EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ KUMLU KİL BÜNYELİ TOPRAĞIN ÖZELLİKLERİ VE MISIR VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Burak AŞIR

Tez danışmanı: Doç. Dr. Sezai DELİBACAK

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Bilim Dalı Kodu: ***501.13.01***
Sunuş Tarihi: 02.08.2013

Bornova-İZMİR
2013

Burak Aşır tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan ‘Arıtma Çamuru Uygulamalarının Kumlu Kil Bünyeli Toprağın Özellikleri Ve Mısır Verimi Üzerine Etkisi’ başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 02/08/2013 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri: **İmza**

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Sezai DELİBACAK .....

Raportör Üye: Prof. Dr. Yusuf KURUCU .....

Üye :Prof. Dr. Bahar TÜRKYILMAZ TAHTA .....

ÖZET

ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ KUMLU KİL BÜNYELİ TOPRAĞIN ÖZELLİKLERİ VE MISIR VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

AŞIR, Burak

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Tez danışmanı: Doç. Dr. Sezai DELİBACAK

Ağustos 2013, 74 sayfa

Bu denemede, kentsel arıtma çamurunun mısır verimi ve toprağın bazı özellikleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Stabilize arıtma çamuru belediyelerin atık su arıtma tesislerinden çıkan son üründür. Bu ürün arazide depolanarak, denize boşaltılarak, toprak altına gömülerek ya da yakılarak bertaraf edilmektedir. Bunlara ek olarak, stabilize arıtma çamuru toprak düzenleyici ve gübre olarak tarım alanlarında da kullanılmaktadır. Bu deneme İzmir Menemen'de bulunan Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme tarlalarında kurulmuştur. Çalışma alanı Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesidir. Arazi çalışmasında tesadüf blokları deneme desenine göre 20 parsel oluşturulmuştur. Deneme parsellerinin genişliği ve uzunluğu 3'er metredir. Denemenin kurulduğu toprağın bünyesi kumlu kildir. Deneme 5 farklı uygulama ve 4 paralelli olarak yürütülmüştür. Bu beş farklı uygulama: kontrol, gübreli tanık (mineral gübre), nemli olarak 5 ton/da, 10 ton/da ve 15 ton/da (kuru ağırlık olarak 1,25t/da; 2,5 t/da; 3,75 t/da) arıtma çamuru uygulamasıdır. Denemede uygulanan artan dozlardaki arıtma çamuru toprağın organik maddesini, tuzunu, pH'sını, katyon değişim kapasitesini (KDK) ve kireç içeriğini tanığa göre istatistiksel olarak artırmıştır. Arıtma çamuru uygulamaları deneme toprağının toplam N içeriğini de artırmıştır. Hasat sonrası alınan toprak örneklerinde toplam N miktarında azalma görülmüştür. Bunun nedeni ürün ile birlikte azotun önemli bölümünün topraktan kaldırılmasıdır. Toplam N'da olduğu gibi, topraktaki alınabilir P ve K' da da arıtma çamuru uygulamalarına koşut olarak tanığa göre artış görülmüştür. Bunun nedeni arıtma çamurunun içeriğinde ki yüksek fosfor ve potasyumdur. Arıtma çamuru uygulamaları ile topraktaki toplam Ni, Pb, ve Cd içeriğinde tanığa göre istatistiksel olarak değişim olmazken, toplam Cu, Cr ve Zn elementleri istatistiksel olarak tanığa göre artış göstermiştir. Bu artışa rağmen, topraktaki toplam Cu, Cr ve Zn miktarı yönetmelikte izin verilen sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır. Arıtma çamuru uygulamaları ile alınabilir Cu, Cr, Ni, ve Zn elementlerinde kontrole göre istatistiksel olarak artış görülürken, alınabilir Cd ve Pb miktarında kontrole göre istatistiksel olarak değişim belirlenmemiştir. Artan dozdaki arıtma çamuru uygulamaları mısır verimini tanığa göre istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıtma Çamuru, Toprak Özellikleri, Makro ve Mikro Elementler, Ağır Metaller, Mısır

ABSTRACT

EFFECTS OF TREATED SEWAGE SLUDGE APPLİCATİONS ON SANDY CLAY SOİL PROPERTİES AND CORN YİELD

AŞIR, Burak

Msc thesis, Departmen of Soil and Plant Nutrition

Supervisor: Assoc. Prof.Dr. Sezai DELİBACAK

August 2013, 74 pages

The aim of this study is to determine effects of treated sewage sludge applications on some soil properties and corn yield. Treated sewage sludge (TSS) is an ultimate product of municipal wastewater treatment. It may be deposited in landfills, in the sea (ocean disposal), under the ground, or (to a certain extent) in the air as a consequence of incineration. In addition TSS can be recycled in various ways, including its use as fertilizer, as a soil conditioner in farmland. The experiment was conducted in the experimental fields of Ege Agricultural Research Institute in Menemen-İzmir. Study area is in the Western Anatolia region of Turkey. The field study was conducted in 20 plots in a randomized-block desing. The plots dimensions were 3 m width and 3 m length. Soil texture of experimental field is sandy clay. The experiment was conducted with four replications and five different applications. These applications are control, mineral fertilizer, moist sewage sludge 5 ton/da, 10 t/da and 15 t/da (as dry sewage sludge 1,25 t/da; 2,5 t/da; 3,75 t/da). Organic matter, total salt, pH, cation exchange capacity (CEC) and lime content of soil were significantly increased by increasing treated sewage sludge levels when compared with the control. Also, Total N content of soil was increased by increasing sewage sludge levels. But N content in the soil decreased in the 2nd sampling period because of the plant uptake of N in soil. As like as total N, addition of increasing treated sewage sludge rates significantly increased available P and K in soil when compared with the control because of high P and K content of sewage sludge. There was no relationship between treated sewage sludge levels and total Ni, Pb and Cd concentration in soil when compared with control. However, total Cu, Cr and Zn concentrations in soil were significantly increased by increasing treated sewage sludge aplications. But heavy metals concentrations in soil were lower than the toxic threshold values according to the offical limits. Increasing treated sewage sludge aplications were significiantly increased available Cu, Cr, Ni and Zn concentrations in soil when compared with control. However, available Cd and Pb concentrations in soil did not change significantly. Applications of increasing treated sewage sludge levels were significantly increased corn yields when compared with control as statistically.

Key words: Sewage sludge, Soil Properties, Macro-and micro-elements, Heavy metals, Corn

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 108G167 nolu TÜBİTAK KAMAG projesi içerisinde yer alan IP 10 Arıtma Çamurlarının Tarımsal Amaçlı Kullanımı bölümünde ki Ege Üniversitesi çalışanları tarafından yürütülen 4 denemeden birinin bazı sonuçlarını içermektedir. Projeyi maddi olarak destekleyen TÜBİTAK ve Ege Üniversitesi BAP komisyonuna, denemenin kurulduğu araziyi tahsis eden T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına, bu konuyu bana yüksek lisans tezi olarak veren ve hazırlanmasında katkılarını esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Sezai DELİBACAK'a, yardımlarından dolayı hocam Sayın Dr. Ali Rıza ONGUN'a, laboratuar çalışmalarında yardımlarını eksik etmeyen arkadaşlarıma ve bana her konuda destek olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET v

ABSTRACT vii

TEŞEKKÜR ix

ŞEKİLLER DİZİNİ xvi

ÇİZELGELER DİZİNİ xvi

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ÖZETİ 6

2.1. Arıtma Çamurunun Tanımı 7

2.2 Arıtma Çamurunun İçeriği 7

2.3. Çamur Stabilizasyonu Yöntemleri 12

2.3.4. Anaerobik çürütme: 12

2.3.5. Aerobik çürütme: 12

2.3.6. Kompostlama: 12

2.3.7. Kurutma: 12

2.3.8. Kireç ile Stabilizasyon: 12

2.4. Arıtma Çamurlarının Bertaraf Yöntemleri 13

2.4.1. Düzenli depolama: 13

2.4.2. Yakma: 13

2.4.3. Kompostlaştırma: 13

2.4.4. Denize boşaltma: 14

2.4.5. Termik yöntemler: 14

2.4.6. Arazide bertaraf yöntemleri 14

2.5. Arıtma Çamuru ile İlgili Yasal Düzenlemeler 15

2.6. İşlenmiş Arıtma Çamurlarının Kullanım Alanları 17

2.6.1. İşlenmiş arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanımı 17

2.7. Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanımının Avantajları 20

2.8. Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanımının Dezavantajları 20

İÇİNDEKİLER (devam)

3. MATERYAL VE YÖNTEM 21

3.1. Materyal 21

3.1.2. Araştırma yerinin arazi ve toprak özellikleri 22

3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri 25

3.1.4. Araştırmada kullanılan arıtma çamuru 25

3.2. Yöntem 26

3.2.1. Denemenin kurulması ve yapılan işlemler ile ilgili süreç 26

3.2.2. Toprak ve bitki örneklerinde yapılan analizler 35

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 37

4.1. Arıtma Çamuru Uygulamasının Mısır Verimi Üzerine Etkisi 37

4.1.1. Denemeden elde edilen toplam mısır (yaprak+sap+koçan) ve tane verimi üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 37

4.2. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Kimi Özellikleri Üzerine Etkisi 38

4.2.1. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının pH değeri üzerine etkisi 38

4.2.2. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının tuz içeriği üzerine etkisi 39

4.2.3. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının kireç içeriği üzerine etkisi 41

4.2.4. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının katyon değişim kapasitesi (KDK) üzerine etkisi 42

4.2.5. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının organik madde içeriği üzerine etkisi 44

4.3. Arıtma Çamuru Uygulamasının Topraktaki Bitki Besin Maddeleri Üzerine Etkisi 46

4.3.1. Arıtma çamuru uygulamasının toprağın toplam azot (N) içeriğine etkisi 46

İÇİNDEKİLER (devam)

4.3.2. Arıtma çamuru uygulamasının toprağın alınabilir fosfor (P) içeriğine etkisi 47
4.3.3. Arıtma çamuru uygulamasının toprağın alınabilir potasyum (K) içeriğine etkisi 49
4.4. Arıtma Çamuru Uygulamasının Topraktaki Ağır Metal Birikimine Etkisi 51
4.4.1. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Cu içeriği üzerine olan etkisi 51
4.4.2. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Zn içeriği üzerine olan etkisi 52
4.4.3. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Cr içeriği üzerine olan etkisi 54
4.4.4. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Cd içeriği üzerine olan etkisi 55
4.4.5. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Ni içeriği üzerine olan etkisi 56
4.4.6. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Pb içeriği üzerine olan etkisi 58
4.5. Arıtma Çamuru Uygulamasının Topraktaki Alınabilir Ağır Metal Birikimine Etkisi 60
4.5.1. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Cu içeriği üzerine olan etkisi 60
4.5.2. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Cd içeriği üzerine olan etkisi 61
4.5.3. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Cr içeriği üzerine olan etkisi 63
4.5.4. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Ni içeriği üzerine olan etkisi 64
4.5.5. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Pb içeriği üzerine olan etkisi 66
4.5.6. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir zn içeriği üzerine olan etkisi 67

İÇİNDEKİLER (devam)

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİ.....69

KAYNAKLAR DİZİNİ.....70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil Sayfa

Şekil 1.1. Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi 5
Şekil 3.1. Denemede açılan profil 24
Şekil 3.2. Profilden başka bir görüntü 24
Şekil 3.4. İZSU Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi'nden arıtma çamurunun alınışı. 28
Şekil 3.5. Arıtma çamurunun tarlaya getirilişi. 28
Şekil 3.6. Deneme alanının işlenmesi. 29
Şekil 3.7. Deneme parsellerinin oluşturulması 29
Şekil 3.8. Arıtma çamuru uygulanmış deneme alanı. 30
Şekil 3.9. Arıtma çamurunun rotavatörle toprağa karıştırılması. 30
Şekil 3.10. Havalı mibzer ile mısır ekimi. 31
Şekil 3.11. Damla sulama sisteminin kurulması. 31
Şekil 3.12. Sulama. 32
Şekil 3.13. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi. 32
Şekil 3.14. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi. 33
Şekil 3.15. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi. 33
Şekil 3.16. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi. 34
Şekil 3.17. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi. 34
Şekil 3.18. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi. 35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge Sayfa

1.1. Bazı avrupa ülkelerinde çamurun değerlendirilmesi 4

2.1. Dünya'da ve ülkemizde tarımsal amaçlı kullanılacak arıtma çamurlarında müsaade edilen maksimum ağır metal değeri.....9

2.2. Topraktaki ağır metal sınır değerleri.....10

2.3. Toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları 10

2.4. Ankara atıksu arıtma tesisi arıtma çamuru ağır metal içerikleri ve yasal limitler.....11

2.5. Avrupa birliğinde kullanılan ve deşarj edilen çamur miktarı 16

2.6. Bertaraf yöntemlerine göre endüstriyel arıtma çamuru miktarları.....17

2.7. Tarımsal kullanım için arıtma çamurundaki ağır metaller için limit değerleri (mg/kg kuru madde) 18

3.1. Deneme toprağının bazı özellikleri.....21

3.2. Deneme toprağının ağır metal içerikleri 21

3.3. Denemede kullanılan arıtma çamurunun özellikleri.....21

3.4. Deneme toprağının bulunduğu arazinin özellikleri ve profil tanımlaması.....23

4.1. Denemeden elde edilen toplam mısır verimi (yaprak+sap+koçan) üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi (kg/da).....37

4.2. Denemeden elde edilen mısır tane verimi üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi (kg/da).....37

4.3. Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının pH değerleri üzerine olan etkisi 38

Çizelge dizini (devam)

Çizelge sayfa

4.4. Deneme toprağının tuz (%) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 40

4.5. Deneme toprağının kireç (%) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 41

4.6. Deneme toprağının KDK'si (me/100g) üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 43

4.7. Deneme toprağının organik madde (%) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 44

4.8. Deneme toprağının toplam azot (N) (%) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 46

4.9. Deneme toprağının alınabilir fosfor (P) (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 47

4.10. Deneme toprağının alınabilir potasyum (K) (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 49

4.11. Deneme toprağının toplam Cu (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 51

4.12. Deneme toprağının toplam Zn (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 52

4.13. Deneme toprağının toplam Cr (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 54

4.14. Deneme toprağının toplam Cd (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 55

4.15. Deneme toprağının toplam Ni (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 57

4.16. Deneme toprağının toplam Pb (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 58

4.17. Deneme toprağının alınabilir Cu (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 60

Çizelge dizini (devam)

Çizelge sayfa

4.18. Deneme toprağının alınabilir Cd (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 61

4.19. Deneme toprağının alınabilir Cr (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 63

4.20. Deneme toprağının alınabilir Ni (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 64

4.21. Deneme toprağının alınabilir Pb (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 66

4.22. Deneme toprağının alınabilir Zn (mg/kg) içeriği üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi 67

1. GİRİŞ

İnsanlar ve tüm canlılar doğa içerisinde birbirleriyle fiziksel, kimyasal ve biyolojik ilişkiler, alışverişler ve dayanışmalar içerisindedirler. Bu canlı topluluğu içerisinde ayrıştırıcılar, üreticiler ve tüketiciler kendi işlevlerini olumlu yönde sürdürdükleri sürece, yaşam ortamı doğal dengesini korur ve canlılar yaşamlarını denge içerisinde sürdürebilirler. Bu dengeyi doğal afetler, değişen iklim olayları vb. nedenler bazen bozsa bile, doğa kendi iç güçleri ve dayanışması ile dengeyi, kısa ya da uzun sürelerde tekrar yenileyebilir ve düzenli doğal yaşamı yeniden yaratabilir. Bu dengeyi bilerek veya bilmeyerek bozan, doğayı ve doğal kaynakları tüketen, kirleten ise insandır. Nüfus artışının da etkisiyle, insanın doğa üzerinde ki olumsuz etkileri, ekolojik dengeleri bozmaya ve sonuçta yaşam ortamının tüm canlı yaşam için özelliklerini ve barındırıcılığını yitirmesine neden olmaktadır. Yaşam ortamı bozulmuş, ekolojik, biyolojik ve fiziksel özellikleri ile iç bünye desteklerini yitirmiş olan bir ortamda da canlıların doğal yaşamlarını sürdürmeleri söz konusu olamaz.

