

T.C.
ANAkkALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANAkkALE EVSEL ATIKSU ARITMA ÇAMURUNUN
ÇİM BİTKİSİNİN BİTKİ BESİN ELEMENTİ VE
AĞIR METAL İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yasemin EKLEME

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 15/08/2018

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ali SÜMER

ANAkkALE

Yasemin EKLEME tarafından Dr. Öğr. Üyesi Ali SÜMER yönetiminde hazırlanan ve 15/08/2018 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “Çanakkale Evsel Atıksu Arıtma Çamurunun Çim Bitkisinin Bitki Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Dr. Öğr. Üyesi Ali SÜMER

Başkan

.....

Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK

Üye

.....

Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN

Üye

.....

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FLY-2017-1182.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Yasemin EKLEME

TEŞEKKÜR

Tez çalışma süresi boyunca benden yardımlarını esirgemeyen sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali SÜMER, sayın hocam Prof. Dr. Nuray Mücellâ MÜFTÜOĞLU ve sayın hocam Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN, üniversite hayatım boyunca hep yanımda ve destek olan değerli arkadaşlarım Nurgül UZUNBOY, Caner GELMEZ ve hayatımın her evresinde, her konuda benim yanımda olan sevgili canım aileme sonsuz ve içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırma; “Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi” tarafından “FYL-2017-1182” No.’lu Proje numarasıyla “Yüksek Lisans Tez Projesi” olarak desteklenmiştir.” ÇOMÜ-BAP Koordinasyon Birimi’ne ve ÇOMÜ-Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi’ne desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Yasemin EKLEME
Çanakkale, Ağustos 2018

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde oranı
AÇ	Arıtma Çamuru
ÇOBİLTUM	ÇOMÜ Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
ÇOMÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
Ni	Nikel
Cr	Krom
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Da	Dekar
G	Gram
Kg	Kilogram
m ²	Metre kare

ÖZET

ÇANAKKALE EVSEL ATIKSU ARITMA ÇAMURUNUN ÇİM BİTKİSİNİN BİTKİ BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yasemin EKLEME

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali SÜMER

15/08/2018, 33

Arıtma çamuru bünyesinde bitki besin elementleri, ağır metaller ve organik bileşikler bulundurmaktadır. Tarım alanlarında kullanımı çevre üzerine olan olumsuz etkileri azaltacak ve toprak üretkenliğini dolayısıyla da bitki büyümesini teşvik edecektir. Bu amaçla, Çanakkale Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisinden elde edilmiş arıtma çamurunun dört dozu (hiç arıtma çamuru uygulanmayan kontrol dozu, izin verilen maksimum doz, maksimum dozun yarısı, maksimum dozun iki katı), ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesinden alınan tarım toprağına karıştırılarak ingiliz çimi (*Lolium perenne* L.) yetiştirilmiştir. Dört tekerrürlü yürütülen denemede, bitkide belli dönemlerde dört kez hasat yapılarak temsili örnekler alınmıştır. Alınan çim örneklerinde bazı bitki besin elementleri (N, P, K) ve ağır metal içerikleri (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn) belirlenmiştir.

Elde edilen verilerin istatistik analiz sonuçlarına göre çim biçim zamanı ile arıtma çamuru uygulamalarının birlikte etkisi (intereaksiyonu); bitkide incelenen ağır metallerden kurşun hariç istatistiksel anlamda önemli olmuştur ($p \leq 0,01$). Arıtma çamurunun maksimum doz uygulamasının ağır metal içeriği yönetmelik kapsamında kalmakta olup çim bitkisine gübre olarak kullanılması önerilir.

Anahtar sözcükler: Arıtma Çamuru, Bitki Besin Elementi, Ağır Metal, Toprak

ABSTRACT

EFFECTS OF ÇANAKKALE DOMESTIC SEWAGE SLUDGE ON NUTRIENTS AND HEAVY METAL CONTENT OF GRASS

Yasemin EKLEME

Çanakkale Onsekiz Mart University

Institute of Natural and Applied Sciences

Soil Science and Plant Nutrition Department

Graduate Thesis

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ali SÜMER

15/08/2018, 33

Sewage sludge consists of nutrients, heavy metals and organic compounds. The usage of sewage sludge in agricultural fields will reduce the negative effects on the environment and will promote soil productivity hence plant growth. For this purpose, four doses of sewage sludge obtained from Çanakkale Municipality Sewage Treatment Plant (a control dose where no sewage sludge is applied, the maximum dose permitted, half of the maximum dose, twice of the maximum dose) have been combined with the agricultural soil taken from Dardanos Campus, and British grass (*Lolium perenne*) has been grown.

Statistical analysis results showed that interreaction of grass cutting time and sewage sludge applications; except plant lead content has been found statistically significant ($p \leq 0,01$). The regulations concerning to the maximum dose implementation of sewage sludge may stand in a regulations and it is recommended to use it as fertilizer for the grass plant.

Keywords: Sewage Sludge, Nutrients, Heavy Metal, Soil

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
BÖLÜM 3	6
MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
3.1. Materyal	6
3.1.1. Arıtma Çamuru	6
3.1.2. Deneme Toprağı	7
3.1.3. Bitki Materyali.....	8
3.2. Yöntem.....	9
3.2.1. Çim Bitkisi Analizleri.....	12
3.2.2. Toprak ve Çamurda Yapılan Analizler ve Kullanılan Yöntemler	13
3.2.3. Verilerin İstatiksel Analizi	14
BÖLÜM 4.....	15
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	15
4.1. Çim Bitkisi Analizleri	15
4.1.1. Azot	15
4.1.2. Fosfor.....	16
4.1.3. Potasyum	18
4.1.4. Kurşun	19
4.1.5. Kadmiyum	20
4.1.6. Nikel	22
4.1.7. Krom.....	23
4.1.8. Bakır	24

4.1.9. Çinko	25
BÖLÜM 5	28
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	28
KAYNAKLAR	30
ÖZGEÇMİŞ	I



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3. 1. Çanakkale belediyesi atıksu arıtma tesisi	6
Şekil 3. 2. Çanakkale belediyesi atıksu arıtma tesisi solar kurutma ünitesi	7
Şekil 3. 3. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos yerleşkesi uygulama alanı	7
Şekil 3. 4. İngiliz çimi (<i>Lolium perenne</i> L.)	9
Şekil 3. 5. Denemede kullanılan saksılardan bir görünüm	11
Şekil 3. 6. Farklı dozlar uygulanmış çim bitkisi saksıları	12
Şekil 3. 7. Çim bitkisi örneklerinin kuru yakma yöntemi ile analize hazırlanması	12



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3. 1. Arıtma çamuru ve toprak örneklerinin analiz sonuçları	8
Çizelge 3. 2. Arıtma çamuru ve toprak örneklerinde bazı alınabilir ve toplam ağır metal kapsamları	10
Çizelge 3. 3. Denemede uygulanan deneme materyalleri, dozları, saksı adetleri ve kodları	10
Çizelge 3. 4. Toprak ve arıtma çamurunda yapılan analizler ve kullanılan yöntemler	13
Çizelge 4. 1. Çim bitkisinin azot içerikleri varyans analiz tablosu.....	15
Çizelge 4. 2. Çim bitkisinin azot içerikleri ortalamaları	15
Çizelge 4. 3. Çim bitkisinin fosfor içerikleri varyans analiz tablosu.....	16
Çizelge 4. 4. Çim bitkisinin fosfor içerikleri ortalamaları	17
Çizelge 4. 5. Çim bitkisinin potasyum içerikleri varyans analiz tablosu.....	18
Çizelge 4. 6. Çim bitkisinin potasyum içerikleri ortalamaları	18
Çizelge 4. 7. Çim bitkisinin kurşun içerikleri varyans analiz tablosu	19
Çizelge 4. 8. Çim bitkisinin kurşun içerikleri ortalamaları.....	20
Çizelge 4. 9. Çim bitkisinin kadmiyum içerikleri varyans analiz tablosu	21
Çizelge 4. 10. Çim bitkisinin kadmiyum içerikleri ortalamaları	21
Çizelge 4. 11. Çim bitkisinin nikel içerikleri varyans analiz tablosu	22
Çizelge 4. 12. Çim bitkisinin nikel içerikleri ortalamaları	22
Çizelge 4. 13. Çim bitkisinin krom içerikleri varyans analiz tablosu	23
Çizelge 4. 14. Çim bitkisinin krom içerikleri ortalamaları	23
Çizelge 4. 15. Çim bitkisinin bakır içerikleri varyans analiz tablosu	24
Çizelge 4. 16. Çim bitkisinin bakır içerikleri ortalamaları	25
Çizelge 4. 17. Çim bitkisinin çinko içerikleri varyans analiz tablosu	26
Çizelge 4. 18. Çim bitkisinin çinko içerikleri ortalamaları.....	26

