fiziksel, kimyasal özelliklerin iyileşmesi ve verimlilikte önemli bir alternatif kaynağı olduğu bildirmişlerdir. Bunların dışında arıtma çamurunun toprak reaksiyonuna, tuzluluğuna, organik madde içeriğine, toprak özellikle, toprak ve bitkinin besin elementi ve ağır metal içeriğine, bitki gelişimine etkilerini araştıran bir dizi araştırma yapılmıştır (Scancar ve ark., 2000; Delgado Arroyo ve ark., 2002; Önal ve ark., 2003; Çelik ve ark., 2009; Yalçın ve ark., 2010; Keskin ve ark., 2012; Özyazıcı ve ark., 2012; Belhaj ve ark., 2016). Yapılan araştırmalar arıtma çamurlarının toprağa uygun oranlarda verilmesiyle bitki büyümesinin ve toprak özelliklerinin iyileştiğini, toprakların ve bitkilerin besin elementi içeriklerinin arttığını göstermiştir (Yakupoğlu ve Özdemir, 2007; Küçükhemek ve ark., 2008; Özyazıcı ve Özyazıcı, 2012). Bu güne kadar yapılan

araştırmaların ortak bulgusu, çamurların bitki yetiştirmede ekonomik bir değer taşıdığının şüpheye yer vermemesidir (Topçuoğlu ve ark., 2003). Geliřmiř ülkelerde arıtma çamurları çeşitli işlemlerden geçirilip olumsuz etkileri en az düzeeye indirilerek ya da kontrollü kullanımları sağlanarak tarımda gübre olarak değerlendirilmektedir (imrin ve ark., 2000; Aşık ve Katkat, 2004).

Bu araştırmanın amacı Hatay ili İşkenderun ilçesi biyolojik evsel atık su arıtma tesisinden alınan taze kentsel arıtma çamurunun tarım toprağına uygulanmasıyla, toprak ve mısır bitkisi üzerindeki meydana gelecek değişimleri incelemektir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çimrin ve ark. (2000) tarımda bitki fosfor ihtiyacının karşılanmasında fosfor kaynağı olarak, Triple Süper Fosfat fosforu (TSP) ile arıtma çamuru (AÇ) kombinasyonlarının (% 100 toprak; 20 mg/kg P (AÇ fosforu)+60 mg/kg P (TSP fosforu); 40 mg/kg P (AÇ)+40 mg/kg P (TSP); 60 mg/kg P (AÇ)+20 mg/kg P (TSP); 80 mg/kg P (AÇ); 80 mg/kg P (TSP)) mısır bitkisinin gelişimi ve bazı bitki besin maddelerine etkisini belirlemek amacı ile kireçli bir toprakta saksı denemesi olarak yürütmüşlerdir. Çalışmada arıtma çamuru ve TSP fosforu kombinasyonlarının fosfor kaynağı olarak kullanılması, tanığa göre mısır bitkisinin, bitki kuru ağırlığı, toprak üstü aksam ağırlığı, bitkinin fosfor, çinko ve demir içeriklerini önemli düzeyde artırmıştır. Diğer yandan, arıtma çamuru ve TSP kombinasyonları ve 80 mg/kg arıtma çamuru uygulamaları tanığa göre mısır bitkisinin fosfor içeriğini önemli olarak artırmalarına karşılık, kombinasyonlar içerisindeki arıtma çamuru miktarı arttıkça bitkinin fosfor içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir. Bu nedenle araştırmacılar bitkinin bütün fosfor ihtiyacının değil bir kısmının arıtma çamuru ile karşılanmasında kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bozkurt ve ark. (2000) kireçli toprakta yetiştirilen mısır bitkisine artan dozlarda arıtma çamuru (0, % 5, % 10, % 20 ve % 30) ve tek dozda (250 mg/kg) hümkik asit uygulamışlardır. Arıtma çamuru uygulamaları ile toprakların pH, P, Ca, Zn, Cu, Fe, Mn, içerikleri, mısır bitkisinin ise toprak üstü aksam ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve toprak üstü organların N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ve Co içeriklerini önemli düzeyde etkilenmiştir. Ayrıca araştırmacılar bu kentsel arıtma çamurunun gübre olarak kullanıldığında, bitkinin azot ve fosfor ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında önemli katkılar sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Scancar ve ark. (2000) Slovenya' nın Domzale şehri arıtma tesisinden aldıkları kentsel arıtma çamurundaki Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, ve Zn elementlerinin toplam konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre arıtma çamurunda 856 mg/kg Cr, 621 mg/kg Ni ve 2032 mg/kg Zn elementlerinin tarımda kullanımı için Slovenya yasalarına göre yüksek bulunduğu ancak Cd (2.78 mg/kg), Cu (433 mg/kg) ve Pb (126 mg/kg) elementlerinin ilgili yasaya göre izin verilen sınırların altında bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada yüksek nikel konsantrasyonu ve bunun

yüksek hareketliliği nedeniyle arıtma çamurunun tarımda kullanılamayacağı bildirilmiştir.

Bozkurt ve ark. (2001) Van ekolojik koşullarında kışlık arpa bitkisinin azotlu gübre isteğinin inorganik azotlu gübre ve kentsel arıtma çamuru verilerek karşılaştırıldığı denemede, her iki uygulamanında bitki azot içeriğini ve alımını artırdığını fakat, bu artışın arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olduğunu ancak, azot içeriği ve alımı bakımından, inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamaları arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, artan arıtma çamuru dozları arpa bitkisi tanesinin P, Fe, Mn, ve Cu kapsamalarını kontrole göre önemli düzeyde artırırken, K, Ca, Mg, Zn, Co, Ni, Cr ve Cd kapsamlarına etkisinin önemli olmadığı rapor edilmiştir. Bu sonuçların ışığında bitkinin azotlu gübre ihtiyacını karşılamada kentsel arıtma çamurunun inorganik azotlu gübreye takviye olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Türkmen ve ark. (2001) arıtma çamurunun hıyarda çıkış ve fide kalitesi üzerindeki etkilerini gözlemek amacıyla 2:2:1 oranında hazırladıkları bahçe toprağı, yanmış çiftlik gübresi ve pomza karışımından oluşan 250 gramlık ekim harcında 100 g' lık çiftlik gübresine (kontrol) ikame dozlarda (% 25, % 50, % 75 ve % 100) arıtma çamuru uygulaması yapmışlardır. Uygulamaların bitki hipokotil uzunluğu, kotiledon genişlik ve uzunluğu, gerçek yaprak çıkış süresi, sürgün ve kök boyu, sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları ile yaprak sayısı ve alanlarına etkileri gözlenmiş ve sonuç olarak arıtma çamurunun hıyarın çıkış ve fide kalitesi üzerine pozitif etki yaptığı bildirilmiştir.

Bozkurt ve Çimrin (2003) kireçli bir toprağı sahip olan elma bahçesine 0, 10, 20, 40 ve 60 kg/ağaç dozlarında arıtma çamuru ve sabit dozda ahır gübresi (25 kg/ağaç) uygulamışlardır. Çalışmada, en yüksek arıtma çamuru uygulaması ile 0-30 cm derinlikteki toprakların pH' larının 8.6' dan 7.8' e düştüğünü; bütün derinliklerde toprakların alınabilir P ve Zn ile toplam Zn ve Cu konsantrasyonlarının önemli miktarda arttığı, yine arıtma çamuru uygulamaları ile üst toprağın total azot ve DTPA' da Fe ve Ni konsantrasyonlarını artırdığı bildirilmiştir.

Topçuoğlu ve ark. (2003) sera koşullarında iki yıllık olarak yürüttükleri saksı denemelerinde toprağı uyguladıkları iki farklı kentsel arıtma çamurunun artan dozlarıyla (0, 75, 150, 300, 600, 1200 g/saksı) domates bitkisinde meydana gelen bitki besin elementi ve ağır metal içeriklerinin değişimlerini araştırmışlardır. Araştırmanın

her iki yılda da arıtma çamurunun artan dozlarıyla domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Ni ve Cd içeriklerinin arttığı bildirilmektedir. Arıtma çamurunun kaynağındaki farklılığın bitkinin mineral içeriğini etkilediği ve tekrar eden uygulamalarda bitkinin mineral düzeyinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Arıtma çamurlarının düşük düzeylerinde bitki gelişiminin olumlu etkilenmiş olduğu, ancak yüksek uygulama düzeylerinde ve tekrar eden uygulamalarda fitotoksisite ve yüksek ağır metal ihtivasi meydana geldiği belirtilmiştir. Yüksek miktarlarda tuz ve mineral içeren arıtma çamurunun ikinci yıldaki uygulamalarının, domates bitkisinde gelişimde duraklama ve toksik etki meydana getirdiği, ayrıca bazı ağır metallerin (Cd ve Pb) bitkide insan sağlığı yönünden izin verilen sınır değerlerin üzerine çıktığı ifade edilmiştir.

Önal ve ark. (2003) iki yıl boyunca sera koşullarında 15 kg'lık saksılarda toprağa uyguladıkları iki farklı kentsel arıtma çamurunun artan dozlarıyla (0, 75, 150, 300, 600, 1200 g/saksı) domates bitkisinde kuru madde, meyve ürün miktarları ve bazı meyve kalite özellikleri ile mineral içerikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma bitiminde her iki yılda da arıtma çamurunun artan dozlarıyla domates bitkisinin kuru madde ve meyve ürün miktarları ile meyvede N, P, K, Mg, Fe, içeriklerinin arttığı bildirilmiştir. Çalışmada, arıtma çamurunun kaynağındaki farklılığın bitkinin gelişmesiyle mineral içeriğini etkilediği ve tekrar eden uygulamalarda bitkinin mineral düzeyinin daha yüksek olduğu bildirilirken, arıtma çamurlarının düşük düzeylerinin bitki gelişimini olumlu etkilediği, ancak yüksek uygulama düzeylerinde ve tekrar eden uygulamalarda çamur tipine bağlı olarak fitotoksisite ve gelişimde duraklama meydana getirdiği belirtilmiştir. Sonuç olarak elde edilen bulguların ışığında arıtma çamurunun tarımda güvenli şekilde geri kazanımı üzerindeki endişelere örnek bir çalışma olduğu bildirilmiştir.

Ünal ve Katkat (2003) Kocaeli İli'nde bulunan bisküvi ve şekerleme üretimi yapan bir fabrikadan temin ettikleri arıtma çamurunu sera koşullarında toprağa 0, 20, 40, 80 ve 160 t/ha dozlarında uygulayarak 30, 60 ve 90 günlük sürelerle inkübasyona bırakmışlardır. Çalışmada arıtma çamurunun toprak özelliklerini ve toprağa ekilen mısır bitkisiyle arıtma çamurunun bitki yetiştirilmesi üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak uyguladıkları arıtma çamurunda doz artışıyla birlikte toprakların pH'larında azalma ve toprağın tuz, organik madde ve bitki besin elementi içeriklerinde artışlar saptanmıştır.

Aşık ve Katkat (2004) yaptıkları bu çalışmada Penguen Gıda Sanayi AŞ. arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurunu, sera koşullarında artan dozlarda (0, 20, 40, 80, 120, 160 ton ha⁻¹) toprağa uygulamış ve yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimi ve mineral element içeriğine etkisi ile 30 günlük inkübasyon süresinin sonunda ekimden önce ve denemenin sonlandırılmasından sonra toprakta meydana getirdiği değişimleri incelemişlerdir. Bununla birlikte tesisten belli zamanlarda alınan arıtma çamuru örneklerinin pH, EC, kuru madde, organik madde, C:N oranı, bazı bitki besin elementleri ile ağır metal içeriğini gözlemlemişlerdir. Çalışmada artan dozda arıtma çamuru uygulaması sonucu bitkinin mineral element içeriğinin arttığı ve bitki gelişiminin pozitif yönde etkilendiği bildirilmiştir. Arıtma çamurunun ekim öncesinde ve denemenin sonlandırılmasından sonra toprağın pH' sını düşürdüğü, toprak tuzluluğunu arttırdığı da bildirilmektedir. Arıtma çamuru uygulaması ile toprağın başta organik madde içeriği olmak üzere, NH₄, NO₃, alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg, Na ve alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriklerinin arttırdığı bildirilmiştir.

Dönmez (2004) verimliliği azalmış iki ayrı toprak serisinde (Menekşe ve Karaburun) yetiştirdiği mısır ve buğday bitkilerine azot kaynağı olarak azot gübresi, azot gübresi ile arıtma çamuru ve sadece arıtma çamuru uygulayarak arıtma çamurunun gübre olarak kullanılıp kullanılamayacağını araştırmıştır. Ayrıca kolon denemesi kurularak her iki seride arıtma çamuru olan ve olmayan kolonların su gözenek hızları ve dispersiyon katsayılarını belirlemeye çalışmıştır. İki toprak serisinde de gübre uygulanarak yetiştirilen mısır bitkilerinin kuru madde verimleriyle arıtma çamuru uygulanarak yetiştirilen mısır bitkilerinin kuru madde verimleri arasında % 8-10 fark olduğu bildirilmiştir. Gübre uygulanarak aynı şartlarda yetiştirilen ikinci ürün buğday bitkileri ile arıtma çamuru uygulanmaksızın yetiştirilen buğday bitkilerinin kuru madde verimleri arasında fark olmasıyla birlikte arıtma çamurunun daha etkili olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak çalışmada, arıtma çamurunun gübre olarak kullanılabileceği, toprakta uzun süre etkili olduğu, toprağın fiziksel özelliklerinin etkilendiği, gözenekliliğin mikro gözenek düzeyinde değiştiği ve su tutma kapasitesinin arttığı bildirilmiştir.

Küçükhemek ve ark. (2006) organik madde ve besin elementi açısından fakir bir toprağa evsel karakterli arıtma çamurunun farklı dozlarını (0, 40, 80, 120 ton ha⁻¹) iki yıl süreyle uygulayarak, yetiştirilen çim bitkisinin ağır metal kapsamına etkisini

belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacıların bildirdiğine göre arıtma çamuru uygulaması iki yılın sonunda bitkide kontrole göre Zn, Ni, Cu, Cr ve Pb içeriklerini arttırmış ancak bu artışlar en çok Zn, Cr ve Pb içeriklerinde meydana gelmiş ve arıtma çamuru uygulaması Mn içeriğinde ise bir düşüşe sebep olmuştur. Fakat bitkide ağır metal içeriklerinin artmasına rağmen ağır metal seviyelerinin bitkiler için yeter sınırların içinde bulunduğu ve toksik değerlerin çok altında kaldığı bildirilmektedir. Sonuç olarak bitki besin elementi açısından fakir bir toprağın ıslahında kullanılan arıtma çamurunun etkisiyle çim bitkisinde ağır metallerin kabul edilir sınırlarda olduğu ve özellikle bitkideki Zn probleminin giderilebildiği ifade edilmiştir.

Hanay ve Hasar (2007) Kayseri İli kentsel atıksu arıtma tesisi çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım potansiyelini araştırmışlardır. Bu amaçla çamurun çeşitli metal içeriklerini incelemiş ve çamurun spesifik oksijen tüketim hızına bakmışlardır. Araştırmada ağır metallerden Cu ve Pb konsantrasyonlarının 1750 ve 1200 mg/kg olarak tespit edilmiş ve bu değerlerin standart değerlerden yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca arıtma çamurunun elektriksel iletkenliğinin yüksek olduğu ve tarımsal toprağa uygulanmasının uygun olmadığı bildirilmiştir.

Yakupoglu ve Özdemir (2007) yürüttükleri çalışmada hafif, orta ve şiddetli derecede erozyona uğramış topraklara uyguladıkları arıtma çamuru ve çay endüstrisi atığının, toprakların mikro element (Fe, Cu, Zn ve Mn) içeriklerine etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar Samsunda tarla tarımı yapılan bir araziden 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri almışlardır. Sera koşullarındaki toprağa organik atıkları % 0, % 2, % 4 ve % 6 w/w olmak üzere dört farklı dozda uygulamışlardır. 18 haftalık deneme periyodunun ardından, organik atık uygulamalarının erozyona uğramış bu topraklarda mikro element içeriklerini önemli derecede arttırmış oldukları araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Sonuç olarak Fe, Cu, Zn ve Mn elementleri için uygulamaların etkinliği toprakların erozyon düzeyleri ($P < 0.001$) ile atıkların uygulama dozuna ($P < 0.001$) bağlı olarak istatistiksel bakımdan önemli bulunduğu bildirilmiştir.

Küçükhemek ve ark. (2008) evsel karakterli arıtma çamuru (AÇ) ve ahır gübrelerinin (AG) üç farklı karışımlarının ($\frac{1}{4}AÇ + \frac{3}{4}AG$, $\frac{1}{2}AÇ + \frac{1}{2}AG$ ve $\frac{3}{4}AÇ + \frac{1}{4}AG$), çim bitkisinde bazı makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Zn, Cu, Mn, Pb, Cd) element içerikleri ile verim üzerine etkilerini belirlenmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir.

Araştırmacılar toprağa dört farklı oranda (0, 40, 80 ve 120 t/ha) organik materyal uygulamasını iki yıl arazi koşullarında üç tekerrürlü olarak yürüttükleri çalışma sonucunda, arıtma çamuru uygulamalarının çim bitkisinin verim ve bazı besin elementleri içeriklerinin kontrol ve diğer organik materyal uygulamalarına göre daha fazla artırdığı bildirilmiştir.

Angın ve Yağanoğlu (2009) arıtma çamurlarını tuzlu-alkali topraklarda fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanmışlar ve toprağa tek seferlik 9 m²' lik deneme parsellerine 0, 4, 8 ve 12 t/da hesabı ile arıtma çamuru uygulamışlar ve bunun toprak üzerinde etkilerini araştırmışlardır. Organik madde içeriği bakımından zengin olan arıtma çamurunun toprağa uygulanması sonucu toprağın hem fiziksel hem de kimyasal özelliklerinin önemli ölçüde değiştiği bildirilmiş olup, etkinin yıl ve uygulama dozuna bağlı olarak farklılaştığı bildirilmiştir. Bütün uygulamaların içinde en yüksek etkinin 12 t/da uygulamasında meydana geldiği, fakat değişebilir sodyum yüzdesi oranında beklenen seviyelere ulaşamadığı, bu yüzden organik kökenli bu materyallerin bu alanlara uygulanmasının ıslah sonrasına bırakılması gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileşmesi ve toprak verimliliğinin sağlanması açısından arıtma çamurlarının önemli bir alternatif kaynak olduğu bildirilmiş ve çevreyi olumlu yönde etkileyeceği belirtilmiştir.

Çelik ve ark. (2009) Kocaeli' de bulunan içme suyu tesisi arıtma çamurunun sera koşullarında kesme çiçek (*Freesia spp.*) yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamında kullanılarak çiçeklenme özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar arıtma çamurunu vejetasyon başlangıcında dikim yastıklarına 0, 30, 60 ve 120 t/ha hesabı ile uygulamışlardır. Çalışmada, çimlenen bitki sayısı, bitki başına elde edilen başak sayısı, her bir başaktaki kandil sayısı ve başak uzunluklarını incelemiştir. Sonuc olarak, artan çamur uygulamaları ile çimlenen bitki sayısı ve bitki başına elde edilen başak sayısı arasında istatistiki olarak bir fark olmamasına rağmen en düşük değerin tanık uygulamada görüldüğü ifade edilmiştir. Denemede en uzun başak (6.70 cm) ve kandil sayısı en fazla (7.20 adet) olan başak gelişiminin 30 t/ha uygulamasından meydana geldiği ve özellikle başaklardaki kandil sayısının çokluğu yönünden kontrol ile yapılan kıyaslamada 30t/ha uygulamasının 0.05 düzeyinde önemli olduğu bildirilmiştir.