Doğal dengenin bozulmasına yol açan en önemli nedenler nüfus artışı ve kirliliktir. Artan nüfusun gereksinimlerini karşılamak için endüstrinin gelişmesi, tarım alanlarından daha fazla ürün elde edilmesi için daha fazla gübre ve pestisit gibi girdilerin kullanılması, gerek barınma gerek üretim için daha fazla fosil yakıt tüketimi vb. faaliyetler doğa üzerindeki kirlilik baskısını her geçen gün artırmaktadır. İnsanların günlük yaşamları sonucu oluşan evsel atık sular ile endüstri üretimi sürecinde ortaya çıkan atık suların arıtılmadan nehir, göl, deniz ya da araziye boşaltılması da kirliliği oluşturan etmenlerden birisidir.

Son yıllarda dünyada artmaya başlayan çevre koruma ve sürdürülebilir kalkınma bilinci ile birlikte, kaynakların verimli kullanımı, atıkların en aza indirilmesi ve geri dönüştürülmesi ile çevre dostu tasarım gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır.

Ülkemizde, birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi atık suların arıtılmadan çevreye bırakılması yasaktır. Son yıllarda çıkarılan yasa ya da yönetmelikler gereği üretim yapan tesislerin atık su arıtma tesisi kurma zorunluluğu vardır. Özellikle büyük şehir belediyeleri olmak üzere birçok yerleşim yerinde de kanalizasyon suları atık su arıtma tesislerine gönderilerek arıtımları

sağlanmaktadır. Gelecek yıllarda, atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamuru miktarında artış olması kaçınılmazdır. Bunların depolanmasında ya da bertaraflarında da sorunların oluşması beklenmelidir. Ortaya çıkan arıtma çamurları çoğunlukla yoğunlaştırma ve susuzlaştırma işlemlerinden sonra belediyelerin gösterdikleri alanlarda depolanmakta ya da boş arazilere kaçak olarak dökülmektedir.

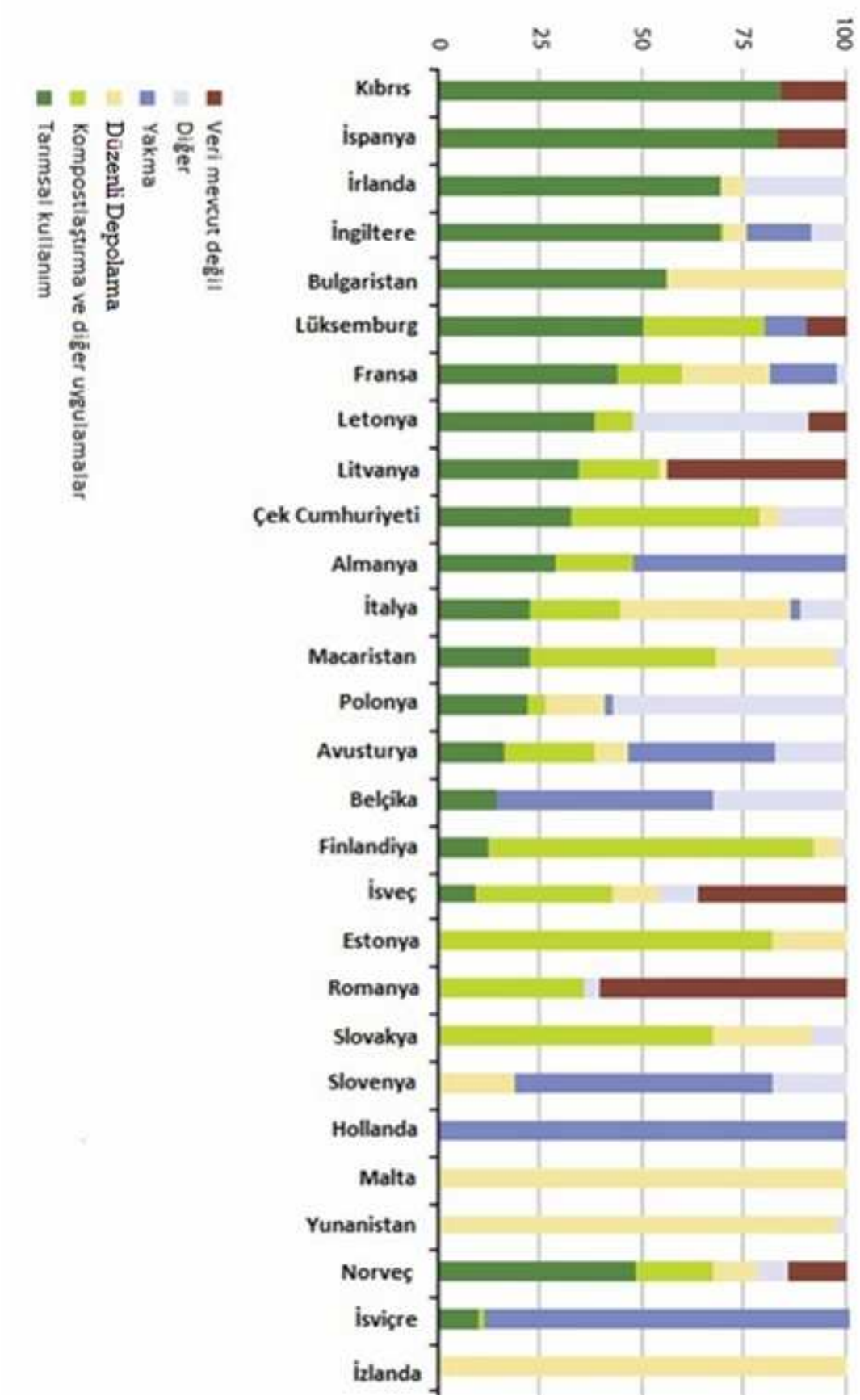
Dünyada arıtma çamurunun giderilmesi yöntemlerinden birisi de tarım alanlarında kullanımıdır. Avrupa ülkelerinde arıtma çamurunun tarımda kullanım oranı % 10-80 arasında değişmektedir (Çizelge 1.1.). Arıtma çamurunun yüksek organik madde, N, P, K, Fe, Cu, Mn, Zn gibi makro ve mikro bitki besin maddelerini içermesi tarımda kullanımını sağlamaktadır. Ancak tarımda kullanılacak arıtma çamurlarının potansiyel toksik element içeriğinin ve hastalık yapıcı etmenlerin yasa ve yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerin altında olması gerekir. Bu konuda ülkemizde Türk Çevre Mevzuatında belirtilen Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14 Mart 1991 tarih ve 20814 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır) ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde (31 Mayıs 2005 tarihli ve 25831 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır) arıtma çamurlarının tarımda kullanılması ile ilgili ölçüt değerler verilmiştir.

İzmir Büyük Kanal Projesi'nin son noktası olan Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi, İzmir Körfezi'nin kuzeyinde, Sasalı Bölgesi'nde yaklaşık 30 hektarlık bir alan üzerine inşa edilerek 25 Ocak 2000'de işletmeye alınmıştır. Büyük Kanal Projesi'nde kolektör inşaatlarının hız kazanması ile birlikte debisi artan tesisin ikinci fazı 4 Ekim 2000 tarihinde, üçüncü fazı 12 Ağustos 2001 tarihinde devreye alınmıştır.

Ana tesis A, B, C olmak üzere ve her biri özdeş aşama ve yapılarla donatılmış üç hatta bölünmüştür. Kum tutuculardan hemen sonra atık su akımı söz konusu hatlara dağılmaktadır. Hatlar bu noktadan sonra prensip olarak üç ayrı bağımsız atık su arıtma tesisi gibi çalışmaktadır. Tesis kuru havalarda ortalama 7 m^3/sn, 3 saat süreyle olmak üzere maksimum 9 m^3/sn atık su arıtma kapasitesinde dizayn edilmiştir.

Çiğli Atık su Arıtma Tesisinde halen birbirine paralel 3 ayrı faz bulunmaktadır. Tesisin kapasitesini arttırmak için yeni bir dördüncü fazın yapılması öngörülmüştür. Dördüncü faz devreye girdiğinde, günde 605 bin metreküp olan atık su arıtma kapasitesi % 36 oranında artarak günde 821 bin metreküpe ulaşacaktır. 1.080.000 kişi eşdeğer nüfusa hizmet verecek olan Çiğli 4.faz ünitesinin kapasitesi 216.000 m^3/gün'dür. Böylece günde 24 saat kesintisiz olarak çalışan Çiğli Atık su arıtma tesisinde gerekli bakım ve yenilemelerin daha iyi yapılabilmesi ve yağışlı havalarda daha yüksek debilerde atık su arıtılabilmesi mümkün olacaktır. Dördüncü fazın projelendirme süreci tamamlanmıştır.

Çizelge 1.1. Bazı Avrupa ülkelerinde çamurun değerlendirilmesi(**Good practices in sludge management, PURE, 2012)** eurostat



Çiğli atık su arıtma tesisinden bir görüntü şekil 1.1. ’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi

İZSU Çiğli Atık su Arıtma Tesisi ve diğer atık su arıtma tesislerinden çıkan çamurların doğaya zarar vermemesi ve koku yapmaması için Çiğli’de günlük 800 ton kapasiteli bir çamur çürütme ve kurutma tesisi inşa edilmektedir. Çıkan çamur hacmini 6 kat azaltacak olan tesis, çamurları %90 oranında kurutabilecektir. Halen 800 ton olan çamur miktarı çürütme ve kurutmadan sonra 120 tona inecektir. Kurutulan çamurlar tarım alanlarında toprak iyileştirici olarak kullanılabileceği gibi, ek yakıt ya da enerji üretimi için de kullanılabilecektir. Çamurda kokuya neden olan unsurlar çürütme işlemi sırasında giderilerek aynı zamanda günde 40 bin ton biogaz üretimi de gerçekleştirilebilecektir (http://www.izsu.gov.tr/pages/standartPage.aspx?id=82).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ülkemiz topraklarının organik madde içerikleri genel olarak düşüktür. Öncelikle ahır gübresi olmak üzere, farklı kökenli organik materyaller toprağa uygulanarak, toprak özellikleri iyileştirilmeye ve organik madde nicelikleri artırılmaya çalışılmaktadır. Ahır gübresinin yeterince bulunamayışı, organik madde kaynağı ve toprak düzenleyici olarak organik maddece zengin diğer kaynakların kullanılması üzerine çalışmaların yapılmasına neden olmuştur (Kütük vd., 1995; Okur ve Delibacak, 1996).

Çevreye olan olumsuz etkileri ve her geçen gün üretim miktarlarının artması, arıtma çamurlarını genel atıklar içinde ayrı bir konuma getirmiştir. Arıtma çamurları üretim kaynağına göre kentsel (evsel) arıtma çamuru ve endüstriyel arıtma çamuru olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

Arıtma çamurunun toprağa uygulanması, hem toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmekte hem de bitkisel verimi artırmaktadır. Ancak, arıtma çamurunun toprağa uygulanması mangan (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), kurşun (Pb), selenyum (Se) ve kadmiyum (Cd) gibi ağır metallerin yüksek oranlarda bulunabilmesi bakımından tehlike oluşturmaktadır. Bu elementlerin bazılarının yüksek oranda bulunması bitkilere toksik etki yapabilmekte iken, kimileri de gıda zincirinde birikerek insan ve hayvanlara bir tehdit oluşturabilmektedir (Bozkurt vd., 2000). Bu nedenle, arıtma çamurunun özellikleri ile uygulama sonrası bitki ve topraktaki ağır metal düzeyleri ve bitki besin maddeleri bitki türüne, iklim ve toprak koşullarına göre deneysel olarak belirlenmelidir.

Bu çalışma, kireçle stabil duruma getirilmiş arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanılabilirliğini saptamak, arıtma çamurunda bulunan organik madde ile bitki besin maddelerinin doğal döngüye katılmasını sağlamak ve arıtma çamurunun bir bölümünün tarım alanlarına uygulanarak giderilmesi olanaklarını ortaya koymak için yapılmıştır.

2.1. Arıtma Çamurunun Tanımı

Arıtma çamuru, atık su arıtımı sonucu oluşan sıvı yada yarı katı halde, kokulu, uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak ağırlıkça % 0.25-12 katı madde içeren bir çeşit katı atıktır.

Arıtma çamurları, makro ve mikro besin elementleri ve eser elementler gibi birçok yararlı bileşiklerin yanında, organik kirleticileri, mikroorganizmaları ve parazit yumurtalarını da içerebilmektedir (Alloway ve Jackson, 1991). Arıtım sonucu ortaya çıkan çamurlardaki makro ve mikro besin elementlerinin bu atığa faydalı bir gübre; organik maddelerin ise iyi bir toprak ıslah edici özellik vermesi nedeniyle, çoğu otorite bu ürünlerin tarımda kullanımını desteklemekte ve birçok ülkede uygulamaları yaygınlaşmaktadır (Strauch, D.,1991, Düring ve Gäth, 2002). Ham çamurlar farklı yöntemlerle stabilize edilerek kullanıma uygun hale getirildiklerinde "**işlenmiş arıtma çamuru**" ya da"**arıtma çamuru**" olarak tanımlanırlar. Arıtma çamuru kimi ülkelerde 'biyokatı' olarak da adlandırılmaktadır (Üstün vd., 2002).