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Aritma çamurları, atık su arıtma işlem basamaklarındaki mikrobiyal besin zincirinin doğal son ürünleridir. Oluşan çevre bilinci kapsamında bu atıkların çevreyle uyumlu hale getirilmeleri kuşkusuz büyük önem taşır. Doğanın kirlenmesinde, fosil yakıtların kullanılması ve diğer etmenler yanında, atıkların düzenli depolanmaması veya uygun şekilde giderimlerinin sağlanmaması da etkili olabilmektedir. Son yıllarda çevre kirliliğini önleme yönünde gelişmeye başlayan toplumsal bilinçlenme ve ülkelerin bu konuda çıkardığı yasalar da önemli gelişmelerdir. Özellikle büyük kentlerde olmak üzere, atık su arıtma tesislerinin kurulması, sanayide üretim yapan tesislerde de arıtma tesisi yapılma zorunluluğu bu gelişmelere örnek olarak gösterilebilir.

Aritma çamuru, atık su arıtma tesislerinde belirli işlemlerden geçerek çöken, sıvı veya yarı katı halde, yaklaşık %0,25 ile %12 katı madde içeren, kokulu, siyah renkli, organik madde ve besince zengin ham çamur olarak da isimlendirilen bir materyaldir.

Ham çamurlar kullanıma uygun hale getirildiklerinde “arıtma çamuru” olarak adlandırılmaktadır. Arıtma çamuru kimi ülkelerde “biyokatı” olarak da isimlendirilmektedir (Bilgin ve ark., 2002). Arıtma çamurları bulundukları tesise göre içerikleri değişmekte olup, bünyelerinde bitki besin elementleri ve ağır metaller bulundururlar (Taşatar, 1997). Oluşan çamurlar, çeşitli arıtma işlemlerinden sonra, toprağa verilebilir, yakılabilir veya karasal dolgu materyali olarak kullanılabilir. Yeni kirliliklere yol açılmaması, arıtma çamurların bertaraf yöntemlerinde esastır.

Aritma çamurlarının yaygın bertaraf yöntemleri; termik yöntemler, kompostlaştırma, düzenli depolama, yakma ve denize boşaltma şeklindedir. Son yıllarda tarım alanları, peyzaj alanları, fide-fidan yetiştiriciliği, çayır-mera alanları, ormanlar ve toprak ıslahı gerektiren alanlar gibi alanlarda arıtma çamurlarının kullanımlarına rastlanmaktadır.

Ülkemizde arıtma çamurları ile ilgili yasal düzenlemeler başta çevre kanunu (1983) olmak üzere; Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik ile Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik (Anonim, 2010)’ lerdir.

Aritma çamurunu; bitki besin elementleri, organik bileşikler ve bazı iz elementler içermesinden dolayı verimsiz topraklarda ahır gübresi gibi değerlendirebiliriz. Bu şekilde

kullanımlar için uygulanan toprağın ve uygulanacak materyalin sık aralıklarla ağır metal içerikleri güvenilir laboratuvarlarda analiz edilmelidir.

Filibeli (1996), arıtma çamuru miktarının istenenden fazla olması durumunda, tohumun filizlenmesi ile büyüme ve gelişmesinin engelleneceğini belirtmektedir. Araştırmacı, tohuma zarar verilmesini önlemek için, tohumu toprağa yerleştirmeden önce arıtma çamurunun toprağa verilerek bir kaç gün bekletilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda; Ülkemizde her geçen gün atıksu arıtma tesisleri sayısının artışına bağlı olarak bu tesislerden çıkan arıtma çamurlarının miktarının artış göstermesi ve atıkların ağır çevre sorunları yaratması, bertaraf edilmeleri konusunu gündeme taşımaktadır. Bu materyalin önemli miktarda organik madde ve bitki besin elementlerini içermesi, tarım alanlarında gübre materyali olarak değerlendirilmesi olanaklarının araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Ülkemiz topraklarının organik madde içeriğinin oldukça düşük oluşu açığa çıkan bu arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanılabilirliği konusuna önem kazandırmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu atıkların ilerde, hem çevre hem de sağlık açısından büyük sorunlara yol açmaması için başta tarım alanlarında kullanımı konularında çalışmalar yapılmalıdır.

Bu amaçla yayımlan bu çalışmada; Çanakkale belediyesi arıtma çamurunun İngiliz Çimi (*Lolium perenne* L.) bitkisinde azot, fosfor, potasyum, kadmiyum, bakır, nikel, kurşun ve çinko içeriği üzerine etkisini belirlemek kurgulanmıştır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Albiach ve ark. (2000), kurak ve yarı kurak iklim şartlarında tarımsal faaliyetlerin sonucu olarak, vejetatif biomasın yetersiz geri dönüşümünden dolayı toprağın organik madde ihtiyacının arıtma çamuru ile karşılanabileceğini belirtmektedirler.

Almaz (2017), Arıtma çamuru uyguladığı kumlu tın bünyeli bir toprakta mısırın ağır metal içeriği üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmacı çalışmasında, arıtma çamuru uygulamaları sonucu topraktaki toplam As, Ni, ve Pb değişiminin tanığa göre istatistiksel olarak önemli olmadığını; topraktaki toplam Hg, Cu, Cr, Cd ve Zn elementlerinde ise istatistiksel olarak tanığa göre önemli artışlar olduğunu belirtmiştir.

Aşır (2013), yaptığı çalışmada mısır bitkisine arıtma çamuru uygulamış, uygulamanın deneme toprağı ve mısır bitkisinin toplam N içeriğini artırdığını belirtmiştir. Araştırmacı hasat sonrası alınan toprak örneklerinde toplam N miktarında azalma görüldüğünü bunun nedeninin ise ürün ile birlikte azotun önemli bölümünün topraktan kaldırılması olduğunu belirtmiştir. Toplam N’da olduğu gibi, topraktaki alınabilir P ve K’da da arıtma çamuru uygulamalarına paralel olarak tanığa göre artış görülmüştür. Araştırmacı bunun nedeni ise arıtma çamurunun içeriğinde ki yüksek fosfor ve potasyuma bağlamıştır. Çalışmada arıtma çamuru uygulamaları ile topraktaki toplam Ni, Pb, ve Cd içeriğinde tanığa göre istatistiksel olarak değişim olmadığı; toplam Zn, Cr ve Cu elementlerinde ise istatistiksel olarak tanığa göre artış görüldüğü belirtilmiştir. Bu artışların topraktaki toplam Zn, Cr ve Cu miktarı bakımından yönetmelikte izin verilen sınır değerlerin oldukça altında kaldığı belirtilmiştir.

Demir (2010), mısır bitkisine belirli dozlarda arıtma çamuru ve humik asit uygulamış, sonuçta bitki gelişimini, bitkide ve toprakta bitki besin elementlerini, ağır metal içeriklerini incelemiştir. Çalışmada arıtma çamuru uygulamalarının topraktaki ağır metal içeriklerine önemli etkileri bulunurken Cd, ve Pb’da kontrole göre en yüksek değerler % 30 arıtma çamuru uygulanan saksılarda, Ni ve Co’da ise en yüksek değerler %20 arıtma çamuru uygulanan topraklarda bulunmuştur. Humik asit uygulamalarının ise topraktaki ağır metal içeriklerine önemli etkileri bulunmamıştır.