Mazen ve ark. (2010) çöl toprağının ıslahında yetişen buğday ve Yahudi ebegümece bitkilerine % 0, % 10, % 25, % 50 ve % 75 dozlarında arıtma çamuru

uygulamış ve arıtma çamurunun; toprak tekstürünü düzelttiği, organik madde ve su tutma kapasitesini yükseltip pH' ı düşürdüğünü bildirmişlerdir. Artan arıtma çamuru ile toprağın NPK içeriklerinin kademeli olarak arttığını ve bu topraklarda yetiştirilen test bitkilerinin özellikle sürgünlerinde kökten daha yüksek metal birikiminin olduğunu ve bu bitkilerin total karbonhidrat ve protein içeriklerinin pozitif olarak etkilendiklerini belirtmişlerdir.

Yalçın ve ark. (2010) Eskişehir atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarının farklı münavebe sistemlerinde (buğday, şekerpancarı ve mısır) kullanılması üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Deneme konuları kontrol, optimum gübre (DAP ve Amonyum nitrat), 1000 kg/da, 2000 kg/da, 3000 kg/da, 4000 kg/da ve 5000 kg/da arıtma çamuru şeklinde olup buğday, şekerpancarı ve mısır verimine optimum gübre ile eşdeğer etkinin istatistiki olarak 3000 kg/da arıtma çamuru uygulamasında meydana geldiği bildirilmiştir. Topraktaki toplam Cu, Cr ve Cd değerlerinin değişiklik göstermediği, toplam Zn, Ni ve Pb değerlerinin arttığı ve artan Zn ve Pb değerlerinin toprakta izin verilen sınır değerlerin çok altında kaldığı bildirilmiştir. Arıtma çamuru uygulamasıyla buğday danesi, şekerpancarı yumrusu ve mısır danesinde toplam Cu, Ni, Cr, Cd ve Pb içeriklerinin kontrol uygulamasından farklı bulunmadığı, bununla birlikte bitkide Zn içeriğinde artış meydana geldiği belirtilmiştir.

Zorer Çelebi ve ark. (2010) atık su arıtma çamuru ile tesis edilen yeşil alanda ingiliz çimi (*Lolium perenne L.*)' nin performansının belirlenmesi amacıyla bu çalışmayı planlamışlardır. Çalışma üç tekerrürlü olarak yürütülmüş, araştırmacılar tanık olarak standart çiftlik gübresi karışımı kullanmışlar ve uygulama olarak atık su arıtma çamurunun 3, 6, 9 ve 12 kg/da dozlarını kullanmışlardır. Araştırmada, ingiliz çiminin bitki boyu, yeşil ot verimi, bitki ile kaplı alan, yabancı ot oranı, renk ve çim kalitesi kriterlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar tesisin ilk dönemlerinde en yüksek bitki boyu, yeşil ot verimi ve kaplı alan değerlerine çiftlik gübresi ve atık su arıtma çamurunun düşük dozlarında ulaşıldığını, daha sonraki dönemlerde atık su arıtma çamurunun yüksek dozlarının kullanıldığı alanlarda daha yüksek değerler elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar özellikle yaz aylarında atık su arıtma çamurunun kontrole göre daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak, ingiliz çimiyle oluşturulacak bir yeşil alan tesisinde, atık su arıtma çamurunun çiftlik gübresinden daha etkin olabileceği ifade edilmiştir.

Demir ve Çimrin (2011) yaptıkları çalışmada kireçli bir toprağa 0, % 10, % 20 ve % 30 olacak şekilde dört farklı dozda arıtma çamuru ve 0, 1000 mg/kg, 1500 mg/kg ve 2000 mg/kg olacak şekilde dört farklı dozda humik asit uygulamışlardır. Bu uygulamaların bazı toprak özelliklerine, topraktaki besin elementi ve ağır metal düzeyleri ile bu toprakta yetiştirdikleri mısır bitkisinin gelişimine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, arıtma çamurunun artan miktarlarıyla birlikte, toprağın pH ve kireç içeriklerinde azalmaların meydana geldiğini, toprağın tuz, organik madde, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co içeriklerinde ise önemli artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada farklı dozlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin kök ve kök üstü aksamlarının yaş ve kuru ağırlıklarını ve bitki boyunu önemli olarak arttırdığı bildirilmiştir. Mısır bitkisinin kök aksamında P, K ve Zn kök üstü aksamında P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co elementlerinin içeriklerinde önemli artışların görüldüğü bildirilmiştir. Mısır bitkisinin kök aksamında Fe, Mn, Cd, Ni, Pb ve Co içeriklerinde ise önemli azalmaların meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda artan dozlardaki HA uygulamaları toprağın organik madde ve alınabilir P, Ca ve Mg içerikleri üzerinde önemli etkide bulunurken, diğer toprak özelliklerine önemli bir etkisi saptanmadığı, mısır bitkisinin kök ve kök üstü kısımlarının yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyunun HA'nın 1000 mg/kg'lik dozuna kadar arttığı, bu dozdan sonra önemli derecede azaldığı, HA uygulamaları ile mısırın kök mikro element içeriklerinde azalmalara neden olmasına rağmen bu durumun istatistiksel olarak önemli bulunmadığı ve sonuç olarak, %20' lik AÇ ve 1000 mg/kg' lik HA dozlarının en uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Tunçtürk ve Çiftçi (2011) Van ekolojik koşullarında farklı gübre kaynakları, ekim zamanı ve bakteri aşılamanın çemende verim ve kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma 2008 ve 2009 yılı yazlık yetiştirme döneminde sulu koşullarda yürütülmüş olup; araştırmada iki farklı ekim zamanı (1-20 Nisan) ve beş farklı gübre kaynağı (kontrol, DAP (Diamonyum fosfat), kentsel arıtma çamuru, humik asit ve çiftlik gübresi) ile bakteri aşılama (bakterili-bakterisiz) uygulamışlardır. Araştırmacıların bildirdiğine göre, en yüksek tohum verimi 2008 deneme yılında 110.16 kg/da ile birinci ekim zamanında (1 Nisan) bakteri aşılamanın yapıldığı çiftlik gübresi uygulamasından elde edilmiş olup, 2009 deneme yılında en yüksek tohum verimi 105.19 kg/da ile birinci ekim zamanında (1 Nisan) bakteri

aşılamanın yapıldığı arıtma çamuru uygulamasından elde edilmiştir. Araştırma sonucunda, tohum verimi açısından deneme faktörlerinin etkilerinin her iki deneme yılında da istatistiksel açıdan önemli bulunduğu bildirilmiştir.

Ünal ve ark. (2011) yaptıkları araştırmada; Kocaeli İli İçme Suyu Tesisi arıtma çamurunun, kesme çiçek çeşitlerinden Arpa Zambağı (*Freesia spp.*) yetiştiriciliğinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Araştırmacılar 2 yıl tekrarlamalı olarak saksılara 0, 30, 60, 90 ve 180 t ha⁻¹ arıtma çamuru olacak şekilde uygulama yapmışlardır ve arıtma çamuru uygulamasından 7 gün sonra saksılara 50 mg kg⁻¹ NPK gübrelemesi yapmışlardır. Çalışmada arıtma çamuru uygulamasının toprağın nem, pH, EC, kireç, organik madde, KDK, toplam N, alınabilir P, değişebilir K, toplam ve ekstrakte edilebilir ağır metal kapsamı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar deneme sonrası, artan çamur dozu ile birlikte toprağın; pH, EC, kireç, organik madde, KDK, alınabilir P, değişebilir K değerlerinin arttığını (P<0.05), topraktaki toplam N miktarı bakımından, çamurun tüm dozları ile kontrol arasında P<0.01 derecesinde farklılık meydana geldiğini, arıtma çamuru uygulanan toprakların toplam Cd, Ni, B, Pb, Cr ve Zn kapsamalarının artan çamur dozuna bağlı olarak artmasına rağmen bu artışın istatistiksel olarak önemli bulunmadığını bildirmişlerdir. Ancak, deneme topraklarında belirlenen söz konusu ağır metal konsantrasyonlarının Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde pH' sı 6'nın üzerinde olan topraklar için müsaade edilen sınır değerlerin çok altında olduğu bildirilmiştir.

Yalçın ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada buğday, şekerpancarı ve mısır münavebe sisteminde arıtma çamuru uygulamasının verim ve toprağın bazı kimyasal özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Deneme konularını kontrol, optimum gübre (toprak analizi sonucu gübreleme rehberi baz alınarak belirlenmiştir) ve arıtma çamurunun artan dozları (kontrol, 1, 2, 3, 4 ve 5 t/da) şeklinde uygulamışlardır. Araştırmacıların bildirdiğine göre arıtma çamuru dozu arttıkça topraktaki potansiyel toksik element miktarı artmış ancak bu artış toprak kirliliği kontrol yönetmeliğinde verilen sınır değerlerin altında kalmıştır. Bitkilerin verimleri incelendiğinde optimum gübre ile eşdeğer etkinin istatistiki olarak dekara 2, 3, ve 4 ton arıtma çamuru uygulamasıyla meydana geldiği ifade edilmiştir. Arıtma çamurunun kirletici yükü göz önünde bulundurulduğunda dekara 2 ton uygulamasının önerilebileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar arıtma çamurunun toprağın organik madde ihtiyacını karşılaması sebebiyle olumlu olduğunu fakat kirletici özelliğinin dikkat edilmesi

gereken bir konu olduğunu, bu sebeple tarım alanlarında sıkı denetimler altında kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Keskin ve ark. (2012) buğdaygil-baklagil karışımlarında besin maddesi ve ağır metal konsantrasyonları üzerine azot gübresi ve arıtma çamuru uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Deneme 3 yıl sürdürülmüş olup, arıtma çamuru ana parsellere ilkbahar ve sonbahar olmak üzere iki defa uygulanmıştır. Alt parsellere yapılan uygulamalar kontrol, azot gübresi, arıtma çamuru 1, arıtma çamuru 2 ve arıtma çamuru 3 şeklinde yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre arıtma çamuru uygulama zamanının (İlkbahar ve Sonbahar) bitkinin kuru madde verimi ve bitkinin N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Pb, Cr ve Ni içeriklerine etkisinin önemli bulunmadığı, “Yıl x Uygulama zamanı” etkileşiminin ise kuru madde verimi üzerindeki etkisinin önemli bulunduğu bildirilmiştir. En yüksek kuru madde veriminin denemenin üçüncü yılında ve sonbaharda uygulanan arıtma çamuru uygulamasından elde edildiği, arıtma çamuru buğdaygil-baklagil karışımlarının kuru madde veriminin ve bitkinin N, K, Zn, Cu, Pb, Cd ve Cr içeriğinin kontrol ve azot uygulamasına göre arttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar arıtma çamurunun azot kaynağı olarak buğdaygil-baklagil karışımlarında kullanılabilir olduğunu bildirmektedir.

Özyazıcı ve ark. (2012) toprağa artan dozlarda uyguladıkları arıtma çamurunun toprağın bazı mikro element kapsamına etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Buğday, beyaz baş lahana ve domates münavebe sisteminde arıtma çamurunun 0, 10, 20, 30, 40 ve 50 t ha⁻¹ dozları ile optimum kimyasal gübreleme (NP) uygulaması yapılmıştır. Araştırmacılar sonuç olarak artan arıtma çamuru dozlarının toprağın ekstrakte edilebilir Fe, Cu ve Zn içeriklerini arttırdığını, Mn kapsamında ise farklılık olmadığını bildirmişlerdir.

Özyazıcı ve Özyazıcı (2012) arıtma çamurunun toprağın bazı verimlilik parametreleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla buğday, beyaz baş lahana ve domates münavebe sistemini esas alarak toprağa 0, 10, 20, 30, 40 ve 50 t ha⁻¹ dozlarında arıtma çamuru ile optimum kimyasal gübre (NP) uygulamışlardır. Araştırmacıların bildirdiğine göre arıtma çamurundaki doz artışıyla birlikte toprak pH’ sı azalmış; tuz, organik madde, toplam N ve alınabilir P değerleri artmış; kireç ve alınabilir K içeriklerinde farklılık olmamıştır.

Çiçek ve ark. (2013) toprağın makro ve mikro elemen içerikleri üzerine kanalizasyon atık sularının etkilerini belirlemek amacı ile buğday bitkisi ile serada bir saksı denemesi yürütmüşlerdir. Beş tekrarlamalı olarak yürütülen çalışmada, kanalizasyon atık suyu % 0, 25, 50, 75 ve 100 oranında olmak üzere sulama suyuna eklenmiş ve 90 gün boyunca buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Gelişme sezonu sonunda kanalizasyon atık su uygulamaları toprağın tuz, organik madde, değişebilir Na, K, Ca, Mg ve bitkinin alabileceği P ile mikro element içeriklerini arttırırken, toprak pH' sını azaltmış olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda uygulamalar bitki verimi ile beraber bitkideki N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni ve Cd içeriklerini de arttırdığı bildirilmiştir. Çalışmada uygulamaların zararlı etkilerinin ise toprak ve bitkide ağır metal içeriklerinin ve toprak tuzluluğunun artması olduğu ifade edilmiştir.

Çetinkale Demirkan ve ark. (2014) atık su arıtma çamurunun clarkia amoena (yer açelyası) türünde bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla toprağa 4 farklı dozda arıtma çamuru uygulaması (Kontrol, % 25, % 50 ve % 75) yapmışlardır. Araştırmacıların bildirdiğine göre istatistiksel veriler sonucunda; sürgün uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı ve üst aksam yaş ağırlığı % 1 düzeyinde önemli bulunurken, kök uzunluğu ile üst aksam kuru ağırlığı istatistiksel açıdan % 5 önemli bulunmuştur. Kök yaş ve kuru ağırlığı istatistiki olarak önemli bulunmamakla birlikte artan dozlarla birlikte kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerinin de artış gösterdiği ifade edilmiştir.

Belhaj ve ark. (2016) tarafından saksılarda yetiştirilen ayçiçeğine arıtma çamurunun % 2.5, % 5 ve % 7.5 dozlarının etkisi araştırılmıştır. Arıtma çamuru uygulanmamış toprak ile karşılaştırıldığında toprak pH' sının azaldığı ancak elektriksel iletkenlik, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor, değişebilir sodyum, potasyum ve kalsiyum miktarının arttığı bildirilmiştir. Ayrıca arıtma çamuru uygulamalarının topraktaki Pb, Ni, Cu, Cr ve Zn konsantrasyonlarında da önemli artışlara sebep olduğu bildirilmiştir. Biriken ağır metalin sürgünlerden daha fazla köklerde meydana geldiği belirtilmiştir. Dahası, bitkilerde hasat edilebilir parçaların yüksek metal kaldırdığını belirlemişlerdir.

Akat ve ark. (2017) Gökova-Akyaka atık su arıtma tesisinden almış oldukları arıtma çamurunu, dört farklı dozda (% 0, % 20, % 40, % 60) bitki yetiştirme ortamına uygulayarak kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerine

etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada bitki gelişimi, verim ve kalite ile ilgili sonuçlara bakıldığında, yaş ve kuru üst aksam ve kök ağırlığı, kök uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı, çiçek sapı uzunluğu ve çapı ile gonca boyu ve çapına ait değerlerin arıtma çamuru uygulaması ile arttığı bildirilmiştir. En iyi sonuçların % 40 arıtma çamuru ilave edilen uygulamada meydana geldiği ancak, bu oranın üzerindeki arıtma çamuru uygulamalarında bütün değerlerde azalma eğilimi gözlemlendiği ifade edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre çalışmada, arıtma çamurunun kesme gül yetiştiriciliğinde kullanılabilir olduğu ve uygulanan tüm dozların kontrol uygulamasına göre başarılı olduğu ifade edilmiştir.

Çetinkale Demirkan ve ark. (2017) örtü altı koşullarında toprak ve dört farklı atık materyal kombinasyonunda (toprak (kontrol); 1:1 toprak-arıtma çamuru; 1:1 toprak-balık atığı ve 1:1 toprak-kömür cürufu) *Matthiola incana* "Iron Rose" yetiştiriciliği yapmışlardır. Çalışmada atık materyallerin *Matthiola incana* 'Iron Rose' yetiştiriciliğine etkisinin belirlenmesi amacıyla, sürgündeki yaprak sayısı, sürgün uzunluğu, sürgün kalınlığı, kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı, çiçek sapı üzerindeki yaprak sayısı, çiçek sapı uzunluğu, çiçek sapı kalınlığı ve başak uzunluğu gibi kriterler incelenmiştir. Sonuç olarak, yapılan istatistiksel analizler doğrultusunda sürgündeki yaprak sayısı, sürgün kalınlığı, kök uzunluğu, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek sapı kalınlığı değerlerinin $P<0.01$ önem düzeyinde, başak uzunluğu değerinin ise $P<0.05$ önem düzeyinde farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada toprağa arıtma çamuru ve balık atığı karıştırılarak oluşturulan ortamlarda, *Matthiola incana* 'Iron Rose' çeşidinin yetiştiriciliğinde kullanılabilir olduğu ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yerinin Genel Tanımı

Araştırma Mustafa Kemal Üniversitesi seralarında saksı denemesi olarak yürütülmüştür (Resim 3.1).

Hatay Akdeniz Bölgesinde, Akdeniz ikliminin etkili olduğu, doğusunda ve güneyinde Suriye, batısında Akdeniz, kuzeyinde Osmaniye, kuzeydoğusunda Gaziantep ve kuzeybatısında Adana bulunan, kuzeydoğu-güneybatı hattında Amanos Dağlarının yer aldığı bir ilimizdir. Coğrafi konumu itibarı ile 35° 52' ve 37° 04' kuzey enlemleri ile 35° 40' ve 36° 35' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Gün ve Erdem, 2003).



Resim 3.1. Denemenin genel görünümü

3.1.2. Araştırmada Kullanılan Toprağın Özellikleri

Çalışmada Hatay' ın Reyhanlı ilçesi, gazimürsel tepesi mevkiî yakınlarındaki tarlalardan alınan topraklar kullanılmıştır. Usulüne uygun alınan yüzey toprak örneğinin, Mustafa Kemal Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümü ile Teknoloji ve Ar-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizlerinin sonuçları Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kil (%)	62.04	Değ. Ca (mg/kg)	4658.7
Silt (%)	25.00	Yarayışlı Mg (mg/kg)	328.1
Kum (%)	12.96	Yarayışlı Fe (mg/kg)	0.461
Tekstür sınıfı	Killi	Yarayışlı Zn (mg/kg)	0.657
pH (1:2.5 su)	7.76	Yarayışlı Cu (mg/kg)	2.493
Tuz (µs/cm)	967.5	Yarayışlı Mn (mg/kg)	12.68
Kireç (%)	13.19	Yarayışlı Pb (mg/kg)	0.463
Organik madde (%)	1.71	Yarayışlı Ni (mg/kg)	0.86
N (%)	0.13	Yarayışlı Cd (mg/kg)	0.018
Yar. Fosfor (mg/kg)	12.74	Yarayışlı Co (mg/kg)	0.204
Değ. K (mg/kg)	584.0		

Çizelge 3.1' deki değerler incelendiğinde, kaynaklarda bildirilen sınır değerlere göre denemede kullanılan toprağın killi bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, tuzsuz, orta kireçli, organik madde içeriğinin orta, azot ve fosfor içeriğinin yeterli, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Aydeniz, 1985). Toprağın yarayışlı demir, çinko ve mangan içeriği noksan iken bakır içeriği ise yeterli bulunmuştur (Lindsay ve Norvell, 1978). Deneme toprağının kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içerikleri normal sınır değerlerinin altındadır (Özbek ve ark., 1993).

3.1.3. Araştırmada Kullanılan Bitki ve Arıtma Çamurunun Özellikleri

Denemede bitki materyali olarak sertifikalı % 99 çimlenme oranına sahip mısır bitkisinin (*Zea mays L.*) Pioneer 1570 nolu yazlık melez tohumu kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru İskenderun Belediyesi biyolojik evsel atık su arıtma tesislerinden 26.10.2015 tarihinde temin edilmiştir. Arıtma çamuru üretimden çıktığı anda bekletilmeden taze, yaş olarak naylon torbalara konulmuş ve aynı gün

laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen arıtma çamuru örnekleri gölgede hava kurusu hale gelinceye kadar sabah akşam karıştırılarak 98 gün boyunca kurutulmuştur (Resim 3.2). Arıtma çamuru örneklerine ait bazı kimyasal özelliklerin analizleri Mustafa Kemal Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümü ile Teknoloji ve Ar-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 3.2’ de verilmiştir.