2.2 Arıtma Çamurunun İçeriği

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

Atık su arıtma tesislerinden ortaya çıkan arıtma çamurlarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi düşünüldüğünde, bu çamurların öncelikle bitki besin elementi içeriği, tuzluluk, pH ve ağır metal içeriği bakımından detaylı araştırmalarının yapılması gerekmektedir.

Toprak kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre tarımda kullanılacak arıtma çamurlarında bulunmasına izin verilen ağır metaller için belirli sınırlar vardır. Bu sınır değerler Çizelge 2.1. 'de gösterilmiştir.

Kirlenmeye genel olarak, çevreye gelişi güzel dökülen atıklar ile nehir ve akarsulara arıtılmadan bırakılan atık sular neden olmakta ve bunlar alıcı ortamları kirleterek insan, hayvan ve bitki sağlığına zarar vermektedir. Çevrenin korunması açısından kalıntıların veya atıkların, kapsamlı ve kalıcı bir şekilde çevreyle

uyumlu hale getirilmeleri büyük önem taşır. Sanayi tesisleri ve konutlardan doğan atık sularda bulunan su ve atık çamurun yeniden kullanımı hem çevresel hem de ekonomik ve politik açıdan değer taşımaktadır (Taşatar, 1997).

Arıtma tesislerinde oluşan çamurlar, arıtmanın çeşitli kademelerinde işlem gördükten sonra, son işlem yeri olarak toprağa verilmekte, yakılabilmekte, denize deşarj edilebilmekte ya da karasal dolgu materyali olarak kullanılabilmektedir. Arıtma çamurlarının elden çıkarılması veya kullanımı endüstrileşmiş büyük şehirlerin en önemli problemidir. Eskiden olduğu gibi, bu çamurların yok edilmesi sırasında yeni kirliliklere yol açılmaması esastır.

Giderek miktarları artan arıtma çamurlarının, hem çevreye en az zarar verecek şekilde uzaklaştırılması ve hem de içerdikleri besin elementlerinin madde dolanımına sokulması amacıyla bunları araziye vermek en uygun yöntemlerden biri olarak düşünülürse de bunların topraklara ve yeraltı sularına yapabileceği etkileri araştırmak ve buna göre karar vermek gerekir. Uygulama yapılacak bölgenin lokal koşulları, iklim, topoğrafya vs. dikkate alınmalıdır. Drenajı iyi olan ve yeraltı su seviyesinin çok yüksek olmadığı alanlarda uygulama yapılmalıdır. Hızlı sanayileşme ve kentleşmenin olduğu yerlerde bu konu daha büyük önem taşır. Çizelge 2.1. ’ de dünyada ve ülkemizde tarımsal amaçlı kullanılan arıtma çamurunun maksimum ağır metal değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya'da ve ülkemizde tarımsal amaçlı kullanılacak arıtma çamurlarında müsaade edilen maksimum ağır metal değeri (Arlı, 2006).

Üst Limit (mg/kg) *							
Kirletici	ABD	Kanada	AB	İsveç	Danimarka	Almanya	Türkiye
Arsenik	75	75	-	-	-	-	-
Kadmiyum	85	20	20-40	2	0.5	1.5	20
Krom **	3000	-	1000-1750	100	-	-	1200
Bakır **	4300	-	1000-1750	600	40	60	1200
Kurşun **	840	500	750-1200	100	40	100	1200
Civa	57	5	16-25	2.5	-	25	25
Molibden	75	20	-	-	-	-	-
Nikel **	420	180	300-400	50	15	1200	1200
Selenyum	100	14	-	-	-	-	-
Çinko **	7500	1850	2500-4000	100	100	3000	3000
PCB	8.6	-	-	-	-	-	-

*Kuru ağırlık

**İşlenmiş arıtma çamurunun topraklarda kullanılması ile hasadın alınması arasında en az 3 ay süre varsa ilgili kuruluşların görüşü alınarak Bakanlıkça cıva ve kadmiyum hariç olmak üzere bu değerler % 5'e kadar arttırılabilir.

Resmi gazete de verilen değerlere göre toprakta ki ağır metal sınır değerleri Çizelge 2.2., toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları Çizelge 2.3., AAAT' ye göre arıtma çamuru ağır metal içerikleri ve yasal limitler Çizelge 2.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri (Resmi Gazete, 2010)

Ağır Metal (Toplam)	**6≤pH<7 mg. kg^{-1} Fırın Kuru Toprak**	**pH≥7 mg. kg^{-1} Fırın Kuru Toprak**
Kurşun	70	100
Kadmiyum	1	1,5
Krom	60	100
Bakır	50	100
Nikel	50	70
Çinko	150	200
Civa	0,5	1

Evsel Ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik

Çizelge 2.3. Toprakta Kullanılabilecek Stabilize Arıtma Çamurunda Müsaade Edilecek Maksimum Ağır Metal Muhtevaları (Resmi Gazete, 2010)

Ağır Metal (Toplam)	**Sınır Değerler (mg kg^{-1} kuru madde)**
Kurşun	750
Kadmiyum	10
Krom	1000
Bakır	1000
Nikel	300
Çinko	2500
Civa	10

Evsel Ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik

Çizelge 2.4. Ankara Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamuru Ağır Metal İçerikleri Ve Yasal Limitler (RG 2010, Demirel 2010)

Ağır Metal	2005 Ölçümleri, mg/kg KM[a]	[1]TKKY 2005	[2]EAÇK 2010[b]
Kadmiyum	6.9	40	10
Krom	232.8	1200	1000
Bakır	113.4	1750	1000
Cıva	2.4	25	10
Nikel	61.6	400	300
Kurşun	113.2	1200	750

[1.] Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
[2.] Evsel Arıtma Çamurunun Kullanımı

Toprağın korunmasındaki yükümlülüğümüzün gereği tartışılmaz. Ancak ülkemizde, hali hazırda toprak kirlenmesine veya korunmasına ait kapsamlı bir yönetmelik veya tüzüğün bulunmayışı, arıtma çamurlarının uzaklaştırılmasında veya tarımsal alanlarda kullanımında ülkemizi gelişmiş olan ülkelerden daha riskli duruma sokmaktadır. Yasal boşluklardan, denetim mekanizmasının yetersizliğinden ve ülkemize ait yeterli sayıda pratik ve bilimsel araştırma sonuçları ve istatistiklerin bulunmayışından dolayı arıtma çamurlarının uzaklaştırılması tesis sahibinin veya bu atığı kullanacak olan çiftçinin insiyatifine bağlı olmaktadır. Aslında 2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayalı olarak hazırlanan 14.03.1991 tarihli Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile yasal çerçeve oluşturulmuş görünmektedir. Ancak yukarıda sayılan nedenlerden dolayı yönetmeliğin uygulanmasında aksaklıklar olmaktadır (Taşatar, 1997). Atık suların arıtım işleminden sonraki çözünmeyen kalıntı kısmı olan ham çamurların alıcı ortamlara verilebilmeleri için stabilize edilmeleri gerekmektedir (Bilgin vd., 2002).

Stabilizasyon: Arıtma çamurlarına patojenleri azaltmak veya gidermek; istenmeyen kokuları gidermek; potansiyel organik bozunmayı azaltmak, engellemek veya bu riskten kurtulmak amacıyla uygulanan işlemlere denir (Akyarlı ve Şahin, 2005).

Ham çamurların stabilize edildikten sonraki aldığı isim biyokatıdır. "Biyokatı" tanımı, "arıtma çamuru" ve "işlenmiş arıtma çamuru" ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Bilgin vd., 2002).

2.3. Çamur Stabilizasyonu Yöntemleri

2.3.4. Anaerobik Çürütme: Organik maddenin oksijensiz ortamda mineralize olması (bozunması) işlemi olarak tanımlanır. İki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada organik maddeler organik asitlere, ikinci aşamada ise organik asitler metan ve karbondioksite dönüştürülerek biyogaz oluşmaktadır. Oluşan biyogaz, tesisin işletilmesi için gerekli ısı ve elektrik enerjisini sağlamada kullanılmaktadır.

2.3.5. Aerobik Çürütme: Oluşan çamurların, yeterli oksijenin sağlandığı koşullarda biyolojik stabilizasyonu için kullanılan bir yöntemdir. Aerobik süreçlerin işletilmesinde; sıcaklık, bekleme süresi, oksijen gereksinimi, karıştırma ve ortam pH'ı gibi faktörler denetim altında tutulmalıdır.

2.3.6. Kompostlama: Aerobik bir işlemdir. İyi işletilen bir sistemde organik maddenin bozunması sırasında sıcaklık 70ºC'ye çıkartılarak, patojen bakterilerin yok olması sağlanabilir.

2.3.7. Kurutma: Arıtma çamuru içerisindeki suyun buharlaştırılması ve nem içeriğinin azaltılması dışında patojen giderimi sağlanmaktadır.

2.3.8. Kireç ile Stabilizasyon: Kireç, çamurun suyunu verme özelliklerini geliştirmenin yanı sıra çamur stabilizasyonu amacıyla da kullanılmaktadır. Bu yöntemde çamura, pH değerini 12'ye çıkaracak miktarda kireç ilave edilir. Yüksek pH değeri, mikroorganizmalar için uygun olmayan bir ortam oluşturur. Bunun sonucu olarak da çamur ayrışmaz, koku kaybolur ve sağlık riskleri oluşmaz (Filibeli, 1996).

İşlemde sönmüş kireç kullanılabileceği gibi, sönmemiş kireç de kullanılabilir ve bu durumda, açığa çıkacak ısıdan yararlanılarak kısmi bir kurutma ve etkili bir pastörizasyon işlemi de gerçekleştirilebilir.

Arıtma çamurlarının kireç ile stabilizasyonunda üç yöntem kullanılmaktadır:

1. Susuzlaştırmadan önce çamura kireç ilavesi (kireç ile ön arıtma)
2. Susuzlaştırmadan sonra çamura kireç ilavesi (kireç ile son arıtıma)
3. İleri kireç stabilizasyon teknolojileri (Akyarlı ve Şahin, 2005).

2.4. Arıtma Çamurlarının Bertaraf Yöntemleri

Arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırılması için çeşitli alternatifler sunulabilir. Arıtma çamurlarının özellikleri ile mevcut ekonomik ve teknik imkânlara göre uygulanan nihai bertaraf yöntemleri de farklılık gösterir.

Arıtma çamurlarının uzaklaştırılması için kullanılan yöntemler; Düzenli depolama, kompostlaştırma, termik yöntemler yakma, denize boşaltma, arazide bertaraf, çamur lagünlerinde toplama, arazi iyileştirme, kimyasal sabitleme (stabilizasyon), dağıtım ve pazarlamadır.

2.4.1. Düzenli Depolama: Düzenli depolama, katı atıkların ve arıtma çamurlarının halk sağlığı ve güvenliğine zarar vermeyecek şekilde depolanması ve üzerinin örtülmesi işlemidir. Çamur depolama işlemlerinin uygulanmasında ilk amaç, çamur hacminin azaltılarak depolama alanındaki kalitesinin artırılmasıdır. Bu nedenle düzenli depolamaya verilecek olan çamurların doğal veya mekanik yöntemler uygulanarak suyu alındıktan sonra depolanması gerekir (Aksu, 2008).

2.4.2. Yakma: Bu yöntem katı atıkların özel olarak projelendirilmiş fırınlarda yakılmasından ibarettir. Yakma işleminde başlıca hedefler katı atıkları çevreye zarar vermeyecek şekilde stabil bir hale getirmek ve atık hacmini azaltmaktır. Hacim azaltmanın yanında, buhar ve elektrik enerjisi elde etmek amacıyla da kentsel atıklar kontrollü şekilde yakılarak bertaraf edilmektedir. Bu yöntemle katı atıklar hacimde %90, ağırlık bakımından %75 oranında azaltılabilir (Palabıyık, 1998). Bu uygulamada arıtma çamurları tek başlarına ya da diğer atıklarla birlikte yakılmalıdır.

2.4.3. Kompostlaştırma: Kompostlaştırma, atığın biyolojik olarak parçalanabilen kısmının geri kazanılması ve yeniden değerlendirilmesi olarak görülebilir. Kompostlaştırma prosesinin amacı, atığın çevreye zarar vermeden biyolojik olarak parçalanabilmesidir. Bu proses, biyolojik olarak parçalanabilen atığın hacmini, kütlesini ve nemini azaltıp değerli bir toprak düzenleyici haline dönüştürür (Öztürk vd., 2005).

Bu metot, düzenli depolamaya göre pahalı, yakmadan ise ucuz bir uzaklaştırma yöntemidir. Arıtma çamurlarının kompostlaştırılması özellikle ABD’de yaygın olarak uygulanmaktadır (Arıkan ve Öztürk, 2008).

2.4.4. Denize Boşaltma: Arıtma tesislerinin ilk kurulduğu dönemlerde ortaya çıkan çamur tüm dünya ülkelerinde çöp depolama alanlarına ve denizlere dökülmüştür. Ancak çamurların denizlere dökümü 1 Ocak 1999 tarihinden itibaren yasaklanmıştır (Arıkan ve Öztürk, 2008).

2.4.5. Termik Yöntemler: Termal metotlar ısı uygulayarak çamurdan suyu uzaklaştırırlar. Termal kurutma çamurun nem içeriğini mekanik su giderme yöntemleriyle elde edilenin çok altına düşürür. Termal kurutmanın avantajları; düşük taşıma masrafları, patojenlerin azaltılması ve kurutulmuş çamurun daha iyi depolama ve pazarlama imkanları vermesidir. Termal olarak kurutulmuş çamur gübre ya da toprak iyileştiricisi olarak kolayca pazarlanabilmekte, depolama ve yakma da kabul görmektedir (Ayvaz, 2000).

2.4.6. Arazide Bertaraf Yöntemleri

2.4.6.1. Tankerle Yayma: Atık suyun araziye uygulanmasında kullanılan yöntemler, sulu haldeki arıtma çamurları içinde geçerlidir. Çamur, sulu haldeyken araziye uygulanması basit olduğu için genellikle su alma işlemleri yerine, daha ucuza mal olan sulu çamur transfer sistemleri kullanılabilir. Kapasitesi 3.2-7.6 m^3 olan tankerlerle doğrudan araziye yayma, sulu çamurun uygulanmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Sulu çamur, tankerlerle arkasına monte edilen delikli borulardan akıtılarak araziye yayılır. Uygulama oranları, boruların üzerine monte edilmiş vanalarla veya tankerin hızını değiştirmek suretiyle ayarlanır. Bu sistemle çamurun yayıldığı alanlar otlak, golf sahaları, spor alanları gibi çeşitli uygulamalar için elverişli alanlardır. Ancak, bu tür sistemlerin en önemli dezavantajı, yağışlı havalarda uygulama sırasında problemlerle karşılaşılması ve işletme giderlerinin yüksek olmasıdır.

