

**DONDURMA FABRİKASI ARITMA ÇAMURUNUN
MISIR BİTKİSİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mustafa BIYIKLI



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DONDURMA FABRİKASI ARITMA ÇAMURUNUN MISIR BİTKİSİ
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mustafa BIYIKLI

Prof. Dr. A. Vahap KATKAT
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI

BURSA-2011
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Mustafa BIYIKLI tarafından hazırlanan “Dondurma Fabrikası Arıtma Çamurunun Mısır Bitkisi Gelişimi Üzerine Etkileri” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. A. Vahap KATKAT

Başkan Prof. Dr. A. Vahap KATKAT
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. İlhan TURGUT
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Üye Yard. Doç.Dr. Hakan ÇELİK
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN
Enstitü Müdürü
/ /2011

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

06/01/2012

Mustafa BIYIKLI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DONDURMA FABRİKASI ARITMA ÇAMURUNUN MISIR BİTKİSİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa BIYIKLI

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Vahap KATKAT

Bu çalışmada; Natura Gıda Sanayi A.Ş. Arıtma Tesisi arıtma çamurunun tarımsal kullanım olanağı araştırılmıştır. Bu amaçla arıtma çamuru örneğinde pH, EC, organik madde, C:N oranı ve besin elementi ve kimi ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında tarla koşullarında yürütülen çalışmada arıtma çamuru artan düzeylerde (0-3-6-9 ton da⁻¹) mısır bitkisi ekiminden önce toprağa karıştırılmıştır. Bir aylık inkübasyon süresi sonunda bitki ekimi yapılmıştır. Gelişim periyodu süresince 3 örnekleme yapılmış ve bitki hasat edilmiştir. Hasat sonrasında tekrar toprak örnekleri alınarak arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler ile mısır bitkisinin gelişim ve mineral madde içeriği üzerine etkisi belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan arıtma çamurunun çinko içeriği yönünden yönetmelikte belirtilen sınır değeri aştığı belirlenmiştir. Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru bitkinin besin elementi içeriğini arttırmış ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiştir. Arıtma çamuru ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın pH'sını düşürmüş, EC'yi arttırmıştır. Arıtma çamuru uygulaması ile birlikte toprağın başta organik madde içeriği olmak üzere, toplam N, NH₄⁺, NO₃⁻, alınabilir P, K, Ca, Mg, Na ve mikroelement (Fe, Cu, Mn, Zn ve B) ve kimi ağır metal (Cd, Cr, Ni, Pb) içeriklerini arttırmıştır. Toplam N, NH₄⁺, NO₃⁻, Na, Ca, Mg, Cu ve Zn gibi bazı besin elementlerinin topraktaki artışları istatistiksel olarak önemli görülürken P, K, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni ve Pb gibi bazı elementlerin topraktaki artışları istatistiksel olarak önemli görülmemiştir.

Anahtar kelimeler: Arıtma çamuru, tarımsal kullanım, toprak özellikleri, mısır.
2011,viii+74 sayfa

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF THE ICE CREAM FACTORY SEWAGE SLUDGE UPON CORN PLANT GROWTH

Mustafa BIYIKLI

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. A. Vahap KATKAT

In this study; agricultural useage of Natura Food Industry Co., Ltd. treatment Plant's sewage sludge was researched. For this purpose, the case of sludge pH, EC, organic matter, C: N ratio and nutrient and some heavy metal analysis have done. Within the scope of work; study carried out in field conditions, before sowing the maize, increasing levels of sewage sludge (0-3-6-9 ton da⁻¹) were mixed with the soil. Plants were sown at the end of the one months incubation period. 3 Sampling was made during that period of development and cropharvest. Soil samples were taken again after the harvest. Changes in soil properties caused by sewage sludge before planting and after harvest and effect on corn plant growth and mineral content were determined.

Zinc content of sewage sludge used in this study were identified in terms of the value exceeds the limit specified in the regulations. Increasing amounts of sewage sludge applied to soil increased the plant's nutrient content and positive effects on plant growth. Sewage sludge reduced the pH and increased the EC of the soil before planting and after harvest. Together with the application of sewage sludge, mainly to organic matter content, total N, NH₄⁺, NO₃⁻ available P, K, Ca, Mg, Na and microelements (Fe, Cu, Mn, Zn, and B) and some heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb) content of the soil increased. Although some nutrient such as N, NH₄⁺, NO₃⁻ Na, Ca, Mg, Cu and Zn in soil increased were statistically significant, some elements such as P, K, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni and Pb weren't increased statistically significant in soil.

Key words: Sewage sludge, agricultural use, soil properties, corn plant.
2011, viii+74 pages

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda çalışma olanağı sağlayan ve çalıŐmalarımın her aşamasında yardımını gördüğüm, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danıŐmanım sayın; Prof. Dr. A. Vahap KATKAT'a, araştırma süresince, arazi ve laboratuvar çalışmalarında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen bölümümüz öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Hakan ÇELİK, Yrd. Doç. Dr. Murat Ali TURAN, Yrd. Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY ile AraŐ. Gör. Serhat GÜREL'e, ayrıca bu tezin tamamlanmasında en çok desteğini gördüğüm AraŐ.Gör. Dr. BarıŐ Bülent AŞIK'a yürekten teşekkür ederim.