Resim 3.2. Kurutulmuş ve elenmiş arıtma çamuru

Çizelge 3.2’ deki değerler incelendiğinde, kaynaklarda bildirilen sınır değerlere göre denemede kullanılan arıtma çamurunun nötr pH’ lı, aşırı tuzlu, orta kireçli, organik madde içeriğinin yüksek, azot ve fosfor içeriğinin çok fazla, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir (Aydeniz, 1985).

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan arıtma çamuruna ait bazı kimyasal özellikler

pH (1:2.5 su)	6.91	Toplam Fe (mg/kg)	6611.65
Tuz (μ s/cm)	21060	Toplam Zn (mg/kg)	732.5
Kireç (%)	9.71	Toplam Cu (mg/kg)	86.22
Organik madde (%)	33.8	Toplam Mn (mg/kg)	160.7
N (%)	4.07	Toplam Pb (mg/kg)	30.88
Yarayışlı P (mg/kg)	868.51	Toplam Ni (mg/kg)	84.52
Toplam K (mg/kg)	34800	Toplam Cd (mg/kg)	1.06
Toplam Ca (mg/kg)	6900	Toplam Co (mg/kg)	1.5
Toplam Mg (mg/kg)	84.12		

3.1.4. Saksı Denemesi

Deneme dört tekrarlı olarak, tesadüf parselleri deneme desenine göre, beş farklı arıtma çamuru dozunda olmak üzere toplam 20 saksıda yürütülmüştür. Ağırlık ilkesine göre bir kg'lık saksılara % 0, % 2.5, % 5, % 7.5 ve % 10 dozlarında, İskenderun Belediyesi biyolojik evsel atık su arıtma tesisinden taze olarak alınan ve hava kurusu hale getirilen arıtma çamuru uygulanmıştır. Buna göre araştırmada uygulanan deneme konuları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Resim 3.3).

- 1- AÇ₀ (% 100 Toprak) (Kontrol)
- 2- AÇ_{2.5} (% 97.5 Toprak + % 2.5 Arıtma Çamuru)
- 3- AÇ₅ (% 95 Toprak + % 5 Arıtma Çamuru)
- 4- AÇ_{7.5} (% 92.5 Toprak + % 7.5 Arıtma Çamuru)
- 5- AÇ₁₀ (% 90 Toprak + % 10 Arıtma Çamuru)



Resim 3.3. Deneme konuları görünüm

Denemede topraklara hava kurusu arıtma çamurları eklendikten sonra saf su ile zaman zaman sulanarak yaklaşık 50 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda 11 Ağustos tarihinde saksılara 2.5 cm derinliğe sekiz adet tohum ekilmiş ve saf su ile sulanmıştır. Tohum ekiminin 3. gününde ilk çimlenme görülürken 8. gününde çimlenme tamamlanarak, birkaç gün sonra her saksıda dört bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Temel gübreleme olarak her saksıya 100 mg/kg N, 40 mg/kg P ve 40 mg/kg K olacak şekilde 18+18+18 gübresi uygulanmıştır. Tohum ekiminden sonraki kırk sekizinci gün olan 27 Eylül 2016 tarihinde deneme sonlandırılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Denemede toprak örnekleri Jackson (1958)' ın belirttiği şekilde alınmış olup bez torbalarda laboratuvara getirilmiştir. Hava kurusu hale getirilen topraklarda ağaç tokmak ile iri kesekler ezilmiş ve 2 mm' lik elekten geçirilerek kapaklı plastik kutularda muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.2.1. Tekstür

Bouyoucous (1951) tarafından belirtildiği gibi Hidrometre yöntemine göre yapılmıştır.

3.2.2.2. Toprak Reaksiyonu

Toprak su (1:2.5 su) süspansiyonunda 3 tekerrürlü çalışılarak potansiyometrik olarak ölçülmüştür (Jackson, 1958).

3.2.2.3. Total Tuz ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Toprak su (1:2.5 su) süspansiyonunda elektriksel iletkenlik, Richards (1954)' ın bildirdiği şekilde elektriki kondaktivimetre aleti ile ($k=1$) ölçülerek elde edilmiştir.

3.2.2.4. Kireç (%)

Scheibler kalsimetresi kullanılarak beş tekrarlamalı olarak belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal, 1966).

3.2.2.5. Organik Madde (%)

Modifiye edilmiş Walkley Black yöntemine göre belirlenmiştir (Walkley and Black, 1934).

3.2.2.6. Toplam Azot (%)

Bremner (1965), tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre, üç tekrarlamalı olmak üzere belirlenmiştir.

3.2.2.7. Alınabilir Fosfor (mg/kg)

Sodyum bikarbonat yöntemine göre Olsen ve ark. (1954) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

3.2.2.8. Değişebilir Potasyum ve Kalsiyum (mg/kg)

Amonyum asetat (1 N) ile çalkalanarak Thomas (1982)' ın bildirdiği şekilde belirlenmiştir.

3.2.2.9. Yarayışlı Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co Analizleri (mg/kg)

Toprakta yarayışlı Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co analizleri Kacar (1994)' ın bildirdiği şekilde DTPA ile çalkalanarak hazırlanan toprak ekstraktlarının mikrodalga plazma atomik emisyon spektrofotometre (MPAES) aletinde ölçülmesi ile belirlenmiştir.

3.2.3. Arıtma Çamuru Örneğinin Analize Hazırlanması

Denemede kullanılan arıtma çamuru ham (beklememiş) ve yaş olarak üretimden çıktığı anda naylon torbalara alınıp doğrudan laboratuvara getirilmiştir. Hava kurusu hale gelene kadar gölgede bekletilmiştir. Kuruyan arıtma çamuru ağaç tokmak yardımıyla ezilerek 2 mm' lik elekten geçirilmiş ve plastik kutulara konularak muhafaza edilmiştir.

3.2.4. Arıtma Çamuru Örneğinde Yapılan Analizler

3.2.4.1. Arıtma Çamuru Reaksiyonu

Arıtma çamuru su (1:2.5 su) süspansiyonunda Jackson (1958)' in bildirdiği şekilde potansiyometrik olarak belirlenmiştir.

3.2.4.2. Arıtma Çamurunda Total Tuz ($\mu\text{s/cm}$)

Arıtma çamuru su (1:2.5 su) süspansiyonunda elektriksel iletkenlik, elektriki kondaktivimetre aleti ile ($k=1$) ölçülerek hesaplanmıştır (Richards, 1954).

3.2.4.3. Kireç (%)

Scheibler kalsimetresi kullanılarak Hızalan ve Ünal (1966)' ın bildirdiği şekilde belirlenmiştir. Analiz sonuçları 5 tekerrürle çalışılarak elde edilmiştir.

3.2.4.4. Organik Madde (%)

Modifiye edilmiş Walkley Black yöntemine göre belirlenmiştir (Walkley and Black, 1934).

3.2.4.5. Toplam Azot (%)

Bremner (1965), tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre, üç tekrarlamalı olmak üzere belirlenmiştir.

3.2.4.6. Alınabilir Fosfor (mg/kg)

Sodyum bikarbonat ile ekstrakte edilen örneklerde renklendirme Barton sarı renk yöntemi ile yapılarak spektrofometrede belirlenmiştir (Kacar, 1984).

3.2.4.7. Toplam Besin Elementi ve Ağır Metal Analizleri (mg/kg)

Yaş yakma ile Khan ve Frankland (1983)'a göre K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde belirlenmiştir.

3.2.5. Bitki Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.5.1. Toplam Yaş Verim (g)

Kök boğazından kesilen bitkilerin kök üstü aksamının yaş ağırlığı (g) ile kök yaş ağırlığı (g) toplanarak hesaplanmıştır.

3.2.5.2. Toplam Kuru Verim (g)

Kök boğazından kesilen bitkilerin kök üstü aksamının kuru ağırlığı (g) ile kök kuru ağırlığı (g) toplanarak hesaplanmıştır.

3.2.5.3. Kök Yaş Ağırlığı (g)

Kök boğazından kesilen kökler, en az toprak kaybıyla saksıdaki topraktan kurtarıldıktan sonra akan su altında kök üzerinde kalan topraklardan temizlenmiştir. Ardından her saksıdan elde edilen kökler saf su ile yeterince yıkandıktan sonra, fazla nemi kaba filtre kağıdı yardımıyla alınmış ve hassas terazide tartılarak her saksı için ortalamalar hesaplanmıştır.

3.2.5.4. Kök Kuru Ağırlığı (g)

Kök boğazından kesilen kökler yaş ağırlıkları alındıktan sonra kese kâğıtlarına konularak önceden 70 °C' ye ayarlanan etüve yerleştirilmiştir. Kökler etüvde 70 °C' de sabit ağırlığa ulaşincaya kadar kurutulduktan sonra doğrudan hassas terazide tartılarak her saksı için ortalamalar hesaplanmıştır.

3.2.5.5. Kök Üstü Aksamın Yaş Ağırlığı (g)

Kök boğazından kesilen bitkiler saksıdan alındıktan hemen sonra tek tek hassas terazide tartılarak, her saksı için ortalamalar hesaplanmıştır.

3.2.5.6. Kök Üstü Aksamın Kuru Ağırlığı (g)

Her saksının ayrı ayrı kök üstü aksamı önce çeşme sonra saf su ile yeterince yıkandıktan sonra fazla nem kaba filtre kağıdı yardımıyla alınmış ve birkaç saat havalandırıldıktan sonra kese kâğıdına konularak 70 °C etüvde sabit ağırlığa ulaşincaya kadar kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak her saksı için ortalamalar hesaplanmıştır.

3.2.5.7. Bitki Boyu (cm)

Kök boğazından kesilen bitkiler saksıdan alındıktan hemen sonra metre ile tek tek boyları ölçülerek her saksı için boy ortalamaları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3.2.5.8. Bitki apı (mm)

Bitkiler kök boğazından kesilmeden önce dijital kumpas ile kök boğazının biraz üstünden çapları ölçölerek her saksı için çap ortalamaları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3.2.5.9. Kök ve Kök Üstü Aksam Bitki Besin ve Ağır Metal Element Analizleri

3.2.5.9.1. Toplam Karbon, Hidrojen ve Azot Analizleri (%)

Bitki kök ve kök üstü aksamlarındaki azot, karbon ve hidrojen organik elementel analiz cihazı (CHNS/O) ile belirlenmiştir.

3.2.5.9.2. Bitkide Fosfor (%)

Yaş yakma ile yakılan bitki kök ve kök üstü aksamlarındaki fosfor, Vanadofosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kacar, 1984).

3.2.5.9.3. Diğer Bitki Besin Elementleri ile Ağır Metal Analizleri

Yaş yakma ile yakılan bitki kök ve kök üstü aksam örneklerindeki K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde belirlenmiştir (Kacar, 1984).

3.2.6. İstatistiksel Analizler

Çalışmada elde edilen veriler istatistik paket programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutularak, etkileri önemli bulunan uygulamalara ait ortalamalar “Duncan çoklu karşılaştırma” testine göre gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark. 1987).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Uygulamaların Deneme Toprağının Bazı Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ile Bitki Besin Element İçerikleri Üzerine Etkileri

Deneme topraklarına uygulanan taze arıtma çamurunun toprakların pH, tuz, kireç ve organik madde içerikleri üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.1’ de bunlara ait ortalama değerler Çizelge 4.1.2’ de verilmiştir. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde, içeriklerine etkileri istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1.1).

Çizelge 4.1.1. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	pH		Tuz		Kireç		Organik madde	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	0.21	45.05***	2742666.8	37.82***	1.74	11.46***	0.89	50.08***
Hata	15	0.01		72515.4		0.15		0.02	
Genel	19								

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.1.2 incelendiğinde toprağa artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle toprağın ortalama pH ve kireç içeriğinde doğrusal bir azalma görülürken, tersine toprağın ortalama tuz ve organik madde içeriklerinde ise doğrusal bir artış görülmüştür. Artan çamur uygulamasıyla ortalama pH değerlerinde ölçülen en yüksek değer 7.81 ile arıtma çamurunun uygulanmadığı kontrol uygulamasında (AÇ₀) bulunurken bunu 7.80 ile AÇ_{2.5} ve 7.74 ile AÇ₅ dozu takip etmiş ve bu üç uygulama aynı Duncan grubuna girmiştir. AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları sırasıyla 7.63 ve 7.25 pH değerlerini alarak farklı Duncan gruplarında yer almışlardır (Çizelge 4.1.2). Konu ile ilgili olarak, farklı yerlerde yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar bulunmuştur. Örnek olarak, Bozkurt ve ark. (2001) kışlık arpada azot kaynağı olarak uyguladıkları artan arıtma çamuru dozlarının toprak pH’ ına etkisinin önemli olmadığını bildirirken, Snyman ve ark. (1998) arıtma çamuru uygulamalarının toprağın pH’ ı üzerine etkilerinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum farklı arıtma çamurlarının ve uygulanan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklılığı ile açıklanabilir.

Artan miktarlarda toprağa arıtma çamuru uygulamaları ile toprağın ortalama tuz içeriğinde doğrusal bir artış meydana gelmiştir. AÇ₀, AÇ_{2.5}, AÇ₅ ve AÇ_{7.5} uygulamalarının tuz içeriği sırasıyla 596.00, 655.25, 721.38 ve 924.13 µS/cm olarak belirlenmiş olup hepsi aynı Duncan grubunda yer almıştır. Ancak, AÇ₁₀ uygulaması ile toprağın tuz içeriği 2555.00 µS/cm olarak ölçülmüş ve en yüksek ortalama tuz değerinin elde edildiği bu uygulama diğer tüm uygulamalardan farklı bir Duncan grubunu oluşturmuştur (Çizelge 4.1.2).

Toprağa artan dozda arıtma çamuru uygulamaları ile toprağın kireç içeriğinde doğrusal olarak önemli azalmalar belirlenmiştir. En yüksek kireç içeriği % 12.86 ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilirken ikinci uygulamada (AÇ_{2.5}) % 12.62 ile tanık parseli takip ederek aynı Duncan grubuna girmiştir. Arıtma çamurunun üçüncü uygulaması (AÇ₅) % 12.54 değerini alırken, dördüncü uygulama (AÇ_{7.5}) % 11.96 ve beşinci uygulama (AÇ₁₀) % 11.22 ile farklı Duncan gruplarına girmişlerdir.

Çizelge 4.1.2. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	pH	Tuz (µS/cm)	Kireç (%)	Organik madde (%)
Aritma Çamuru (%)				
AÇ ₀	7.81±0.01 a	596.00± 53.18 b	12.86±0.29 a	1.78±0.06 c
AÇ _{2.5}	7.80±0.02 a	655.25±106.14 b	12.62±0.14 a	2.32±0.06 b
AÇ ₅	7.74±0.03 a	721.38± 33.78 b	12.54±0.08 ab	2.43±0.07 b
AÇ _{7.5}	7.63±0.06 b	924.13± 68.88 b	11.96±0.16 b	2.90±0.05 a
AÇ ₁₀	7.25±0.03 c	2555.00±265.82 a	11.22±0.22 c	2.92±0.08 a

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın organik madde içeriklerine etkisine bakıldığında en düşük değer arıtma çamuru uygulanmayan (AÇ₀) parsellerin ortalaması olarak % 1.78 ile tanık parsellerden elde edilmiştir. Artan arıtma çamuru dozlarına bağlı olarak doğrusal bir şekilde ortalama organik madde miktarları artarak en yüksek değer arıtma çamurunun son dozundaki (AÇ₁₀) uygulamalarda ortalama % 2.92 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1.2). Arıtma çamuru uygulayan birçok araştırmacı benzer olarak toprak organik maddesinin arttığını bildirmişlerdir (Mantovi ve ark., 2005; Demir ve Çimrin, 2011). Diğer yandan arıtma çamuru uygulamaları benzer olarak birçok çalışmada da toprağın tuz ve organik madde içeriklerini artırırken pH ve kireç içeriklerini düşürdükleri bildirilmektedir. Örnek olarak, Ünal ve Katkat (2003) bisküvi

ve şekerleme sanayii arıtma çamurunun toprak özelliklerine ve mısır bitkisinin kimi mineral madde içerikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışma sonucunda, doz artışıyla paralel olarak toprak pH' sınırın düştüğü, tuzluluğun ve organik madde miktarının arttığı, kireç miktarının ise azaldığı bildirilmiştir. Angın ve Yağanoğlu (2009) arıtma çamurlarını tuzlu-alkali topraklara 3 yıl boyunca fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak uygulamışlar ve denemenin her yılında da pH içeriğinin azaldığını, kireç içeriğinin ve organik madde miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Mazen ve ark. (2010) çöl toprağının ıslahında yetişen buğday ve Yahudi ebeğümeci bitkilerine arıtma çamuru uygulamış ve arıtma çamurunun, organik madde miktarını yükseltip pH' yı düşürdüğünü bildirmişlerdir. Özyazıcı ve Özyazıcı (2012) arıtma çamurunun toprağın verimlilik parametreleri üzerine yaptıkları araştırmada toprağın pH değerinin azaldığı, tuz ve organik madde miktarının arttığı, kireç içeriğinde değişimin olmadığını bildirmişlerdir.

Deneme topraklarına uygulanan taze arıtma çamurunun toprakların azot, fosfor ve potasyum içeriklerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.3' te bunlara ait ortalama değerler Çizelge 4.1.4' de verilmiştir. Artan düzeyde arıtma çamuru uygulamaları ile toprağın toplam azot (N), yarıyışlı fosfor (P) ve potasyum (K) içerikleri istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde çok önemli olarak etkilediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.1.3. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	N		P		K	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	0.03	20.99***	21511.06	83.86***	85151.36	87.76***
Hata	15	0.00		256.48		970.30	
Genel	19						

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.1.4 incelendiğinde toprağa artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle, toprağın ortalama N, P ve K içeriklerinde doğrusal olarak artış gözlenmiştir. Toprağın azot değerleri içerisinde en düşük % 0.15 değeri ile kontrol uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, artan arıtma çamuru dozlarına bağımlı olarak, AÇ_{2.5} (% 0.20), AÇ₅ (% 0.24) uygulamaları aynı Duncan grubuna girerken, AÇ_{7.5} (% 0.30) başka bir grubu, AÇ₁₀ (% 0.38) diğer başka bir grubu oluşturmuştur (Çizelge 4.1.4).

Çizelge 4.1.4. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
Aritma Çamuru (%)			
AÇ ₀	0.15±0.02 d	15.66± 0.09 d	408.65± 4.22 d
AÇ _{2.5}	0.20±0.01 cd	72.04± 0.91 c	457.05±16.06 c
AÇ ₅	0.24±0.00 c	142.44± 1.26 b	495.38±24.63 c
AÇ _{7.5}	0.30±0.04 b	157.26± 5.59 b	613.50±11.17 b
AÇ ₁₀	0.38±0.01 a	200.38±16.94 a	772.52±14.32 a

a, b, c, d: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Uygulamalar ile en düşük toprak fosfor içeriği 15.66 mg/kg ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilirken, sırasıyla AÇ_{2.5} uygulamasında 72.04 mg/kg, AÇ₅ uygulaması ile 142.44 mg/kg ve AÇ_{7.5} uygulamasında 157.26 mg/kg ve en yüksek fosfor içeriği AÇ₁₀ uygulamasından 200.38 mg/kg ile elde edilmiştir. AÇ₅ ve AÇ_{7.5} uygulamaları aynı Duncan grubunda yer alırken, AÇ₀, AÇ_{2.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları farklı farklı Duncan gruplarını oluşturmuştur (Çizelge 4.1.4).