2.4.6.2. Püskürtme yöntemi: Arıtma çamurlarının araziye verilmesi, borularda tıkanma yapmayan sabit veya taşınabilir püskürtme sistemleri ile yapılabilir. Püskürtme sisteminin avantajları, az emek, az alan gerektirmesi ve birçok bitki türü için kullanılabilmesidir. Bu sistem, ürün verme sezonu boyunca kullanılabilir. Yüksek basınçlı pompaların enerji giderleri çok fazla olması nedeniyle püskürtücüler ekonomik değildir. Aynı zamanda çamur, ürünün her yerine bulaşabilir ve hassas ürünlerin yaprakları zarar görebilir.

2.4.6.3. Toprak Yüzeyi Altına Enjeksiyon Yöntemi: Bu yöntemin esası, karık açma, çamuru karık içine verme ve çamurun üzerinin toprak tabakası ile kapatılması olarak özetlenebilir. Bu yöntemin diğerlerinden farkı, çamurun toprak yüzeyine değil, altına enjekte edilmesidir. Sistemin dezavantajları, mevsimsel sınırlamalar ve işletme yöntemleridir. Uygulama, ürünün büyüme döneminden önce veya ekip biçmek amacıyla kullanılmayan alanlarda yapılmalıdır.

2.4.6.4. Karık Yöntemi: Çamurun karıklarla araziye uygulanması basit olarak ürün sulamasının karıklarla yapılması ile aynı işlemdir. Çamur, karıklar içinde dizili ürünler arasından toprağı sulayarak veya gübreleyerek akar. Avantajları, kullanılan aletlerin basitliği ve uygulanan alanların kullanım kolaylığıdır. Dezavantajları, çamurdaki katı maddelerin karıkları tıkaması ve belli eğimlerle hazırlanmış alanlara ihtiyaç duyulmasıdır (Damar, 2002).

Bunların uygulanabilirliği, arıtma çamurunun özelliklerine, bölgenin jeolojik, hidrojeolojik ve iklim özellikleri gibi bazı faktörlere bağlıdır. Ülkemizde evsel ve endüstriyel atık suların arıtılması sonucu oluşan arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırılmasına gereken özen gösterilmemektedir. Arıtma çamurları, genellikle yoğunlaştırma ve kurutma işlemlerinden sonra veya hiçbir işlem uygulanmadan sulu halde depolama için belediyelerin gösterdikleri döküm sahalarında bertaraf edilmekte veya yerleşim bölgeleri dışında boş arazilere kaçak olarak dökülmektedir. Endüstriyel nitelikli arıtma çamurları ise, bünyelerinde barındırdıkları çeşitli ağır metal tuzları, çözünmüş ve zehirli maddeler nedeniyle yeraltı suyu ve toprak kirlenmesi risklerinden dolayı arazide doğrudan uzaklaştırılmasında sakıncalar bulunmaktadır.

2.5. Arıtma Çamuru ile İlgili Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde arıtma çamurları ile ilgili düzenlemeler Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY) ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (TKKY) yer almaktadır (Aksu, 2008). Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Madde 28'de, arıtma çamurlarının düzenli depo sahalarında depolanabilmesi ile ilgili olarak şartlar belirtilmiştir. Bunun için çamurların düzenli depo sahalarında bertaraf edilebilmesi için susuzlaştırılmış ve kurutulmuş çamurun katı madde muhtevası %25-%35'in üzerinde olmalıdır (Aksu, 2008).

Dünyada, arıtma çamurlarının tarımda değerlendirilmesi konusunda önemli çalışmalar yapılırken ülkemizde henüz yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Özellikle, son aşamada çamur uzaklaştırma sistemlerinin maliyeti düşünüldüğünde, ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde bu tip pahalı çözümler yerine çamurun tarım alanlarında kullanımı en uygun yöntemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Taşatar, 1997). Avrupa Birliği arıtılmış çamurun arazide geri kullanımını önermektedir. Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde katı atıkların, çevresel etkileri daha az olan yöntemlerle bertaraf edilmeleri zorunludur. Bu çerçevede, üye ülkeler tarafından benimsenen asgari organik atık bertaraf standardı düzenli depolamadır. Diğer taraftan, Avrupa Birliği 1999/31/EC nolu katı atık düzenli depolama direktifine (Directive on the Landfill of Waste) göre 2013 yılından sonra atıkların %50'den, 2020 yılından sonra da %35'ten fazlasını düzenli depolama şeklinde gömerek bertaraf etmeye ilişkin kısıtlamalar getirilmiştir (Aksu, 2008). AB'de kullanılan ve deşarj edilen arıtma çamuru miktarları Çizelge 2.5 'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. Avrupa Birliğinde kullanılan ve deşarj edilen çamur miktarı (Ludovico ve Vesilind, 2001)

Ülkeler	**Toplam (10^3kuru t/yıl)**	**Tarım %**	**Arazi Depolama %**	**Yakma %**	**Deniz %**
Belçika	35	57	43	0	0
Danimarka	150	43	29	28	0
Fransa	900	27	53	20	0
Almanya	2750	25	65	10	0
Yunanistan	200	10	90	0	0
İrlanda	23	23	34	43	0
İtalya	800	34	55	11	0
Lüksemburg	15	80	20	0	0
Hollanda	280	53	29	10	8
Portekiz	200	80	12	0	8
İspanya	300	61	10	0	29
İngiltere	1500	51	16	5	28

Ülkemizde özellikle son yıllardaki yasal düzenlemelerle birlikte sanayi atık su arıtma tesislerinin sayısında büyük bir artış sağlanmış ve beraberinde de açığa çıkan çamur miktarı önemli oranlara ulaşmıştır. Şuanda 50'si devlet, 338'i özel sektöre ait olmak üzere toplam 388 adet endüstriyel atık su arıtma tesisinde yılda yaklaşık 3.2 milyon ton arıtma çamuru açığa çıkmaktadır. Bu çamurların

uzaklaştırma yöntemlerine göre dağılımı Çizelge 2.6.'da verilmiştir (Damar, 2002).

Çizelge 2.6. Bertaraf yöntemlerine göre endüstriyel arıtma çamuru miktarları (Damar,2002)

Bertaraf Yöntemi	**Çamur Miktarı**	
	ton/yıl	**%**
Tarımda Kullanım	260.000	8.2
Denize Boşaltma	405.000	12.7
Araziye Boşaltma	1.060.000	33.5
Belediye Çöplüğüne Atma	145.000	4.5
Yakma	8.000	0.3
Depolama	490.000	15.4
Gömme	92.000	2.8
Diğer	720.000	22.6
Toplam	3.180.000	100.0

2.6. İşlenmiş Arıtma Çamurlarının Kullanım Alanları

2.6.1. İşlenmiş Arıtma Çamurunun Tarım Alanlarında Kullanımı

İşlenmiş arıtma çamurları, bitkisel üretim için gerekli olan bütün bitki besin maddelerini bir arada bulundururlar. Bu sayede kullanıldığı alanlarda ticari gübre kullanımı azalmakta veya işlenmiş arıtma çamuru tamamen gübrelerin yerini almaktadır.

Maksimum uygulama oranları, toprak cinsi, ürün cinsi, arazinin topoğrafyası, su kirlenmesi, iklim, koku oluşumu, uygulama yöntemi, çamur özellikleri, patojenik organizmalar, ağır metaller, besin elementleri, diğer toksik maddelerin konsantrasyonları gibi faktörlere bağlıdır. Çamurun araziye uygulanmasında, maksimum müsaade edilebilir uygulama oranları ya ağır metaller yada azot baz alınarak hesaplanmaktadır ve pratikte bu ikisinin en düşük konsantrasyonu esas alınmaktadır.

Uygulama oranının gerektiğinden fazla olması, tohumun filizlenmesini ve büyümesini engellediğinden, ürünlere zarar verebilir. Tohumun filizlenmesini engelleyen, atık çamur içindeki amonyaktır. Bunu engellemek için tohum atılmadan birkaç gün önce çamur toprağa püskürtülmelidir ya da arıtma çamuru havalandırılmalıdır (Filibeli, 1996).

Çamurun hangi periyotlarla toprağa verileceği bölgenin iklim şartlarına, bitki üretim programına, müsaade edilen yüke göre değişmektedir. Toprağa verilebilecek yükün hesabında en önemli faktör toprağın taşkın ve göllenmeye sebep olmaksızın absorbe edebileceği maksimum çamur miktarıdır. İkinci önemli faktör, azot ve fosfor gibi besin maddeleridir (Nisanoğlu, 1998). Çizelge 2.7.' de tarımsal amaçlı kullanım için arıtma çamurunun ABD, AB. ve Türkiye'de ki ağır metal limit değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.7. Tarımsal kullanım için arıtma çamurundaki ağır metaller için limit değerleri (mg/kg kuru madde)

Parametreler	ABD (mg/kg k.m.)	Avrupa Birliği (mg/kg k.m.)	Türkiye (mg/kg k.m.)
Kadmiyum	39	20-40	10
Bakır	1500	1000-1750	1000
Nikel	420	300-400	300
Kurşun	300	750-1200	750
Çinko	2800	2500-4000	2500
Civa	17	16-25	10
Arsenik	41	-	-
Selenyum	100	-	-
Krom	-	-	1000

(k.m.: kuru madde)

Çizelge de verilen limit değerler karşılaştırıldığında kurşun hariç tüm ağır metaller için ülkemiz yönetmeliğindeki limit değerlerin diğer yönetmeliklerden daha kısıtlayıcı olduğu görülmektedir. Kurşun için ise ABD'nin kullandığı 300 mg/kg değeri en kısıtlayıcı değerdir.

Yıllık yükleme bazında çamur ile verilen azot veya fosfor miktarı ile üründeki mevcut azot veya fosfor miktarı toplamının, ürünün ihtiyacı olan yıllık azot veya fosfor miktarından küçük olmasına dikkat edilmelidir. Aksi taktirde ortama verilen fazla miktardaki azot ve fosfor toprakta birikecek, toprak kirliliği ile birlikte yeraltı suyu kaynakları ve yüzeysel kaynaklar için de bir kirlenme söz konusu olacaktır.

Azot, çamurun uygulanma hızını belirleyen en önemli parametredir. Arıtma çamurlarındaki azot yüzdesi çamurun tipine bağlı olarak % 1,8 ile % 5,9 arasında değişmektedir. Arıtma çamurunun toprağa verilmesinden sonra mevcut NH_4'un

büyük bir kısmı nitrata (NO_3^{-}) dönüşmektedir. Özellikle rutubetli bölgelerde toprağa, ürünün ihtiyaç duyduğundan daha fazla miktarda verilen azot, topraktan sızabilmekte ve nitratın yeraltı sularına bulaşmasına neden olabilmektedir. Bu yüzden tarımsal uygulamalarda, toprağa uygulanacak çamurdaki yıllık azot miktarının hesabında, yetiştirilecek tarımsal ürünün ihtiyaç duyduğu azot miktarları baz alınmaktadır.

Çoğu arıtma çamurunda potasyum düşük miktarlarda bulunmaktadır. Arıtma çamurunda bulunan potasyumun hemen hemen tümü inorganik formlarda bulunmaktadır. Bu nedenle çamur toprağa verildiğinde bitkiye yarayışlı hale geçmesi için mineralize olmasına gerek yoktur (Aksu, 2008).

Toprağın çamuru kullanabilme kapasitesi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Toprak, ürün büyümesine elverişli olduğu kadar çamuru filtre etme, tamponlama ve absorblama kapasitesine de sahip olmalıdır. Genel olarak, çamur uygulaması yapılacak olan toprak, orta geçirimlilikte olmalı (1,5-15 cm/ha), drenajı iyi olmalı, ağır metalin çözünürlüğünü kontrol etmek için nötr veya alkali olmalı derin olmalı, yüksek nem ve besin maddesi kapasitesini sağlamak için ince yapıya sahip olmalıdır (Filibeli,1996).

Bunların dışında arıtma çamurunun:

Islah amaçlı,

Yeşil alanların gelişimi,

Ağaçlandırma çalışmaları gibi kullanım alanları da bulunmaktadır.

2.7. Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanımının Avantajları

Arıtma çamurları bünyelerinde dirençli organik bileşikleri ve bitki gelişimi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini bulundurmaktadırlar. Azot ve fosfor içerikleri arıtma çamurlarının gübre değerini ortaya koymakta, organik madde değeri de bu maddenin toprak ıslah etme açısından ayrı bir önem taşıdığını göstermektedir. Arıtma çamurları toprağın su tutma kapasitesini artırır. Gözenekli ve geçirgen toprak yüzeyi oluşturur ve bu da filtrasyonu artırarak yüzey akışını azaltır. Kurak alanlarda sulama sıklığı azaltılarak, toprağın daha fazla su tutması sağlanır. Toprak erozyonu azalır ve katyon değişim kapasitesi artar.

2.8. Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanımının Dezavantajları

Çevreye zararlı olabilecek potansiyel toksik elementleri, patojen mikroorganizmaları ve patojenik mikroorganizmaların yumurtalarını içerebilmektedir. Yüksek miktarda potansiyel toksik element içerebilen arıtma çamurlarının gübre olarak tarım arazilerinde kullanılmaları kısıtlanmaktadır. Ayrıca patojenleri giderilmemiş arıtma çamurlarının kullanımı ile, halk sağlığı açısından olası risklerin görülmesi söz konusu olabilir (Akyarlı ve Şahin, 2005).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Denemede materyal olarak Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme tarlası toprağı, İzmir İZSU Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamuru, deneme bitkisi olarak ZP 737 hibrit mısır çeşidi (Zea mays L.) tohumları kullanılmıştır. Deneme toprağının bazı özellikleri Çizelge 3.1, deneme toprağının ağır metal içerikleri Çizelge 3.2, denemede kullanılan arıtma çamurunun özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir. Denemede kullanılan arıtma çamurunun C/N oranı 7,65' dir.