Husseini ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada; araştırmacılar kireçli toprağa 6 farklı dozda çamur uygulayarak arpa yetiştirmişler ve yapılan uygulamaların bazı toprak

özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuçta çamur uygulamaları ile kireçli toprakta elektriksel iletkenliğin arttığını, pH'nın düştüğünü, N ve P miktarının arttığını ve en fazla arpa veriminin en fazla N içeren topraktan elde edildiğini belirtmişlerdir.

Spinosa ve Vesilind (2001), yaptıkları çalışmada; atık su arıtma çamurunun yeşil alanlara uzun süreli olarak besin maddesi sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Önal ve ark. (2003), domates bitkisinde iki yıl yinelemeli olarak iki tip arıtma çamuru ile yaptıkları çalışmada, domates bitkisinin verim ve bazı kalite özellikleri ile mineral madde içeriklerini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan artan dozlarda arıtma çamurlarının; bitkilerde meyve miktarlarını, meyvelerde kuru madde kapsamalarını ve N, P, K, Mg, Fe konsantrasyonlarını artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar yüksek dozlarda uygulanan çamur tipine bağlı olarak bitkilerde fitotoksisite etkilerinin belirlendiğini ve bu tür etkilerin arıtma çamurlarının tarım yoluyla güvenli geri kazanımı konusunda endişe verici bir örnek olabileceğini belirtmişlerdir.

Tunç (2003), Elazığ'daki atıksu arıtma tesisinde yaptığı çalışmada tesisten çıkan arıtma çamurunun ağır metal içeriğini ve organik madde miktarını araştırmıştır. Araştırmacının elde ettiği sonuçlara göre; çamurdaki ağır metallerin “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”nde verilen standartların altında olduğunu ve analizlerin yapıldığı dönemlerde organik madde miktarının % 36–74 ve karbon miktarının % 16.92–34.78 arasında bulunduğunu belirtmiştir.

Türkmen (2004), tarafından yürütülen bir çalışmada Ankara kenti atık sularının arıtılması ile elde edilen arıtma çamurları mineral azotlu bir gübre ile birlikte karşılaştırmalı olarak tesis civarındaki kireçli bir toprak sistemine artan dozlarda uygulanmış ve iki yıl kuru tarım şartlarında arpa bitkisi yetiştirilmiştir. Bu çakılı denemenin sonuçlarına göre; toprakta toplam ve alınabilir kadmiyum, bakır, nikel, kurşun, çinko içeriklerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca bitkide de sap ve dane kısımları ayrı ayrı analiz edilmiş, incelenen ağır metallerin topraktan bitkiye biyolojik alınabilirlik indeks (BAİ) leri çıkarılmıştır. Arpa bitkisi için incelenen beş ağır metalden BAİ en yüksek olan Zn olmuş, sonra sırasıyla Cu, Cd, Pb ve Ni şeklinde ağır metallerin BAİ indeksleri düşmüştür. Bu çalışmada azot uygulamalarının Ni dışındaki ağır metallerin BAİ'lerine etkisi olmadığı anlaşılmıştır.

Zere (2017), “Farklı Arıtma Çamuru ve Azot Dozlarının Çok Yıllık Çim (*Lolium perenne* L.) Türünde Bitki Gelişimi ve Çim Kalitesi Üzerine Etkileri” konulu yaptığı tez

alışmasında im bitkisinin gelişimi açısından azotlu gübre ile arıtma çamurunu kıyaslamış ve arıtma amurlarıyla ilgili olarak; “Kimyasal gübre kadar üstün performans sergilemese de enaz onlar kadar etki göstererek kabul edilebilir seviyenin üzerinde renk ve kalite değerleri vermiştir” ifadesini kullanmış ve arıtma amurlarının kimyasal gübreye alternatif olabileceğini belirtmiştir.



BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada; Çanakkale belediyesi ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamuru, ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi Dardanos deneme alanı toprağı ve çok yıllık çim bitkisi (*Lolium perenne* L.) deneme materyalleri olarak kullanılmıştır, arıtma çamuru ve deneme toprağının özellikleri aşağıda detaylı açıklanmıştır (Çizelge 3.1).

3.1.1. Arıtma Çamuru

Arıtma çamuru Çanakkale Belediyesi'nin İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi'nden 2017 yılı Nisan ayında temin edilmiştir. Tesisteki solar kurutma/susuzlaştırma ünitesinin devreye girmesiyle son altı aylık (Kasım 2016-Nisan 2017) arıtma çamurunun otomatik karıştırıcılarla sürekli karıştırılmak, havalandırmak ve güneşlendirmek esasına dayalı olarak çalışan solar sistemdeki kuruyan örneklerden temsil yeteneğini artırıcı usüllere uygun olarak örnekleme yapılmıştır. Alınan arıtma çamuru örnekleri laboratuvarında son kez hava kuru nem miktarına kadar kurutulup, tahta tokmakla plastic leğenler içinde ezildikten sonra 2 mm gözenek çaplı elekten geçirilerek denemede kullanılmıştır. Arıtma çamurunun elde edildiği tesis ve kurutulmuş stabilize edilmiş arıtma çamuru ile ilgili fotoğraflar Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Çanakkale belediyesi atıksu arıtma tesisi



Şekil 3. 2. Çanakkale belediyesi atıksu arıtma tesisi solar kurutma ünitesi

3.1.2. Deneme Toprağı

Denemede kullanılan tarım toprağı ÇOMÜ Dardanos yerleşkesi uygulama alanından temsilen alınan topraklardan elde edilmiştir (Şekil 3.3). Toprak hava kuru hale gelene kadar gölgede Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm deposunda bekletilmiştir.



Şekil 3. 3. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos yerleşkesi uygulama alanı

Çizelge 3. 1. Arıtma çamuru ve toprak örneklerinin analiz sonuçları

İNCELENEN ÖZELLİK	TOPRAK	ARITMA ÇAMURU
Organik Madde (%)	1,81	42,73
pH	8,01	6,39
EC (dS/m)	0,42	1,46
CaCO ₃ (%)	11,86	-----
Bünye	TIN (%51 Kum, %35 Tın, %14 Kil)	-----
Toplam N (%)	0,07	4,36
Toplam P (ppm)	932	19291
Toplam K (ppm)	1652	1728
Toplam Ca (ppm)	26798,9	33620,9
Toplam Mg (ppm)	8628,85	4688,77
Toplam Na (ppm)	660,82	2059,78
Nem (%)	4,21	9,65
Tarla Kapasitesi (%)	21,98	48,66

3.1.3. Bitki Materyali

Seçilen çim türü ılıman ve serin iklim bölgelerinde için hazırlanan karışımlarda yaygın olarak kullanılan ingiliz (*Lolium perenne* L.) çimidir.

İngiliz çimi çok yıllık bitki türüdür. Sap uzunluğu 10-90 cm arasında olup ortalama 40-70 cm'dir. Yaprakları çıplak, tüysüz, üst yüzü çizgi şeklinde çıkıntılı, alt yüzü ise düz ve parlaktır. Yaprak ucu sivri ve yaprak dizilişleri yassıdır. Yapraklarının alt kısmı parlaktır. Yaprak damarları yaprağın üst yüzeyinde belirgindir. Salkım şeklinde gelişme gösterir. Kısa kulakçıkları ve zarımsı diltikleri vardır. Çimlenme hızı yüksek olduğu için zarar görmüş çim alanların kısa sürede kapatılmasında sıklıkla tercih edilir. Basılmaya karşı direnci yüksek bir türdür. Bu özelliği ile spor sahalarında yaygın kullanılmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4. İngiliz çimi (*Lolium perenne* L.)

3.2. Yöntem

Araştırma saksı denemesi olarak planlanmış, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi binası bünyesindeki aydınlık, havadar ve kontrollü şartlarda gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan çim bitkisi 10,5 L hacimli poli etilen saksılar kullanılarak yetiştirilmiştir. Önceden temizlenen saksılara kurutulmuş ve elenmiş 4 kg deneme toprağı ağırlık esasına göre hassas terazide tartılarak konulmuştur. Bu saksılara kurutulmuş, elenmiş ve önceden analizleri yapılmış arıtma çamurundan “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” (2010)’ne göre; 0, 430, 860 ve 1720g miktarlar doz olarak belirlenmiştir. Çanakkale belediyesi arıtma çamurunun ağır metal içerikleri bakımından en yüksek seviyeye sahip olan Zn üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. En yüksek metal seviyesinin yönetmelikçe izin verilebilecek miktarı baz alınmıştır. Bu seviyenin yarısı ve iki katı hesaplanarak iki doz daha belirlenmiş ve kontrol dozu ilavesiyle de toplamda dört seviyede arıtma çamuru dörder tekrarlı olarak saksılara homojen olarak karıştırılarak uygulanmıştır.