Uygulamalar ile en düşük toprak potasyum içeriği 408.65 mg/kg ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilirken, sırasıyla AÇ_{2.5} uygulamasında 457.05 mg/kg, AÇ₅ uygulaması ile 495.38 mg/kg ve AÇ_{7.5} uygulamasında 613.50 mg/kg ve en yüksek potasyum içeriği AÇ₁₀ uygulamasından 772.52 mg/kg ile elde edilmiştir. AÇ_{2.5} ve AÇ₅ uygulamaları aynı Duncan grubunda yer alırken, AÇ₀, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları farklı Duncan gruplarını oluşturmuştur (Çizelge 4.1.4).

Çizelge 4.1.4' ün sonuçlarını toplu olarak değerlendirdiğimizde artan arıtma çamurunun miktarına bağlı olarak, toprakta alınabilir N, P ve K miktarlarının arttığı bu durumun arıtma çamurunun bu elementler açısından zengin olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Nitekim, farklı iklim ve arıtma çamurları ile çalışan birçok araştırmacı benzer olarak, artan arıtma çamuru ile toprakların azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin doğru orantılı olarak arttığını ifade etmişlerdir (Çimrin ve ark., 2000; Ünal ve Katkat, 2003; Mazen ve ark., 2010; Yalçın ve ark., 2010).

Deneme topraklarına uygulanan taze arıtma çamurunun toprakların kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.5' te bunlara ait ortalama değerler Çizelge 4.1.6' da verilmiştir. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kalsiyum içeriğine etkisi istatistiki olarak % 0.1

düzeyinde çok önemli iken magnezyum içeriğine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1.5).

Çizelge 4.1.5. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Ca		Mg	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	262035.11	24.88***	6287.96	2.42
Hata	15	10531.50		2601.82	
Genel	19				

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Toprağa artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle toprağın ortalama Ca içeriklerinde önemli, Mg içerikleri ise istatistiki olarak önemsiz olmasına karşılık her ikisinde de doğrusal artışlar belirlenmiştir (Çizelge 4.1.6).

Çizelge 4.1.6. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Arıtma Çamuru (%)		
AÇ ₀	4182.50±50.73 c	317.30± 2.18
AÇ _{2.5}	4418.12±72.42 b	343.28± 2.38
AÇ ₅	4487.75±31.91 b	366.88± 8.00
AÇ _{7.5}	4734.32±45.19 a	384.60± 3.37
AÇ ₁₀	4821.95±47.80 a	421.28±56.27

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Çizelgede kontrol uygulamasından itibaren toprağın ortalama Ca düzeyinde düzenli bir artış gözlenmekte olup, en az miktarda kalsiyum AÇ₀ (4182.50 mg/kg) uygulamasında açığa çıkmış ve artan uygulama miktarlarıyla birlikte AÇ_{2.5} uygulamasında 4418.12 mg/kg, AÇ₅ uygulamasında 4487.75 mg/kg, AÇ_{7.5} uygulamasında 4734.32 mg/kg ve AÇ₁₀ uygulamasında 4821.95 mg/kg değerlerini almışlardır. En yüksek Ca düzeyi AÇ₁₀ uygulamasında meydana gelmiştir. İstatistiksel analizler sonucu AÇ_{2.5} dozu ile AÇ₅ dozunun, AÇ_{7.5} dozu ile de AÇ₁₀ dozunun aynı Duncan grubuna girdiği görülürken AÇ₀ uygulamasının farklı bir grup oluşturduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.1.6).

Toprağın ihtiva ettiği Mg içeriklerinin düzenli şekilde arttığı ve sırayla 317.30 mg/kg (AÇ₀), 343.28 mg/kg (AÇ_{2.5}), 366.88 mg/kg (AÇ₅), 384.60 mg/kg (AÇ_{7.5}) ve 421.28 mg/kg (AÇ₁₀) değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1.6).

Aşık ve Katkat (2004) gıda sanayi arıtma tesisinden çıkan arıtma çamurunu tarım alanlarına uygulaması sonucu topraktaki alınabilir fosfor, değişebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum miktarlarının arttığını ifade etmişlerdir. Angın ve Yağanoğlu (2009) arıtma çamurlarını tuzlu-alkali topraklara 3 yıl boyunca fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak uygulamışlar ve denemenin her yılında da toprağın magnezyum ihtivasının arttığını tespit etmişlerdir. Demir (2010) arıtma çamuru uygulamalarının mısırın verim, besin elementi ve ağır metal içeriğine etkilerini araştırdığı çalışmada artan dozda arıtma çamuru uygulamalarının toprakta alınabilir fosfor, kalsiyum ve magnezyum miktarlarını arttırdığını bildirmiştir. Özyazıcı ve Özyazıcı (2012) arıtma çamurunun toprağın verimlilik parametreleri üzerine yaptıkları araştırmada toprağın toplam azot ve alınabilir fosfor miktarlarında artma olduğu, potasyum içeriğinde değişimin olmadığını bildirmiştir. Belhaj ve ark. (2016) tarafından saksılarda yetiştirilen ayçiçeğine arıtma çamurunun dozlarının etkisi araştırılmış ve araştırma sonucunda toprak toplam azot, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum ve kalsiyum miktarının arttığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.1.7' de deneme topraklarına uygulanan taze arıtma çamurunun toprakların demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) içerikleri üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve bunlara ait ortalama değerler Çizelge 4.1.8' de gösterilmiştir. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın demir içeriklerine etkisi önemsiz, çinko, bakır ve mangan içeriklerine etkileri istatistiki olarak $P < 0.001$ düzeyinde çok önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1.7).

Çizelge 4.1.8' de deneme toprağına artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun etkisi ile toprağın Fe içeriğinde istatistiki olarak önemsiz olmasına karşılık, Zn, Cu ve Mn miktarlarında istatistiki olarak çok önemli düzeyde düzenli olarak artışlar belirlenmiştir. Topraklardaki en düşük Fe miktarı kontrol uygulamasında (AÇ₀) 0.84 mg/kg elde edilirken, bunu 1.29 mg/kg ile ikinci uygulama (AÇ_{2.5}), 1.52 mg/kg ile üçüncü uygulama (AÇ₅), 2.10 mg/kg ile dördüncü uygulama (AÇ_{7.5}) izlemiştir. Uygulamalara bağlı olarak en yüksek Fe değerleri 3.92 mg/kg ile son arıtma çamuru uygulamasında (AÇ₁₀) elde edilmiştir.

Çizelge 4.1.7. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Fe		Zn		Cu		Mn	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	5.72	1.04	204.68	144.86***	3.68	46.50***	29400.75	13.36***
Hata	15	5.49		1.41		0.08		2201.08	
Genel	19								

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Arıtma çamuru uygulamaları sonrası toprağın Zn içerikleri doğrusal olarak artmıştır. Toprağın çinko içeriği en düşük değerini 0.96 mg/kg AÇ₀ uygulamasında almış olup, 4.70 mg/kg Zn AÇ_{2.5} uygulamasında, 9.27 mg/kg Zn AÇ₅ uygulamasında, 15.00 mg/kg Zn AÇ_{7.5} uygulamasında, en yüksek değeri ise 18.36 mg/kg AÇ₁₀ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.8). Özetle artan oranda uygulanan arıtma çamuru uygulamaları ile toptaki Zn içerikleri farklı Duncan gruplarını oluşturmuşlardır.

Arıtma çamuru uygulamalarıyla toprakların Cu içeriği minimum değerini AÇ₀ dozunda (2.09 mg/kg) almıştır. AÇ₀ uygulamasını sırasıyla AÇ_{2.5} uygulaması (2.14 mg/kg), AÇ₅ uygulaması (2.28 mg/kg), AÇ_{7.5} uygulaması (2.75 mg/kg) ve AÇ₁₀ uygulaması izlemiş (4.38 mg/kg) ve en yüksek değer AÇ₁₀ uygulamasında görülmüştür. Yapılan Duncan analizleri sonucunda AÇ₀, AÇ_{2.5} ve AÇ₅ dozları aynı, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ dozlarının farklı gruplarda yer almıştır (Çizelge 4.1.8).

Çizelge 4.1.8. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Arıtma Çamuru (%)				
AÇ ₀	0.84±0.02	0.96±0.11 e	2.09±0.06 c	22.66±0.63 c
AÇ _{2.5}	1.29±0.08	4.70±0.17 d	2.14±0.08 c	99.78±10.86 b
AÇ ₅	1.52±0.22	9.27±0.32 c	2.28±0.12 c	135.62±28.26 b
AÇ _{7.5}	2.10±0.39	15.00±1.17 b	2.75±0.22 b	217.45±20.14 a
AÇ ₁₀	3.92±2.58	18.36±0.49 a	4.38±0.16 a	229.45±37.80 a

a, b, c, d, e: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Topraktaki artan Mn içerikleri incelendiğinde 22.66 mg/kg ile kontrol uygulamasının (AÇ₀) en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer uygulamalar sırasıyla (AÇ_{2.5}) 99.78 mg/kg, (AÇ₅) 135.62 mg/kg, (AÇ_{7.5}) 217.45 mg/kg ve (AÇ₁₀) 229.45 mg/kg değerlerini almış olup en yüksek Mn miktarı son uygulamada belirlenmiştir

(Çizelge 4.1.8). Yapılan Duncan analizleri sonucunda AÇ₀ uygulaması farklı bir Duncan grubunu açığa çıkarmış olup, AÇ_{2.5} ve AÇ₅ uygulamaları diğer bir grubu oluştururken, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları ise bir başka grubu oluşturmuşlardır.

Çalışmada bulunan çeşitli araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlar bildirmiştir. Örnek olarak, Bozkurt ve ark. (2000) kireçli toprakta yetiştirilen mısır bitkisine artan dozlarda arıtma çamuru ve tek dozda humik asit uygulamışlar ve arıtma çamuru uygulamaları ile toprakların ekstrakte edilebilir demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, Aşık ve Katkat (2004) gıda sanayi arıtma tesisinden çıkan arıtma çamurunun tarım alanlarına uygulaması sonucu topraktaki demir, çinko, bakır ve mangan miktarlarının arttığını ifade etmişlerdir. Angın ve Yağanoğlu (2009) arıtma çamurlarını tuzlu-alkali topraklara 3 yıl boyunca fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak uygulamışlar ve denemenin her yılında da toprağın demir, çinko, bakır ve mangan ihtivasının arttığını tespit etmişlerdir. Demir ve Çimrin (2011) arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın verim, besin elementi ve ağır metal içeriğine etkilerini araştırdığı çalışmada artan dozda arıtma çamuru uygulamalarının toprakta demir, çinko, bakır ve mangan miktarlarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Özyazıcı ve ark. (2012) arıtma çamuru uygulamalarının toprağın ekstrakte edilebilir demir, çinko, bakır ve mangan ihtivasını arttığını bildirmişlerdir. Bu durum denemede kullanılan arıtma çamuru ve ahır gübresinin mikro element içeriğinin yüksek oluşu ile açıklanabilir.

Arıtma çamuru uygulaması sonucunda deneme topraklarının içerdiği kurşun (Pb), nikel (Ni), kadmiyum (Cd) ve kobalt (Co) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.9' da ve bunlara ait ortalama değerler Çizelge 4.1.10' da gösterilmiştir. Çizelge 4.1.9 incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine etkileri istatistiki açıdan ($P < 0.001$) çok önemli olarak etkilemiştir.

Toprağın arıtma çamuru uygulaması sonrası toprağın Pb, Ni, Cd ve Co miktarlarını gösteren Çizelge 4.1.10 incelendiğinde Pb, Ni, Cd ve Co içeriklerinin doğrusal bir şekilde arttığı görülmektedir. Topraklarda belirlenen ortalama Pb miktarları en az 0.85 mg/kg ile tanık parsellerde (AÇ₀) elde edilirken, arıtma çamurunun birinci dozunda (AÇ_{2.5}) 0.96 mg/kg, ikinci dozunda (AÇ₅) 1.20 mg/kg, üçüncü dozunda (AÇ_{7.5}) 1.69 mg/kg ve dördüncü ve son dozunda (AÇ₁₀) 1.74 mg/kg olarak bulunmuştur.

Yapılan Duncan analizleri sonucunda ilk üç doz (AÇ₀, AÇ_{2.5} ve AÇ₅) aynı grubu oluştururken, son iki doz (AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀) uygulamaları ise farklı bir grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4.1.9. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Pb		Ni		Cd		Co	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	0.67	12.88***	4.20	22.00***	0.00	50.98***	6.24	19.54***
Hata	15	0.05		0.19		0.00		0.32	
Genel	19								

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Arıtma çamuru uygulamaları sonrası toprakta bulunan Ni değerleri sırasıyla 1.94 mg/kg (AÇ₀, en düşük), 2.84 mg/kg (AÇ_{2.5}), 4.02 mg/kg (AÇ₅), 4.14 mg/kg (AÇ_{7.5}) ve 4.32 mg/kg (AÇ₁₀, en yüksek) olmuştur. AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları aynı Duncan grubunda yer alırken diğer uygulamalar (AÇ₀ ve AÇ_{2.5}) farklı bir grupta yer almıştır (Çizelge 4.1.10).

Toprağa artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle toprağın Cd içerikleri AÇ₀, AÇ_{2.5}, AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları ile sırasıyla 0.02 (en düşük), 0.03, 0.04, 0.05 ve 0.06 (en yüksek) mg/kg olarak doğrusal olarak artmıştır. Yapılan Duncan analizleri sonucunda AÇ₅ ve AÇ_{7.5} uygulamaları aynı Duncan grubunda yer alırken diğer tüm uygulamalar ayrı ayrı grupları oluşturmuşlardır (Çizelge 4.1.10).

Çizelge 4.1.10. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)
Arıtma Çamuru (%)				
AÇ ₀	0.85±0.02 b	1.94±0.04 c	0.02±0.00 d	0.25±0.02 d
AÇ _{2.5}	0.96±0.06 b	2.84±0.22 b	0.03±0.00 c	1.84±0.19 c
AÇ ₅	1.20±0.13 b	4.02±0.34 a	0.04±0.00 b	2.30±0.45 bc
AÇ _{7.5}	1.69±0.12 a	4.14±0.22 a	0.05±0.00 b	2.90±0.34 ab
AÇ ₁₀	1.74±0.17 a	4.32±0.16 a	0.06±0.00 a	3.55±0.20 a

a, b, c, d: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Çizelge 4.1.10' a göre toprakların içerdiği Co miktarları doğrusal bir artış göstermektedir. En düşük miktardan başlayarak topraklardaki Co miktarları AÇ₀

uygulamasında 0.25 mg/kg, AÇ_{2.5} uygulamasında 1.84 mg/kg, AÇ₅ uygulamasında 2.30 mg/kg, AÇ_{7.5} uygulamasında 2.90 mg/kg ve AÇ₁₀ uygulamasında 3.55 mg/kg olarak bulunmuştur.

Farklı ekolojilerde farklı atık çamurlarla yapılan birçok çalışmada, istatistiki olarak önemli ya da önemsiz ancak, artan dozlarda topraktaki ağır metallerin arttığını bildiren benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Örnek olarak, Yalçın ve ark. (2010) Eskişehir atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarının farklı münavebe sistemlerinde (buğday, şekerpancarı ve mısır) kullanılması üzerine yürüttükleri çalışmada topraktaki toplam Pb ve Ni değerlerinin arttığını, toplam Cd değerinin değişiklik göstermediğini bildirilmişlerdir. Demir ve Çimrin (2011) arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın verim, besin elementi ve ağır metal içeriğine etkilerini araştırdığı çalışmada, artan dozda arıtma çamuru uygulamalarının toprakta Pb, Ni, Cd ve Co içeriklerini önemli miktarda arttırdığını bildirmişlerdir. Ünal ve ark. (2011) içme suyu arıtma çamurunun artan dozlarının arpa zambağı bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine yürüttükleri çalışmada toprağın toplam Pb, Ni ve Cd miktarlarını arttırmasına rağmen bu artışın istatistiksel düzeyde etkili olmadığını bildirmişlerdir. Belhaj ve ark. (2016) saksılarda yetiştirilen ayçiçeğine arıtma çamurunun dozlarının etkisi araştırılmış, arıtma çamuru uygulamalarının topraktaki kurşun ve nikel konsantrasyonlarında önemli artışlara sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Ayrıca ülkemizde evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelikte arıtma çamuru uygulanan pH' sı 7 ve üzeri topraklarda; Pb' da 100 mg/kg, Cd' da 1.5 mg/kg, Cu' da 100 mg/kg, Ni' de 70 mg/kg ve Zn' da 200 mg/kg' ı aşamayacağı bildirilmiştir (TÇV 2010). Yönetmelikteki sınır değerlerine bakıldığında, çalışmada arıtma çamuru dozları ile toprakta ağır metaller için toksisite sınırlarına ulaşılmamıştır.

4.2. Uygulamaların Mısır Bitkisi Verim ve Verim Kriterleri Üzerine Etkileri

Artan arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) toplam yaş ve kuru verim üzerine etkileri Çizelge 4.2.1’ de verilmiştir. Çizelge 4.2.1’ de deneme toprağına uygulanan arıtma çamuru dozlarının mısır bitkisi toplam yaş ve kuru verim değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin toplam yaş ve kuru verim değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2.1. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi toplam yaş verim ve toplam kuru verim değerlerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Toplam Yaş Verim		Toplam Kuru Verim	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	560.74	21.15***	3.54	10.86***
Hata	15	26.50		0.32	
Genel	19				

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.2.2’ de arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi toplam yaş ve kuru verim değerlerine ait ortalamaları ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları gösterilmiştir. Arıtma çamurunun mısır bitkisi toplam yaş verim ağırlıkları üzerine etkisi incelendiğinde, tanığa göre tüm uygulamaların verimi artırdığı ancak, % 7.5’ luk arıtma çamuru uygulamasından sonra azalan miktarlara tanık hariç tüm uygulamaları aynı Duncan grubu içerisinde yer almıştır (Çizelge 4.2.2). Mısır bitkisi toplam yaş ağırlıkları en düşük 26.53 g ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, artan dozlar ile toplam yaş ağırlıklar sondan bir önceki doza kadar doğrusal olarak artmış (AÇ_{2.5}: 50.60 g, AÇ₅: 53.42 g ve AÇ_{7.5}: 56.36 g) ve son doz olan AÇ₁₀ uygulamasında 47.45 g’a düşerek azalmıştır.

Çizelge 4.2.2’ de yer alan toplam kuru verim ağırlıklarına bakıldığında ise toplam yaş verime benzer olarak tanığa göre tüm uygulamaların verimi artırdığı ancak, % 2.5’ luk arıtma çamuru uygulamasından sonra azalan miktarlara tanık ve en son uygulama hariç tüm uygulamaları aynı Duncan grubu içerisinde yer almıştır (Çizelge 4.2.2). Mısır bitkisi toplam kuru ağırlıkları en düşük 3.76 g ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, AÇ_{2.5} dozunda 5.96 g’ a yükselmiş ve bundan sonra tanığa göre yükselmesine karşılık diğer dozlar (AÇ₅: 5.86 g, AÇ_{7.5}: 5.66 g ve AÇ₁₀: 4.69 g) azalarak artmıştır.