Mustafa BIYIKLI
06.01.2012

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | v |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vii |
| 1.GİRİŞ | 1 |
| 2.KAYNAK ÖZETLERİ | 3 |
| 2.1. Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılması ile İlgili Yönetmelikler | 3 |
| 2.2. Arıtma Çamurunun Toprak Özellikleri ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerine İlişkin Yapılmış Araştırmalar | 6 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 18 |
| 3.1. Arıtma Çamurlarının Alındığı Fabrika (Natura Gıda Sanayi A.Ş.) | 18 |
| 3.2. Tarla Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi | 19 |
| 3.3. Arıtma Çamurunda Yapılan Analizler | 22 |
| 3.4. Deneme Toprağında Yapılan Analizler | 23 |
| 3.5. Bitki Analizleri | 25 |
| 3.6. İstatistiksel Analizler | 25 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI | 26 |
| 4.1. Deneme Alanı Toprağının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri | 26 |
| 4.2. Denemede Kullanılan Arıtma Çamurunun Kimi Kimyasal Özellikleri | 27 |
| 4.3. Arıtma Çamurunun Mısır Bitkisi Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi | 28 |
| 4.4. Arıtma Çamurunun Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri | 44 |
| 4.4.1. Arıtma Çamurunun Toprağın pH, EC ve Organik Madde İçeriği Üzerine Etkisi | 44 |
| 4.4.2. Arıtma Çamurunun Toprağın Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi | 48 |
| 4.4.3. Arıtma Çamurunun Toprağın Miroelement ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi | 56 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ | 65 |
| KAYNAKLAR | 68 |
| ÖZGEÇMİŞ | 76 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| Simgeler | Açıklama |
|-----------------|--|
| % | Yüzde |
| p<0.01 | Yüzde bir önem seviyesi |
| p<0.05 | Yüzde beş önem seviyesi |
| öd | Önemli değil |
| kg | Kilogram |
| g | Gram |
| da | Dekar |
| ha | Hektar |
| mg | Miligram |
| pH | Hidrojen iyonu konsantrasyonu (asitlik derecesi) |
| EC | Elektriksel iletkenlik (tuzluluk) |
| t | Ton |
| EÖ | Ekim öncesi |
| HS | Hasat sonrası |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|--------------------|--------------------------------------|
| DTPA | Diethylene triamine pentaacetic acid |
| PAH | Polycyclic aromatic hydrocarbons |
| KDK | Katyon değişim kapasitesi |
| FAO | Food and Agriculture Organization |
| APHA | American Public Health Association |
| TKKY | Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Çizelge 2.1. Topraktaki ağır metal sınır değerleri | 3 |
| Çizelge 2.2. Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurunda izin verilecek maksimum ağır metal içerikleri | 3 |
| Çizelge 2.3. Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri | 4 |
| Çizelge 2.4. Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine izin verilecek ağır metal yükü sınır değerleri | 4 |
| Çizelge 4.1. Deneme toprağının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri | 26 |
| Çizelge 4.2. Natura Gıda Sanayi Arıtma Tesisi atık çamurunun tarımsal özellikleri | 27 |
| Çizelge 4.3. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun farklı dönemlerde mısır bitkisi besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisi | 29 |
| Çizelge 4.4. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi tanesinin besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisi | 30 |
| Çizelge 4.5. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi köklerinin besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisi | 30 |
| Çizelge 4.6. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun farklı dönemlerde mısır bitkisinin besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisine ilişkin istatistiksel değerlendirmeler | 31 |
| Çizelge 4.7. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi tanesinin besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisine ilişkin istatistiksel değerlendirmeler | 31 |
| Çizelge 4.8. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi köklerinin besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisine ilişkin istatistiksel değerlendirmeler | 31 |
| Çizelge 4.9. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın pH, EC ve organik madde içeriği üzerine etkisi | 45 |
| Çizelge 4.10. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın toplam azot, amonyum, nitrat ve alınabilir fosfor içeriği üzerine etkisi | 49 |
| Çizelge 4.11. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir katyon içeriği üzerine etkisi | 53 |
| Çizelge 4.12. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir mikroelement ve ağır metal içeriği üzerine etkisi | 57 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 3.1. Natura Gıda Sanayi A.Ş Arıtma Tesisi'nin genel görünümü | 18 |
| Şekil 3.2. Arıtma çamurunun kullanım sahası içinde depo edilmesi | 18 |
| Şekil 3.3. Deneme alanının genel görünümü | 20 |
| Şekil 3.4. Arıtma çamurlarının toprağa uygulanması | 20 |
| Şekil 3.5. Deneme alanının yağmurlama ile sulanması | 20 |
| Şekil 3.6. Bitki gelişim dönemi 1 | 21 |
| Şekil 3.7. Bitki gelişim dönemi 2 | 21 |
| Şekil 3.8. Bitki gelişim dönemi 3 | 21 |
| Şekil 4.1. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin N içeriği üzerine etkisi | 28 |
| Şekil 4.2. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin P içeriği üzerine etkisi | 32 |
| Şekil 4.3. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin K içeriği üzerine etkisi | 33 |
| Şekil 4.4. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Ca içeriği üzerine etkisi | 34 |
| Şekil 4.5. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Mg içeriği üzerine etkisi | 35 |
| Şekil 4.6. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Na içeriği üzerine etkisi | 36 |
| Şekil 4.7. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Fe içeriği üzerine etkisi | 37 |
| Şekil 4.8. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Cu içeriği üzerine etkisi | 38 |
| Şekil 4.9. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Zn içeriği üzerine etkisi | 39 |
| Şekil 4.10. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Mn içeriği üzerine etkisi | 40 |
| Şekil 4.11. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Cd içeriği üzerine etkisi | 41 |
| Şekil 4.12. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Cr içeriği üzerine etkisi | 42 |
| Şekil 4.13. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Ni içeriği üzerine etkisi | 43 |
| Şekil 4.14. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Pb içeriği üzerine etkisi | 44 |
| Şekil 4.15. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak pH'sı üzerine etkisi | 46 |
| Şekil 4.16. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak EC'si üzerine etkisi | 47 |
| Şekil 4.17. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın organik madde içeriği üzerine etkisi | 48 |

| | |
|---|----|
| Şekil 4.18. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın toplam azot içeriği üzerine etkisi | 50 |
| Şekil 4.19. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın amonyum içeriği üzerine etkisi | 50 |
| Şekil 4.20. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın nitrat içeriği üzerine etkisi | 51 |
| Şekil 4.21. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir fosfor içeriği üzerine etkisi | 52 |
| Şekil 4.22. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir sodyum içeriği üzerine etkisi | 54 |
| Şekil 4.23. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir potasyum içeriği üzerine etkisi | 54 |
| Şekil 4.24. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir kalsiyum içeriği üzerine etkisi | 55 |
| Şekil 4.25. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir magnezyum içeriği üzerine etkisi | 56 |
| Şekil 4.26. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir demir içeriği üzerine etkisi | 58 |
| Şekil 4.27. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir bakır içeriği üzerine etkisi | 58 |
| Şekil 4.28. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir mangan içeriği üzerine etkisi | 59 |
| Şekil 4.29. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir çinko içeriği üzerine etkisi | 60 |
| Şekil 4.30. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir kadmiyum içeriği üzerine etkisi | 61 |
| Şekil 4.31. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir krom içeriği üzerine etkisi | 62 |
| Şekil 4.32. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir nikel içeriği üzerine etkisi | 63 |
| Şekil 4.33. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir kurşun içeriği üzerine etkisi | 63 |

1.GİRİŞ

Son yıllarda çevre bilincinin artmasıyla birlikte kurulması ve çalışması zorunlu hale gelen arıtma tesislerinde, atık suların arıtılmasından geriye kalan arıtma çamuru miktarı da artış göstermektedir. Arıtma çamuru; kendiliğinden çökelebilen katı maddeler ile biyolojik ve kimyasal işlemler sonucunda çökelebilir ve yüzdürülebilir hale getirilen katı maddelerin atık sudan ayrılmasıyla meydana gelmektedir. Arıtma çamurları ve atık suların özellikleri endüstri çeşidine göre büyük farklılıklar göstermektedir. Arıtma çamuru, meydana geldiği endüstriyel kuruluşun çeşidine göre içinde; organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, sabunlar, hidrokarbonlar, yağlar, demir, bakır, alüminyum, civa, kadmiyum, arsenik, kobalt, kurşun, krom, organik fosfor ve azot gibi maddeler içerebilmektedir (Taşatar 1997).

Arıtma çamurları gelişmiş ülkelerde çeşitli işlemlerden geçirilip (başka maddelerle karıştırılarak kompostlama) olumsuz etkileri en az düzeye indirilerek ya da kontrollü kullanımları sağlanarak tarımda gübre olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca atık su çamurları ayrıntılı bir şekilde analiz edilip içeriği belirlenmektedir (Sommers 1977, Martin ve ark. 1995, Pedreno ve ark. 1996, Chen ve ark. 1996, Soumare ve ark. 2002, Aşık ve Katkat 2010). Ancak bu konuda ülkemiz şartlarında yeterli çalışma yapılmamaktadır. Yapılan sınırlı sayıda çalışmada ise iyi özellikler taşıyan söz konusu atıkların kullanılabilirliği ile ilgili olarak önemli bulgular elde edilmiştir (Kacar ve ark. 1982, Anaç 1993, Tolay ve ark. 2000, Kütük ve ark. 2000, Özgüven ve Katkat 2001, Ünal 2002, Aşık ve Katkat 2004). Atık su arıtma tesislerinden ortaya çıkan arıtma çamurlarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi düşünüldüğünde, bu çamurların önce bitki besin elementi içeriği, tuzluluk, pH ve ağır metal içeriği bakımından detaylı araştırmalarının yapılması gerekmektedir. Ayrıca toprağa uygulandığında, toprak yapısına ve bitki gelişimi üzerine etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Atık su arıtımı konusunda gün geçtikçe artan talepler nedeniyle arıtma çamurları miktarları önemli artış göstermektedir. Bu çamurlar fabrikaların kullanım sahalarında büyük alanlar işgal ederek çalışma düzenini bozmakta, depolama sorunları yaratmakta ve ciddi çevre sorunlarına yol açmaktadır (Kütük ve ark. 2000).