Temin edilen arıtma çamurunda yüksek oranda Zn içermesi nedeniyle en kritik olan ağır metal olarak nitelendirilmiştir. Denemede kullanılan maksimum doz miktarı arıtma çamurundaki Zn miktarına göre yönetmelik kapsamında hesaplanarak belirlenmiştir.

Tüm saksılara İngiliz Çimi (*Lolium perenne* L.) tohumu 31 Mayıs 2017 tarihinde ekilmiştir ve ilk sulaması yapılmıştır. Çimlenme ve çıkışlar takip edilerek çim bitkisinin gelişim durumuna göre saksıların %50’den fazlasının biçim uzunluğuna gelmesiyle tüm bitkilere dört kez biçim yapılmıştır. Deneme toplam 4 arıtma çamuru dozu ve 4 tekerrür

olmak üzere toplam 16 parselden kurulmuştur (Şekil 3.5). Saksılara herhangi bir kimyasal gübre uygulaması yapılmamıştır. Araştırma materyallerinin bazı alınabilir ve toplam ağır metal kapsamları çizelge 3.2’de verilmiştir.

Denemede kullanılan toprak ve arıtma çamurunun toplam ağır metal analiz sonuçlarına göre; arıtma çamurunun toplam Zn içeriği 729,34 mg kg⁻¹, toprağın Zn içeriği ise 42,44 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3. 2. Arıtma çamuru ve toprak örneklerinde bazı alınabilir ve toplam ağır metal kapsamları

Metaller	Toplam (mg kg ⁻¹)		Alınabilir (mg kg ⁻¹)	
	Arıtma Çamuru	Toprak	Arıtma Çamuru	Toprak
Zn	729,34	42,44	366,0	1,202
Cu	46,33	8,959	1,009	1,587
Cd	0,621	0,228	0,120	0,026
Cr	32,35	11,00	5,911	0,028
Ni	24,41	49,55	5,251	0,996
Pb	16,21	11,00	5,911	0,028

Denemenin kurulması amacıyla, saksılara dört kg toprak materyali tartılarak doldurulmuş ve dozlara göre belirlenen oranlarda arıtma çamuru konulmuştur. Deneme kullanılan materyallerle ilgili bilgiler Çizelge 3.3’te belirtilmiştir.

Çizelge 3. 3. Denemede uygulanan deneme materyalleri, dozları, saksı adetleri ve kodları

Dozlar	Kod	Çamur Miktarı (g)	Toprak Miktarı (g)	Saksı Adedi
½ Maksimum	A	430	4000	4
Maksimum	B	860	4000	4
2 x Maksimum	C	1720	4000	4
Kontrol (0)	K	0	4000	4

Deneme kurulumu için oluşturulan saksılar ekime hazır halde Şekil 3.5’te görülmektedir. Çim bitkisi yetiştirmek için saksı ebatları 33,5 x 46 x 8,5 cm ve 10,5 L hacimli polipropilen (plastik) saksılar seçilmiştir (Şekil 3.5). Bu saksıların seçiminde güneşlenme, biçim kolaylığı ve çim bitkisinin etkili kök derinliği dikkate alınmıştır.



Şekil 3. 5. Denemede kullanılan saksılardan bir görünüm

Arıtma çamuru uygulanması için dört ayrı doz belirlenmiştir. Arıtma çamurunun ve toprak örneklerinin ağır metal analizleri yapılarak ilgili yönetmelik (Anonim, 2010) kapsamındaki topraklara uygulanabilir maksimum çamur dozu öncelikle belirlenmiştir. Daha sonra maksimum dozun yarısı ve maksimum dozun iki katı hesaplanarak iki doz daha belirlenmiştir. Kontrol dozunda ise hiç arıtma çamuru kullanılmamıştır.

İngiliz çimine ait denemede bitkiler; 19.06.2017, 01.07.2017, 14.07.2017 ve 30.07.2017 tarihlerinde olmak üzere 4 kez çelik bıçaklı makas kullanılarak yüzeyden 1-2 cm yükseklikte olacak şekilde el ile biçilmiş, biçimler arası makas temizlenmiş ve biçilen örnekler ayrı kesekağıtlarına konularak etiketlenmiştir. Bu şekilde denemenin her aşamasında bitki örneklerine ağır metal bulaşmamasına özen gösterilerek deneme sonlandırılmıştır.

İngiliz çimi denemesi sonunda tüm biçimlerden elde edilen bitki örnekleri, her saksı kendi içinde ve kendi döneminde olmak üzere homojen bir şekilde karıştırılmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

Analize hazır örneklerde özetle; dört tekerrür x dört arıtma çamur dozu x dört biçim olmak üzere toplam 64 çim bitkisi örneklerinde azot, fosfor, potasyum, kurşun, kadmiyum, nikel, bakır, krom ve çinko elementleri içerikleri incelenmiştir.



Şekil 3. 6. Farklı dozlar uygulanmış çim bitkisi saksıları

3.2.1. Çim Bitkisi Analizleri

Etüvde 60 °C’de kurutulan çim bitkisi örnekleri çelik bıçaklı bitki değirmeninde her biçim ve her uygulama için ayrı ayrı öğütülmüştür. Bitki numuneleri arasında değirmen vakum ve kıl fırçayla temizlenmiş ve numuneler arasında bulaşmaya izin verilmemiştir.

Öğütülen çim bitkisi örneklerinden temsilen ayrılan 0,5 g numune kuru yakma yöntemi (Kacar ve İnal, 2010) ile yakılarak Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarında analize hazırlanmıştır (Şekil 3.7). Yakma işlemi tamamlanan örneklerde ÇOMÜ Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde ICP-OES cihazı yardımıyla; P, K, Pb, Cd, Ni, Cr, Cu ve Zn içerikleri belirlenmiştir.



Şekil 3. 7. Çim bitkisi örneklerinin kuru yakma yöntemi ile analize hazırlanması

Öğütülen bitki örneklerinden temsilen ayrılan bir kısım ise N içeriklerinin belirlenmesi için Çorlu (Tekirdağ) ticaret borsası laboratuvarına gönderilmiş ve azot analizi Bremner ve Mulvaney (1982)'in belirttiği şekilde yaptırılmıştır.

3.2.2. Toprak ve Çamurda Yapılan Analizler ve Kullanılan Yöntemler

Denemede toprak ve arıtma çamuru materyallerinde yapılan analizler ve kullanılan yöntemler Çizelge 3.4' te verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Toprak ve arıtma çamurunda yapılan analizler ve kullanılan yöntemler

ÖZELLİKLER	BELİRLENME YÖNTEMLERİ
Bitkide Kuru Yakma	Bitki örneğindeki organik maddenin 500 °C'lik kül fırınında kuru yakılması, bitki külünün hidroklorik asit veya nitrik asit çözeltisi ve deiyonize su yardımıyla çözülmesi esasına dayanmaktadır (Kacar ve İnal, 2010)
Bitkide toplam N	Bremner ve Mulvaney (1982)
Toprak ve çamurda toplam N	LECO C-N elementel analiz cihazı ile (Kirsten, 1983)
Toprak ve çamurda toplam P	Perkin Elmer Optima 8000, ICP-OES cihazıyla belirlenmiştir.
Toprak ve çamurda toplam K	Perkin Elmer Optima 8000, ICP-OES cihazıyla belirlenmiştir.
Toprakta ve çamurda toplam ve alınabilir ağır metaller	HNO ₃ ve HCl asitlerle 3:1 oranında karıştırılarak elde edilen asit karışımında (Kral suyu) yaşı yakılan örneklerde Perkin Elmer Optima 8000, ICP-OES cihazıyla belirlenmiştir.
Toprakta organik madde	Smith ve Weldon (1941).
Çamurda organik madde	Nemi uçurulan arıtma çamurunun 500 °C de yakılması ile (DIN EN ISO 1172,1998)
Toprak bünyesi	Hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).
Toprak ve çamurda tarla kapasiteleri	Suya doygun hale getirilen toprak ve çamur örnekleri basınçlı membran aletinde 1/3 atmosfer basınca tabi tutularak belirlenmiştir (Klute, 1986).
Toprakta ve çamurda nem miktarları	Toprakta 105°C'de, arıtma çamurunda 70 °C de sabit ağırlığa gelen örneklerde ağırlık kaybı esasına göre belirlenmiştir (Allmaras ve Gardner, 1956).
Toprakta ve çamurda pH ve EC değerleri	Toprakta 1:2,5 toprak:su karışımında, çamurda 1:5 toprak:su karışımında pH değerleri pH-metre ile potansiyometrik olarak; EC ise EC-metre ile ölçülerek belirlenmiştir (Richards, 1954; Grewelling ve Peech, 1960).