Yapılan Duncan analizinde tanık ve en üst dozlar farklı grupları oluştururken aradaki tüm uygulamalar ($A\check{C}_{2.5}$, $A\check{C}_5$ ve $A\check{C}_{7.5}$) aynı grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4.2.2. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi toplam yaş verim ve toplam kuru verim değerlerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Toplam Yaş Verim (g)	Toplam Kuru Verim (g)
Arıtma Çamuru (%)		
$A\check{C}_0$	26.53±1.80 c	3.76±0.25 c
$A\check{C}_{2.5}$	50.60±1.08 ab	5.96±0.14 a
$A\check{C}_5$	53.42±4.26 ab	5.86±0.40 a
$A\check{C}_{7.5}$	56.36±2.80 a	5.66±0.37 a
$A\check{C}_{10}$	47.45±1.65 b	4.69±0.16 b

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($P>0.05$)

Yapılan farklı çalışmalarda toprak ve arıtma çamurunun çeşitli bitkiler üzerinde meydana getirdiği etkilere bakıldığında, birçok çalışmada bu bulgulara benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Örnek olarak, Çimrin ve ark. (2000), Triple Süper Fosfat ve arıtma çamuru kombinasyonlarını kireçli bir toprağa fosfor kaynağı olarak uygulamaları sonucu mısır bitkisinin bitki kuru ağırlığının kontrol uygulamasına göre önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Önal ve ark. (2003) toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisini araştırdıkları çalışmada, bitkinin gelişme ve meyve özellikleri ile meyvede mineral içerikleri üzerine artan miktarda uygulanan arıtma çamuru dozlarının kuru madde ve meyve ürün miktarlarının arttığını bildirmişlerdir. Zorer Çelebi ve ark. (2010) atık su arıtma çamuru ile tesis edilen yeşil alanda İngiliz çiminin performansının belirlenmesi üzerindeki araştırmalarının sonucunda yeşil ot veriminin tesisin ilk dönemlerinde çiftlik gübresi ve atık su arıtma çamurunun düşük uygulamalarında meydana geldiği, sonraki dönemlerde arıtma çamurunun yüksek dozlarının kullanıldığı alanlarda daha yüksek değerlerin elde edildiği bildirilmiştir. Zorer Çelebi ve ark. (2011) rizomlu kırmızı yumak ile tesis edilen yeşil alanda atık su arıtma çamurunun tesis gübresi olarak değerlendirilmesini araştırdıkları çalışmada birinci yıl ilk dönemde yeşil ot verimi ve bitki ile kaplı alan değerleri, atık su arıtma çamurunun yüksek doz uygulamalarında düşük bulunduğu halde, daha sonraki dönemlerde yüksek bulunduğu bildirilmiştir. Keskin ve ark. (2012) buğdaygil-baklagil karışımlarında besin maddesi ve ağır metal konsantrasyonları üzerine azot gübresi ve arıtma çamuru uygulamasının etkilerini araştırmışlardır.

Araştırma sonucunda arıtma çamurunun uygulama zamanının kuru madde verimi üzerinde etkili olmadığı, fakat arıtma çamuru ve buğdaygil-baklagil karışımlarının kontrol ve azot uygulamasına göre kuru madde verimini arttırdığı bildirilmiştir. Akat ve ark. (2015) tarafından Limonium sinuatum ‘compindi white’ çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru uygulamalarının bitki verimi üzerine etkileri kontrole göre önemli bulunmuştur.

Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök yaş ve kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2.3’ de bunlara ait ortalamaları ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.2.4’ de verilmiştir. Çizelge 4.2.3 incelendiğinde de görüldüğü gibi arıtma çamurunun kök yaş ($P<0.001$) ve kuru ($P<0.01$) ağırlıklarına etkileri istatistiki olarak çok önemli olmuştur.

Çizelge 4.2.3. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök yaş ve kök kuru ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Kök Yaş Ağırlık		Kök Kuru Ağırlık	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	11.50	7.96***	0.08	6.10**
Hata	15	1.44		0.01	
Genel	19				

** ve *** İle gösterilen F değerleri, sırasıyla % 1 ve % 0.1 düzeyinde önemlidir

Mısır bitkisi kök yaş ağırlıkları en düşük 6.98 g ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, artan dozlar ile kök yaş ağırlıkları doğrusal olarak artmış olup (AÇ_{2.5}: 9.42 g, AÇ₅: 11.30 g) bu dozdan sonraki dozlarda (AÇ_{7.5}: 10.90 g; AÇ₁₀: 9.42 g) tanığa göre yüksek olmalarına karşın her iki dozda da düşerek azalmıştır (Çizelge 4.2.4). Yapılan Duncan testine bakıldığında kök yaş ağırlıklarının tanık uygulaması bir grup oluştururken, diğer tüm uygulamalar farklı bir Duncan grubunu oluşturmuşlardır (Çizelge 4.2.4).

Mısır bitkisi kök kuru ağırlıkları en düşük 0.87 g ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, AÇ_{2.5} dozunda 1.09 g’ a, AÇ₅ uygulamasında 1.22 g’ a yükselmiş ve bundan sonra tanığa göre yükselmesine karşılık diğer dozlar (AÇ_{7.5}: 1.06 g, AÇ₁₀: 0.88 g) azalarak artmıştır. Yapılan Duncan analizinde kök kuru ağırlıkları da kök yaş ağırlıklarına benzer bir durum oluşturmuştur (Çizelge 4.2.4).

Çizelge 4.2.4. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök yaş ve kök kuru ağırlıklarına ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Kök Yaş Ağırlık (g)	Kök Kuru Ağırlık (g)
Aritma Çamuru (%)		
AÇ ₀	6.98±0.56 b	0.87±0.07 c
AÇ _{2.5}	9.42±0.43 a	1.09±0.04 a
AÇ ₅	11.30±0.77 a	1.22±0.04 a
AÇ _{7.5}	10.90±0.78 a	1.06±0.09 ab
AÇ ₁₀	9.42±0.28 a	0.88±0.02 bc

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Bazı araştırmacılar arıtma çamurunun kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkilerinin önemli olduğunu bildirirken bazıları ise önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. Örnek olarak, Bozkurt ve ark. (2000) kireçli toprakta yetiştirilen mısır bitkisine artan dozlarda arıtma çamuru ve tek dozda humik asit uygulamışlardır. Arıtma çamuru uygulamaları ile mısır bitkisinin kök kuru ağırlığının arttığını bildirmişlerdir. Çimrin ve ark. (2000), Triple Süper Fosfat ve arıtma çamuru kombinasyonlarını kireçli bir toprağa fosfor kaynağı olarak uygulamaları sonucu mısır bitkisinin kök kuru ağırlığının önemli düzeyde değişmediğini bildirmişlerdir. Türkmen ve ark. (2001) kentsel arıtma çamurunun hıyarda çıkış ve fide gelişimi üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, uygulamaların kök yaş ve kök kuru ağırlıkları üzerine olumlu etki yaptığını bildirmişlerdir. Demir ve Çimrin (2011) tarafından arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun kök aksam yaş ve kuru ağırlıklarını önemli olarak arttırdığı bildirilmiştir. Çetinkale Demirkan ve ark. (2014) yer açelyası türünde bitki gelişim ve çiçeklenme üzerine atık su arıtma çamurlarının doz artışıyla birlikte kök yaş ve kuru ağırlığı değerleri istatistiki açıdan önemli bulunmamakla birlikte dozlara paralel olarak değerlerin artış gösterdiği bildirilmiştir. Akat ve ark. (2017) kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerine arıtma çamuru uygulamalarının kök yaş ağırlığına etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmaz iken, kök kuru ağırlığına etkisinin istatistiksel açıdan önemli bulunduğu bildirmişlerdir.

Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök yaş ve kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2.5' te bunlara ait ortalamaları ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.2.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.2.5 incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin kök üstü yaş ve kuru ağırlıklarına etkilerinin istatistiki olarak çok önemli ($P<0.001$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2.5. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü yaş ve kök üstü kuru ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Kök Üstü Yaş Ağırlık		Kök Üstü Kuru Ağırlık	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	420.30	23.93***	2.66	11.54***
Hata	15	17.56		0.23	
Genel	19				

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Arıtma çamurunun mısır bitkisi kök üstü yaş ağırlıkları üzerine etkisi incelendiğinde, tanığa göre tüm uygulamaların kök üstü yaş ağırlıkları artırdığı ancak, % 7.5' luk arıtma çamuru uygulamasından sonra kök üstü yaş ağırlıkların azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.2.6). Mısır bitkisi kök üstü yaş ağırlıkları en düşük 19.55 g ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, artan dozlar ile kök üstü yaş ağırlıklar doğrusal olarak artmış olup (AÇ_{2.5}: 41.18 g, AÇ₅: 42.12 g ve AÇ_{7.5}: 45.46 g), bu dozdan sonraki son dozda (AÇ₁₀) 38.02 g' a düşerek azalmıştır. Yapılan Duncan analizinde hiç arıtma çamuru uygulanmamış tanık (AÇ₀) ayrı bir grubu oluştururken diğerleri farklı bir Duncan grubunu oluşturmuşlardır.

Çizelge 4.2.6. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü yaş ve kök üstü kuru ağırlıklarına ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Kök Üstü Yaş Ağırlık (g)	Kök Üstü Kuru Ağırlık (g)
Arıtma Çamuru (%)		
AÇ ₀	19.55±1.34 c	2.89±0.22 c
AÇ _{2.5}	41.18±0.96 ab	4.86±0.12 a
AÇ ₅	42.12±3.58 ab	4.64±0.35 a
AÇ _{7.5}	45.46±2.05 a	4.60±0.28 a
AÇ ₁₀	38.02±1.46 b	3.80±0.14 b

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($P>0.05$)

Çizelge 4.2.6' da yer alan kök üstü kuru ağırlıklarına bakıldığında ise kök üstü yaş ağırlıklara benzer olarak tanığa göre tüm uygulamalar kök üstü kuru ağırlıkları artırmış ancak, kök üstü yaş ağırlıklardan farklı olarak burada % 2.5' luk arıtma çamuru

uygulamasından sonra kök üstü kuru ağırlıkların azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.2.6). Yapılan Duncan analizinde toplamda üç grup oluşmuş, tanık ($A\check{C}_0$) ve en yüksek arıtma çamuru uygulamaları uygulaması ($A\check{C}_{10}$) farklı iki grubu oluştururken diğer tüm uygulamalar ($A\check{C}_{2.5}$, $A\check{C}_5$ ve $A\check{C}_{7.5}$) aynı Duncan grubu içerisinde yer almıştır. Mısır bitkisi kök üstü kuru ağırlıkları en düşük 2.89 g ile tanık uygulamasından ($A\check{C}_0$) elde edilirken, $A\check{C}_{2.5}$ dozunda 4.86 g' a yükselmiş ve bundan sonra tanığa göre yükselmesine karşılık diğer dozlar ($A\check{C}_5$: 4.64 g, $A\check{C}_{7.5}$: 4.60 g ve $A\check{C}_{10}$: 3.80 g) azalarak artmıştır (Çizelge 4.2.6).

Benzer sonuçlar farklı bitki ve arıtma çamuru ile çalışan birçok araştırmacı tarafından bildirilmiş olup bunların bazıları aşağıda özetlenmiştir. Bozkurt ve ark. (2000) kireçli toprakta yetiştirilen mısır bitkisine artan dozlarda arıtma çamuru ve tek dozda humik asit uygulamışlardır. Arıtma çamuru uygulamaları ile mısır bitkisinin kök üstü kuru ağırlığının arttığını bildirmişlerdir. Çimrin ve ark. (2000), Triple Süper Fosfat ve arıtma çamuru kombinasyonlarını kireçli bir toprağa fosfor kaynağı olarak uygulamaları sonucu mısır bitkisinin toprak üstü aksam ağırlığının kontrol uygulamasına göre önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Türkmen ve ark. (2001)'nin kentsel arıtma çamurunun hıyarda çıkış ve fide gelişimi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları üzerine uygulamaların olumlu etki yaptığı ve bitkinin kalitesinin olumlu etkilendiği bildirilmiştir. Demir ve Çimrin (2011) arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada, artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun kök üstü aksam yaş ve kuru ağırlıklarını önemli olarak arttırdığı bildirilmiştir. Çetinkale Demirkan ve ark. (2014) yer açelyası türünde bitki gelişim ve çiçeklenme üzerine atık su arıtma çamurlarının artan dozlarına paralel olarak kök üstü aksam yaş ağırlığına ait değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu, kök üstü aksam kuru ağırlığına ait değerlerin ise istatistiksel açıdan % 5 önem düzeyinde etkili olduğu bildirilmiştir. Akat ve ark. (2015) Limonium sinuatum 'compindi white' çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru uygulamalarının bitki kök üstü kuru ağırlığına istatistiksel olarak önemli etki yaptığı bildirilmiştir. Kök üstü yaş ve kuru ağırlıklarının arıtma çamuru dozlarıyla birlikte kontrole göre daha yüksek değerler aldığı ifade edilmiştir. Akat ve ark. (2017) kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerine arıtma çamuru uygulamalarının etkilerini

incelemişlerdir. Çalışmada arıtma çamurunun kök üstü yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkilerinin istatistiksel açıdan önemli bulunduğunu bildirilmiştir.

Artan arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu ve bitki çapı üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2.7’ de verilmiştir. Çizelge 4.2.7’ de deneme toprağına uygulanan arıtma çamuru dozlarının mısır bitkisinin bitki boyu ve bitki çapı değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2.7. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi bitki boyu ve bitki çapına ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Bitki boyu		Bitki Çapı	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	200.68	8.44***	6.44	28.14***
Hata	15	23.76		0.22	
Genel	19				

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Arıtma çamuru uygulamaları sonrası mısır bitkisinin bitki boyu ve bitki çapına ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.2.8’ de yer almıştır. Çizelge 4.2.8’ de yer alan bitki boylarına bakıldığında tanığa göre tüm uygulamaların bitki boyunu artırdığı ancak, % 2.5’ luk arıtma çamuru uygulamasından sonra azalan miktarlara tanık hariç tüm uygulamaların aynı Duncan grubu içerisinde yer aldığı görülmektedir. Mısır bitkisi bitki boyları en düşük 93.65 cm ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, AÇ_{2.5} dozunda 110.78 cm’ e yükselmiş ve bundan sonra tanığa göre yükselmesine karşılık diğer dozlarda (AÇ₅: 107.62 cm, AÇ_{7.5}: 108.75 cm ve AÇ₁₀: 100.50 cm) azalarak artmıştır (Çizelge 4.2.8).

Mısır bitkisi en dar bitki çapı 5.79 mm ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, artan dozlar ile bitki çapı artmış (AÇ_{2.5}: 8.16 mm, AÇ₅: 8.74 mm; AÇ_{7.5}: 8.73 mm; AÇ₁₀: 8.66 mm) olup, yapılan Duncan testinde tanık uygulaması bir grup oluştururken, diğer tüm uygulamalar diğer farklı bir Duncan grubunu oluşturmuşlardır (Çizelge 4.2.8).

Çizelge 4.2.8. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi bitki boyu ve bitki çapına ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Bitki Çapı (mm)
Arıtma Çamuru (%)		
AÇ ₀	93.65±2.99 c	5.79±0.18 b
AÇ _{2.5}	110.78±1.18 a	8.16±0.12 a
AÇ ₅	107.62±3.79 ab	8.74±0.40 a
AÇ _{7.5}	108.75±1.70 a	8.73±0.26 a
AÇ ₁₀	100.50±1.44 bc	8.66±0.09 a

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Türkmen ve ark. (2001)'nin kentsel arıtma çamurunun hıyarda çıkış ve fide gelişimi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada sürgün ve kök boyu üzerine uygulamaların olumlu etki yaptığı ve bitkinin kalitesinin olumlu etkilendiği bildirilmiştir. Aşık ve Katkat (2004) gıda sanayi arıtma tesisi arıtma çamurunun tarımsal alanlarda kullanım olanaklarını incelemiş ve artan miktardaki arıtma çamuru dozlarının bitki gelişimini olumlu etkilediğini bildirmişlerdir. Demir ve Çimrin (2011)'in arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada, artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun bitki boyunu önemli olarak arttırdığı bildirilmiştir. Tunçtürk ve Çiftçi (2011) Van ekolojik koşullarında farklı gübre kaynakları, ekim zamanı ve bakteri aşılamanın çemende verim ve kalite özelliklerini araştırmışlar ve araştırma sonucunda ekim zamanı uygulamalarının bitki boyu üzerine olan etkisinin iki deneme yılında ve iki yılın ortalama değerlerine göre istatistiki düzeyde önemli bulunduğu ifade edilmiştir. Akat ve ark. (2015)'nin Limonium sinuatum 'compindi white' çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru uygulamalarının etkisini belirledikleri çalışmada, arıtma çamuru uygulamaları çiçek sapı uzunlukları ve kalınlığı üzerine kontrole göre önemli etkilerinin olduğu bulunmuştur. Çetinkale Demirkan ve ark. (2017) örtü altı koşullarında toprak ve dört farklı atık materyal kombinasyonunda *Matthiola incana* "Iron Rose" yetiştiriciliği yapmışlardır. Yapılan istatistiksel analizler doğrultusunda sürgündeki yaprak sayısı, sürgün kalınlığı, kök uzunluğu, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek sapı kalınlığı değerlerinin P<0.01 önem düzeyinde, başak uzunluğu değerinin ise P<0.05 önem düzeyinde farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Yukarıda da görüldüğü gibi birçok araştırmacı bulgulara benzer sonuçları bildirmişlerdir.

4.3. Uygulamaların Mısır Bitkisi Kök ve Kök Üstü Aksamı Bitki Besin ve Bazı Ağır Metal İçerikleri Üzerine Etkileri

Aritma çamuru uygulaması ile deneme topraklarında yetişen mısır bitkisinin kök karbon (C) ve hidrojen (H) içeriği değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına Çizelge 4.3.1 ve bunlara ait ortalama değerler ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.3.2’ de verilmiştir. Çizelge 4.3.1’ de görüldüğü gibi arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksamı C ve H içeriklerine etkileri istatistiki açıdan sırasıyla $P < 0.001$ ve $P < 0.01$ düzeylerinde çok önemli olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3.1. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	C		H	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	29.87	22.66***	0.12	6.42**
Hata	15	1.32		0.02	
Genel	19				

** ve *** İle gösterilen F değerleri, sırasıyla % 1 ve % 0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.3.2’ de bulunan veriler incelendiğinde mısır bitkisi kök aksamının C miktarlarının düzenli bir şekilde azaldığı görülmektedir. Uygulamalar ile kök aksam C içerikleri sırasıyla AÇ₀ uygulamasında % 42.52, AÇ_{2.5} uygulamasında % 42.46, AÇ₅ uygulamasında % 40.70, AÇ_{7.5} uygulamasında % 38.68 ve AÇ₁₀ uygulamasında % 36.09 değerlerini almış olup ilk ve son uygulamalar en yüksek (AÇ₀) ve en düşük (AÇ₁₀) değerlere sahip olmuşlardır. Yapılan Duncan testine bakıldığında AÇ₀ ve AÇ_{2.5} uygulamaları aynı Duncan grubuna girmiş; AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları farklı Duncan gruplarına girmişlerdir.

Mısır bitkisi kök aksamının H miktarları % 5.27, % 5.40, % 5.20, % 5.17, % 4.94 değerlerini sırasıyla AÇ₀, AÇ_{2.5}, AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamalarında almasıyla birlikte uygulamalar arasında AÇ_{2.5} ve AÇ₁₀ sırasıyla en yüksek ve en düşük H değerlerine sahip olmuşlardır. İstatistiksel analizler sonucu uygulamalar arasında AÇ₀ ve AÇ₅ uygulamalarının aynı, diğer uygulamaların farklı Duncan gruplarını oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 4.3.2).