Son yıllarda araştırmacılar endüstriyel işletmelerden çıkan bu arıtma amurlarının nitelikleri, değerlendirilebilme olanakları ve sorunları ile ilgili çalışmalara yönelmişlerdir. Arıtma tesisinde oluşan çamurlar, çeşitli kademelerde işlem gördükten sonra son uzaklaştırma yeri olarak toprağa verilebilir, plerle birlikte işlenebilir veya toprak ışlahında kullanılabilir. Atık suların niteliğinin ve atık suları arıtan tesislerin plan ve işletmelerinin çok farklı olması nedeniyle çamur özellikleri de çok değişkendir. Ayrıca çamura uygulanan işlemler de arıtma çamurunun niteliğini değiştirmektedir (Taşatar 1997).

Natura Gıda Sanayi A.ř. arıtma tesisi atık çamurunun gıda özelliği olan ve insanlar tarafından tüketilen bir endüstri atığı olması nedeniyle genelde olumsuz özelliklerinin olmadığı, organik madde ve bitki besin elementleri açısından tarımda kullanılabilir bir materyal olabileceği düşünülmektedir. Ancak ortaya çıkan bu atıkların toprağa uygulanmadan önce özelliklerinin daha uzun süreli ve ayrıntılı çalışmalarla belirlenmesi tarımsal kullanım ve çevresel etki açısından pek çok yarar sağlayacaktır. Aksi takdirde toprak ekosistemi ve bitki gelişimi için zararlı etmenler içeren atıkların olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması çok zor olmaktadır.

Bu çalışmada, üretim periyodu boyunca ortalama 15 ton ay⁻¹ arıtma çamuru çıkaran Natura Gıda Sanayi A.ř. arıtma tesisi atık çamurunun tarımsal bazı özellikleri göz önüne alınarak tarımda kullanılabilme olanağı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılması ile İlgili Yönetmelikler

Bu konuda ülkemizdeki yasal mevzuat ve önlemler incelendiğinde, arıtma çamurlarının tarımda kullanılması, 09.08.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 11. maddesi ve 01.05.2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanununun 2. ve 9. maddesi gereğince hazırlanan en son olarak 03.08.2010 yıl, 27661 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik’in 5 ve 6. maddelerinde ham çamur ve stabilize arıtma çamurunun kullanımı ile ilgili sınırlamalar ve yasaklar belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Topraktaki ağır metal sınır değerleri

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

Çizelge 2.2. Toprakta kullanılabilir stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal içerikleri

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

Çizelge 2.3. Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri

| Organik Bileşikler | Sınır değerler (mg kg⁻¹ kuru madde) |
|--|---|
| AOX (Adsorblanabilen organik halojenler) | 500 |
| LAS (Lineer alkilbenzin sülfonat) | 2 600 |
| DEHP (Diftalat(2-ethylhexyl)) | 100 |
| NPE (Nonil fenol ile 1 ve 2 etoksi grubu olan nonil fenol etoksilatların toplamını içerir) | 50 |
| PAH (Polisiklik aromatik hidrokarbon veya poliaromatik hidrokarbonların toplamı) | 6 |
| PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 sayılı poliklorlu bifenil bileşiklerinin toplamı) | 0,8 |

| Dioksinler | ng Toksik Eşdeğer kg⁻¹ kuru madde |
|--|---|
| PCDD/F Poliklorlu dibenzodioksin/dibenzofuranlar | 100 |

Çizelge 2.4. Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine izin verilecek ağır metal yükü sınır değerleri

| Ağır Metal (Toplam) | Sınır Yük Değeri (g da⁻¹ yıl⁻¹, kuru madde) |
|----------------------------|--|
| Kurşun | 225 |
| Kadmiyum | 3 |
| Krom | 300 |
| Bakır | 300 |
| Nikel | 90 |
| Çinko | 750 |
| Cıva | 3 |

Stabilize arıtma çamurunun kullanma sınırlamaları ve yasakları (Anonim 2010) ile ilgili olarak;

1. Ham çamurun toprakta kullanılması yasaktır.
2. Stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılabilmesi için verilen değerlerin hiçbirinin aşılmaması gerekmektedir (bkz. Çizelge 2.2-2.3- 2.4).
3. Stabilize arıtma çamurunun uygulanacağı toprakta ağır metal içeriği belirtilen değerleri aşamaz (Bkz. Çizelge 2.1). Topraktaki ağır metal konsantrasyonlarından birinin belirtilen sınır değerleri aşması durumunda, stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılması yasaktır (bkz. Çizelge 2.1).

4. Stabilize arıtma çamurunun meyve ağaçları hariç olmak üzere toprağa temas eden ve çiğ olarak yenilen meyve ve sebze ürünlerinin yetiştirildiği topraklarda kullanılması yasaktır.
5. Stabilize arıtma çamuru kullanım miktarı belirlenirken, yer üstü ve yer altı sularının, toprağın kalitesinin bozulmaması ve bitkilerin besin maddesi gereksinimleri dikkate alınır.
6. Toprağın pH değeri 6'dan küçükse stabilize arıtma çamuru toprağa uygulanamaz.
7. Hayvan otlatma ya da hayvan yemlerinin hasadı yapılacak alanlarda stabilize arıtma çamurunun kullanılması durumunda özellikle coğrafi ve iklim durumları dikkate alınarak kullanımdan en az dört hafta sonra hayvan otlatılabilir ya da hayvan yemlerinin hasadı yapılabilir.
8. Stabilize arıtma çamurlarının, içme ve kullanma suyu temin edilen kıta içi yüzeysel su kaynaklarının havzalarında, içme ve kullanma suyu temin edilen yer altı sularının besleme havzalarında ve mutlak, kısa, orta mesafeli koruma alanlarında ve diğer yüzey sularına 300 metreden yakın olan alanlara uygulanması yasaktır.
9. Stabilize arıtma çamurlarının sulak alanlar, taşkın alanlarında ve taşkın tehlikesi olan alanlarda, don ve karla kaplı alanlarda, sature toprakta uygulanması yasaktır.
10. Yüzey akış tehlikesi olan alanlarda toprak muhafaza tedbirleri alınmadan stabilize arıtma çamurunun uygulanması yasaktır.
11. Stabilize arıtma çamurunun, toprakta on yıllık ortalama esas alınarak her yıl uygulanması halinde, toprağa verilebilecek maksimum ağır metal miktarı çevre koruma kanunundaki Ek I-E de verilen değerleri aşamaz. Sınır değerlere erişmesi halinde toprakta kullanımın durdurulması zorunludur.
12. Stabilize arıtma çamurunun doğal ormanlarda kullanımı yasaktır.
13. Organik madde içeriği %5'ten fazla olan topraklarda stabilize arıtma çamuru uygulanmaz.
14. Organik madde içeriği %40'tan az olan stabilize arıtma çamurları toprağa uygulanmaz.
15. Kumlu tekstürlü topraklarda stabilize arıtma çamurları uygulanmaz.
16. Stabilize arıtma çamuru, taban suyu seviyesi yüzeyden 1 metreden daha sığ derinlikte olan yerlerde kullanılamaz.