Çizelge 3.1. Deneme Toprağının Bazı Özellikleri

Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)	Bünye	pH	Tuz	Kireç	OM
					(%)		
44,84	16,44	38,72	Kumlu kil	7,53	0,167	0,51	0,94

Çizelge 3.2. Deneme Toprağının Ağır Metal İçerikleri

Element	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg
mg/kg	15,93	0,62	13,43	16,30	23,75	51,16	0,112
Sınır değer	70[1] 100[2]	1 1,5	60 100	50 100	50 70	150 200	0,5 1,0

[1]pH 6-7 için sınır değerler [2]pH 7< için sınır değerler

Çizelge 3.3. Denemede Kullanılan Arıtma Çamurunun Özellikleri

EC mS/cm	16,35	Fe	%	1,14
Kireç (%)	10,24	Cu	mg/kg	268,8
Org.madde (%)	70,32	Zn	mg/kg	1335
Org. C(%)	40,79	Mn	mg/kg	298,6
Top. N (%)	5,33	B	mg/kg	35,2
P (%)	1,33	Co	mg/kg	14,2
K(%)	0,68	Cd	mg/kg	4,1
Ca(%)	3,74	Cr	mg/kg	250,6
Mg(%)	0,68	Ni	mg/kg	115,4
Na(%)	0,59	Pb	mg/kg	199,4

Araştırma için kurulan deneme, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisi üzerinde kurulmuşlardır. Denemenin yürütüldüğü arazi Gediz Havzası içerisinde yer alan Menemen Ovası'nda bulunmaktadırlar. Gediz Havzası, Batı Anadolu'daki dört büyük vadi arasında havza ve taban genişliği bakımından ikinci sırada yer alır. Havzanın alüviyal tabanı Manisa'nın batısındaki Emiralem boğazı ile ikiye bölünmüştür. Söz konusu boğaz ile deniz arasında kalan kısım Menemen Ovası olup doğuda Yamanlar Dağı, Kuzeyde Foça dağlık yöresi ile kuşatılmıştır (Anonim, 1971).

3.1.2. Araştırma Yerinin Arazi ve Toprak Özellikleri

Menemen ovası, Emiralem Boğazından denize doğru açılan bir yelpaze şeklindedir. Büyük kısmını Gediz alüviyumu ve ikinci derecede yan dere alüviyum ana materyali üzerinde oluşmuş alüviyal topraklar oluşturmaktadır. Ovayı çevreleyen yamaçların eteklerinde ince koluviyum ana materyali şeridi üzerinde oluşmuş kolüviyal topraklar yer almaktadır. Ova güney-kuzey yönünde 30 km, batı-doğu yönünde ise yaklaşık 20 km'dir. Ovayı doğu ve kuzeyden dik eğimli dağ ve tepeler kuşatır. Gediz alüviyal tabanı 0-6 metre, yan alüviyaller ve koluviyaller ise 6 ile 30 metre yükseltidedir. Çevre dağları ise 1100 metreye yaklaşır (Anonim, 1971).

Deneme alanında toprak etüdü için profil açılarak, farklı katmanlarından toprak örnekleri alınarak gerekli inceleme, gözlem ve analizler yapılmıştır.

Çizelge 3.4'de deneme toprağının bulunduğu arazinin özellikleri ve profil tanımlaması, Şekil 3.1 ve 3.2'de de deneme toprağına ait profilden görünümler verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneme toprağının bulunduğu arazinin özellikleri ve profil tanımlaması

Örnekleme yeri	:	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Deneme Tarlası
Arazi Tipi	:	Etek Arazi
Rölyef	:	Hafif Eğim(% 4-6)
Ana Materyal	:	Kolüviyum
Erozyon Sınıfı	:	Hafif erezyon
Taşlılık Sınıfı	:	Yok
Kayalık Sınıfı	:	Yok
Drenaj Sınıfı	:	Orta derecede drenaj
Arazi Kullanım Şekli	:	Sulu Tarım
Bitki Türü	:	Mısır
Arazi Kul. Yetenek Sınıfı	:	III
Sıra	:	Entisol
Alt Sıra	:	Orthent
Büyük Grup	:	Xerortent
Alt Grup	:	Typic Xerortent

Horizon	**Derinlik (cm)**	**Profil Tanımlaması**
Ap	0-22	Kuru iken (10 YR 5/2) grimsi kahverengi, ıslak iken (10 YR 3/2) çok koyu grimsi kahverengi, kumlu kil bünyeli (SC), dalgalı ve geçişli sınır, orta granüler strüktür, kuru iken sert, ıslak iken yapışkan, plastik, HCL ile köpürme.
C1	22-58	Kuru iken (10 YR 5/2) grimsi kahverengi, ıslak iken (10 YR 4/2) koyu grimsi kahverengi, kumlu kil bünyeli (SC), dalgalı ve geçişli sınır, orta köşeli blok strüktür, kuru iken sert, ıslak iken yapışkan, plastik, HCL ile köpürme.
C2	58-105	Kuru iken (10 YR 5/2) grimsi kahverengi, ıslak iken (10 YR 4/2) koyu grimsi kahverengi, kumlu killi tın bünyeli (SCL), dalgalı ve geçişli sınır, orta köşeli blok strüktür, kuru iken sert, ıslak iken yapışkan, plastik, HCL ile çok az köpürme.
C3	105-131	Kuru iken (10 YR 5/2) grimsi kahverengi, ıslak iken (10 YR 4/2) koyu grimsi kahverengi, kumlu killi tın bünyeli (SCL), dalgalı ve geçişli sınır, orta köşeli blok strüktür, kuru iken sert, ıslak iken yapışkan, plastik, HCL ile çok az köpürme.
C4	131+	Kuru iken (10 YR 5/2) grimsi kahverengi, ıslak iken (10 YR 4/2) koyu grimsi kahverengi, kumlu killi tın bünyeli (SCL), dalgalı ve geçişli sınır, orta köşeli blok strüktür, kuru iken sert, ıslak iken yapışkan, plastik, HCL ile köpürme.



Şekil 3.1. Denemede açılan profil



Şekil 3.2. Profilden başka bir görüntü

Denemenin kurulduğu arazide açılmış olan toprak profili Soil Taxonomy (1999)'a göre incelenerek tanımlanmış ve kolüviyal depozitler üzerinde oluşmaları, ***"Xeric"*** toprak rutubet rejimine girmeleri yanında, yapılan analiz , gözlem ve değerlendirmeler ışığında deneme alanı toprağı ***"Xerortent"*** büyük toprak grubuna ve bu grubun tüm özelliklerini taşıması nedeniyle de ***"Typic Xerortent"*** alt grubuna yerleştirilmişlerdir. Bu toprakların eski sınıflandırma sistemindeki yeri, Azonal toprak sırası içerisinde yer alan Kolüviyal Büyük Toprak Grubu'dur.

3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Araştırma alanının da içinde yer aldığı Menemen Ovası'nda Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Çok yıllık (59 yıl) iklim verilerine göre; ortalama toplam yıllık yağış 536,8mm' dir. 2010 yılında yıllık yağış ortalaması 707,4 mm, 2011 yılında 812 mm, 2012 yılında 624,0 mm'dir. Yağışın yaklaşık % 50' si kış, % 25' i ilkbahar, % 23' ü sonbahar ve % 2' si yaz aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklık 16.9 ºC; 2010 yılında ortalama sıcaklık 18,1 °C, 2011 yılında 17,2 °C, 2012 yılında ise 16,6 °C olarak ölçülmüştür. Ortalama nispi nem 2010 yılında %66,4; 2011 yılında % 65 ve 2012 yılında da % 63,2 dir. Bunların yanında ortalama yıllık buharlaşma 2010 yılında 1216,2 mm, 2011 yılında 1160,6 mm ve 2012 yılında da 1323,3 mm olarak kaydedilmiştir (UTAEM 2012).

3.1.4. Araştırmada kullanılan Arıtma çamuru

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru, İzmir Körfezi'nin kirlenmesini önlemek amacı ile İzmir Büyük Kanal Projesi dahilinde inşa edilmiş olan İZSU Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi'nden temin edilmiştir. Tesis; mekanik ön arıtım üniteleri, azot ve fosfor gideriminin yapıldığı ön çökeltmeli, anaerobik biyofosfor havuzu ilaveli ileri biyolojik arıtma sistemi ile inşa edilmiş olup uzun havalandırmalı oksidasyon havuzları türündedir. Tesis ayrıca çamur susuzlaştırma ünitelerini de içermektedir.

3.2. Yöntem

Projenin Ege Bölgesi'ni temsil eden bölümünde, tarımda kullanıma uygun stabilize arıtma çamurlarından olan, İzmir Büyükşehir Belediyesi Çiğli Atıksu Arıtma Tesisinden çıkan arıtma çamuru denemede kullanılmıştır. Bu çamurun kullanılabilmesi için İzmir Büyükşehir Belediyesi İZSU Dönemler ortalaması Müdürlüğünden gerekli izinler alınmıştır. Denemelerin kurulması için gerekli özelliklere sahip olan arazi, İzmir İli Menemen İlçesi sınırları içerisinde, Ege Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü sınırları içerisinde belirlenmiştir. Deneme arazisi toprağı kumlu kil bünyeye sahiptir. Deneme arazisinde mısır yetiştirilmiştir.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre, 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Parseller 3x3 m boyutlarında, aralarında 2 m boşluk olacak şekilde oluşturulmuşlardır.

Denemedeki konular:

Tanık,

Mineral gübre uygulaması,

Kuru madde olarak dekara 1,25 ton (nemli ağırlık olarak 5 ton) arıtma çamuru uygulaması,

Kuru madde olarak dekara 2,5 ton (nemli ağırlık olarak 10 ton) arıtma çamuru uygulaması,

Kuru madde olarak dekara 3,75 ton (nemli ağırlık olarak 15 ton) arıtma çamuru uygulamasından oluşmuştur.

Deneme 20 parselden oluşmuştur. Deneme kumlu-kil bünyeye sahip arazide kurulmuştur.

3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yapılan İşlemler İle İlgili Süreç

Denemenin kurulması 14 Temmuz 2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Şekil ’de denemenin planları verilmiştir. Denemenin kurulması sürecinde, öncelikle İzmir Büyükşehir Belediyesi Çiğli Atıksu Arıtma Tesisinden uygulamada kullanılan arıtma çamuru alınarak deneme tarlasına getirilmiştir. Deneme tarlasında bloklar ve parseller oluşturulduktan sonra mineral gübreli parsellere 100 kg/da 15-15-15 gübresi uygulanmıştır (dekara 15 kg N, 15 kg P_2O_5, 15 kg K_2O).

Diğer parsellere ise dekara 1,25; 2,5 ve 3,75 t/da kuru ağırlık (5, 10 ve 15 t/da nemli ağırlık) hesabı ile arıtma çamuru uygulanmıştır. Uygulanan arıtma çamurları ve mineral gübre toprağın 15 cm derinliğine rotavatör ile karıştırılmıştır. Daha sonra havalı mibzer ile sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18 cm olacak şekilde mısır ekimi yapılmıştır. Deneme alanının işlenmesi, deneme parsellerinin oluşturulması, arıtma çamurunun deneme parsellerine uygulanması, arıtma çamuru uygulanmış deneme alanı, arıtma çamurunun rotavatörle toprağa karıştırılması, mibzerin ekime hazır hale getirilmesi, havalı mibzer ile mısır ekimi şekillerde görülmektedir. Şekil 3.3 ’te denemenin planı verilmektedir.

T	3	2	1
GT	T	3	2
1	GT	T	3
2	1	GT	T
3	2	1	GT

Şekil 3.3. Denemenin şematik görünümü

Her parsel $3\times3=9\ m^2$
Parsel aralıkları 2 m

T: Tanık

GT: Mineral gübre

1: 5 t/da nemli arıtma çamuru (1,25 t/da kuru)

2: 10 t/da nemli arıtma çamuru (2,5 t/da kuru)

3: 15 t/da nemli arıtma çamuru (3,75 t/da kuru)

Denemede; arıtma çamurunun tesisten alınıp araziye getirilmesi, işlenmesi ve hasadın yapılmasına kadar geçen süreç Şekil 3.4.’ ten Şekil 3.18.’e kadar görsel olarak verilmiştir.



Şekil 3.4. İZSU Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi'nden arıtma çamurunun alınışı.



Şekil 3.5. Arıtma çamurunun tarlaya getirilişi.



Şekil 3.6. Deneme alanının işlenmesi.



Şekil 3.7. Deneme parsellerinin oluşturulması



Şekil 3.8. Arıtma çamuru uygulanmış deneme alanı.



Şekil 3.9. Arıtma çamurunun rotavatörle toprağa karıştırılması.



Şekil 3.10. Havalı mibzer ile mısır ekimi.

Denemenin çapalanması ve otlarının temizlenmesi el ile yapılırken ara çapaları makine ile yapılmıştır.



Şekil 3.11. Damla sulama sisteminin kurulması.



Şekil 3.12. Sulama.



Şekil 3.13. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi.



Şekil 3.14. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi.



Şekil 3.15. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi.



Şekil 3.16. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi.



Şekil 3.17. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi.



Şekil 3.18. Uygulamaların bitki gelişimine etkisi.

11 Ağustos 2011 tarihinde denemeden ilk toprak örnekleri yapısı bozulmamış olarak alınmıştır. Aynı zamanda denemeler çapalanmış, otları temizlenmiş ve sulanmıştır. 25 Ağustos 2011 tarihinde deneme tekrar sulanmış ve otları temizlenmiştir. 16 Kasım 2011 tarihinde denemeden tekrar toprak örnekleri alınmıştır.

17 Kasım 2011 tarihinde denemedeki mısırların hasadı yapılarak toplam mısır verimi belirlenmiş, kök, sap, yaprak ve koçan örnekleri alınmıştır. Mısır tane verimi, mısırların koçanlarından ayrılarak kurutulmalarından sonra tartımla belirlenmiştir.

3.2.2. Toprak ve bitki örneklerinde yapılan analizler

Denemeden alınan toprak örnekleri önce hava kurusu duruma getirilmişdir. Bu örneklerin yarısı strüktür ve agregat analizleri için 8 mm'lik elekten elenirken, diğer yarısı diğer analizler için 2 mm'lik elekten elenmişlerdir.

Mısırdan alınan örnekler temizlendikten sonra kurutma dolabında kurutulmuş ve değirmende öğütülerek analizler için hazır hale getirilmişlerdir.

Toprak reaksiyonu (pH), doygunluk çamurunda; arıtma çamurunda pH toprak-su karışımında (1:2.5) cam elektrotlu pH-metre ile ölçülerek, (Jackson,1962),

Toprak tuzluluğu ($EC_{25,}$ ds m^{-1}), toprak-su karışımında (1:2.5) EC-metre ile (Arıtma çamurunda; 1: 5) ölçülerek, (Richards, 1954),

Toprak organik maddesi (OM, %), yaş yakma yöntemi ile yakılan toprak örneklerinde organik C saptanıp organik madde hesaplanmıştır (Jackson,1962),

Toprak kireci (%), Scheibler kalsimetresinde HCl ile tepkimeye giren $CaCO_3$'dan çıkan CO_2 hacminin ölçülmesi ile (Richards, 1954),

Toprak katyon değişim kapasitesi (me/100g), NaOAc (pH 8.2) ile doyurulan topraktan Amonyum asetat (pH 7) ile geri alınan Na'un Alevli Fotometrede ölçülmesi ile, (Jackson 1962; Chapman, 1965),

Toprakta tane irilik dağılımı-Toprak bünyesi- (Kum, Mil, Kil), Bouyoucous silindiri ve hidrometre ile, (Bouyoucous, 1951),

Toprakta toplam N salisilik-sülfürik asit karışımıyla yaş yakılan örnekler, damıtma setinde damıtılmış borik asit-indikatör karışımına alınıp, H_2SO_4 ile titre edilerek belirlenmiştir (Bremner, 1965),

Bitkiye yarayışlı P, 0.5 M $NaHCO_3$ (pH 8.5) ile ekstrakte edilen P spektrofotometrik olarak saptanmıştır (Olsen vd.,1954). Değişebilir K, 1 N amonyum asetat ile ekstrakte olan K'un alev fotometrede okunması ile belirlenmiştir (Pratt, 1965).