3.2.3. Verilerin İstatiksel Analizi

Araştırmadan elde edilen bulgular MINITAB 16.0 programında tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizi yapılarak, uygulamalar arası farklar En Küçük Asgari Farklara (LSD) göre değerlendirilmiştir.



BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Çim Bitkisi Analizleri

Yetiştirilen çimlerde yapılan analizlerin bulguları, bu verilere uygulanan istatistik analizler ve bu istatistik analizlerin varyans analiz tabloları aşağıda sıralanmıştır.

4.1.1. Azot

Biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin azot içeriklerindeki değişim ile ilgili varyans analiz tablosu Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Çim bitkisinin azot içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	33019433	11006478	109,51	0,000
Biçim	3	52102185	17368395	172,80	0,000
Doz x Biçim	9	4009482	445498	4,43	0,000
Tekerrür	3	528389	176130	1,75	0,170
Hata	45	4522896	100509		
Toplam	63	94185385			

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, çim bitkisinin azot içerikleri üzerine biçim süresi ve çamur dozlarının birlikte etkisi (interaksiyon olarak etkisi) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,001$). Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin azot içerikleri ortalaması Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Çim bitkisinin azot içerikleri ortalamaları

N (mg kg ⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	44256	45254	45183	46055	45187
2. Biçim	45081	46309	46736	47022	46287
3. Biçim	45963	47438	48069	47477	47237
4. Biçim	46083	47565	48461	47797	47476
Ortalama	45346	46641	47112	47088	46547

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak da $P \leq 0.001$ derecesinde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde dördüncü biçim zamanındaki “maksimum” uygulama dozunda azot içeriği en fazla olmuştur ($p \leq 0.001$). Ayrıca biçim zamanına göre en az azot içeriği ise birinci biçim zamanındaki “kontrol” uygulama dozunda elde edilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde azot içeriğinin $44256-48461 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Yüzde miktarlara çevrildiğinde çim bitkisinin azot kapsamlarının %4,42-4,84 arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde azot elementi içeriği en düşük sınır değerinin % 4,00, en yüksek % 5,00 arasında değiştiği (Jones ve ark., 1991) bildirilmiştir. Çim bitkisinde yüksek azot içeriğinin nedeni arıtma çamurunda azotun fazla bulunması ve arıtma çamurunda organik madde miktarının yüksek olmasına ilişkilendirilebilir.

Alınabilir azot formu olan Nitrat (NO_3) toprak içinde kolayca hareket eder. Bu durum nedeniyle arıtma çamuruyla gelen nitrat bileşikler artabilir ve bitkide azot alınımını artırabilir. Azot artışının bir diğer nedeni de ortam sıcaklığındaki artış diyebiliriz. Sıcaklık topraktaki azot mineralizasyonunu etkileyen en temel faktörlerden biridir. Sıcaklık arıtma çamurunun rengi ve miktarına göre de değişken olabilir. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde azot içeriğinin zamanla artış göstermesi, arıtma çamurunun çim bitkisi için uzun süreli azot kaynağı olarak kullanımını sağlayabilir.

Topçuoğlu ve ark. (2003), araştırmalarında arıtma çamuru uyguladıkları domates bitkilerinin kontrole göre azot içeriğinde artış olduğunu saptamışlardır.

4.1.2. Fosfor

Çim bitkisinin fosfor içerikleriyle ilgili varyans analizi Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Çim bitkisinin fosfor içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	8209390	2736463	39,58	0,000
Biçim	3	16518743	5506248	79,65	0,000
Doz X Biçim	9	4164462	462718	6,69	0,000
Tekerrür	3	453284	151095	2,19	0,103
Hata	45	3110801	69129		
Toplam	63	32456679			

Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin fosfor içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin fosfor içerikleri ortalaması Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Çim bitkisinin fosfor içerikleri ortalamaları

P (mg kg⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	3227	3783	4814	3734	3889
2. Biçim	3461	3820	4831	3928	4010
3. Biçim	3548	3738	3619	3776	3670
4. Biçim	2420	2206	3256	2987	2717
Ortalama	3164	3387	4130	3606	3572

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak çamur dozları ve biçim zamanı ayrı ayrı şekilde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde ikinci biçim zamanındaki “maksimum” çamur uygulama dozunda fosfor içeriği en fazla olmuştur (Çizelge 4.4). Ayrıca biçim zamanına göre en az fosfor içeriği dördüncü biçim zamanındaki “1/2 max. doz” uygulamasında elde edilmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde fosfor içeriği en küçük değer 2206 mg kg⁻¹, en büyük değer 4831 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu artışın nedeni olarak Kacar ve Katkat (2010)’ın da belirttiği gibi; arıtma çamurunun içerdiği yüksek fosfor, organik madde içeriğinin fazla olması ve arıtma çamurunun topraktaki pH’yı düşürmüş olmasına bağlanabilir. Arıtma çamuru dozu arttıkça pH değerinde düşüşler olmuştur ve durum fosfor yararlanılabilirliğini artırmaktadır. Fosfor toprak reaksiyonundan en fazla etkilenen bitki besin elementidir. Bitkiler fosforu çoğunlukla topraktan H₂PO₄ ve HPO₄ formunda alırlar. Toprak pH’sının 6,7’den düşük olduğunda, bitkiler fosfordan H₂PO₄ formunda, pH’nın 6,7’den büyük olduğunda ise HPO₄ formunda yararlanırlar. Fosfor asit koşullarda çözünürlüğü güç Fe ve Al bileşikleriyle, alkali koşullarda ise çözünürlüğü güç Ca bileşikleriyle kompleksler oluşturmaktadır (Sezen, 1991). Literatürde P %0,22-0,48 değerleri arasında belirtilmektedir (Jones ve ark., 1991). Yaptığımız

çalışmada çim bitkisinde fosfor içeriği en düşük değeri % 0,30, en yüksek % 0,4 olarak tespit edilmiştir.