17. 08.01.2006 tarihli ve 26047 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği’nde yer almayan endüstrilerin atık sularından elde edilen stabilize arıtma çamurları toprağa uygulanmaz.
18. Toprağa uygulanacak stabilize arıtma çamurunun pH değeri 6.0-8.5 arasında olmalıdır.
19. Kapasitesi bir milyon eşdeğer nüfusun üzerinde olan tesislerde oluşan arıtma çamurlarının en az %90 kuru madde değerine kadar kurutulması esastır. Ancak arıtma çamuru üreticileri %90 kuru madde değerine ulaşmadan kullanımının teknik ve ekonomik açıdan uygun olduğunu belgelemesi durumunda Bakanlıkça %90 kuru madde değerine ulaşması şartı aranmaz.
20. Arıtma çamurunun eğimi %12’yi geçen alanlarda kullanılması yasaktır.
21. Stabilize arıtma çamuru, toprağa ekimden önce erken ilkbahar veya geç sonbaharda uygulanmalıdır.

2.2. Arıtma Çamurunun Toprak Özellikleri ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerine İlişkin Yapılmış Araştırmalar

Sommers (1977), arıtma çamurlarının kimyasal bileşimi ve gübre olarak değerlendirilme potansiyellerini incelemiştir. Arıtma çamurları içerdikleri organik madde, azot, fosfor, potasyum ve diğer besin elementleri nedeniyle tarımsal olarak toprağa uygulanma imkanına sahiptir. Arıtma çamurlarının bileşimi çamurun meydana geliş proseslerine ve çeşidine göre farklılıklar gösterebilmektedir.

Bevacqua ve Mellano (1994), kanalizasyon çamurundan hazırlanan kompostun bitki ve toprak özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Denemede bitkisel materyal olarak çim bitkisi kullanılmıştır. Kanalizasyon çamuru kompostu toprağa iki yıl süre ile 0, 37, 74 ton ha⁻¹ düzeyinde uygulanmış ve toprakla karıştırılmıştır. Deneme sonuçlarına göre; uygulanan kompostun bitki yaş ağırlığını arttırdığı saptanmıştır. Kompost uygulaması toprak özelliklerini etkilemiş ve toprağın organik madde, EC, NH₄-N’u, NO₃-N’u, P, Zn, Ni, Cd, Cu içeriğini önemli düzeyde arttırmıştır. Toprağın pH’sı ise kompost uygulamasına bağlı olarak düşmüştür. Araştırma sonucunda kompost uygulamasına bağlı olarak toprakta görülen ağır metal birikiminin sınır değerlerle karşılaştırıldığında

düşük olduğu bu artışın kompost uygulamasını engelleyecek düzeyde olmadığı saptanmıştır.

Pedreno ve ark. (1996) yapmış oldukları çalışmalarında, arıtma çamurları ve badem bitkisi atığının tarımsal amaçlı kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla tarla koşullarında yapmış oldukları çalışmada; atıkları 1kg m⁻² olacak şekilde toprağa uygulamışlar ve domates bitkisi yetiştirmişlerdir. Bitki gelişim periyodu boyunca her 45 günde bir toprak örnekleri almışlar ve atıkların toprak üzerine etkisini de belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; arıtma çamuru toprağın N, P, Fe, Cu ve Zn içeriğini arttırırken badem bitkisi atığı toprağın ekstrakte olabilir K içeriğini olumlu etkilemiştir. İncelenen atık materyallerin toprağın tuzluluk ve organik madde miktarını da arttırdığını belirlemişlerdir. Aynı zamanda elde olunan verim sonuçlarına göre; kontrol parselinde domates veriminin 1,58 kg bitki⁻¹ iken arıtma çamuru uygulanan parsellerde 3,61 kg bitki⁻¹ ve badem bitki atığı uygulanan parsellerde ise 1,53 kg bitki⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir.

Taşatar (1997), endüstriyel nitelikli arıtma çamurlarının bazı toprak özellikleri üzerine etkilerine ilişkin yapmış olduğu çalışmada; İzmit'te bulunan DUSA (Endüstriyel iplik üretimi) ve SEKA (Kağıt ve Selüloz üretimi) fabrikalarının atık su arıtma tesislerinde atık suyun arıtılması sonrasında ortaya çıkan arıtma çamurlarının toprağın kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla laboratuvar koşullarında yapmış olduğu inkübasyon çalışmasında toprağa 0, 20, 40, 80 ve 160 ton ha⁻¹ arıtma çamuru uygulamıştır. Toprak örneklerinde 10 ayrı inkübasyon dönemini dikkate alarak azot mineralizasyonunu (NH₄-N ve NO₃-N), toprak solunumunu (CO₂ çıkışı) ve üreaz enzim aktivitesini belirlemiştir. Araştırma sonucunda elde olunan bulgulara göre; arıtma çamuru uygulamasıyla toprağın, uygulama dozlarına bağlı olarak organik madde, % saturasyon, EC, alınabilir fosfor, kireç miktarı, nem içeriği, solma noktası, tarla kapasitesi, serbest iyonlar, katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyon miktarında artış görülürken, pH değeri azalmıştır. Ayrıca diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerde önemli bir değişiklik saptanmamıştır. SEKA çamuru; toprağın solma noktası, nem içeriği, toplam azot, % saturasyon, tarla kapasitesi, serbest iyonlar üzerindeki değişimlerde DUSA çamuruna göre daha etkili olurken, DUSA çamuru; pH, hacim

ağırlığı, organik madde, EC, alınabilir fosfor, kireç ve toplam fosfor içeriği üzerine SEKA çamuruna oranla daha etkili olmuştur. Ayrıca deneme sonunda, her iki arıtma çamurunun da hızlı mineralizasyon sonucunda uygulama dozlarına bağlı olarak başlangıçta $\text{NH}_4\text{-N}$ içeriği artmış ve inkübasyon süresine bağlı olarak nitrifikasyon önemli ölçüde etkilenmiştir.

Ramachandran ve D'Souza (1998), yaptıkları çalışmada toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru ve çöp kompostunun toprağın ve mısır bitkisinin ağır metal içeriği üzerine etkisini incelemiştir. Bu amaçla yürüttükleri sera denemesinde saksılara, ultisol ve vertisol büyük toprak grubuna ait iki toprağa 0, 56, 112, 224 ve 448 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ düzeylerinde atık materyal uygulayıp 8 hafta süre ile mısır bitkisi yetiştirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada arıtma çamurunun C:N oranı 7,24, pH değeri ise 6,2 ve çöp kompostunun C:N oranı 8,67, pH'sı ise 7.7 olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde arıtma çamurunda DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd $0,72 \text{ mg kg}^{-1}$, Zn $132,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ve Mn $6,7 \text{ mg kg}^{-1}$ bulunmuştur. Çalışma sonucunda; verim miktarı arıtma çamurunun artan dozlarına bağlı olarak ultisol ve vertisol toprakta $224 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ düzeyine kadar, çöp kompostu ise ultisol toprakta $112 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, vertisol toprakta $224 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ düzeylerine kadar sürekli bir artış sağlamıştır. Hasat sonrasında yapılan yaprak analizlerinde, hem arıtma çamuru hem de çöp kompostu uygulamalarına bağlı olarak Cd ve Zn içeriği artarken Mn içeriği azalmıştır. Hasat sonrası yapılan toprak analizlerinde uygulama düzeylerine bağlı olarak Cd ve Zn içeriği artarken Mn içeriği ise vertisol toprağa uygulanan arıtma çamuru haricinde diğer uygulamalarda azalış göstermiştir.