Çizelge 4.3.2. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	C (%)	H (%)
Arıtma Çamuru (%)		
AÇ ₀	42.52±0.72 a	5.27±0.09 ab
AÇ _{2.5}	42.46±0.57 a	5.40±0.07 a
AÇ ₅	40.70±0.48 b	5.20±0.04 ab
AÇ _{7.5}	38.68±0.20 c	5.17±0.02 b
AÇ ₁₀	36.09±0.72 d	4.94±0.08 c

a, b, c, d: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Arıtma çamuru uygulamalarının bitkinin kök kısmından çok, kök üst aksamını geliştirdiği görülmektedir. Bu durum arıtma çamurunun toprağa bir kısım besin elementlerini ekleme avantajına karşılık, toprağa tuz ve ağır metallerin eklenmesi ile bu olumsuzluklar öncelikle kök kısmında dezavantajların ortaya çıkmasına sebep olması ile ilişkilendirilebilir. Nitekim arıtma çamurunu bitkinin fosfor ihtiyacını karşılamak amacı ile yürüttükleri çalışmada Çimrin ve ark. (2000) arıtma çamuru uygulamaları ile topraktaki alınabilir fosfor konsantrasyonunun artmasına rağmen, bitkinin bütün fosfor ihtiyacının arıtma çamuru ile sağlanamayacağını bildirmişlerdir. Özetle çalışmada arıtma çamuru ve TSP kombinasyonları ve 80 mg/kg arıtma çamuru uygulamaları tanığa göre mısır bitkisinin fosfor içeriğini önemli olarak artırmalarına karşılık, kombinasyonlar içerisindeki arıtma çamuru miktarı arttıkça bitkinin fosfor içeriğinin azalmış olduğunu gözlemişlerdir.

Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3.3’ de bunlara ait ortalamaları ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.3.4’ de verilmiştir. Çizelge 4.3.3 incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök N, P ve K içerikleri üzerine etkileri istatistiki olarak çok önemli (P<0.001) olmuştur.

Çizelge 4.3.4 incelendiğinde toprağa artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle, bitki kökünün ortalama N ve P içeriklerinde doğrusal düzenli artışlar gözlenirken, kök K içeriği tanıktan sonra ilk dozda düşmüş ancak sonraki dozlarda artmıştır. Kök aksamın artış gösteren N değerleri içerisinde en düşük % 1.80 değeri ile kontrol uygulamasında (AÇ₀) elde edilmiş ve farklı Duncan grubunu oluşturmuşken, artan arıtma çamuru dozlarına bağımlı olarak, AÇ_{2.5} (% 2.11) başka bir grubu, AÇ₅ (%)

2.40) ve AÇ_{7.5} (% 2.55) uygulamalarının her ikisi başka bir Duncan grubunu oluştururken, AÇ₁₀ (% 3.06) tek başına farklı bir Duncan grubunu oluşturmuştur (Çizelge 4.3.4).

Çizelge 4.3.3. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	N		P		K	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	0.90	64.20***	0.00	48.61***	0.12	514.59***
Hata	15	0.01		0.00		0.00	
Genel	19						

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Artan arıtma çamuru uygulamaları ile en düşük kök aksam P içeriği % 0.08 ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilirken, sırasıyla AÇ_{2.5} uygulamasında % 0.09, AÇ₅ uygulaması ile % 0.10, AÇ_{7.5} uygulamasında % 0.10 ve en yüksek fosfor içeriği AÇ₁₀ uygulamasından % 0.12 ile elde edilmiştir. Yapılan Duncan analizine göre AÇ₀ uygulaması bir grubu oluştururken, AÇ_{2.5} ve AÇ₅ uygulamaları farklı bir grubu, AÇ_{7.5} uygulaması diğer ve AÇ₁₀ uygulaması bir başka farklı Duncan grubunu oluşturmuştur (Çizelge 4.3.4).

Uygulamalar ile mısır bitkisi kök aksamında yer alan K içeriği % 0.48 ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilirken, sırasıyla AÇ_{2.5} uygulamasında en düşük K % 0.16, AÇ₅ uygulaması ile % 0.42 ve AÇ_{7.5} uygulamasında % 0.44 ve en yüksek P içeriği AÇ₁₀ uygulamasından % 0.64 ile elde edilmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre tüm uygulamaların hepsi farklı farklı Duncan gruplarını meydana getirmişlerdir (Çizelge 4.3.4).

Çizelge 4.3.4. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	N (%)	P (%)	K (%)
Arıtma Çamuru (%)			
AÇ ₀	1.80±0.05 d	0.08±0.00 d	0.48±0.00 b
AÇ _{2.5}	2.11±0.06 c	0.09±0.00 c	0.16±0.01 e
AÇ ₅	2.40±0.06 b	0.10±0.00 c	0.42±0.00 d
AÇ _{7.5}	2.55±0.04 b	0.10±0.00 b	0.44±0.00 c
AÇ ₁₀	3.06±0.07 a	0.12±0.00 a	0.64±0.00 a

a, b, c, d, e: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Bulguları destekler nitelikte birçok araştırmacı aşağıda da belirtildiği gibi benzer sonuçları bildirmişlerdir. Örnek olarak, Çimrin ve ark. (2000), Triple Süper Fosfat ve arıtma çamuru kombinasyonlarını kireçli bir toprağa fosfor kaynağı olarak uygulamaları sonucu mısır bitkisinin fosfor içeriğinin, Topçuoğlu ve ark. (2003) toprağa uyguladıkları farklı kentsel arıtma çamurlarının artan dozlarıyla domates bitkisinde meydana gelen bitki besin elementi ve ağır metal içeriklerinin değişimlerini araştırdıkları çalışmada arıtma çamurunun artan dozlarıyla domates bitkisinin azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca, Demir ve Çimrin (2011)' in arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada, artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle mısır bitkisinin kök fosfor ve potasyum içeriklerinde önemli artışların saptandığı belirtilmiştir. Keskin ve ark. (2012) buğdaygil-baklagil karışımlarında besin maddesi ve ağır metal konsantrasyonları üzerine azot gübresi ve arıtma çamuru uygulamalarının etkilerini araştırmışlar ve arıtma çamuru uygulama zamanının (İlkbahar ve Sonbahar), bitkinin azot, fosfor ve potasyum miktarına etkisini önemli bulmamışlardır. Kontrol ve azot uygulamasına göre, arıtma çamuru buğdaygil-baklagil karışımlarının bitkinin azot ve potasyum içeriğini arttırdığını ifade etmişlerdir. Akat ve ark. (2017) tarafından kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerindeki etkilerinde kök aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin artan arıtma çamuru uygulamalarıyla artış gösterdiği bildirilmiştir

Artan arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin kök kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içeriklerine etkileri Çizelge 4.3.5' de ve bunlara ait ortalama değerler ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.3.6' da verilmiştir. Deneme toprağına uygulanan artan arıtma çamuru dozlarının mısır bitkisi kök Ca ve Mg içerikleri üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3.5).

Çizelge 4.3.6 incelendiğinde toprağına uygulanan arıtma çamurunun artan miktarları ile bitki kökünde bulunan ortalama Ca içerikleri % 0.16 değeriyle AÇ₀ uygulamasında, % 0.10 değeriyle AÇ_{2.5} uygulamasında, % 0.22 değeriyle AÇ₅ uygulamasında, % 0.21 değeriyle AÇ_{7.5} uygulamasında ve % 0.26 değeriyle de AÇ₁₀ uygulamasında ortaya çıkmıştır. En yüksek Ca, AÇ₁₀ uygulamasında meydana

gelmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre AÇ₀, AÇ_{2.5} ve AÇ₁₀ dozlarının her biri farklı Duncan gruplarını oluşturmuş, AÇ₅ ve AÇ_{7.5} ve dozları ise aynı Duncan grubunu oluşturmuşlardır (Çizelge 4.3.6).

Çizelge 4.3.5. Arıtma çamuru uygulamalarının kök aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Ca		Mg	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	0.01	98.98***	0.01	11.26***
Hata	15	0.00		0.00	
Genel	19				

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Toprağa uygulanan arıtma çamurunun artan miktarlarının bitki kökünde bulunan kök Mg içerikleri üzerinde düzenli bir artış gözlenmiş olup, en az miktarda Mg içerikleri AÇ₀ (% 0.20) uygulamasında açığa çıkmış ve artan uygulama miktarlarıyla birlikte AÇ_{2.5} uygulamasında % 0.24, AÇ₅ uygulamasında % 0.28, AÇ_{7.5} uygulamasında % 0.30 ve AÇ₁₀ uygulamasında % 0.35 değerlerini almışlardır. En yüksek Mg düzeyi AÇ₁₀ uygulamasında meydana gelmiştir (Çizelge 4.3.6).

Çizelge 4.3.6. Arıtma çamuru uygulamalarının kök aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Ca (%)	Mg (%)
Arıtma Çamuru (%)		
AÇ ₀	0.16±0.00 c	0.20±0.02 d
AÇ _{2.5}	0.10±0.00 d	0.24±0.02 cd
AÇ ₅	0.22±0.00 b	0.28±0.02 bc
AÇ _{7.5}	0.21±0.00 b	0.30±0.02 ab
AÇ ₁₀	0.26±0.00 a	0.35±0.00 a

a, b, c, d: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Farklı arıtma çamuru ve farklı bitkilerle çalışan birçok araştırmacı benzer sonuçları bildirmişlerdir. Örnek olarak, Akat ve ark. (2015) Limonium sinuatum 'compindi white' çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru uygulamalarının bitki kök kalsiyum ve magnezyum içeriklerine önemli etki yaptığını bildirmişlerdir. Akat ve ark. (2017) kesme gül yetiştiriciliğinde farklı dozlarda arıtma çamuru uygulamışlar ve bitki kök aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerinin artan

arıtma çamuru uygulamalarıyla artış gösterdiği ve artışın istatistiksel açıdan önemli bulunduğunu bildirmişlerdir.

Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök kısmının içerdiği demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3.7’ de ve bunlara ait ortalamaları ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.3.8’ de verilmiştir. Çizelge 4.3.7 incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam Zn içeriğine etkisi istatistiki olarak çok önemli ($P<0.001$), Cu ve Mn içeriklerine etkisi ise istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunurken, Fe içeriğine etkisi istatistiki açıdan önemsiz olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.7. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Fe		Zn		Cu		Mn	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	273981.30	0.88	1792.05	24.34***	58.56	3.11*	5241.54	4.18*
Hata	15	312267.43		73.64		18.82		1254.34	
Genel	19								

*, *** İle gösterilen F değerleri sırasıyla, % 5 ve % 0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.3.8’ de görüldüğü gibi mısır bitkisi kök Fe içerikleri AÇ₀ uygulamasında 1503.02 mg/kg olarak belirlenirken, AÇ_{2.5} uygulamasında 1370.70 mg/kg, AÇ₅ uygulamasında 1559.32 mg/kg, AÇ_{7.5} uygulamasında 1260.96 mg/kg ve AÇ₁₀ uygulamasında ise 899.09 mg/kg değerleri belirlenmiştir.

Artan arıtma çamuru uygulamaları ile mısır bitkisi kök Zn ve Mn içerikleri düzenli olarak artarken Cu içerikleri benzer şekilde azalmıştır. Mısır bitkisinin kök Zn içerikleri incelendiğinde 22.94 mg/kg ile kontrol uygulamasının (AÇ₀) en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer uygulamalar sırasıyla (AÇ_{2.5}) 37.92 mg/kg Zn, (AÇ₅) 45.81 mg/kg Zn, (AÇ_{7.5}) 51.82 mg/kg Zn ve (AÇ₁₀) 80.30 mg/kg Zn değerlerini almış olup en yüksek Zn miktarı son uygulamada belirlenmiştir (Çizelge 4.3.8).

Çizelge 4.3.8’ de yer alan mısır bitkisi kök aksamı ortalama Cu içeriklerine bakıldığında tanığa göre tüm uygulamaların bitki kök Cu içeriğini azalttığı ve tanık uygulama hariç tüm uygulamaların aynı Duncan grubu içerisinde yer aldığı görülmektedir. Mısır bitkisi kök aksamı ortalama Cu en yüksek 24.31 mg/kg ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, AÇ_{2.5} dozunda 16.43 mg/kg’ a düşmüş ve bundan

sonra da uygulamalar tanığa göre (AÇ₅: 15.76 mg/kg, AÇ_{7.5}: 17.74 mg/kg ve AÇ₁₀: 14.62 mg/kg) azalmaya devam etmiştir (Çizelge 4.3.8).

Çizelge 4.3.8. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Aritma Çamuru (%)				
AÇ ₀	1503.02±532.01	22.94±3.88 d	24.31±2.66 a	82.54±15.94 c
AÇ _{2.5}	1370.70±191.36	37.92±2.46 c	16.43±2.27 b	108.92±19.62 bc
AÇ ₅	1559.32±217.94	45.81±2.10 bc	15.76±2.44 b	142.95±18.00 ab
AÇ _{7.5}	1260.96±114.26	51.82±5.42 b	17.74±2.09 b	175.18±20.04 a
AÇ ₁₀	899.09±100.61	80.30±6.09 a	14.62±0.96 b	148.66±14.24 ab

a, b, c, d: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Arıtma çamuru uygulamaları ile mısır bitkisi kök Mn içerikleri incelendiğinde 82.54 mg/kg ile kontrol uygulamasının (AÇ₀) en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer uygulamalar sırasıyla (AÇ_{2.5}) 108.92 mg/kg, (AÇ₅) 142.95 mg/kg, (AÇ_{7.5}) 175.18 mg/kg ve (AÇ₁₀) 148.66 mg/kg değerlerini almış olup en yüksek Mn miktarı en yüksek arıtma çamuru uygulamasından elde edilmiştir. (Çizelge 4.3.8).

Bozkurt ve ark. (2000) kireçli toprakta yetiştirilen mısır bitkisine artan dozlarda arıtma çamuru ve tek dozda humik asit uygulamışlardır. Arıtma çamuru verilen topraklara humik asit uygulanması ile mısır bitkisinin ekstrakte edilebilir bakır düzeyinin azaldığı bildirilmiştir. Çimrin ve ark. (2000), Triple Süper Fosfat ve arıtma çamuru kombinasyonlarını kireçli bir toprağa fosfor kaynağı olarak uygulamaları sonucu, uygulamaların mısır bitkisinin demir ve çinko içeriğini önemli ölçüde arttırdığını, bakır içeriğini ise önemli olarak azalttığını ve mangan içeriğini önemli ölçüde etkilemediğini bildirmişlerdir. Topçuoğlu ve ark. (2003) sera koşullarında iki yıllık olarak yürüttükleri saksı denemelerinde toprağa uyguladıkları farklı kentsel arıtma çamurlarının artan dozlarıyla domates bitkisinde meydana gelen bitki besin elementi ve ağır metal içeriklerinin değişimlerini araştırmışlardır. Araştırmanın her iki yılda da arıtma çamurunun artan dozlarıyla domates bitkisinin demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerinin arttığı bildirilmektedir. Küçükhemek ve ark. (2008) toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makro-mikro besin elementleri ve verimine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada kontrole göre arıtma çamurunun bitkinin çinko ve bakır içeriklerini arttırdığını, mangan içeriğinde

azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Çamurun çinko içeriklerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli ($P<0.01$) olduğu bildirilmiştir. Ahır gübresine göre arıtma çamurunun bitkinin çinko ve bakır içeriklerini artırdığını ve çinko içeriğindeki artışların önemli ($P<0.01$) olduğunu, mangan içeriğinde ise azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Yalçın ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada Eskişehir atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarının farklı münavebe sistemlerinde kullanılmasıyla buğday danesi, şekerpancarı yumrusu ve mısır danesinde toplam bakır değerleri bakımından arıtma çamuru uygulamaları ile kontrol konuları arasında fark bulunmamasına rağmen uygulamalar sonucu bitkideki çinko değerlerinde artış görüldüğü ifade edilmiştir. Demir ve Çimrin (2011)' in arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada, artan dozlarda uygulanan arıtma çamuruyla mısır bitkisinin kök çinko içeriklerinde önemli artışların, demir ve mangan içeriklerinde ise önemli azalmaların saptandığı ifade edilmiştir. Akat ve ark. (2015)' nın bildirdiğine göre *Limonium sinuatum* 'compindi white' çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru doz uygulamaları bitki kök demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine önemli etki yapmıştır. Akat ve ark. (2017) tarafından kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerindeki etkilerinde kök aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerinin artan arıtma çamuru uygulamalarıyla artış gösterdiği bildirilmiştir. Ancak bu artışın çinko ve bakır üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunduğu bildirilirken, demir ve mangan üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli bulunmadığı ifade edilmiştir. Bu durum farklı çalışmalarda farklı sonuçların çıkması, arıtma çamurlarının farklı miktarlarda Fe, Zn, Cu ve Mn içermesi ile ilişkili olabilir.

Çizelge 4.3.9' da farklı dozlarda arıtma çamuru uygulamaları sonrası mısırın kök aksamında bulunan kurşun (Pb), nikel (Ni), kadmiyum (Cd) ve kobalt (Cd) içeriklerine ait varyans analiz sonuçları ve Çizelge 4.3.10' da bunlara ait ortalama değerler gösterilmiştir. Çizelge 4.3.9' da arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam Co içeriğine etkisi istatistiki açıdan $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunurken, Pb ve Ni içeriğine etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuş olup bitkinin kök aksamında Cd tespit edilememiştir.

Çizelge 4.3.9. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Pb		Ni		Cd		Co	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	0.09	1.44	91.92	1.28	-	-	24.88	15.57***
Hata	15	0.06		71.66		-		1.60	
Genel	19								

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Mısır bitkisi kök aksamı Pb miktarı en yüksek 0.87 mg/kg ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, AÇ_{2.5} dozunda 0.70 mg/kg' a düşmüş ve bundan sonra da uygulamalar tanığa göre (AÇ₅: 0.45 mg/kg, AÇ_{7.5}: 0.62 mg/kg ve AÇ₁₀: 0.72 mg/kg) azalmaya devam etmiştir (Çizelge 4.3.10).

Çizelge 4.3.10' da mısır bitkisi kök aksamındaki Ni içerikleri en düşük 45.32 mg/kg ile tanık uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, AÇ_{2.5} dozunda 56.36 mg/kg' a yükselmiş ve bundan sonra tanığa göre yükselmesine karşılık diğer dozlar (AÇ₅: 46.56 mg/kg, AÇ_{7.5}: 54.40 mg/kg ve AÇ₁₀: 50.01 mg/kg) azalarak artmıştır (Çizelge 4.3.10).

Çizelge 4.3.10. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)
Arıtma Çamuru (%)				
AÇ ₀	0.87±0.06	45.32±3.21	Tespit edilemedi	7.32±0.72 b
AÇ _{2.5}	0.70±0.05	56.36±2.98	Tespit edilemedi	9.58±0.60 a
AÇ ₅	0.45±0.04	46.56±7.13	Tespit edilemedi	5.64±0.99 b
AÇ _{7.5}	0.62±0.24	54.40±3.16	Tespit edilemedi	6.22±0.14 b
AÇ ₁₀	0.72±0.12	50.01±3.08	Tespit edilemedi	2.74±0.33 c

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Çizelge 4.3.10' a göre arıtma çamuru uygulamaları sonrası mısır bitkisinin kök kısımlarında Cd tespit edilememiştir.

Uygulamalar ile mısır bitkisi kök aksamında bulunan Co miktarı 7.32 mg/kg ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilmiş, sırasıyla AÇ_{2.5} uygulamasında en yüksek Co 9.58 mg/kg, AÇ₅ uygulaması ile 5.64 mg/kg, AÇ_{7.5} uygulamasında 6.22 mg/kg ve en düşük Co içeriği AÇ₁₀ uygulamasından 2.74 mg/kg ile elde edilmiştir. Yapılan istatistik analizine göre AÇ₀, AÇ₅ ve AÇ_{7.5} uygulamaları aynı Duncan grubunu meydana getirmiş, AÇ_{2.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları ayrı iki Duncan grubunu meydana getirmiştir

(Çizelge 4.3.10). Bu sonuçların kullanılan arıtma çamuru içerisindeki Pb, Cd, Ni ve Co ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Bozkurt ve ark. (2000) kireçli toprakta yetiştirilen mısır bitkisine artan dozlarda arıtma çamuru ve tek dozda humik asit uygulamışlardır. Arıtma çamuru verilen topraklara humik asit uygulanması ile mısır bitkisinin nikel, kadmiyum ve kobalt düzeyinde hafif azalmaların görüldüğü ifade edilmiştir. Küçükhemek ve ark. (2008) toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makro-mikro besin elementleri ve verimine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada kontrole göre arıtma çamurunun bitkinin kurşun içeriğini arttırdığını, çim bitkisindeki kadmiyum miktarlarının ise ölçülemeyecek kadar az seviyede olması sebebiyle analizler sonucu tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Yalçın ve ark. (2010)'nın yaptıkları çalışmada Eskişehir atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarının farklı münavebe sistemlerinde kullanılmasıyla buğday danesi, şekerpancarı yumrusu ve mısır danesinde toplam kurşun, nikel ve kadmiyum değerleri bakımından arıtma çamuru uygulamaları ile kontrol konuları arasında fark bulunmadığı ifade edilmiştir. Keskin ve ark. (2012) buğdaygil-baklagil karışımlarında besin maddesi ve ağır metal konsantrasyonları üzerine azot gübresi ve arıtma çamuru uygulamalarının etkilerini araştırmışlar ve arıtma çamuru uygulama zamanının (İlkbahar ve Sonbahar), bitkinin kurşun ve nikel miktarına etkisini önemli bulmamışlardır. Kontrol ve azot uygulamasına göre, arıtma çamuru buğdaygil-baklagil karışımlarının bitkinin kurşun ve kadmiyum içeriğini arttırdığını ifade etmişlerdir.