Toprakta toplam Cd, Pb, Cu, Cr, Zn ve Ni, HCl ve HNO_3 (Kral suyu 3:1) ortamında rodajlı balonlarda soğutmalı sistemli hot plate ile yaş yakılan toprak örneklerinde AAS ile belirlenmiştir (ISO/DIS, 1994-1995).

Toprakta bitkiye yarayışlı Cd, Pb, Cu, Cr, Zn ve Ni, Diethylenetriaminepentaacetic Asit (DTPA) metoduna göre çalkalanıp süzülerek ekstrakte edilen örneklerde AAS ile saptanmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

Bitkide ağır metaller Cd, Pb, Cu, Zn, Cr ve Ni, yaş yakma ile (4 kısım nitrik asit+1 kısım perklorik asit) yakma ve AAS ile saptanmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978). Bulguların istatistiksel değerlendirilmesinde, SPSS istatistik programı kullanılarak Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır (SPSS, 1999).

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

4.1. Arıtma Çamuru Uygulamasının Mısır Verimi Üzerine Etkisi

4.1.1. Denemeden Elde Edilen Toplam Mısır (Yaprak+Sap+Koçan) ve Tane Verimi Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

Denemeden elde edilen toplam mısır (yaprak+sap+koçan) ve tane verimi üzerine arıtma çamuru uygulamasının etkisi Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemeden Elde Edilen Toplam Mısır Verimi (Yaprak+Sap+Koçan) Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi (kg/da)

Çizelge 4.1. Deneme *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	3473	3854	4710	5551	7359
2	3862	5507	5416	6007	6328
3	3608	3569	5202	4548	4492
4	2958	4306	4421	4960	5733
$\bar{x}$	3475 c[1]	4309 bc	4937 abc	5267 ab	5978 a
σ	381	855	454	643	1197

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;

σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.2. Denemeden Elde Edilen Mısır Tane Verimi Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi (kg/da)

Çizelge 4.2. Deneme *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	331	598	652	979	1249
2	285	743	779	950	951
3	423	603	929	760	1039
4	285	645	730	749	834
$\bar{x}$	331 c[1]	647 b	772 ab	859 ab	1019 a
σ	65	67	117	122	175

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;

σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

4.2. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Kimi Özellikleri Üzerine Etkisi

4.2.1. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının pH Değeri Üzerine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının pH değerleri üzerine olan etkisi Çizelge 4.3.‘ de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının pH Değerleri Üzerine Olan Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) (Tukey:**)

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	7,990	7,680	7,730	7,710	7,850
2	7,460	6,860	7,390	7,620	7,340
3	6,980	6,790	7,230	7,550	7,430
4	7,260	7,220	7,550	7,520	7,420
$\bar{x}$	7,423 ab[1]	7,138 b	7,475 ab	7,600 a	7,510 ab
σ	0,426	0,408	0,214	0,084	0,230

**P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:*)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	7,790	7,840	8,040	7,970	8,010
2	7,650	7,700	7,920	7,920	7,830
3	7,100	6,950	7,540	7,200	7,420
4	7,340	7,020	7,580	7,700	7,580
$\bar{x}$	7,470 ab[1]	7,378 b	7,770 a	7,698 ab	7,710 ab
σ	0,310	0,458	0,248	0,352	0,262

P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.3 'ün devamı

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	7,447ab[1]	7,4233 ab	A[2]	7,470 ab	A
Gübreli kontrol	7,258 b	7,138 b	B	7,378 b	A *
1,25 t/da	7,623 a	7,475 ab	B	7,770 a	A *
2,50 t/da	7,649 a	7,600 a	A	7,698 ab	A
3,75 t/da	7,610 a	7,510 ab	B	7,710 ab	A *
	**	**		*	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Bu sonuçlara göre denemenin 1. ve 2. dönem toprak örneklerinin pH değerleri ortalaması arıtma çamuru uygulamaları ile kontrole göre artış göstermiş ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemelerde kullanılan arıtma çamurunun kireçle stabilize edilmesi ve pH'sının yüksek olması nedeni ile toprak pH'sını yükselttiği söylenebilir.

4.2.2. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Tuz İçeriği Üzerine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının tuz içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Deneme Toprağının Tuz (%) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,120	0,200	0,150	0,220	0,220
2	0,135	0,210	0,310	0,310	0,310
3	0,185	0,150	0,210	0,240	0,260
4	0,220	0,200	0,240	0,220	0,360
$\bar{x}$	0,165 c[1]	0,190 bc	0,228 abc	0,248 ab	0,288 a
σ	0,046	0,027	0,067	0,043	0,061

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,100	0,120	0,095	0,130	0,180
2	0,110	0,130	0,140	0,150	0,200
3	0,085	0,135	0,160	0,250	0,300
4	0,115	0,140	0,130	0,165	0,240
$\bar{x}$	0,103 c[1]	0,131 bc	0,131 bc	0,174 ab	0,230 a
σ	0,013	0,009	0,027	0,053	0,053

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.4 'ün devamı,
Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,134 c[1]	0,165 c	A[2]	0,103 c	B*
Gübreli kontrol	0,160 bc	0,190 bc	A	0,131 bc	B*
1,25 t/da	0,180 bc	0,228 bc	A	0,131 bc	B*
2,50 t/da	0,211 ab	0,248 ab	A	0,174 ab	B*
3,75 t/da	0,259 a	0,288 a	A	0,230 a	B*
		**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.
** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki, * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

4.2.3. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Kireç İçeriği Üzerine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının kireç içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Deneme Toprağının Kireç (%) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:*)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,595	0,476	0,548	0,684	0,702
2	0,357	0,512	0,610	0,873	0,476
3	0,318	0,397	0,596	0,546	0,684
4	0,510	0,458	0,402	0,437	0,873
$\bar{x}$	0,445 b[1]	0,461 b	0,539 ab	0,635 ab	0,684 a
σ	0,130	0,048	0,095	0,188	0,163

P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.5 'in devamı,

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,588	0,586	0,620	0,712	0,628
2	0,601	0,321	0,561	0,822	0,639
3	0,685	0,648	0,605	0,802	0,744
4	0,493	0,726	0,403	0,518	0,847
$\bar{x}$	0,592 a[1]	0,570 a	0,547 a	0,713 a	0,714 a
σ	0,079	0,176	0,099	0,139	0,102

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,519 c[1]	0,445 b	A[2]	0,592 a	A
Gübreli kontrol	0,515 bc	0,461 b	A	0,570 a	A
1,25 t/da	0,543 abc	0,539 ab	A	0,547 a	A
2,50 t/da	0,674 ab	0,635 ab	A	0,713 a	A
3,75 t/da	0,699 a	0,684 a	A	0,714 a	A
	*	**			

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

4.2.4. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) Üzerine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının KDK'si üzerine olan etkisi Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Deneme Toprağının KDK'si (me/100g) Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) (Tukey:öd)

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	26,812	26,812	28,261	25,362	24,638
2	27,174	27,174	27,174	27,536	26,449
3	28,986	27,899	28,261	28,623	28,623
4	26,449	27,174	28,623	26,812	26,812
$\bar{x}$	27,355 a[1]	27,264 a	28,080 a	27,083 a	26,630 a
σ	1,126	0,456	0,628	1,368	1,634

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	27,536	19,203	27,536	26,449	26,087
2	23,913	26,812	26,812	26,812	28,623
3	27,174	28,623	26,449	27,536	27,174
4	26,449	26,449	27,174	26,812	26,087
$\bar{x}$	26,268 a[1]	25,272 a	26,993 a	26,902 a	26,993 a
σ	1,634	4,156	0,468	0,456	1,202

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.6 'nın devamı,

Tukey:öd

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	26,812 a[1]	27,355 a	A[2]	26,268 a	A
Gübreli kontrol	26,268 a	27,264 a	A	25,272 a	A
1,25 t/da	27,537 a	28,080 a	A	26,993 a	A
2,50 t/da	26,993 a	27,083 a	A	26,902 a	A
3,75 t/da	26,812 a	26,630 a	A	26,993 a	A

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir. öd: İstatistiksel olarak önemli değil

Deneme toprağının dönemler ortalaması KDK değerleri arıtma çamuru uygulamaları ile istatistiksel olarak değişim göstermemiştir.

4.2.5. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Organik Madde İçeriği Üzerine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının organik madde içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Deneme Toprağının Organik Madde (%) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	1,081	1,241	1,343	1,272	1,413
2	1,479	1,214	1,381	1,464	1,552
3	0,972	1,143	1,430	1,505	1,624
4	1,345	1,562	1,148	1,655	2,033
$\bar{x}$	1,219 b[1]	1,290 ab	1,326 ab	1,474 ab	1,655 a
σ	0,233	0,186	0,124	0,158	0,266

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.7' nin devamı

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,978	1,184	1,055	1,246	1,309
2	1,324	1,469	1,660	1,289	1,460
3	1,108	1,277	1,358	1,872	1,873
4	1,386	1,160	1,376	1,484	1,920
$\bar{x}$	1,199 b[1]	1,273 ab	1,362 ab	1,473 ab	1,640 a
σ	0,190	0,140	0,247	0,286	0,303

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	1,209 b[1]	1,219 b	A[2]	1,199 b	A
Gübreli kontrol	1,282 ab	1,290 ab	A	1,273 ab	A
1,25 t/da	1,344 ab	1,326 ab	A	1,362 ab	A
2,50 t/da	1,474 ab	1,474 ab	A	1,473 ab	A
3,75 t/da	1,648 a	1,655 a	A	1,640 a	A
	*	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Toprağın organik madde içeriği artan dozdaki arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır. Genel olarak, ürün yetiştirilen topraklara ürün artıkları, ahır gübresi, torf, orman altında biriken yapraklar ve organik atıklardan elde edilen kompost ilavesi, bu toprakların organik madde içeriğini artırdığı gibi, aynı zamanda toprak fiziksel özelliklerini de düzeltmektedir (Stratton ve ark. 1995).

4.3. Arıtma Çamuru Uygulamasının Topraktaki Bitki Besin Maddeleri Üzerine Etkisi

4.3.1. Arıtma Çamuru Uygulamasının Toprağın Toplam Azot (N) İçeriğine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam azot (N) içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Deneme Toprağının Toplam Azot (N) (%) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,084	0,106	0,084	0,106	0,123
2	0,090	0,112	0,134	0,162	0,123
3	0,116	0,110	0,134	0,123	0,151
4	0,106	0,112	0,118	0,146	0,230
$\bar{x}$	0,099 c[1]	0,110 bc	0,118 bc	0,134 ab	0,157 a
σ	0,015	0,003	0,024	0,025	0,050

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,090	0,095	0,084	0,112	0,151
2	0,112	0,112	0,118	0,131	0,149
3	0,101	0,112	0,129	0,146	0,156
4	0,101	0,112	0,106	0,137	0,157
$\bar{x}$	0,101 b[1]	0,108 b	0,109 b	0,131 ab	0,153 a
σ	0,009	0,008	0,019	0,014	0,004

** P≤ 0,01 düzeyinde önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.8 'in devamı

Tukey:P≤ 0,01

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,100 b[1]	0,099 c	A[2]	0,101 b	A
Gübreli kontrol	0,109 b	0,110 bc	A	0,108 b	A
1,25 t/da	0,114 ab	0,118 bc	A	0,109 b	A
2,50 t/da	0,133 ab	0,134 ab	A	0,131 ab	A
3,75 t/da	0,157 a	0,157 a	A	0,153 a	A
	**	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir. ** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki

Toprağın toplam N içeriği artan dozdaki arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır. Arıtma çamurunun yüksek toplam N içeriği uygulamalar ile topraktaki toplam N'u artırmıştır.

4.3.2. Arıtma Çamuru Uygulamasının Toprağın Alınabilir Fosfor (P) İçeriğine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir fosfor (P) içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Deneme Toprağının Alınabilir Fosfor (P) (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	46,352	58,064	67,816	84,904	120,536
2	58,072	99,552	63,928	102,968	128,328
3	67,344	64,416	68,239	99,552	95,160
4	82,960	73,398	71,783	100,150	140,088
$\bar{x}$	63,682 c[1]	73,858 c	67,942 c	96,894 b	121,028 a
σ	15,458	18,248	3,213	8,131	19,026

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.9 'un devamı,

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	25,400	40,400	29,800	77,000	102,800
2	20,600	33,000	38,200	81,400	107,000
3	26,400	48,800	46,400	75,400	117,800
4	36,600	50,600	45,200	83,400	120,000
$\bar{x}$	27,250 c[1]	43,200 c	39,900 c	79,300 b	111,900 a
σ	6,728	8,124	7,643	3,729	8,311

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	45,466 d[1]	63,682 c	A[2]	27,250 c	B*
Gübreli kontrol	58,529 bc	73,858 c	A	43,200 c	B*
1,25 t/da	53,921 cd	67,942 c	A	39,900 c	B*
2,50 t/da	88,097 b	96,894 b	A	79,300 b	B*
3,75 t/da	116,464a	121,028 a	A	111,900 a	A
	**	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki, * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Toprak örneklerinin alınabilir P analizi sonuçlarına göre, artan dozda arıtma çamuru uygulamalarına paralel olarak deneme topraklarındaki alınabilir P miktarları kontrole göre istatistiksel olarak artış göstermiştir. Bu artışın nedeni arıtma çamurunun içerdiği yüksek P miktarıdır.