Navas ve ark. (1998), yarı kurak koşullarda artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri yanısıra arpa bitkisinin gelişimi üzerine etkisini incelemiştir. Bu amaçla toprağa artan miktarlarda (0, 40, 80, 160 ve 320 t ha^{-1}) arıtma çamuru uygulamışlardır. Değerlendirilen arıtma çamurunda yapılan analiz sonuçları Çizelge 2,14'te verilmiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda; toprak pH'sının düştüğü, EC değerinin yükseldiği, organik madde, azot içeriğinin ve toprak porozitesinin arttığı, hacim ağırlığının azaldığı ve ağır metal içeriğinin de arttığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ayrıca artan miktarlardaki arıtma çamurunun

arpa bitkisinin boy uzunluğu ve ağırlığını 320 ton ha⁻¹ düzeyine rağmen sürekli arttırdığını belirtmişlerdir.

Johanson ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada, toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla yürüttükleri çalışmada, iki farklı toprağa 16 yıl süre ile 0, 1 ve 3 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ arıtma çamuru uygulamışlar ve 4 yıllık periyotlarla topraktaki değişimleri incelemişlerdir. Deneme süresince kışlık buğday, şeker pancarı, yazlık buğday, yulaf, yazlık arpa ve kolza bitkilerini yetiştirmişlerdir. Denemede 12. ve 16. yıl sonunda arıtma çamuru uygulanmış topraktaki biyolojik ve kimyasal değişimleri belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; artan arıtma çamuru dozlarına bağlı olarak toprakların organik karbon ve azot içeriğinin arttığını, pH değerinin ise düştüğünü belirtmişlerdir. Aynı zamanda uygulanan arıtma çamuru incelenen toprakların alınabilir P, K, Ca, Mg içeriklerini arttırmıştır. Yine uygulamalara bağlı olarak toprakların Pb, Cd, Cu, Cr, Hg Ni ve Zn içeriklerinde de yıllara bağlı olarak artış belirlemişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar arıtma çamurunun toprak için bitki besin elementi ve organik madde kaynağı olabileceğini belirtmiş, bununla birlikte toprak mikro organizmaları için uygun arıtma çamuru dozlarının belirlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Moreno ve ark. (1999) kurak topraklarda yapmış oldukları çalışmalarında, arıtma çamuru kompostuna zehir etkili element olan Cd' u iki düzeyde (2 mg kg⁻¹ ve 815 mg kg⁻¹) ilave etmişler ve bunu toprağa 0, 20, 80 ton ha⁻¹ uygulayarak çeşitli toprak özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Bunun için 120 günlük inkübasyon süresince belli zamanlarda rneklemeleler yapmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre; inkübasyon ve uygulanan arıtma çamuru miktarına bağlı olarak toprağın pH' sı düşerken EC değer i artmıştır.

Saviozzi ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada, ahır gübresi ve aerobik arıtma çamurunun toprağın biyokimyasal özelliklerine ve Co, Ni, Pb, Cd, Cu, Zn ve Cr içeriği üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla atık materyalleri 5 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ kuru madde esasına göre toprağa uygulamışlardır. Yapmış oldukları analizlerde arıtma çamurunun kuru maddesini %12,0, C:N oranını 4.7 ve azot içeriğini %6,71 olarak belirlemişlerdir.

Çalışma sonucunda arıtma çamurunun ve ahır gübresinin toprağın ağır metal içeriğini arttırdığını saptamışlar. Sonuçta 5 ton ha⁻¹yıl⁻¹ hatta daha fazla arıtma çamurunun ince tekstürlü toprağa düzenleyici olarak uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Erdem (2000) yapmış olduğu çalışmada, bira fabrikası atık çamurunun asit reaksiyonlu bir toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla laboratuvar koşullarında yapmış olduğu inkübasyon çalışmasında toprağa 0, 15, 30, 60 ve 120 ton ha⁻¹ hesabıyla bira fabrikası atığı uygulamış ve 120 gün inkübasyon süresi sonunda atık uygulamasının bazı toprak özellikleri üzerine önemli etkilerde bulunduğunu saptamıştır. Elde edilen sonuçlara göre; uygulama dozlarına bağlı olarak toprağın organik karbon, değişebilir katyonlar, çözünebilir anyon ve katyonlar, NH₄-N ve NO₃-N içerikleri artış göstermiştir. Bira fabrikası atığı toprağın pH'sı üzerine olumsuz etkide bulunarak pH'yi düşürmüş, katyon değişim kapasitesi ve alınabilir fosfor miktarı üzerine önemli etkide bulunmamıştır. Değişebilir asitlik ise atık uygulamasıyla azalmıştır. Toprağın fenol içeriği ise dozlara bağlı olarak artmış ancak inkübasyon süresine bağlı olarak azalma gösterdiği saptanmıştır.

Kütük ve ark. (2000) yapmış oldukları çalışmada, bira fabrikası atıklarının tarımsal amaçlı kullanım olanaklarını belirlemeye çalışmışlardır. Sera koşullarında yapmış oldukları çalışmalarında bitkisel materyal olarak şeker pancarı yetiştirmişlerdir. Denemede, 8 kg toprak alan saksılara bira fabrikası atığını 0, 10, 20, 40, 80 ve 160 ton ha⁻¹ hesabıyla uygulamış ve 7 aylık bir inkübasyon süresi sonunda ekim yapılmıştır. 8 aylık gelişim süresi sonunda hasat edilen deneme bitkisine ait bazı kalite özellikleri ile mineral element ve protein içeriği belirlenmiştir. Ayrıca ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın pH, EC ve organik madde içeriği üzerine bira fabrikası atığının etkisini saptamışlardır. Toprağa artan miktarlarda uygulanan atığın yaprak verimini sürekli arttırdığı, kök verimi üzerine ise önemli etkisi olmadığı belirlenmiştir. Ancak kök kalitesi üzerine etkisi önemli bulunmuş ve en iyi sonucun 10 ton ha⁻¹ düzeyinde atık uygulaması ile elde edildiği bildirilmiştir. Artan atık dozlarına bağlı olarak yaprağın N, P, Ca, Na ve protein içeriği artış gösterirken, K ve Mg içeriği azalmıştır. Ekim öncesine oranla toprağın organik madde ve EC değeri artan miktarlarda uygulanan atığa bağlı olarak yükselirken pH değeri düşmüştür. İnkübasyon süresince yapılan ölçümlerde,

atığın topraktaki mineralizasyonu sonucunda önemli miktarlarda $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ oluştuğu gözlenmiştir.