Arcak ve ark. (2000), Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi atık çamurunun tarımsal kullanım potansiyeli ile ilgili sera şartlarında ve kireçli bir toprakta arpa bitkisi kullanarak yaptıkları araştırmada, tüm atık çamur dozlarında alınabilir fosforun arttığını bulmuşlardır. Ayrıca yetiştirilen arpa bitkisinde P içerikleri ile uygulanan çamur dozları arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.3. Potasyum

Biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin örneklerin potasyum içerikleri üzerine etkisine dair varyans analiz tablosu Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Çim bitkisinin potasyum içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	125008,5	41669,5	175,15	0,000
Biçim	3	23506,7	7835,6	32,94	0,000
Doz x Biçim	9	10617,5	1179,7	4,96	0,000
Tekerrür	3	1739,0	579,7	2,44	0,077
Hata	45	10705,7	237,9		
Toplam	63	171577,5			

Çizelge 4.5'te de görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin potasyum içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre potasyum ortalaması Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Çim bitkisinin potasyum içerikleri ortalamaları

K (mg kg ⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	1589	1642	1662	1635	1632
2. Biçim	1594	1684	1714	1704	1674
3. Biçim	1599	1712	1717	1699	1682
4. Biçim	1571	1701	1705	1701	1670
Ortalama	1588	1685	1699	1685	1664

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak da önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde üçüncü biçim zamanındaki maksimum uygulama dozunda potasyum içeriği en fazla bulunmuştur ($p \leq 0,001$). Ayrıca biçim zamanına göre en az potasyum içeriği dördüncü biçim zamanındaki “kontrol” uygulama dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde, çim bitkisi örneklerinde potasyum içeriğinin 1571-1717 (mg kg^{-1}) arasında değiştiği görülmektedir. Yüzdeye çevrildiğinde bu değerlerin %0,15-0,17 arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde potasyum içeriği en düşük sınır değeri % 2,70, en yüksek % 2,50 olarak belirtilmektedir (Jones ve ark., 1991). Potasyum içeriğinin düşük olmasının nedeni toprakta ve arıtma çamurunda fosforun fazla bulunması, potasyum içeriğinin az olması ve toprakta kireç oranının yüksek olmasıyla açıklanabilir. Kacar ve Katkat (2010), potasyum ile Mg ve Ca arasında antagonistik bir etkileşim olduğunu, kireç oranının yüksek olmasından dolayı Mg ve Ca miktarları artış görüldüğünü ve potasyum içeriğinde azalma görüldüğünü belirtmişlerdir.

Ok (2012), İngiliz çimi bitkisinde arıtma çamuru uygulamasının, toprakların kireç düzeylerinin ve arıtma çamuru uygulaması ile toprakların kireç düzeyleri arasındaki interaksyonu ve bitkinin potasyum içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunduğunu belirten bir başka araştırmacıdır.

4.1.4. Kurşun

Çim bitkisi örneklerin biçim süresi ve dozlara göre kurşun içerikleri üzerine etkisine dair varyans analiz tablosu Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Çim bitkisinin kurşun içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	0,0041406	0,0013802	4,92	0,005
Biçim	3	0,0050306	0,0016769	5,98	0,002
Doz X Biçim	9	0,0058808	0,0006534	2,33	0,030
Tekerrür	3	0,0003126	0,0001042	0,37	0,774
Hata	45	0,0126124	0,0002803		
Toplam	63	0,0279769			

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin kurşun içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin kurşun içerikleri ortalaması Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Çim bitkisinin kurşun içerikleri ortalamaları

Pb (mg kg⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	0,14	0,16	0,18	0,13	0,15
2. Biçim	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17
3. Biçim	0,16	0,16	0,18	0,17	0,17
4. Biçim	0,16	0,18	0,18	0,19	0,18
Ortalama	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmamıştır. İki faktör birbirinden bağımsız olarak çamur dozları ve biçim zamanı $P \leq 0.005$ derecesinde ayrı şekilde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde dördüncü biçim zamanındaki “maksimum x 2” uygulama dozunda kurşun elementi içeriği en fazla olmuştur ($p \leq 0,001$). Ayrıca biçim zamanına göre en az kurşun elementi içeriği dördüncü biçim zamanındaki “kontrol” uygulama dozunda elde edilmiştir.

Çizelge 4.8 incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde kurşun içeriğinin 0,13-0,19 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde kurşun elementi içeriği en yüksek sınır değeri 2 ppm’dir (FAO-WHO, 2003). Çim bitkisinde kurşun elementi içeriğinin düşük olmasının nedeni toprakta ve arıtma çamurunda düşük kurşun olmasıdır.

Türkmen ve ark. (2001), arıtma çamuru uygulamasının sera şartlarında yetiştirilen arpa ile bazı ağır metallerin topraktan alınabilirliği konusundaki yaptıkları araştırmada; arıtma çamuru uygulamalarının yüksek dozlardaki uygulamalarda bitki bünyesindeki metallerden Cu ve Pb dışındaki metallerin bitkide izin verilen sınırlarda kaldığını belirtmişlerdir.

4.1.5. Kadmiyum

Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin kadmiyum içerikleri üzerine etkisi Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4. 9. Çim bitkisinin kadmiyum içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	0,0006404	0,0002135	34,28	0,000
Biçim	3	0,0015542	0,0005181	83,20	0,000
Doz X Biçim	9	0,0005441	0,0000605	9,71	0,000
Tekerrür	3	0,0000240	0,0000080	1,29	0,290
Hata	45	0,0002802	0,0000062		
Toplam	63	0,0030430			

Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin kadmiyum içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin kadmiyum içerikleri ortalaması Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. Çim bitkisinin kadmiyum içerikleri ortalamaları

Cd (mg kg ⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
2. Biçim	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03
3. Biçim	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
4. Biçim	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Ortalama	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak çamur dozları ve biçim zamanı $P \leq 0.01$ derecesinde ayrı şekilde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde ikinci biçim zamanındaki “maksimum” uygulama dozunda kadmiyum elementi içeriği en fazla olmuştur ($p \leq 0,01$). Ayrıca biçim zamanına göre en az kadmiyum elementi içeriği birinci biçim zamanındaki “kontrol” uygulama dozunda elde edilmiştir.

Çizelge 4.10 incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde kadmiyum içeriğinin 0,01-0,04 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde kadmiyum elementi içeriği en yüksek sınır değeri 0,5 ppm’dir (FAO-WHO, 2003). Çim bitkisinde kadmiyum elementi içeriğinin düşük olmasının nedeni toprakta ve arıtma çamurunda kadmiyumun az bulunmasıdır.

Türkmen (2004), arpa bitkisinde arıtma çamuru uygulamalarında toprakta toplam ve alınabilir kadmiyum miktarında artış elde etmiştir.

4.1.6. Nikel

Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin nikel içerikleri üzerine etkisi Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4. 11. Çim bitkisinin nikel içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	0,60262	0,20087	17,30	0,000
Biçim	3	4,60181	1,53394	132,11	0,000
Doz X Biçim	9	0,31823	0,03536	3,05	0,006
Tekerrür	3	0,03258	0,01086	0,94	0,431
Hata	45	0,52249	0,01161		
Toplam	63	6,07773			

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin nikel içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin nikel içerikleri ortalaması Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Çim bitkisinin nikel içerikleri ortalamaları

Ni (mg kg ⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	0,57	0,71	0,72	0,93	0,73
2. Biçim	0,90	0,93	0,89	0,88	0,90
3. Biçim	1,15	1,22	1,26	1,51	1,29
4. Biçim	1,18	1,30	1,49	1,56	1,38
Ortalama	0,95	1,04	1,09	1,22	1,07

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksyonu önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak da $P \leq 0.001$ derecesinde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde dördüncü biçim zamanındaki “maksimum x 2” uygulama dozunda nikel elementi içeriği en fazla olmuştur ($p \leq 0,001$). Ayrıca biçim zamanına göre en az nikel elementi içeriği birinci biçim zamanındaki “kontrol” uygulama dozunda elde edilmiştir. Çizelge 4.12

incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde nikel içeriğinin 0,57-1,56 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde nikel elementi içeriği en yüksek sınır değeri 5 ppm'dir (FAO-WHO, 2003). Çim bitkisinde nikel elementi içeriğinin düşük olmasının nedeni toprakta ve arıtma çamurunda alınabilir nikelin düşük olmasıdır.

Küçükhemek ve ark. (2006), çalışmada kontrole göre arıtma çamuru uygulamasının çim bitkisinin Ni içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir.