Deneme toprağına uygulanan farklı arıtma çamuru dozlarının mısır bitkisinin kök üstü aksamındaki karbon (C) ve hidrojen (H) miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3.11' de ve bunlara ait ortalamaları ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.3.12' de verilmiştir. Arıtma çamuru uygulamaları sonucunda mısır bitkisi kök üstü aksam H içeriği istatistiki yönden $P < 0.01$ düzeyinde önemli, uygulamaların C içeriğine etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3.11).

Uygulamalar ile mısır bitkisi kök üstü aksamında bulunan C miktarı % 40.88 ile tanık parsellerden ($A\check{C}_0$) elde edilmiş, sırasıyla $A\check{C}_{2.5}$ uygulamasında en yüksek C % 41.66, $A\check{C}_5$ uygulaması ile % 40.94, $A\check{C}_{7.5}$ uygulamasında en düşük % 40.64 ve $A\check{C}_{10}$ uygulamasından % 41.14 ile elde edilmiştir. (Çizelge 4.3.12).

Çizelge 4.3.11. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	C		H	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	0.58	1.38	0.02	6.66**
Hata	15	0.42		0.00	
Genel	19				

** İle gösterilen F değerleri, % 1 düzeyinde önemlidir

Mısır bitkisi kök üstü aksamının H miktarları AÇ₀ uygulamasında % 5.38, AÇ_{2.5}, AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamalarında sırasıyla, % 5.40, % 5.50, % 5.42, % 5.27 değerlerini almışlardır (Çizelge 4.3.12).

Çizelge 4.3.12. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam karbon ve hidrojen içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	C (%)	H (%)
Arıtma Çamuru (%)		
AÇ ₀	40.88±0.57	5.38±0.02 b
AÇ _{2.5}	41.66±0.10	5.40±0.01 b
AÇ ₅	40.94±0.08	5.50±0.01 a
AÇ _{7.5}	40.64±0.24	5.42±0.05 ab
AÇ ₁₀	41.14±0.34	5.27±0.04 c

a, b, c: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Artan arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin kök üstü aksamlarındaki azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) miktarlarına etkileri Çizelge 4.3.13' de verilmiştir. Çizelge 4.3.13' ün incelenmesinden de anlaşılabacağı gibi araştırma toprağına uygulanan arıtma çamuru dozlarının mısır bitkisi kök üstü aksamlarındaki N, P ve K içerikleri üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3.13. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	N		P		K	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	2.62	53.70***	0.00	111.22***	0.18	38.70***
Hata	15	0.04		0.00		0.00	
Genel	19						

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam N, P ve K içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.3.14’ de yer almıştır. Çizelge 4.3.14 incelendiğinde toprağa artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle, bitki kök üstü aksamının ortalama N ve P içeriklerinde doğrusal olarak artışlar gözlenmiştir. Mısır bitkisi kök üstü aksam N içerikleri içerisinde en düşük % 1.82 değeri ile farklı bir Duncan grubunu oluşturan kontrol uygulamasından (AÇ₀) elde edilirken, artan arıtma çamuru dozlarına bağımlı (AÇ_{2.5}, % 2.46; AÇ₅, % 2.85; AÇ_{7.5}, % 3.28; AÇ₁₀, % 3.96) olarak, bütün uygulamalar farklı farklı Duncan gruplarını oluşturmuşlardır (Çizelge 4.3.14).

Çizelge 4.3.14. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	N (%)	P (%)	K (%)
Arıtma Çamuru (%)			
AÇ ₀	1.82±0.05 e	0.08±0.00 e	1.88±0.03 b
AÇ _{2.5}	2.46±0.16 d	0.09±0.00 d	1.58±0.02 d
AÇ ₅	2.85±0.12 c	0.10±0.00 c	1.72±0.02 c
AÇ _{7.5}	3.28±0.07 b	0.12±0.00 b	2.12±0.05 a
AÇ ₁₀	3.96±0.09 a	0.14±0.00 a	1.98±0.03 b

a, b, c, d, e: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Uygulamalar ile en düşük kök üstü aksam P içeriği % 0.08 ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilirken, sırasıyla AÇ_{2.5} uygulamasında % 0.09, AÇ₅ uygulaması ile % 0.10 ve AÇ_{7.5} uygulamasında % 0.12 ve en yüksek P içeriği AÇ₁₀ uygulamasından % 0.14 ile elde edilmiştir. İstatistiksel analizler sonucu AÇ₀, AÇ_{2.5}, AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamalarının her biri farklı farklı Duncan gruplarını oluşturmuştur (Çizelge 4.3.14).

Uygulamalar ile mısır bitkisi kök üstü aksamında yer alan K içeriği % 1.88 ile tanık parsellerden (AÇ₀) elde edilirken, sırasıyla AÇ_{2.5} uygulamasında en düşük K % 1.58, AÇ₅ uygulaması ile % 1.72 ve AÇ_{7.5} uygulamasında % 2.12 ve en yüksek K içeriği AÇ₁₀ uygulamasından % 1.98 ile elde edilmiştir. Yapılan Duncan analizlerine göre AÇ₀ ve AÇ₁₀ uygulamaları aynı Duncan grubunda yer alırken, AÇ_{2.5}, AÇ₅ ve AÇ_{7.5} uygulamalarının her biri farklı bir Duncan grubunda yer almıştır (Çizelge 4.3.14). Toprak organik maddesince fakir olan bu topraklara arıtma çamuru uygulamaları bitkinin N, P ve K alımını olumlu yönde etkilemiştir. Benzer olarak, Bozkurt ve ark. (2001) Van ekolojik koşullarında kışlık arpa bitkisinin azotlu gübre isteğinin inorganik

azotlu gübre ve kentsel arıtma çamuru verilerek karşılaştırıldığı denemede, her iki uygulamanında bitki azot içeriğini ve alımını artırdığını fakat, bu artışın arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olduğunu ancak, azot içeriği ve alımı bakımından, inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamaları arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, artan arıtma çamuru dozlarının arpa bitkisi tanesinde fosfor kapsamlarını kontrole göre önemli düzeyde artırdığını ancak potasyum kapsamına etkisinin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Küçükhemek ve ark. (2008) toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makro-mikro besin elementleri ve verimine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada kontrole göre arıtma çamurunun bitkinin azot, fosfor ve potasyum içeriklerini artırdığını azot ve potasyum içeriklerinin istatistiksel düzeyde önemli ($P<0.01$) olduğu bildirilmiştir. Ahır gübresine göre arıtma çamurunun bitkinin azot ve potasyum içeriklerini artırdığını ve bu artışların önemli ($P<0.01$) olduğunu bildirmişlerdir. Demir ve Çimrin (2011) arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle mısır bitkisinin kök üstü aksam fosfor ve potasyum içeriklerinde önemli artışların saptandığı ifade edilmiştir. Akat ve ark. (2017)'nin bildirdiğine göre kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerindeki etkilerinde kök üstü aksam azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin artan arıtma çamuru uygulamalarıyla kontrole göre artış gösterdiği ve bu artışın istatistiksel açıdan önemli bulunduğu belirtilmiştir.

Artan arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin kök üstü aksam kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içeriklerine etkileri Çizelge 4.3.15' te verilmiştir. Çizelge 4.3.15' te deneme toprağına uygulanan arıtma çamuru dozlarının mısır bitkisi kök üstü aksam Ca ve Mg içeriklerine ait varyans analiz sonuçlarından görüldüğü gibi arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin kök üstü aksam Ca ve Mg içerikleri üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3.15. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Ca		Mg	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	1420260.76	396.62***	882.64	28.12***
Hata	15	3580.88		31.38	
Genel	19				

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.3.16' da deneme toprağına uygulanan arıtma çamurunun artan miktarlarının mısır bitkisi kök üstü aksamı içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları gösterilmektedir. Uygulamalar sonrası bitkinin kök üstünde bulunan ortalama Ca miktarları incelendiğinde de görüleceğı gibi toprağına uygulanan arıtma çamurunun artan miktarlarıyla birlikte Ca en az 644.52 mg/kg değeriyle AÇ₀ uygulamasında ve daha sonra 1131.72 mg/kg değeriyle AÇ_{2.5} uygulamasında, 1405.59 mg/kg değeriyle AÇ₅ uygulamasında, 1018.42 mg/kg değeriyle AÇ_{7.5} uygulamasında ve 2234.18 mg/kg değeriyle de AÇ₁₀ uygulamasında ortaya çıkmıştır. En yüksek Ca içeriğı AÇ₁₀ uygulamasında elde edilmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre tüm uygulamaların her biri (AÇ₀, AÇ_{2.5}, AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀) farklı farklı Duncan gruplarını oluşturmuşlardır (Çizelge 4.3.16).

Çizelge 4.3.16' da mısır bitkisi kök üstü aksamının Mg içerikleri sırayla 48.87 mg/kg (AÇ₀), 69.96 mg/kg (AÇ_{2.5}), 80.00 mg/kg (AÇ₅), 85.20 mg/kg (AÇ_{7.5}) ve 82.68 mg/kg (AÇ₁₀) olarak belirlenmiştir. Yapılan Duncan analiz sonuçlarına göre AÇ₀ ve AÇ_{2.5} uygulamaları farklı iki grubu oluştururken, AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamaları aynı Duncan grubunda yer almıştır.

Çizelge 4.3.16. Arıtma çamuru uygulamalarının kök üstü aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Arıtma Çamuru (%)		
AÇ ₀	644.52± 8.38 e	48.87±1.98 c
AÇ _{2.5}	1131.72±27.22 c	69.96±4.30 b
AÇ ₅	1405.59±19.62 b	80.00±2.32 a
AÇ _{7.5}	1018.42±42.08 d	85.20±2.76 a
AÇ ₁₀	2234.18±38.84 a	82.68±1.96 a

a, b, c, d, e: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Ünal ve Katkat (2003) bisküvi ve şekerleme üretimi yapan bir fabrikadan temin ettikleri arıtma çamurunu sera koşullarında farklı dozlarda toprağa uygulayarak inkübasyona bırakmışlardır. Bitkide Ca' un kontrole göre doz artışıyla paralel şekilde arttığı ve artışın istatistiksel açıdan % 0.1 düzeyinde önemli bulunduğu bildirilmiştir. Benzer olarak, Demir ve Çimrin (2011) arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle mısır bitkisinin kök üstü aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerinde önemli artışların saptandığı ifade edilmiştir. Akat ve ark. (2015) tarafından Limonium sinuatum 'compindi white' çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru doz uygulamalarının bitki kök üstü kalsiyum ve magnezyum içeriklerine olumlu yönde önemli etki yaptığı bildirilmiştir. Akat ve ark. (2017) tarafından kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerindeki etkilerinde kök üstü aksam kalsiyum ve magnezyum içeriklerinin artan arıtma çamuru uygulamalarıyla kontrole göre artış gösterdiği ve bu artışın istatistiksel açıdan önemli bulunduğu belirtilmiştir.

Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksamında tespit edilen demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3.17' de bunlara ait ortalamalar ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları Çizelge 4.3.18' de verilmiştir. Çizelge 4.3.17 incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam Fe, Zn ve Mn içeriklerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.001$ düzeyinde önemli bulunurken, Cu içeriğine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.3.17. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Fe		Zn		Cu		Mn	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	345.16	15.86***	1065.05	90.40***	13.01	1.77	441.72	9.74***
Hata	15	21.76		11.78		7.34		45.36	
Genel	19								

*** İle gösterilen F değerleri, % 0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.3.18' de arıtma çamuru uygulamaları sonrası mısır bitkisi kök üstü aksamının ihtiva ettiği Fe içeriklerinin en düşük 36.10 mg/kg ile AÇ₀ uygulamasında

ve yapılan Duncan analizlerine göre tek başına bir grubu oluştururken, diğer uygulamalarda Fe içerikleri sırayla 55.96 mg/kg (AÇ_{2.5}), 55.47 mg/kg (AÇ₅), 58.38 mg/kg (AÇ_{7.5}) ve 57.08 mg/kg (AÇ₁₀) olmuş ve tüm bu uygulamalar hep birlikte diğer bir Duncan grubunu oluşturmuşlardır.

Çizelge 4.3.18. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Arıtma Çamuru (%)				
AÇ ₀	36.10±0.80 b	11.74±0.82 e	8.45±1.58	35.78±2.74 d
AÇ _{2.5}	55.96±2.14 a	28.40±1.88 d	6.38±1.03	45.32±2.76 cd
AÇ ₅	55.47±3.61 a	35.16±1.84 c	6.10±0.40	50.63±0.96 bc
AÇ _{7.5}	58.38±2.18 a	46.48±1.56 b	10.55±1.52	57.84±3.84 ab
AÇ ₁₀	57.08±2.04 a	53.66±2.15 a	8.34±1.76	62.52±5.08 a

a, b, c, d, e: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Mısır bitkisi kök üstü aksamın Zn içeriklerine bakıldığında artan arıtma çamuruna bağımlı düzenli bir artış belirlenmiştir. Endüşük Zn içeriği 11.74 mg/kg ile kontrol uygulamasının (AÇ₀) elde edilirken, AÇ_{2.5} uygulamasında 28.40 mg/kg'a, AÇ₅ uygulamasında 35.16 mg/kg, AÇ_{7.5} uygulamasında 46.48 mg/kg, ve AÇ₁₀ uygulamasında 53.66 mg/kg'a yükselmiştir (Çizelge 4.3.18). Yapılan Duncan analizlerinde AÇ₀, AÇ_{2.5}, AÇ₅, AÇ_{7.5} ve AÇ₁₀ uygulamalarının her biri farklı farklı Duncan gruplarını meydana getirmişlerdir.

Çizelge 4.3.18' da mısır bitkisi kök üstü aksamının ihtiva ettiği Cu miktarlarının sırayla 8.45 mg/kg (AÇ₀), 6.38 mg/kg (AÇ_{2.5}), 6.10 mg/kg (AÇ₅), 10.55 mg/kg (AÇ_{7.5}) ve 8.34 mg/kg (AÇ₁₀) değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Mısır bitkisi kök üstü aksamın artan Mn içerikleri incelendiğinde 35.78 mg/kg ile kontrol uygulaması (AÇ₀) en düşük içerik ortalaması olarak belirlenirken, diğer uygulamalar sırasıyla (AÇ_{2.5}) 45.32 mg/kg, (AÇ₅) 50.63 mg/kg, (AÇ_{7.5}) 57.84 mg/kg ve (AÇ₁₀) 62.52 mg/kg değerlerini alarak artan arıtma çamuru uygulamaları ile düzenli bir şekilde artmışlardır (Çizelge 4.3.18). Farklı bitki ve artma çamuru ile yapılan çalışmalarda farklı ve benzer sonuçlar bulunmuştur. Örneğin, Bozkurt ve ark. (2001) Van ekolojik koşullarında kışlık arpa bitkisinin azotlu gübre isteğinin inorganik azotlu gübre ve kentsel arıtma çamuru verilerek karşılaştırıldığı denemede artan arıtma çamuru dozlarının arpa bitkisi tanesinde demir, bakır ve mangan kapsamlarını kontrole göre

önemli düzeyde arttırdığını ancak çinko kapsamını önemli olarak etkilemediğini bildirirken, Ünal ve Katkat (2003) bisküvi ve şekerleme üretimi yapan bir fabrikadan temin ettikleri arıtma çamuru ile yaptıkları çalışmada mısır bitkisinin demir, çinko ve bakırın içeriklerinin kontrole göre doz artışıyla paralel şekilde arttığı ve bu artışın çinko üzerine etkisinin istatistiksel açıdan % 0.1 düzeyinde, bakır ve mangan üzerine etkisinin istatistiksel açıdan % 5 düzeyinde önemli bulunduğunu bildirmişlerdir. Küçükhemek ve ark. (2006) organik madde ve besin elementi açısından fakir bir toprağa evsel karakterli arıtma çamurunun farklı dozlarını iki yıl süreyle uygulayarak, yetiştirilen çim bitkisinin ağır metal kapsamlarına etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Çim bitkisinin kontrole göre çinko ve bakır içeriklerinin arttığını ve mangan içeriğinde ise azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir. Demir ve Çimrin (2011) arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada, artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle mısır bitkisinin kök üstü aksam demir, çinko, bakır ve mangan ihtivalarında önemli artışların saptandığı ifade edilmiştir. Akat ve ark. (2015) Limonium sinuatum ‘compindi white’ çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru doz uygulamalarının bitki kök üstü demir, çinko, bakır ve mangan içeriklerine olumlu yönde önemli etki yaptığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3.19’ da artan dozlarda arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksamında bulunan kurşun (Pb), nikel (Ni), kadmiyum (Cd) ve kobalt (Cd) içeriklerine ait varyans analiz sonuçları ve Çizelge 4.3.20’ de bunlara ait ortalama değerler gösterilmiştir. Çizelge 4.3.19’ da arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam Pb içeriğine etkisi $P < 0.05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuş, kök üstü aksam Ni düzeyine etkisi ise istatistiki yönden önemsiz olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mısır bitkisinin kök üstü aksamında Cd ve Co içerikleri eldeki olanaklarla tespit edilememiştir.

Arıtma çamurunun mısır bitkisi kök üstü aksam Pb içeriğine etkisi incelendiğinde, tanığa göre tüm uygulamaların Pb içeriğinde artış gözlenmesine rağmen bu artışlar düzenli olmamıştır. (Çizelge 4.3.20). Mısır bitkisi kök üstü aksam Pb en düşük 0.77 mg/kg ile tanık uygulamasından ($A\check{C}_0$) elde edilirken, artan dozlar ile kök üstü aksam Pb içeriği artmış olup ($A\check{C}_{2.5}$: 0.98 mg/kg, $A\check{C}_5$: 1.16 mg/kg ve $A\check{C}_{7.5}$: 2.58 mg/kg), bu dozdan sonraki doz olan (son doz) $A\check{C}_{10}$ dozunda 1.54 mg/kg’ a düşerek azalmıştır.

AÇ₀, AÇ_{2.5}, AÇ₅ ve AÇ₁₀ uygulamaları birlikte aynı Duncan grubu içerisinde yer almış, AÇ_{7.5} uygulaması ise farklı Duncan grubunu oluşturmuştur (Çizelge 4.3.20).

Çizelge 4.3.19. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	Pb		Ni		Cd		Co	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
AÇ	4	2.04	4.56*	1.44	1.08	-	-	-	-
Hata	15	0.45		1.32		-		-	
Genel	19								

* İle gösterilen F değerleri, % 5 düzeyinde önemlidir

Mısır bitkisi kök üstü aksamındaki Ni tanık uygulamasında (AÇ₀) 3.44 mg/kg olarak belirlenmiş, AÇ_{2.5} uygulamasında 3.86 mg/kg, AÇ₅ uygulamasında 4.76 mg/kg, AÇ_{7.5} uygulamasında 4.18 mg/kg ve AÇ₁₀ uygulamasında 3.28 mg/kg Ni belirlenmiştir (Çizelge 4.3.20). Arıtma çamuru uygulamaları sonrası mısır bitkisinin kök üstü aksamında Cd ve Co tespit edilemeyecek kadar düşük bulunmuştur (Çizelge 4.3.20).