Mcgrath ve ark. (2000), 1942’de başlayan çalışmalarında, arıtma çamuru uygulanan alanlarda Cd ve Zn’nun bitkiler tarafından topraktan alınımı araştırmışlardır. Çalışmada, çiftlik gübresi ve ticari gübrelerle gübrelenmiş alanlar da izlenmiş ve bu alanlara kıyasla, çamur uygulanmış alanlarda Zn ve Cd’ un ekstrakte edilebilir miktarlarının çok daha yüksek olduğunu, çamur uygulamasının durdurulduğu 1961’ den sonraki 23 yıllık dönem boyunca ise Cd ve Zn’ nun ekstrakte edilebilir miktarında bir azalma olmadığını ve bu ağır metallerin bitki bünyesine alınabilirliklerinin 23 yıldan fazla izlenmesine rağmen azalmadığını belirlemişlerdir.

Tolay ve ark. (2000), atık çamurların bitki üretiminde kullanılması üzerine yapmış oldukları iki yıllık çalışmada; Pakmaya-Düzce fabrikasında maya üretimi sırasında ortaya çıkan atık çamuru ele almışlardır. Bu amaçla atık çamuru torf ve parçalanmış mısır sapı ile karıştırarak kompostlamış ve bitki yetiştirme ortamı olarak kullanmışlardır. Pakmaya tesislerinden çıkan aerobik atık çamurda yapmış oldukları analizlerde; kuru madde esasına göre, %50-60 organik madde, %4-5 azot (N), %2 fosfor (P_2O_5), potasyum (K_2O) ve diğer mineral elementler içerdiğini belirlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışma sonucunda; 2 kısım atık çamurla kompostlanmış mısır sapı+1 kısım kumlu balçık toprak ve %20 tarımsal perlit karışımının mevsimlik çiçeklerin (Boylu Kadife, Kısa Kadife, Kirli Hanım, Şebboy) yetiştirilmesinde en iyi büyümeyi sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, gıda endüstrisinde üretim aşamasında ortaya çıkan bitki besin elementleri bakımından zengin olan bu atık arıtma çamurunun zehir etkisinin olmadığından, çeşitli katkı maddeleriyle kompostlanarak bitki üretimi ve yetiştirilmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Özgüven ve Katkat (2001), süt sanayi arıtma tesisi atıklarının tarımsal kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla Mis Süt Sanayi A.Ş. Gönen Fabrikası arıtma tesisinden çıkan arıtma çamurunun toprağın kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Sera koşullarında yürütmüş oldukları çalışmada toprağa 0, 2, 4,

6, 8 ton da⁻¹ hesabıyla arıtma çamuru uygulamışlar ve 1, 2, 3, 4 ay süre ile inkübasyona bırakmışlardır. Belirtilen süreler sonunda saksılardan alınan toprak örneklerinin kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Mis Süt A.Ş. arıtma çamuru örneklerinde yapmış oldukları analizlerde atığın kuru maddesi %18,49, pH 5.20, EC 3,27 mS cm⁻¹, toplam azot %3,12, protein %19,50, fosfor 15,40 mg kg⁻¹, Ca %3,09, Mg %0.07, Na %0.24 ve mikro elementlerden Fe 199.3 mg kg⁻¹, Cu 42.80 mg kg⁻¹, Mn 20,40 mg kg⁻¹, Zn 20,20 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Deneme sonucunda elde olunan bulgulara göre; toprağa karıştırılan atık madde miktarına bağlı olarak toprak pH'sı artış göstermiş ancak inkübasyon süresine bağlı olarak düşmüştür. EC, artan atık ve inkübasyona bağlı olarak sürekli artış göstermiştir. Ayrıca toprağın organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor miktarı, değişebilir sodyum, potasyum, alınabilir çinko ve bakır miktarlarında önemli artışlar meydana gelmiştir. Araştırmacılar; atık uygulamasının başta toprağın pH'sı, EC ve sodyum içeriğinde artış meydana getirmesinin bitki gelişimini olumsuz olarak etkileyebileceğini ancak toprağın organik madde ve mineral element içeriklerinde meydana gelen artışın bitki gelişimi üzerine olumlu etki yapabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte söz konusu arıtma tesisi atıklarının tarımda kullanılması durumunda son derece dikkatli olunması gerektiğini ve sürekli olarak toprak pH'sı ile tuzluluk durumunun kontrol edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Vieira (2001), yaptığı çalışmada arıtma çamuru uygulamasının soya fasulyesi bitkisinde simbiyotik azot fiksasyonu üzerine fosfor kaynağı olarak etkisini değerlendirmiştir. Sera koşullarında yürüttüğü çalışmada toprağa 11,2 ve 22,4 ton ha⁻¹ düzeylerinde arıtma çamuru uygulamıştır. Çalışma sonucunda, kontrole oranla en yüksek sürgün ağırlığını *rhizobium* aşılması ile birlikte 22,4 ton ha⁻¹ arıtma çamuru uygulamasından, nodül oluşumu üzerine ise *rhizobium* aşılması ile birlikte P uygulaması ve 22,4 ton ha⁻¹ arıtma çamuru uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. Aynı zamanda çimlenmeden 7 gün sonra topraktaki değişebilir amonyum ve nitrat içeriği üzerine en fazla etkinin arıtma çamuru uygulanan saksılardan elde edildiğini de bildirmiştir.

Lopez-Mosquera ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, artan miktarlarda uyguladıkları süt endüstrisi arıtma çamurunun asit karakterli bir toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisini bir inkübasyon çalışması ile belirlemişlerdir. Bu amaçla toprağa 0, 80, 160 ve

240 m³ ha⁻¹ oranlarında arıtma çamuru uygulamışlardır. Toprak örneklerinde 6. ve 25. haftalar sonrasında kimyasal değişimi belirlemişlerdir. Denemede kullanılan arıtma çamurunun pH'sı 7,40, EC'si 2,35 dS m⁻¹, toplam N %6,90, C:N oranı 5,55, P %2.69, K %0,92 olarak belirlenmiş, bunun yanı sıra diğer bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, inkübasyon süresine ve uygulama dozlarına bağlı olarak asit karakterli toprağın pH, EC, organik C, N, P ve değişebilir katyon miktarının arttığını belirlemişlerdir. Bununla birlikte organik madde ve bitki besin elementi içeriği, atıkların yüksek ağır metal içeriği de göz önünde bulundurularak belirlenen ağır metal sınır değerlerini aşmadığı sürece bitkisel üretimde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca süt endüstrisi arıtma çamurunun ağır metal içeriğinin belirtilen sınır değerleri aşmadığını da bildirmişlerdir.

Ünal (2002), gıda sanayi arıtma çamurlarının tarımda kullanım olanakları üzerine yapmış olduğu çalışmada; Kocaeli İli'nde bulunan Uzay Gıda ve Ülker Gıda fabrikaları arıtma çamurlarını ele almıştır. Sera koşullarında yürütmüş olduğu çalışmada, arıtma çamurlarını (0, 20, 40, 80 ve 160 ton ha⁻¹) düzeylerinde toprağa uygulayarak 30, 60 ve 90 günlük inkübasyon süreleri sonunda toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. İnkübasyon denemesi sonuçlarına göre, her iki arıtma çamurunda dozlar arttıkça pH değeri düşmüş, EC değeri yükselmiştir. Yine arıtma çamuru uygulaması ile birlikte dozlara bağlı olarak toprağın organik madde, makro ve mikroelement içeriğinin arttığını belirlemiştir. Aynı zamanda arıtma çamurlarının bitkiye olan etkisini belirlemek amacıyla yürüttüğü denemede de arıtma çamuru uygulamasının mısır bitkisinin bitki besin elementi içeriğini arttırdığını belirlemiştir.