4.1.7. Krom

Çim bitkisinin krom içerikleri varyans analiz tablosu Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4. 13. Çim bitkisinin krom içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	0,101017	0,033672	17,47	0,000
Biçim	3	1,054255	0,351418	182,33	0,000
Doz X Biçim	9	0,213851	0,023761	12,33	0,000
Tekerrür	3	0,009503	0,003168	1,64	0,193
Hata	45	0,086731	0,001927		
Toplam	63	1,465357			

Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin krom içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin krom içerikleri ortalaması Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4. 14. Çim bitkisinin krom içerikleri ortalamaları

Cr (mg kg ⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	0,27	0,32	0,33	0,37	0,32
2. Biçim	0,34	0,64	0,62	0,58	0,55
3. Biçim	0,66	0,74	0,67	0,60	0,67
4. Biçim	0,61	0,63	0,54	0,56	0,58
Ortalama	0,47	0,58	0,54	0,53	0,53

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak

çamur dozları ve biçim zamanı $P \leq 0.001$ derecesinde ayrı şekilde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde üçüncü biçim zamanındaki “maksimum / 2” uygulama dozunda krom elementi içeriği en fazla olmuştur ($p \leq 0,001$). Ayrıca hasat zamanına göre en az krom elementi içeriği birinci biçim zamanındaki “kontrol” uygulama dozunda elde edilmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde krom içeriğinin 0,27-0,74 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde krom elementi içeriğinin düşük olmasının nedeni toprakta ve arıtma çamurunda alınabilir kromun düşük olmasıdır.

Küçükhemek ve ark. (2006), elde edilen bulgulara göre, arıtma çamuru uygulamasının kontrole göre çim bitkisinin Cr içeriklerini arttırdığı ve bu artışın en çok Cr elementinde olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.8. Bakır

Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin bakır içerikleri üzerine etkisi Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4. 15. Çim bitkisinin bakır içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	51,7251	17,2417	601,92	0,000
Biçim	3	4,2879	1,4293	49,90	0,000
Doz X Biçim	9	2,2406	0,2490	8,69	0,000
Tekerrür	3	0,0049	0,0016	0,06	0,982
Hata	45	1,2890	0,0286		
Toplam	63	59,5475			

Çizelge 4.15’de görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin bakır içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin bakır içerikleri ortalaması Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4. 16. Çim bitkisinin bakır içerikleri ortalamaları

Cu (mg kg⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	3,65	4,31	5,26	5,25	4,62
2. Biçim	3,57	5,16	5,81	6,36	5,23
3. Biçim	3,68	5,19	6,09	6,01	5,24
4. Biçim	3,61	5,23	5,94	5,88	5,16
Ortalama	3,63	4,97	5,78	5,87	5,06

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak çamur dozları ve biçim zamanı $P \leq 0.001$ derecesinde ayrı şekilde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde ikinci biçim zamanındaki “maksimum x 2” uygulama dozunda bakır elementi içeriği en fazla olmuştur ($p \leq 0,001$). Ayrıca biçim zamanına göre en az bakır elementi içeriği ikinci biçim zamanındaki “kontrol” uygulama dozunda elde edilmiştir.

Çizelge 4.16 incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde bakır içeriğinin 3,57-6,36 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde bakır elementi içeriği en düşük sınır değeri 4-5 ppm, en yüksek 8 ppm’dir (Jones ve ark. 1991). Çim bitkisinde bakır elementi içeriğinin uygun seviyede olmasının nedeni toprakta ve arıtma çamurunda bakırın fazla bulunması, toprakta organik madde içeriği ve kirecin çok yüksek olmamasıdır (Kacar ve Katkat, 2010).

Bozkurt ve ark. (2000), Bu çalışmada kontrole göre arıtma çamuru dozlarının toprakta Cu konsantrasyonlarının arttırdığını belirtmişlerdir.

4.1.9. Çinko

Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin çinko içerikleri üzerine etkisi Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4. 17. Çim bitkisinin çinko içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Doz	3	1728,31	576,10	297,27	0,000
Biçim	3	652,90	217,63	112,30	0,000
Doz X Biçim	9	166,59	18,51	9,55	0,000
Tekerrür	3	14,10	4,70	2,43	0,078
Hata	45	87,21	1,94		
Toplam	63	2649,11			

Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi, biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin çinko içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Örneklerin biçim süresi ve dozlara göre çim bitkisinin çinko içerikleri ortalaması Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4. 18. Çim bitkisinin çinko içerikleri ortalamaları

Zn (mg kg ⁻¹)	Kontrol	½ Max. doz	Max. doz	2 x Max. doz	Ortalama
1. Biçim	25,35	23,98	35,96	36,74	30,51
2. Biçim	25,76	30,56	38,71	40,64	33,91
3. Biçim	31,25	35,12	44,16	40,88	37,85
4. Biçim	31,54	37,42	44,72	39,84	38,38
Ortalama	28,48	31,77	40,89	39,53	35,16

Yapılan istatistik analizlere göre “Biçim süresi x Arıtma çamuru dozları” interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. İki faktör birbirinden bağımsız olarak çamur dozları ve biçim zamanı $P \leq 0.001$ derecesinde ayrı şekilde önemli bulunmuştur. Artan dozda arıtma çamuru uygulanmış çim bitkisinde dördüncü biçim zamanındaki “maksimum” uygulama dozunda çinko elementi içeriği en fazla olmuştur ($p \leq 0,001$). Ayrıca biçim zamanına göre en az çinko elementi içeriği ikinci biçim zamanındaki “maksimum/2” uygulama dozunda elde edilmiştir.

Çizelge 4.18 incelendiğinde, çim bitkisinden alınan örneklerde çinko içeriğinin 23,98-44,72 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Çim bitkisinde çinko elementi içeriği en düşük sınır değeri 10-13 ppm, en yüksek 20 ppm’dir (Jones ve ark., 1991). Çim bitkisinde çinko elementi içeriğinin yüksek olmasının nedeni toprakta ve arıtma çamurunda çinko elementinin fazla bulunması ve sıcak hava koşullarıdır (Kacar ve Katkat, 2010). Fosfor ve çinko arasında antagonistik bir etki ve interaksiyon vardır. Fosfor

alımının azlığı bitkide çinko taşımını ve çinko içeriğini artırmıştır. Ayrıca arıtma çamurunun flokleşme prosesinde kullanılan kimyasalların kalite içeriğinden dolayı çinko değeri yükselmiş diyebiliriz.

Küçükhemek ve ark. (2006), Arıtma çamuru uygulamalarında çim bitkisinde çinko içeriği, minimum 18.6 mg/kg, maksimum 56.4 mg/kg olarak tesbit etmiştir.



BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Aritma çamurları bitki besin elementleri ve ağır metal içerikleri incelenip kontrollü ve yasal çerçevede tarımda gübre olarak değerlendirilmektedir. Çanakkale İlinde arıtma çamuru yıllar geçtikçe fazlalaşmakta ve şehir için kirlilik yaratmaktadır. Çanakkale evsel atıksu arıtma çamuru detaylı şekilde fiziksel, kimyasal ve olmak üzere analiz edilip, içeriği belirlenip sonuçları ortaya konmuştur. Hedefimiz arıtma çamurunun tarımsal alanlarda kullanım imkânını yaratmak için araştırma yapıp sonucunda çamurun organik gübre olarak kullanımını sağlamaktır.

Bu çalışmamızda Çanakkale evsel atıksu arıtma çamurunu analiz edip çeşitli işlemlerden geçirip İngiliz Çimi (*Lolium perenne* L.) üzerinde organik gübre amaçlı kullanıp, bitkinin bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerine etkisi incelenerek tarımsal amaçlı ve kontrollü kullanımı sağlamayı hedeflemiştir.

Bu çalışmada, arıtma çamuru uygulanmış toprakta yetiştirilen çim bitkilerinde kontrole göre ağır metallerde; Cd, Ni, Cr, Cu, Zn içeriklerinin arttığı, bu artışın en fazla Cd, Cr ve Ni içeriklerinde olduğu tespit edilmiştir. Arıtma çamuru uygulanmış toprakta yetiştirilen çim bitkilerinde kontrole göre incelenen bitki besin elementlerinde ise N, P, K içeriklerinin arttığı bu artışın en fazla fosfor içeriklerinde olduğu tespit edilmiştir.

Arıtma çamuru uygulamalarıyla kontrole göre artış gösteren çim bitkisinin ağır metallerde Cu ve Zn içeriklerinin, araştırmacılar tarafından bildirilen yeterli değerlerde ve Cd, Pb, Cr, Ni içeriklerinin ise toksit sınır değerlerin oldukça altında olduğu görülmüştür. Arıtma çamuru uygulamalarıyla kontrole göre artış gösteren çim bitkisinin bitki besin elementlerinde N ve P içeriklerinin araştırmacılar tarafından bildirilen yeterli değerlerde ve K içeriğinin ise düşük olduğu görülmüştür.