Çizelge 4.3.20. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök üstü aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt içeriklerine ait ortalama değerleri ile standart hataları ve ortalamalar arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulamalar	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)
Arıtma Çamuru (%)				
AÇ ₀	0.77±0.18 b	3.44±0.38	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
AÇ _{2.5}	0.98±0.08 b	3.86±0.74	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
AÇ ₅	1.16±0.06 b	4.76±0.89	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
AÇ _{7.5}	2.58±0.71 a	4.18±0.32	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
AÇ ₁₀	1.54±0.08 b	3.28±0.22	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi

a, b: aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (P>0.05)

Bozkurt ve ark. (2001) Van ekolojik koşullarında kışlık arpa bitkisinin azotlu gübre isteğinin inorganik azotlu gübre ve kentsel arıtma çamuru verilerek karşılaştırıldığı denemede artan arıtma çamuru dozlarının arpa bitkisi tanesinde nikel, kadmiyum ve kobalt kapsamını önemli düzeyde etkilemediğini bildirmişlerdir. Topçuoğlu ve ark. (2003) sera koşullarında iki yıllık olarak yürüttükleri saksı denemelerinde toprağa uyguladıkları farklı kentsel arıtma çamurlarının artan dozlarıyla domates bitkisinde meydana gelen bitki besin elementi ve ağır metal içeriklerinin değişimlerini araştırmışlardır. Araştırmanın her iki yılda da arıtma çamurunun artan

dozlarıyla domates bitkisinin kurşun, nikel ve kadmiyum içeriklerinin arttığı bildirilmektedir. Yüksek düzeyde tuz ve mineral içeren çamurun ikinci yıldaki uygulamaları kurşun ve kadmiyumun bitkide insan sağlığı açısından müsaade edilen sınır değerleri aştığı bildirilmiştir. Küçükhemek ve ark. (2006) organik madde ve besin elementi açısından fakir bir toprağa evsel karakterli arıtma çamurunun farklı dozlarını iki yıl süreyle uygulayarak, yetiştirilen çim bitkisinin ağır metal kapsamlarına etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Çim bitkisinin kontrole göre kurşun ve nikel içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Demir ve Çimrin (2011) arıtma çamuru ve humik asit uyguladıkları mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle mısır bitkisinin kök üstü aksam kurşun, nikel, kadmiyum ve kobalt ihtivalarında önemli artışların saptandığını ifade etmişlerdir. Küçükhemek ve ark. (2008) toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makro-mikro besin elementleri ve verimine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada kontrole göre arıtma çamurunun bitkinin kurşun içeriğini arttırdığını, çim bitkisindeki kadmiyum miktarlarının ise ölçülemeyecek kadar az seviyede olması sebebiyle analizler sonucu tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mustafa Kemal Üniversitesi seralarında mısır bitkisi ile saksı denemesi olarak yürütülen çalışmada artan arıtma çamuru (% 0, % 2.5, % 5, % 7.5, % 10) uygulamaları sonrası deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimler ile mısır bitkisinin kök ve kök üstü aksamının verim, besin elementi ve ağır metal içeriklerindeki değişimler incelenmiştir.

Artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle toprağın pH ve kireç içeriğinde doğrusal bir azalma meydana gelirken, toprağın tuz ve organik madde içeriklerinde doğrusal bir artış meydana gelmiş olup, toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde içeriklerinde meydana gelen bu değişimler istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Toprağa artan dozda uygulanan arıtma çamurunun etkisiyle, toprağın N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinde doğrusal olarak artışlar gözlenmiştir. Uygulamalarla N, P, K ve Ca içeriklerinde meydana gelen bu artışlar istatistiki açıdan çok önemli bulunurken, uygulamaların Mg içeriğinde meydana getirdiği artışlar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Deneme toprağına artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun etkisi ile toprağın Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co içeriklerinde doğrusal olarak artışlar meydana gelmiştir. Toprağın mikro elementlerden Fe içeriğine etkisi istatistiki olarak önemsiz olmasına karşılık, diğer mikro elementlerden Zn, Cu ve Mn içeriklerine ve ağır metallere Pb, Ni, Cd ve Co içeriklerine etkisi istatistiki olarak çok önemli olmuştur.

Uygulamalar mısır bitkisinin yaş ve kuru verimi üzerinde tanığa göre olumlu etki yapmış ve bu etki istatistiki düzeyde çok önemli bulunmuştur. Mısır bitkisinin kök yaş ve kuru ağırlığı değerleri tanığa göre artmış ve istatistiki olarak sırayla çok önemli ve önemli tespit edilmiştir. Kök üstü yaş ve kuru ağırlıkları tanığa göre artmış ve uygulamaların etkisi çok önemli bulunmuştur. Mısır bitkisinin bitki boyu ve bitki çapı değerleri tanığa göre tüm uygulamalarda artmış ve uygulamaların artışlar üzerindeki etkisi istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur.

Artan dozda arıtma çamuru uygulamalarıyla mısır bitkisi kök karbon miktarları tanığa göre düzenli azalma göstermiş ve uygulamalar arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Mısır bitkisi kök H içeriğindeki değişimler istatistiki olarak önemli olmuştur. Arıtma çamurunun kök N, P, K, Ca ve Mg içeriklerine etkisi istatistiki açıdan çok önemli bulunmuştur. Arıtma çamurunun artan dozlarda toprağa

uygulanmasıyla bitki kökünün N, P ve Mg içeriklerinde doğrusal düzenli artışlar gözlenmiştir. Arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisi kök mikro elementlerinden Zn, Cu ve Mn içeriklerine etkisi istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Uygulamalar ile kök Zn içeriği doğrusal olarak artarken, Cu içeriği tanığa göre azalmış, Mn içeriği ise tanığa göre düzensiz bir şekilde artmıştır. Artan dozda yapılan uygulamalar sonrası mısır bitkisinin kökünde ağır metallere Pb tanığa göre azalırken Ni tanığa göre artmış ancak uygulamaların etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Bitki kökünde Cd tespit edilememiş, uygulamaların Co içeriğine etkisi ise çok önemli bulunmuştur.

Artan dozda arıtma çamuru uygulamalarıyla mısır bitkisi kök üstü C içerikleri istatistiki olarak önemsiz, H içerikleri ise önemli bulunmuştur. Mısır bitkisi kök üstü N ve P içeriklerinde düzenli artışlar gözlenmiş, kök üstü Ca ve Mg içeriklerinde tanığa göre artışlar meydana gelmiş ve uygulamaların kök üstü N, P, K, Ca ve Mg içerikleri üzerine etkisi istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Uygulamalar sonrası kök üstü aksamda tespit edilen mikro elementlerden Fe tanığa göre artmış, Zn ve Mn içeriklerinde düzenli artışlar meydana gelmiş olup, uygulamaların Fe, Zn ve Mn üzerine etkisi çok önemli ancak, Cu içeriğine etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamalar sonrası kök üstü aksamda tespit edilen ağır metallere Pb içerikleri tanığa göre artış göstermiş ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların kök üstü Ni kapsamına etkisi önemsiz olmuştur. Bitkinin kök üstü kısımlarında Cd ve Co tespit edilememiştir.

Sonuç olarak, Hatay ili İskenderun ilçesi evsel biyolojik arıtma tesisinden taze alınan arıtma çamuru ile yapılan çalışmada, her ne kadar arıtma çamuru uygulamaları bazı bitki özelliklerine olumlu etkilerde bulunmasına rağmen toprakta tuzluluğu arttırıp pH ve kireç içeriğini düşürmesi bu arıtma çamurunun bu haliyle tarım topraklarında kullanılmasının uygun olmayacağını göstermektedir. Ayrıca, arıtma çamuru uygulamasıyla dozlara bağımlı olarak topraktaki ağır metal içeriklerinin artması her ne kadar bu çalışmada ‘‘Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik’’ te yer alan sınır değerlerini aşmamış olsa bile, çamurun kontrolsüz bir şekilde ard arda uygulanmaları durumunda zamanla toprakta ağır metal birikimi ve toksisitesine sebep olabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Akat, H., Çetinkale Demirkan, G., Akat, Ö., Yağmur, B., Yokaş, İ., 2015. Arıtma çamuru uygulamalarının *Limonium sinuatum* 'Compindi White' çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine etkileri. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 52(1): 107-114.
- Akat, H., Altunlu, H., Çetinkale Demirkan, G., Akat Saraçoğlu, Ö., Yokaş, İ., 2017. Kesme gül yetiştiriciliğinde arıtma çamuru uygulamalarının bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerine etkisi. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 54(3): 327-332.
- Angın, İ. ve Yağanoğlu, A. V., 2009. Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanımı. **Ekoloji Çevre Dergisi**, 19(73): 39-47.
- Aşık, B. B. ve Katkat, A. V., 2004. Gıda sanayi arıtma tesisi atığının (arıtma çamuru) tarımsal alanlarda kullanım olanakları. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 18(2): 59-71.
- Aydeniz, A., 1985. **Toprak amenajmanı**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 928, Ders Kitabı No: 263, Ankara.
- Ayvaz, Z., 2000. Atık su arıtma çamurlarının değerlendirilmesi. **Ekoloji Çevre Dergisi**, 9(35): 3-12.
- Belhaj, D., Elloumi, N., Jerbi, B., Zouari, M., Abdallah, F. B., Ayadi, H., Kallel, M., 2016. Effects of sewage sludge fertilizer on heavy metal accumulation and consequent responses of sunflower. **Environmental Science and Pollution Research**, DOI 10.1007/s11356-016-7193-0
- Bouyoucous, G. D., 1951. A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. **Agronomy Journal**, 43 434-438.
- Bozkurt, M. A., Erdal, İ., Çimrin, K. M., Karaca, S., Sağlam, M., 2000. Kentsel arıtma çamuru ve hümik asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin içeriği ve ağır metal kapsamına etkisi. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 6(4): 35-43.
- Bozkurt, M. A., Yılmaz, İ., Çimrin, K. M., 2001. Kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılması. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi**, 7(1): 105-110.
- Bozkurt, M. A. ve Çimrin, K. M., 2003. Kanalizasyon çamuru uygulamalarının kireçli bir topraktaki besin maddesi ve ağır metal konsantrasyonuna etkisi. **Fresenius Environmental Bulletin**, 12(11): 1354-1360.
- Bremner, J. M., 1965. Total nitrogen. in. C.A. Black et al. (ed). methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9; 1149 - 1178. **Am. Soc. of Agron.**, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Çelik, A., Ünal, M., Kutlu, T., 2009. Sera koşullarında arıtma çamuru uygulamalarının *freesia spp*' nin çiçeklenme özelliklerine etkileri. **Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 23(49): 50-54.
- Çetinkale Demirkan, G., Akat, H., Yokaş, İ., 2014. Atık su arıtma çamurunun *clarkia amonena* (yer açelyası) türünde bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkisi. **U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 28(2): 49-57.
- Çetinkale Demirkan, G., Akat, H., Yağmur, B., 2017. Farklı atık materyallerin *Matthiola incana* 'Iron Rose' yetiştiriciliğine etkisi. **Mediterranean Agricultural Sciences**, 30(3): 173-178.

- Çiçek, A., Karaman, M. R., Turan, M., Güneş, A., Çığdem, A., 2013. Yield and nutrient status of wheat plant (*T. Aestivum*) influence by municipal wastewater irrigation. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, 11 (1); 733-737.
- Çimrin, 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.
- Delgado Arroyo, M. D. M., Porcel Cots, M. A., Miralles De Imperial Hornedo, R., Beltran Rodriguez, E. M., Beringola Beringola, L., Martin Sanchez, J. V., 2002. Sewage sludge compost fertilizer effect on maize yield and soil heavy metal concentration. **Revista Internacional de Contamination Ambiental**, 18(3): 147-150.
- Demir, E., 2010. Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın verim, besin elementi ve ağır metal içeriğine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- Demir, E. ve Çimrin, K. M., 2011. Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerine etkileri. **Tarım bilimleri dergisi**, 17: 204-216.
- Dönmez, D., 2004. Organik kökenli arıtma çamurunun tarımda kullanılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi
- Düzgüneş, A., Kesici, O. T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. **Araştırma ve deneme metodları (İstatistik metodları-II)**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ankara, 381 s.
- Gün, M. ve Erdem, A. M. 2003. **Hatay tarım mastır planı**. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı ve Hatay Tarım İl Müdürlüğü İl Tarım ve Kırsal Kalkınma Mastır Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi, s. 234, Hatay.
- Hanay, Ö. Ve Hasar, H., 2007. Kayseri ili kentsel atık su arıtma tesisi çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım potansiyeli. **Fırat Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 19(3): 333-337.
- Hızalan, E., Ünal, E., 1966. **Topraklarda önemli analizler**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 278.
- Jackson, M., 1958. **Soil chemical analysis**. Prentice Hall, Inc. New Jersey. USA.
- Kacar, B., 1984. **Bitki besleme uygulama kılavuzu**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900, Uygulama Kılavuzu: 214, Ankara, 140 s.
- Kacar, B., 1994. **Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III toprak analizleri**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705 s.
- Keskin, B., Bozkurt, M. A., Akdeniz, H., 2012. Buğdaygil-baklagil karışımlarında besin maddesi ve ağır metal konsantrasyonları üzerine azot gübresi ve arıtma çamuru uygulamasının etkileri. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 2(3): 93-102.
- Khan, K. D., Frankland, B., 1983. Chemical froms of Cd and Pb in some contaminated soils. **Environmental Pollution**, 6: 15-31.
- Kocaer, F. O. ve Başkaya, S. H., 2001. Arıtma çamurlarının araziye uygulanması. **Ekoloji Çevre Dergisi**, 11(41): 12-15.
- Küçükhemek, M., Gür, K., Berktaş, A., 2006. Evsel karakterli atık su arıtma çamurlarının çim bitkisi ağır metal içeriği üzerine etkisi. **Selçuk Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi**, 21(3-4).

- Küçükhemek, M., Gür, K., Uyanöz, R., 2008. Toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makro-mikro besin elementleri ve verimi üzerine etkisi. **Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 22(45): 94-104.
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W. A., 1978. Development of a DTPA micro nutrient soil test. for Fe, Cu, Zn and Mn. **Soil Science Soc. Amer. Proc.** 42: 421-428 p.
- Mantovi, P., Baldoni, G., Toderi, G., Research, W., 2005. Reuse of liquid, dewatered, and composted sewage sludge on agricultural land: effects of long-term application on soil and crop. **Water Research**. 39: 289-296.
- Mazen, A., Faheed, F. A., Ahmed, A. F., 2010. Study of potential impacts of using sewage sludge in the amendment of desert reclaimed soil on wheat and jews mallow plants. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 53(4): 917-930.
- Olsen, S. R., Cole, V., Watanabe, F. S., Dean, L. A., 1954. Estimations of available phosphorus in soils by extractions with sodium bicarbonate. **U. S Dept. Of Agric. Cric.** 939.
- Önal, M. K., Topçuoğlu, B., Arı, N., 2003. Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi* II. gelişme ve meyve özellikleri ile meyvede mineral içerikleri. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 16(1): 97-106.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 1993. **Toprak bilimi**. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: 16, Adana.
- Özyazıcı, M. A. ve Özyazıcı, G., 2012. Arıtma çamurunun toprağın bazı temel verimlilik parametreleri üzerine etkileri. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 27(2): 101-109.
- Özyazıcı, M. A., Özyazıcı, G., Bayraklı, B., 2012. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın ekstrakte edilebilir demir, bakır, çinko ve mangan kapsamı üzerine etkileri. **Toprak Su Dergisi**, 1(2): 110-118.
- Richards, L. A., 1954. **Diagnosis and imprvement of saline and alkaline soils**. Handbook: 60, U. S. Dept. of Agriculture.
- Scancar, J., Milacic, R., Strazar, M., Burica, O., 2000. Total metal concentrations and partitioning of Cd, Cr, Cu, Fe, Ni and Zn in sewage sludge. **Science of The Total Environment**, 250(1-3): 9-19.
- Snyman, H. G., De Jong J. M., aveling, T. A. S., 1998. The stabilization of sewage sludge applied to agricultural land and the effects on maize seedlings. **Wat. Sci. Tech.**, 38(2): 87-95.
- TÇV (2010). Evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik: [http://www.cevre.org.tr/Tcm/Yonetmelikler/Evsel ve Kentsel Arıtma Camurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik.htm](http://www.cevre.org.tr/Tcm/Yonetmelikler/Evsel%20ve%20Kentsel%20Arıtma%20Camurlarının%20Toprakta%20Kullanılmasına%20Dair%20Yönetmelik.htm)
- Thomas, G. W., 1982. Exchangeable cations. P. 159-165. Chemical and microbiological properties. **Agronomy monography**. No: 9, A. S. A. –S. S. S. A., Madison, Winconsin. USA.
- Topçuoğlu, B., Önal, M. K., Arı, N., 2003. Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi I. bitki besinleri ve ağır metal içerikleri. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 16(1): 87-96.
- Tunçtürk, R. ve Çiftçi, V., 2011. Van ekolojik koşullarında farklı gübre kaynakları, ekim zamanı ve bakteri aşılamanın çemende (*trigonella foenum-graecum l.*)

- verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 21(2): 112-121.
- Türkmen, Ö., Şensoy, S., Çırka, M., 2001. Kentsel arıtma çamurunun hıyarda çıkış ve fide gelişimi üzerine etkisi. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 11(1): 1-4.
- Ünal, M. ve Katkat, A. V., 2003. Bisküvi ve şekerleme sanayi arıtma çamurunun toprak özelliklerine ve mısır bitkisinin kimi mineral madde içeriği üzerine etkileri. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 17(1): 107-118.
- Ünal, M., Karaca, A., Çetin Camcı, S., Çelik, A., 2011. İçme suyu tesisi arıtma çamurunun arpa zambağı (*freesia spp.*) bitkisi gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. **Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi** 25(2): 46-56.
- Walkley, A. and Black, L. A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.**, 37: 29-38.
- Yakupoglu, T. ve Özdemir, N., 2007, Erozyona uğramış topraklara uygulanan arıtma çamuru ve çay endüstrisi atığının toprakların mikro element içeriklerine etkileri. **Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 22(2): 207-213.
- Yalçın, G., Yavuz, R., Taşpınar, K., Yılmaz, M., Ateş, Ö., 2010. Eskişehir atık su arıtma tesislerinden çıkan çamurların farklı münavebe sistemlerinde kullanılması. **Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Temmuz-2010, s:43.**
- Yalçın, G., Yavuz, R., Yılmaz, M., Taşpınar, K., Ateş, Ö., 2011. Arıtma çamurlarının tarım alanlarında değerlendirilmesi. **Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, Sigma 3: 156-164.
- Zorer Çelebi, Ş., Arvas, Ö., Çelebi, R., Yılmaz, İ. H., 2010. Atıksu arıtma çamuru ile tesis edilen yeşil alanda ingiliz çimi (*Lolium perenne L.*)'nin performansının belirlenmesi. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 7(3): 111-118.
- Zorer Çelebi, Ş., Arvas, Ö., Çelebi, R., Yılmaz, İ. H., 2011. Rizomlu kırmızı yumak (*Festuca rubra var. rubra*) ile tesis edilen yeşil alanda atık su arıtma çamurunun tesis gübresi olarak değerlendirilmesi. **Ekoloji Çevre Dergisi**, 20(78): 18-25.

ÖZGEÇMİŞ

Hatay İskenderun’ da 1992 yılında doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini İskenderun’ da tamamladı. 2010 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünü kazandı. 2014 yılında lisans derecesini alarak mezun oldu. 2015 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı ve halen devam etmektedir.