4.3.3. Arıtma Çamuru Uygulamasının Toprağın Alınabilir Potasyum (K) İçeriğine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir potasyum (K) içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.10' da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Deneme Toprağının Alınabilir Potasyum (K) (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	177,175	186,500	158,525	177,175	195,825
2	177,175	191,100	205,150	214,475	205,150
3	195,825	233,125	205,150	214,475	223,800
4	205,150	242,450	195,825	214,475	279,750
$\bar{x}$	188,831 b[1]	213,294 ab	191,163 b	205,150 ab	226,131 a
σ	13,988	28,600	22,198	18,650	37,590

** P≤ 0,01 düzeyinde önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	155,936	185,174	136,444	146,952	165,682
2	175,428	185,174	176,444	155,936	175,936
3	185,174	214,412	175,428	224,158	202,888
4	184,412	243,650	175,428	194,920	194,920
$\bar{x}$	175,238 ab[1]	207,103 a	165,936 b	180,492 ab	184,857 ab
σ	13,607	27,993	19,667	35,790	17,065

** P≤ 0,01 düzeyinde önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.10 ’un devamı,

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	182,035 c[1]	188,831 b	A[2]	175,238 ab	A
Gübreli kontrol	210,199 a	213,294 ab	A	207,103 a	A
1,25 t/da	178,550 bc	191,163 b	A	165,936 b	B*
2,50 t/da	192,821 bc	205,150 ab	A	180,492 ab	B*
3,75 t/da	205,494 b	226,131 a	A	184,857 ab	B*
	**	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Toprak örneklerinin dönemler ortalaması alınabilir K analizi sonuçlarına göre, artan dozda arıtma çamuru uygulamalarına paralel olarak, deneme topraklarındaki alınabilir K miktarları kontrole göre istatistiksel olarak artış göstermiştir. Bu artışın nedeni arıtma çamurunun içerdiği yüksek K miktarıdır.

4.4. Arıtma Çamuru Uygulamasının Topraktaki Ağır Metal Birikimine Etkisi

4.4.1. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Toplam Cu İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Cu içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.11‘ de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Deneme Toprağının Toplam Cu (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	16,925	15,138	15,425	14,688	16,600
2	17,038	21,138	20,600	21,400	17,125
3	16,363	17,363	16,725	18,538	17,813
4	16,150	17,775	15,850	18,425	20,675
$\bar{x}$	16,619 a[1]	17,853 a	17,150 a	18,263 a	18,053 a
σ	0,430	2,477	2,363	2,752	1,817

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	18,513	18,825	18,275	18,588	19,588
2	19,163	18,638	19,638	19,863	23,988
3	17,675	18,750	20,038	20,150	24,313
4	18,950	18,425	20,038	21,400	21,038
$\bar{x}$	18,575 b[1]	18,659 b	19,497 ab	20,000 ab	22,231 a
σ	0,658	0,174	0,836	1,154	2,297

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.11 'in devamı,

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	17,597 a[1]	16,619 a	A[2]	18,575 b	A
Gübreli kontrol	18,256 a	17,853 a	A	18,659 b	A
1,25 t/da	18,324 a	17,150 a	A	19,497 ab	A
2,50 t/da	19,132 a	18,263 a	A	20,000 ab	A
3,75 t/da	20,142 a	18,053 a	B	22,231 a	A*
				**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Denemeye ait toprak örneklerinin dönemler ortalaması toplam Cu içerikleri artan dozda arıtma çamuru uygulamaları ile istatistiksel olarak değişim göstermemiştir.

4.4.2. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Toplam Zn İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Zn içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Deneme Toprağının Toplam Zn (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	60,663	35,163	40,200	36,038	43,725
2	43,163	55,450	52,338	61,400	43,338
3	41,900	44,063	44,425	51,375	49,200
4	66,125	48,125	42,425	55,113	43,525
$\bar{x}$	52,963 a[1]	45,700 a	44,847 a	50,981 a	44,947 a
σ	12,261	8,459	5,284	10,787	2,840

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.12 'nin devamı

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	36,450	38,575	39,050	38,975	46,388
2	39,375	38,825	41,350	48,100	60,350
3	40,563	37,238	43,125	44,125	71,313
4	39,638	39,963	42,525	53,375	53,100
$\bar{x}$	39,006 b[1]	38,650 b	41,513 ab	46,144 ab	57,788 a
σ	1,779	1,119	1,800	6,099	10,668

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;
σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	45,985 ab[1]	52,963 a	A[2]	39,006 b	B*
Gübreli kontrol	42,175 b	45,700 a	A	38,650 b	B*
1,25 t/da	43,180 ab	44,847 a	A	41,513 ab	A
2,50 t/da	43,563 ab	50,981 a	A	46,144 ab	A
3,75 t/da	51,368 a	44,947 a	B	57,788 a	A*
	*			**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki; * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Toprakta dönemler ortalaması toplam Zn içerikleri artan dozdaki arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre istatistiksel olarak artış göstermiştir. Bu artışa arıtma çamurunun içerdiği yüksek Zn miktarı (1335 mg/kg Zn) yol açmıştır denilebilir. Bu artışlara rağmen, deneme toprağının toplam Zn içerikleri yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altında belirlenmiştir.

4.4.3. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Toplam Cr İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Cr içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Deneme Toprağının Toplam Cr (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	14,338	12,988	13,275	12,625	15,063
2	13,338	15,213	14,138	14,938	14,225
3	13,813	13,663	13,725	15,150	14,725
4	13,000	14,175	13,363	15,288	14,709
$\bar{x}$	13,622 a[1]	14,009 a	13,625 a	14,500 a	14,680 a
σ	0,582	0,938	0,393	1,258	0,345

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:*)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	12,488	12,675	12,988	13,088	13,950
2	11,975	11,700	13,063	13,575	15,850
3	12,163	11,800	13,050	12,563	16,025
4	11,938	11,450	12,588	14,488	14,050
$\bar{x}$	12,141 ab[1]	11,906 b	12,922 ab	13,428 ab	14,969 a
σ	0,251	0,533	0,225	0,818	1,122

*: İstatistiksel olarak P≤ 0,05 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.13 'ün devamı,

Tukey:P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	12,882 ab[1]	13,622 a	A[2]	12,141 ab	A
Gübreli kontrol	12,958 b	14,009 a	A	11,906 b	A
1,25 t/da	13,274 ab	13,625 a	A	12,922 ab	A
2,50 t/da	13,964 ab	14,500 a	A	13,428 ab	A
3,75 t/da	14,680 a	14,680 a	A	14,969 a	A
	*			*	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir. * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Toprakta dönemler ortalaması toplam Cr içerikleri artan dozdaki arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre istatistiksel olarak artış göstermiştir. Bu artışa arıtma çamurunun içerdiği Cr miktarı (250,6 mg/kg Zn) yol açmıştır denilebilir. Bu artışlara rağmen, deneme toprağının toplam Cr içerikleri yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altında belirlenmiştir.

4.4.4. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Toplam Cd İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Cd içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.14' de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Deneme Toprağının Toplam Cd (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,563	0,525	0,563	0,550	0,638
2	0,625	0,738	0,725	0,775	0,600
3	0,650	0,675	0,688	0,688	0,663
4	0,713	0,775	0,638	0,738	0,788
$\bar{x}$	0,638 a[1]	0,678 a	0,653 a	0,688 a	0,672 a
σ	0,062	0,110	0,070	0,098	0,081

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.14 'ün devamı,

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,263	0,288	0,413	0,288	0,350
2	0,325	0,300	0,313	0,388	0,338
3	0,388	0,338	0,250	0,363	0,475
4	0,225	0,325	0,263	0,300	0,263
$\bar{x}$	0,300 a[1]	0,313 a	0,309 a	0,334a	0,356 a
σ	0,071	0,023	0,074	0,048	0,088

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,01

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,469 a[1]	0,638 a	A[2]	0,300 a	B**
Gübreli kontrol	0,496 a	0,678 a	A	0,313 a	B**
1,25 t/da	0,481 a	0,653 a	A	0,309 a	B**
2,50 t/da	0,511 a	0,688 a	A	0,334 a	B**
3,75 t/da	0,514 a	0,672 a	A	0,356 a	B**

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki

Deneme toprağının dönemler ortalaması toplam Cd içerikleri artan dozdaki arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir. Başka deyişle, arıtma çamuru uygulamaları deneme toprağının toplam Cd içeriğini artırmamıştır.

4.4.5. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Toplam Ni İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Ni içerikleri üzerine olan etkisi Çizelge 4.15' te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Deneme Toprağının Toplam Ni (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	23,625	21,063	21,538	19,713	22,250
2	23,913	28,925	27,588	28,325	24,000
3	23,713	24,950	23,838	25,188	24,288
4	23,538	25,725	22,300	25,225	26,638
$\bar{x}$	23,697 a[1]	25,166 a	23,816 a	24,613 a	24,294 a
σ	0,161	3,232	2,690	3,582	1,803

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	25,113	25,488	23,838	23,825	25,013
2	26,150	25,713	25,625	24,863	28,138
3	26,613	26,225	28,188	26,075	27,588
4	26,563	25,388	28,013	27,650	26,675
$\bar{x}$	26,109 a[1]	25,703 a	26,416 a	25,603 a	26,853 a
σ	0,696	0,374	2,079	1,645	1,367

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.15 'in devamı,

(Tukey:öd)

	Genel	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	25,855 a	23,697 a	A	26,109 a	A
Gübreli kontrol	26,073 a	25,166 a	A	25,703 a	A
1,25 t/da	25,594 a	23,816 a	A	26,416 a	A
2,50 t/da	25,309 a	24,613 a	A	25,603 a	A
3,75 t/da	25,962 a	24,294 a	A	26,853 a	A

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir. öd: İstatistiksel olarak önemli değil

Denemeye ait toprağın, 2 farklı dönemde alınan örneklerin ortalaması toplam Ni içerikleri artan dozdaki arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir. Öz olarak, arıtma çamuru uygulamaları deneme toprağının toplam Ni içeriğini artırmamıştır.

4.4.6. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Toplam Pb İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının toplam Pb içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Deneme Toprağının Toplam Pb (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	15,125	14,250	14,375	13,750	15,125
2	16,125	19,500	18,625	19,000	16,000
3	15,750	17,000	16,000	16,625	16,000
4	15,875	17,375	14,875	16,875	17,625
$\bar{x}$	15,719 a[1]	17,031 a	15,969 a	16,563 a	16,188 a
σ	0,425	2,156	1,897	2,157	1,043

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.16 'nın devamı,

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	12,250	12,375	11,625	11,625	12,375
2	13,500	12,750	12,500	12,250	13,625
3	13,375	12,875	13,125	12,500	14,125
4	12,250	12,000	12,500	13,625	12,500
$\bar{x}$	12,844 a[1]	12,500 a	12,438 a	12,500 a	13,156 a
σ	0,688	0,395	0,617	0,835	0,856

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	14,282 a[1]	15,719 a	A[2]	12,844 a	B*
Gübreli kontrol	14,766 a	17,031 a	A	12,500 a	B*
1,25 t/da	14,204 a	15,969 a	A	12,438 a	B*
2,50 t/da	14,532 a	16,563 a	A	12,500 a	B*
3,75 t/da	14,672 a	16,188 a	A	13,156 a	B*

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir. * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Deneme toprağının dönemler ortalaması toplam Pb içerikleri artan dozdaki arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir. Başka deyişle, arıtma çamuru uygulamaları deneme toprağının toplam Pb içeriğini artırmamıştır.

4.5. ARITMA ÇAMURU UYGULAMASININ TOPRAKTAKİ ALINABİLİR AĞIR METAL BİRİKİMİNE ETKİSİ

4.5.1. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Alınabilir Cu İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Cu içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.17' de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Deneme Toprağının Alınabilir Cu (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	1,925	1,791	2,130	1,942	2,728
2	1,880	1,916	2,340	2,336	2,670
3	1,974	1,944	2,336	2,438	2,834
4	1,926	1,888	2,080	2,290	2,795
$\bar{x}$	1,926 b[1]	1,885 b	2,222 b	2,251 b	2,757 a
σ	0,038	0,067	0,136	0,216	0,073

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	1,156	1,268	1,771	2,092	2,221
2	1,284	1,316	1,917	2,111	2,305
3	1,350	1,346	2,018	2,005	3,844
4	1,328	1,297	1,825	2,046	2,402
$\bar{x}$	1,280 c[1]	1,307 c	1,883 b	2,064 b	2,693 a
σ	0,087	0,033	0,109	0,047	0,771

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;

σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.17 'nin devamı,

Tukey:P≤ 0,01; P≤ 0,05

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	1,603 c[1]	1,926 b	A[2]	1,280 c	B*
Gübreli kontrol	1,596 c	1,885 b	A	1,307 c	B*
1,25 t/da	2,053 bc	2,222 b	A	1,883 b	B*
2,50 t/da	2,158 b	2,251 b	A	2,064 b	A
3,75 t/da	2,725 a	2,757 a	A	2,693 a	A
	**	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki,* P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

Denemenin dönemler ortalaması alınabilir Cu miktarı, artan dozdaki arıtma çamuru uygulamalarına paralel olarak kontrole göre istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir.

4.5.2. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Alınabilir Cd İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Cd içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.18' de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Deneme Toprağının Alınabilir Cd (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,027	0,028	0,028	0,024	0,029
2	0,030	0,032	0,034	0,028	0,033
3	0,035	0,038	0,038	0,035	0,037
4	0,032	0,034	0,036	0,032	0,035
$\bar{x}$	0,031 a[1]	0,033 a	0,034 a	0,030 a	0,034 a
σ	0,004	0,004	0,004	0,005	0,003

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.18 ‘in devamı,

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,018	0,019	0,021	0,022	0,026
2	0,026	0,024	0,027	0,030	0,028
3	0,028	0,026	0,033	0,029	0,043
4	0,024	0,028	0,029	0,024	0,030
$\bar{x}$	0,024 a[1]	0,024 a	0,027 a	0,026 a	0,032 a
σ	0,004	0,004	0,005	0,004	0,008

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:öd

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,028 a[1]	0,031 a	A[2]	0,024 a	A
Gübreli kontrol	0,029 a	0,033 a	A	0,024 a	A
1,25 t/da	0,031 a	0,034 a	A	0,027 a	A
2,50 t/da	0,028 a	0,030 a	A	0,026 a	A
3,75 t/da	0,033 a	0,034 a	A	0,032 a	A

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.öd: İstatistiksel olarak önemli değil

Deneme toprağındaki dönemler ortalaması alınabilir Cd miktarı, arıtma çamuru uygulamaları ile kontrole göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir.

4.5.3. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Alınabilir Cr İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Cr içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.19' da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Deneme Toprağının Alınabilir Cr (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,867	0,880	0,956	0,925	0,994
2	0,845	0,911	0,983	1,011	1,119
3	0,754	0,893	0,979	1,009	1,211
4	0,801	0,888	0,914	1,126	1,244
$\bar{x}$	0,817 c[1]	0,893 bc	0,958 bc	1,018 ab	1,142 a
σ	0,050	0,013	0,032	0,083	0,112

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,648	0,727	0,814	0,855	0,826
2	0,794	0,845	0,843	0,892	0,916
3	0,688	0,914	0,882	0,899	1,070
4	0,791	0,870	0,825	1,021	1,054
$\bar{x}$	0,730 b[1]	0,839 ab	0,841 ab	0,917 a	0,967 a
Σ	0,074	0,080	0,030	0,072	0,116

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;

σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.19 'un devamı,

Tukey:P≤ 0,01

	Dönemler ortalaması	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,774 d[1]	0,817 c	A[2]	0,730 b	A
Gübreli kontrol	0,866 c	0,893 bc	A	0,839 ab	A
1,25 t/da	0,900 bc	0,958 bc	A	0,841 ab	A
2,50 t/da	0,968 ab	1,018 ab	A	0,917 a	A
3,75 t/da	1,055 a	1,142 a	A	0,967 a	A
	**	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki

Deneme toprağındaki dönemler ortalaması alınabilir Cr miktarı, arıtma çamuru uygulamaları ile kontrole göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir.