Kontrole göre arıtma çamuru uygulamalarında çim bitkisinde ağır metal içeriği sıralaması; Zn> Cu> Ni> Cr> Pb> Cd şeklinde gerçekleşmiştir. Kontrole göre arıtma çamuru uygulamalarında Bitki besin element içeriği sıralaması N> P> K şeklinde gerçekleşmiştir.

Arıtma çamurunun tarımsal alanlarda kullanım imkânını yaratmak için araştırma yapıp sonucunda çamurun organik gübre olarak kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek amacıyla yaptığımız denemede elde edilen veriler doğrultusunda, bitkide incelediğimiz

bitki besin elementleri ve ağır metal içerikleri (kurşun hariç) kontrole göre arıtma çamuru oranı artması ile artığı belirlenmiştir. Arıtma çamurunun maksimum doz uygulaması tarım alanlarında kullanılabilir sınırlara dair yönetmelik kapsamında kabul edilebilir sınırdaki olduğu için çim bitkisine gübre olarak kullanılması önerilir. Çalışmamızdaki bulgulara göre arıtma çamuru bitkide uzun süreli azot kaynağı olarak da değerlendirilebilir. Hasat süresi ve dozlara göre çim bitkisinin fosfor ve bakır eksikliğinin giderildiği tespit edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Albiach R., Canet R., Pomares F., Ingelmo F., 2000. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 75(1), 43-48.
- Allmaras R.R., Gardner C.O., 1956. Soil Sampling for Moisture Determination in Irrigation Experiments 1. *Agronomy Journal*, 48(1), 15-17.
- Almaz C., 2017. Arıtma Çamuru Uygulamalarının Kumlu Tın Bünyeli Toprağın ve Mısırın Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Türkiye.
- Anonim, 2010. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (3 Ağustos 2010 tarih ve 27661 sayılı Resmi Gazete).
- Arcak S., Türkmen C., Karaca A., Erdoğan E., 2000. A study on potential agricultural use of sewage sludge of Ankara wastewater treatment plant. In *Proceedings of the International Symposium on Desertification* (Vol. 13, pp. 345-349). The Soil Science Society of Turkey.
- Aşır B., 2013. Arıtma Çamuru Uygulamalarının Kumlu Kil Bünyeli Toprağın Özellikleri ve Mısır Verimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Türkiye.
- Bilgin N., Eyüpoğlu H., Üstün H., 2002. Biyokatıların Arazide Kullanımı. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Bouyoucos G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Bozkurt M.A., Yılmaz İ., Çimrin K.M., 2000. Kentsel Arıtma Çamurunun Kışlık Arpada Azot Kaynağı Olarak Kullanılması. *Ankara Üniv. Zir. Fak. Tarım Bilimleri Dergisi* 2000-7(1): 105-110.
- Bremner J.M., Mulvaney C S., 1982. Nitrogen—Total 1. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2)*, 595-624.

- Demir E., 2010. Arıtma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Mısırın Verim, Besin Elementi Ve Ağır Metal İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye.
- DIN EN ISO 1172, 1998. Prepregs, Formmassen und Lamine – Bestimmung des Textilglas-und Mineralfüllstoffgehalts – Kalzinierungsverfahren (Textile-glass-reinforced plastics -Prepregs, moulding compounds and laminates – Determination of the textile-glass and mineral-filler content; calcination methods). Deutsches Institut für Normung, Germany.
- FAO-WHO, 2003. Codex Alimentarius International Food Standards. Codex Alimentarius commission, Codex Stan -179.
- Filibeli A., 1996. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye.
- Grewelling T., Peech M., 1960. Chemical Soil Test. Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bullutenin, 960.
- Husseini A.H.A., Fawy H.A., Abdel-Hady E.S., 2010. Study of sewage sludge use in agriculture and its effect on plant and soil. Agriculture and Biology J. of North America. 2151-7517.
- Jones J.B., Wolf B., Mills H.A., 1991. Grass, Perennial Rye. Plant Analysis Handbook. 125.
- Kacar B., İnal A., 2010. Bitki Analizleri. Nobel Yayınevi, ISBN:978-605-395-036-3, 912s.
- Kacar B., Katkat A.V., 2010. Bitki Besleme (5. baskı). Ankara, Türkiye. 659s.
- Kirsten W. J., 1983. Organic Elemental Analysis. Academic Press, New York, USA.
- Klute A., 1986. Water Retention, Laboratory Methods. Methods of Soil Analysis Part1.2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Argon., 635-660, Madison. USA.
- Küçükhemek M., Gür K., Berktaş A., 2006. Evsel Karakterli Atıksu Arıtma Çamurlarının Çim Bitkisi Ağır Metal (Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Cd) İçeriği Üzerine Etkisi. S.Ü. Mim. Fak. Derg., 21 (3): 3-4.

- Loschinkohl C., Boehm M.J., 2001. Composted biosolids incorporation improves turfgrass establishment on disturbed urban soil and reduces leaf rust severity. Hort Science, 36: 790–794.
- Ok. H., 2012. Farklı Düzeylerde Kireç İçeren Topraklara Uygulanan Arıtma Çamurunun *Cynodon Dactylon* (L.) Pers. ve *Lolium Perenne* (L.) Yetiştiriciliğinde Kullanımı Ve Ağır Metallerin Biyoakümülyasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Türkiye.
- Önal M.K., Topcuoğlu B., Arı N., 2003. Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi II Gelişme ve Meyve Özellikleri İle Meyvede Mineral İçerikleri. Akdeniz Ü. Zir. Fak. Derg., 16(1): 97-106.
- Richards C.E., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook, 60:94.
- Sezen Y., 1991. Toprak Kimyası. Atatürk Üni. Zir. Fak. Yay., 127:120-122.
- Smith H.W., Weldon M.D., 1941. A Comparison of Some Methods for the Determination of Soil Organic Matter 1. Soil Science Society of America Journal, 5(C), 177-182.
- Spinosa L., Vesilind P.A., 2001. Sludge into Biosolids, Processing, Disposal and Utilization. IWA Publishing, UK.
- Taşatar B., 1997. Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Türkiye.
- Topcuoğlu B., Önal M.K., Arı N., 2003. Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri. Akdeniz Ü. Zir. Fak. Derg., 16 (1): 87-96.
- Tunç M.S., 2003. Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi İşletme Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Türkiye.
- Türkmen C., 2004. Kireçli Toprak Sisteminde Kentsel Arıtma Çamurunun Arpa Bitkisinin Gelişimi Bazı Ağır Metallerin Alımı Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Türkiye.

- Türkmen C., Karaca A., Arcak S., 2001. Influence of Sewage Sludge Application on Heavy Metal Availability of Soil and Barley Crop. Soil Science Agrochemistry and Ecology., 36: 4-6.
- Zere S., 2017. Farklı Arıtma Çamuru Ve Azot Dozlarının Çok Yıllık Çim (*Lolium perenne* L.) Türünde Bitki Gelişimi ve Çim Kalitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Türkiye.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yasemin EKLEME
Doğum Yeri : Bursa
Doğum Tarihi : 02.04.1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Yüksek Lisans Öğrenimi : Fen Bilimleri Enstitüsü,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer : Sümer A., Ekleme Y., 2016. Çanakkale Evsel Atıksu Arıtma Çamurunun Çim Bitkisinin Bitki Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi. Trakya Üniversiteler Birliği Lisansüstü Öğrenci Kongresi, P25, Trakya Üniversitesi, Edirne.
Sümer A., Ekleme Y., 2017. Çanakkale Evsel Atıksu Arıtma Çamurunun Çim Bitkisinin Fosfor Elementi İçeriği Üzerine Etkisi. II. Çanakkale Tarımı Sempozyumu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
ÇOMÜ FYL-2017-1182 No'lu "Çanakkale Evsel Atıksu Arıtma Çamurunun Çim Bitkisinin Bitki Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi" isimli yüksek lisans BAP destekli tez projesi

b) Katıldığı Projeler :

İLETİŞİM

E-posta Adresi : yaseminekleme@hotmail.com