Ojeda ve ark. (2003), %16 eğim derecesindeki tın ve kum tekstüre sahip toprakların yüzey akış değerlerini ve erozyon kayıplarını azaltmak amacıyla sıvı, kompost ve termal olarak kurutulmuş arıtma çamurlarını 10 t ha⁻¹ kuru madde içeriğini sağlamak üzere, sırasıyla 11,3, 13,8 ve 50 t ha⁻¹ uygulama düzeyinde incelemişlerdir. Araştırmacılar termal olarak kurutulmuş arıtma çamuru uygulamasının her iki toprağın yüzey akış değerlerini ve erozyon kayıplarını düşürdüğünü saptamışlardır. Ayrıca bütün arıtma çamuru uygulamalarının toprakların sediment miktarını düşürdüğünü vurgulamışlardır.

Araştırma sonucu, termal olarak kurutulmuş arıtma çamuru uygulamasının sıvı ve kompost arıtma çamuru uygulamalarına göre toprağın yüzey akış değerlerini ve erozyon kayıplarını önemli derecede düşürdüğü ve infiltrasyon değerlerini arttırdığı belirtilmiştir.

Önal ve ark. (2003), farklı özelliklere sahip iki kentsel arıtma çamurunun domates bitkisinin kuru madde, meyve ürün miktarları ve bazı meyve kalite özellikleri ile mineral içerikleri üzerine etkilerini sera koşulları altında araştırmışlardır. Araştırma sonucu, toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının domates bitkisinin kuru maddesini, meyve ürün miktarlarını ve meyvede N, P, K, Mg ve Fe, içeriklerini arttırdığını belirlemişlerdir.

Topcuoğlu ve ark. (2003), farklı özelliklere sahip iki kentsel arıtma çamurunun, domates bitkisinin bitki besin elementleri ve ağır metal içerikleri üzerine etkilerini sera koşullarında incelemişlerdir. Araştırmacılar toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Ni ve Cd içeriklerini arttırdığını, düşük düzeylerde arıtma çamuru uygulamalarının bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini, bununla birlikte yüksek uygulama düzeylerinde fitotoksosite ve ağır metal içeriğinde artış olduğunu saptamışlardır.

Aşık ve Katkat (2004), Gıda Sanayi A.Ş. Arıtma Tesisi Atıkları'ndan arıtma çamurunun kimi özellikleri ve tarımsal kullanım olanağı araştırılmıştır. Bu amaçla fabrikanın kampanya dönemi boyunca arıtma tesisinden belli zamanlarda alınan arıtma çamuru örneklerinde pH, EC, kuru madde, organik madde, C:N oranı, kimi bitki besin elementi ve ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. Ayrıca çalışma kapsamında sera koşullarında yürütülen çalışmada arıtma çamuru (0, 20, 40, 60 ve 80 ton ha⁻¹) düzeylerinde toprağa uygulanmış, mısır bitkisinin gelişim ve mineral element içeriği üzerine etkisi ile 30 gün inkübasyon süresi sonunda ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler belirlenmiştir. Üretim periyodu boyunca alınan çamur örneklerinde yapılan analizler sonucu arıtma çamurunun bitki besin elementi içeriğinin yüksek olduğu ve belirlenen ağır metal içeriklerinin resmi gazetede yayımlanan "Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde belirtilen sınır değerleri aşmadığı belirlenmiştir.

Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru; bitkinin mineral element içeriğini arttırmış ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiştir. Arıtma çamuru ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın pH'sını düşürmüş, toprak tuzluluğu üzerine olumsuz etki yaparak EC'yi arttırmıştır. Arıtma çamuru uygulaması ile birlikte toprağın başta organik madde içeriği olmak üzere, NH₄, NO₃, alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg, Na ve alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve B içerikleri artmıştır.

Hanay ve ark. (2004), çöp kompostunun tuzlu-alkali toprakların ıslahı üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla 5, 10 ve 15 ton da⁻¹ uygulama düzeylerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, jips uygulamalarının ardından artan düzeylerde çöp kompostu uygulamasının, tuzlu-alkali toprakların kütle yoğunluğunu düşürdüğünü, bununla birlikte poroziteyi, hidrolik iletkenliği, suya dayanıklı agregatları, doyma kapasitesini, tarla kapasitesini, solma noktasını, higroskopik nem sabitesini, organik madde miktarını, pH'yı, elektriksel iletkenliği ve değişebilir sodyum yüzdesini arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar yalnızca jips uygulamasının toprakların kimyasal özelliklerini iyileştirdiğini, fiziksel ve biyolojik özelliklerinde ise herhangi bir değişim meydana getirmediğini vurgulamışlardır. Sonuç olarak, yalnızca jips uygulamasının tuzlu-alkali toprakların ıslahı için yeterli olmadığı, jips uygulamasının ardından çöp kompostu uygulamasının toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etkilerde bulunacağı belirtilmiştir.

Öbek ve ark. (2004), kentsel ve endüstriyel atık su arıtma tesisi arıtma çamurlarındaki ağır metal düzeylerinin değerlendirilmesine yönelik yapmış oldukları çalışmalarda, belediye ve kesimhane arıtma çamurlarını incelemişler ve toplam metal konsantrasyonlarını, belediye arıtma çamurlarında Fe 2349, Cu 148,5, Zn 73,1, Mn 56,2, Cr 299,5, Ni 310,9, Pb 74,8, Co 48,7 mg kg⁻¹ aralığında, kesimhane arıtma çamurlarında ise Fe 2115, Cu 173,1, Zn 40,7, Mn 5.42, Cr 203, Ni 1450,1, Pb 98,9, Co 1,68 mg kg⁻¹ aralığında saptamışlar, kesimhane arıtma çamurlarının Ni içeriğinin TKKY'nde bildirilen sınır değeri aştığını ve arıtma çamurlarının güvenli bir şekilde tarımsal amaçlı kullanımında ağır metallerin giderilmesi çalışmalarının gerekliliğini belirtmişlerdir.

Önal ve Topçuoğlu (2004), toprağa uygulanan evsel atık su arıtma çamurunun şeker pancarında ağır metal birikimine etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları sera çalışmasında, arıtma çamurunun 0, 20, 40, 60 ve 80 ton ha⁻¹ uygulamalarının, şeker pancarı bitkisinin kuru madde miktarı ve Cu, Zn, Cd, Cr, içeriklerini artan dozlara bağlı olarak arttırırken, Pb ve Ni içeriklerini etkilemediğini, düşük düzeylerde uygulanan çamurun bitki gelişimini olumlu yönde etkilerken, yüksek uygulama dozlarında bitki gelişiminin durakladığını ve fitotoksisite yarattığını ifade etmişlerdir.