4.5.4. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Alınabilir Ni İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Ni içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.20' de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Deneme Toprağının Alınabilir Ni (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) (Tukey:**)

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,410	0,550	0,569	0,651	0,708
2	0,445	0,596	0,617	0,688	0,772
3	0,692	0,488	0,653	0,707	0,819
4	0,503	0,496	0,706	0,648	0,829
$\bar{x}$	0,513 b[1]	0,533 b	0,636 ab	0,674 ab	0,782 a
σ	0,126	0,051	0,058	0,029	0,055

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;

σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.20'nin devamı,

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,346	0,395	0,351	0,483	0,591
2	0,421	0,492	0,675	0,695	0,715
3	0,516	0,477	0,618	0,686	0,729
4	0,443	0,500	0,590	0,615	0,743
$\bar{x}$	0,432 c[1]	0,466 bc	0,559 abc	0,620 ab	0,694 a
σ	0,070	0,048	0,143	0,098	0,070

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;
σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,01

	Genel	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,473 c[1]	0,513 b	A[2]	0,432 c	A
Gübreli kontrol	0,500 bc	0,533 b	A	0,466 bc	A
1,25 t/da	0,598 bc	0,636 ab	A	0,559 abc	A
2,50 t/da	0,647 ab	0,674 ab	A	0,620 ab	A
3,75 t/da	0,738 a	0,782 a	A	0,694 a	A
	**	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki

4.5.5. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Alınabilir Pb İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Pb içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.21' de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Deneme Toprağının Alınabilir Pb (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	1,110	0,938	1,225	0,727	0,875
2	1,016	1,148	0,994	1,211	1,167
3	0,922	0,968	0,733	0,950	0,915
4	0,975	1,015	0,942	1,185	1,229
$\bar{x}$	1,006 a[1]	1,017 a	0,973 a	1,018 a	1,047 a
σ	0,079	0,093	0,202	0,227	0,177

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:öd)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,556	0,514	0,630	0,728	0,776
2	0,497	0,574	0,600	0,657	0,660
3	0,627	0,610	0,738	0,416	0,559
4	0,586	0,528	0,596	0,523	0,627
$\bar{x}$	0,567 a[1]	0,557 a	0,641 a	0,581 a	0,655 a
σ	0,055	0,044	0,067	0,139	0,091

öd: İstatistiksel olarak önemli değil [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması; σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.21 'in devamı,

Tukey:P≤ 0,05

	Genel	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	0,787 a[1]	1,006 a	A[2]	0,567 a	B*
Gübreli kontrol	0,787 a	1,017 a	A	0,557 a	B*
1,25 t/da	0,807 a	0,973 a	A	0,641 a	B*
2,50 t/da	0,800 a	1,018 a	A	0,581 a	B*
3,75 t/da	0,851 a	1,047 a	A	0,655 a	B*

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.

* P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

4.5.6. Arıtma Çamuru Uygulamasının Deneme Toprağının Alınabilir Zn İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Arıtma çamuru uygulamasının deneme toprağının alınabilir Zn içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.22' de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Deneme Toprağının Alınabilir Zn (mg/kg) İçeriği Üzerine Arıtma Çamuru Uygulamasının Etkisi

1.Örnekleme (11.08.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	1,906	2,052	2,152	2,782	6,084
2	2,101	2,227	3,627	3,642	5,240
3	2,408	2,104	4,106	4,328	5,936
4	2,215	1,946	3,888	4,294	5,382
$\bar{x}$	2,157 c[1]	2,082 c	3,443 b	3,762 b	5,661 a
σ	0,210	0,117	0,883	0,725	0,412

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;

σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Çizelge 4.22 'nin devamı,

2.Örnekleme (16.11.2011) *(Tukey:**)*

Tekrar	Kontrol	Gübreli kontrol	1,25 t/da	2,50 t/da	3,75 t/da
1	0,780	1,040	2,340	4,112	4,640
2	0,880	1,351	3,251	3,498	4,827
3	1,117	1,169	3,580	4,499	4,913
4	0,943	0,923	3,118	3,942	5,004
$\bar{x}$	0,930 c[1]	1,121 c	3,072 b	4,013 a	4,846 a
σ	0,141	0,184	0,525	0,415	0,155

**: İstatistiksel olarak P≤ 0,01 düzeyde çok önemli ilişki; [1]Farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı belirtir. $\bar{x}$: Tekrarların ortalaması;

σ: Ortalamaların standart sapma değerleri

Tukey:P≤ 0,01, P≤ 0,05

	Genel	1.dönem		2.dönem	
Kontrol	1,544 c[1]	2,157 c	A[2]	0,930 c	B*
Gübreli kontrol	1,602 c	2,082 c	A	1,121 c	B*
1,25 t/da	3,258 b	3,443 b	A	3,072 b	A
2,50 t/da	3,888 b	3,762 b	A	4,013 a	A
3,75 t/da	5,254 a	5,661 a	A	4,846 a	A
	**	**		**	

[1]Farklı küçük harfler uygulamalar, [2]farklı büyük harfler dönemler arasındaki farkı belirtir.

** P≤ 0,01 düzeyinde çok önemli ilişki, * P≤ 0,05 düzeyinde önemli ilişki

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİ

Artan dozda arıtma çamuru uygulamalarına bağlı olarak, denemelerden elde edilen toplam (sap+yaprak+koçan) ve tane mısır verimi kontrole göre istatistiksel olarak artış göstermiştir. Ayrıca, artan dozda arıtma çamuru uygulamaları deneme topraklarının bitki besin maddelerini, organik madde, kireç ve tuz içeriklerini kontrole göre istatistiksel olarak artırmıştır. Arıtma çamuru uygulamaları deneme toprağının toplam N içeriğini de artırmıştır. Hasat sonrası alınan toprak örneklerinde toplam N miktarında azalma görülmüştür. Bunun nedeni ürün ile birlikte azotun önemli bölümünün topraktan kaldırılmasıdır. Toplam N'da olduğu gibi, topraktaki alınabilir P ve K' da da arıtma çamuru uygulamalarına koşut olarak tanığa göre artış görülmüştür. Bunun nedeni arıtma çamurunun içeriğinde ki yüksek fosfor ve potasyumdur. Arıtma çamuru uygulamaları ile topraktaki toplam Ni, Pb, ve Cd içeriğinde tanığa göre istatistiksel olarak değişim olmazken, toplam Zn, Cr ve Cu elementleri istatistiksel olarak tanığa göre artış göstermiştir. Bu artışa rağmen, topraktaki toplam Zn, Cr ve Cu miktarı yönetmelikte izin verilen sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır. Artan dozdaki arıtma çamuru uygulamaları mısır verimini tanığa göre istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmıştır. Alınabilir Cd ve PB miktarı, arıtma çamuru uygulamaları ile kontrole göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir. Fakat alınabilir Cr, Cu, Ni, ve Zn elementlerinde kontrole göre istatistiksel olarak artış görülmüştür. Bu denemenin sonucunda arıtma çamuru kullanımı ile toprak özelliklerinin iyileştiği belirlenmiştir. Arıtma çamuru uygulamaları ile topraktaki organik maddenin artışı, beraberinde bitki besin maddelerinin de artışını sağlamıştır. Arıtma çamurlarının toprakta kullanımında, yönetmelikte belirtilen koşulların yerine getirilmesi, yine arıtma çamuru uygulanacak toprağın yönetmelikte belirtilen koşullara uygun olması durumunda uygulanması gerekmektedir. Uygulama dozu toprak analizleri ile belirlenebilir. Yüksek dozlarda arıtma çamuru uygulamalarından kaçınmak gerekir. Topraktaki fosfor eksik ise uygulanacak dozun bitkinin fosfor gereksinimine göre belirlenmesi doğru olur. Aşırı dozda arıtma çamuru uygulamaları topraktan fazla azotun nitrat formunda yıkanmasına neden olabilir. Arıtma çamurunun tarımda kullanımı ile ilgili çok yıllık denemeler yapılarak, toprak ve farklı bitkiler üzerine olası etkilerinin ortaya çıkarılması için çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Aksu, T., 2008, Isparta Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurun Bertaraf Stratejilerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Akyarlı, A. ve Şahin, H., 2005, Arıtma Çamurlarının Bertarafında Kireç Kullanımı; I.Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, AÇS2005 23-25 Mart 2005, İzmir.

Alloway, B. ve Jackson, P. 1991, The Behaviour of Heavy Metals in Sewage Sludge Avended Soils. Elsevier Science publishers B.V., United Kingdom.

Anonim, 1971, Gediz Ovası Toprakları. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No: 222, Ankara.

Anonim, 2009, ve **Menemen** 2008, Hidrometerolojik rasat verileri yıllığı. Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Dönemler ortalaması Yayın No: 237, Teknik Yayın No: 47 Menemen- İzmir.

Arıkan, O. A. ve Öztürk, İ., 2008, Arıtma çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Evsel Katı Atık İlavesinin Etkisi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul.

Arlı, S. 2006, Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Ayvaz, Z., 2000, Atık Su Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi,Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü.

Bilgin, N., Eyüpoğlu, H. ve **Üstün, H.** 2002, Biyokatıların Arazide Kullanımı, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.

Bouyoucous, G.J. 1951, A Recalibration of Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy Journal, 43: 9.

Bozkurt, M. A, Erdal, İ., Çimrin, K. M., Karaca, S. ve Sağlam, M., 2000, Kentsel arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin elementi ve ağır metal kapsamına etkisi. A.Ü. Zir. Fak. Tarım Bil. Der. 6(4): 35-43.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Bremner, J.M., 1965, Total nitrogen. In: Methods of Soil Analysis Part 2; (C.A. Black, Ed). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1145-1178.

Chapman, H.D., 1965, Methods of soil analysis Part 2. Chemical microbiological properties. Ed. C.A. Black., Amer. Soc. of Agron. Inc. Publ. Agron. Series no: 9, Madison, Wisconsin, USA.

Damar, Y., 2002, Petrokimya Endüstrisinden Kaynaklanan Sülfürik Asit Atıklarının Kireçli Toprakların Islahı Amacıyla Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Delibacak, S., Okur, B., Anaç, D., Okur, N., Hakerlerler, H., Yağmur, B., Ongun, A.R., Kayıkçıoğlu, H. H., 2007, Kentsel Arıtma Çamuru Uygulamasının Yer Fıstığı Ve Arpa Fiğ Karışımı Üretiminde Verim Ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Raporu 2003-ZRF-018, Bornova İzmir.

Demirel, G., 2010, Ankara merkezi atıksu arıtma tesisi ve arıtma çamurları bertarafı. II. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, Bildiriler: 145-153. 04-06 Kasım 2009, İzmir. EC 2001, Disposal and recycling routes for sewage sludge. European Commission DG Environment, Luxemburg

Düring, R.A., Gäth, S. 2002, Utilization of Municipal Organic Wastes in Agriculture Where Do we Stand, Where will we go? J. Plant Nutr. Soil Sci., 165, 544-556.

Filibeli, A., 1996, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, DEÜ, İZMİR.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Good Practices In Sludge Management. Published by and copyright 2012 www.purebalticsea.eu: Project on Urban Reduction of Eutrophication (PURE), Union of the Baltic Cities Environment Commission, Vanha Suurtori 7, FIN-20500 Turku, Finland Chapters 3-11 and parts of chapter 2 of this publication are based on Pöyry Finland Oy's technical report to PURE: Proven standard practices and innovative new solutions of sludge handling in the Baltic Sea Region. Other authors and editors: Jan-Eric Luft, Entsorgungsbetriebe Lübeck; Tuuli Ojala, John Nurminen Foundation; Lotta Ruokanen, Number of pages: 123. ISBN 978-952-5725-91-9 (print.), 978-952-5725-92-6 (PDF) Published in October 2012 (Erişim tarihi: 18-07-2013).

ISO/DIS., 1994, 11466.2 Soil quality-Extraction of trace metals solubge in aqua regia: ISO/Tc 190/SC3.

ISO/DIS., 1995, 11047. Soil quality-determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc flame and electrotermal atomic absorbtion spectrometric methods.

İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (İZSU) www.izsu.gov.tr/pages/standartPage.aspx?id=82 (Erişim tarihi:18-07-2013).

Jackson, M.L., 1962, Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs., U.S.A.

Kütük, A.C., G. Çaycı ve A. Baran., 1995, Çay atıklarının bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme olanakları. Ankara Üniv. Zir. Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, yıl 1, 35-40.

Lindsay, W.L., and Norwell, W.A., 1978, Development of a DTPA Soil Test. Soil Science American Proceedings, 35, 600-602.

Ludovico Spinosa and P.Aarne Vesilind, 2001, Sludge into Biosolids, Processing, Disposal and Utilization, IWA Publishing, UK.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Nisanoğlu, G., 1998, "Atık su Arıtma Sistemlerinin ve Bu Sistemlerden Elde Edilen Çamurların Tarım Olanaklarında Kullanılması Olanakları" Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri. Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Okur, B. ve S. Delibacak, 1996, Prina, cibre, karasu ve çöp gübresi gibi doğal atıkların toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, "Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı" bildiri kitabı, sayfa 179-183, Mersin.

Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., and Dean, L.B., 1954, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. of Agr., 939 Washington, D.C.

Öztürk, İ., Timur, H. ve Koşkan, U., 2005, Atık Su Arıtımının Esasları. Evsel, Endüstriyel Atık su Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü.

Palabıyık, H., 1998, Çevre Sorunu Olarak Kentsel Katı Atıklar (Çöpler) ve Entegre Katı Atık Yönetimi, Türk İdare Dergisi, 70(420):45-64, Ankara.

Pratt, P.F., 1965, Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. In Ed. C.A. Black, American Society of Agronomy, Inc. Pub. Agron. Series, No. 9., Madison, Wisconsin, USA

R.G., 2010, "Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik", TC Resmi Gazete.

Richards, L.A., 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils (Agricultural Handbook No. 60). US Salinity Laboratory. USDA. Washington.

Sayı: 27661.

SPSS, 1999, SPSS 9 for Windows User's Guide, Copyright 1999 by SPSS Inc., SPSS, Chicago, IL.

Taşatar, B. 1997, "Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri", Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, 2012, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri Menemen-İzmir.