Türkmen (2004), kireçli bir toprağa farklı düzeylerde uygulanan kentsel arıtma çamurunun, arpa bitkisinin gelişimi ve bazı ağır metallerin alımı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, arıtma çamuru uygulamalarının toprakta toplam ve alınabilir Cu, Zn, Cd, Ni ve Pb miktarlarını arttırdığını, tanede N, P, Cu, Zn, Cd, Ni, ve Pb'nun biyolojik alınabilirliklerinin de arttığını, azot ve arıtma çamurunun birlikte uygulanmasıyla ise toprakta ekstrakte edilebilir Cd ve Pb'nun arttığını, verim ve bitki sapındaki Pb miktarının da önemli düzeylerde artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Hernández-Apaolaza ve ark. (2005), çam kabuğu, hindistan cevizi lifi ve arıtma çamurları gibi atık maddelerin süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Araştırmada çam kabuğu, çam kabuğu+%15 arıtma çamuru, çam kabuğu+%30 arıtma çamuru, hindistan cevizi lifi, hindistan cevizi lifi+%15 arıtma çamuru ve hindistan cevizi lifi+%30 arıtma çamuru karışımlarının fıstık çamı, mavi servi ve piramit servi bitkilerinin gelişimi üzerine olan etkileri belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre, yetiştiricilik açısından en uygun karışımın %30 arıtma çamuru içeren karışımlar olduğu saptanmıştır.

Mantovi ve ark. (2005), sıvı, susuzlaştırılmış ve buğday samanı ile karıştırılmış arıtma çamuru uygulamalarının, toprakların ve bitkilerin bazı özelliklerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yıllık 5 ve 10 ton ha⁻¹ uygulama düzeylerini 12 yıl süre ile incelemişlerdir. Çalışma sonucu, sıvı ve susuzlaştırılmış arıtma çamuru kullanımının yüksek N içerikleri nedeniyle şeker pancarı bitkisinin kalitesini düşürdüğü ve buğdayda yatmaya neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca arıtma çamuru uygulamalarının toprakların organik madde, toplam N ve elverişli P içeriklerini arttırdığı, toprak alkalinitesini ise düşürdüğü saptanmıştır.

Aşık (2011), yapmış olduğu çalışmada arıtma çamurları, uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların pH değerini düşürmüş, EC değerini yükseltmiştir. Uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların NH₄-N, NO₃-N, alınabilir P, değişebilir katyonlar ve DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metal içerikleri artış göstermiştir. İnkübasyon zamanına bağlı olarak NO₃-N içeriği artarken NH₄-N içeriği azalmıştır. İncelenen diğer parametreler çamur ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişim göstermiştir.

Ayrıca arıtma çamurları, mısır bitkisinin gelişimi, bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerini arttırmıştır. Çamurların yüksek uygulamaları (8, 12 ve 16 ton da⁻¹) bitki kuru ağırlığını önceki uygulamalara göre azaltmıştır. Çamur uygulamaları ile kireç içeriği yüksek toprakta kullanılan Mauri arıtma çamuru uygulamasında Fe içeriği sınır değerinin altında bulunmuştur. Bitkilerin Cu, Mn, Cd, Cr, Ni ve Pb içerikleri çamur uygulamaları ile sınır değerler arasında belirlenirken, Buski arıtma çamuru uygulamalarında Zn içerikleri sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Arıtma Çamurlarının Alındığı Fabrika (Natura Gıda Sanayi A.Ş.)

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru Bursa-İzmir karayolu 35. km'sinde bulunan Akçalar Beldesinde faaliyet gösteren Natura Gıda Sanayi A.Ş. Arıtma Tesisi'nden alınmıştır. Atık örneklerinin alındığı fabrika çeşitli dondurma ve süt ürünleri üzerine üretim yapmaktadır. Fabrika'nın arıtma tesisi 5000 m² alan üzerine kurulmuştur. Tesisin atık su kapasitesi 2500 m³ gün⁻¹'dür. Tesisten ortalama 30 ton ay⁻¹ ham arıtma çamuru çıkmaktadır. Arıtma tesisinin tipi tek kademeli biyolojik arıtmadır (Şekil 3.1). Arıtma tesisinden ortaya çıkan ham çamur ise fabrikanın kullanım sahası içinde depo edilmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Natura Gıda Sanayi A.Ş Arıtma Tesisi'nin genel görünümü



Şekil 3.2. Arıtma çamurunun kullanım sahası içinde depo edilmesi

3.2. Tarla Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi

Tarla denemesi fabrikanın kullanım sahasında yer alan ve deneme tarlası olarak kullanılan alanda kurulmuş ve yürütülmüştür (Şekil 3.3). Denemede tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede arıtma çamuru toprağa 0, 3, 6 ve 9 ton da⁻¹ düzeylerinde kuru madde ilkesine göre uygulanmış ve toprakla karıştırılmıştır (Şekil 3.4). Parsel büyüklüğü 3x3= 9 m² olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arası etkileşimi engellemek amacıyla parsel arasında 3 m boşluk bırakılmıştır. Toprağa çamur 6 Mayıs 2010 tarihinde uygulanmış ve bir aylık inkübasyon süresi sonunda 9 Haziran 2010 tarihinde Ada 523 F1 slajlık mısır çeşidinin sıra arası 75 cm sıra üzeri 20 cm olacak şekilde pünomatik mibzerle ekim yapılmıştır. Çıkış sonrası yabancı ot mücadelesi için çapalama yapılmıştır. Denemenin sulanması yağmurlama sulama sistemi ile yapılmıştır (Şekil 3.5).

Deneme kapsamında belirli dönemlerde arazide fenolojik gözlemler yapılarak (3 Ağustos, 3 Eylül) bitki yaprak örnekleri alınmış ve deneme 14 Ekim'de hasat edilmiştir hasat tüm bitki toprak üstü seviyesinden kesilerek ve koçanlar ayrılarak yapılmıştır. Deneme ile ilgili gelişim evreleri aşağıda verilmiştir (Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Bitki örnekleri ve tanede yapılan analizler aşağıda belirtilmiştir.

Uygulanan arıtma çamurunun toprak özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla çamur uygulama sonrasında ekim öncesi ve hasat sonrası tüm parsellerden usulüne uygun olarak 0-30 cm derinlikten örnekler alınmış ve kimi analizler yapılmıştır.



Şekil 3.3. Deneme alanının genel görünümü



Şekil 3.4. Arıtma çamurlarının toprağa uygulanması



Şekil 3.5. Deneme alanının yağmurlama ile sulanması



Şekil 3.6. Bitki gelişim dönemi 1



Şekil 3.7. Bitki gelişim dönemi 2



Şekil 3.8. Bitki gelişim dönemi 3

3.3. Arıtma Çamurunda Yapılan Analizler

Analizlerde kullanılacak arıtma çamurları, arıtım işlemleri sonrasında en son konteynıra boşaltma esnasında çamur çıktığı sürece günlük olarak alınmış ve yine haftalık karma haline getirilmiştir. U.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Laboratuvarına getirilen örnekler, serilerek kurumaya bırakılmıştır. Analizlerde kullanılacak temsili bir kısım 2 mm'lik elekten elendikten ve fırında 65⁰C'de kurutulduktan sonra kimi analizler yapılmıştır. Tarla denemesinde kullanılan arıtma çamurları ise fabrikanın çamur depolama alanından alınmıştır (bkz Şekil 3.2).

Reaksiyon (pH): Arıtma çamuru-saf su (1:5 hacim) süspansiyonunda cam elektrotlu Orion 720 A model pH-metre ile belirlenmiştir (Nilsson ve ark. 2005a)

Elektriksel iletkenlik (EC): Arıtma çamuru-saf su (1:5 hacim) ekstraktında WTW LF 92 Model EC-metre ile belirlenmiştir (Nilsson ve ark. 2005b).

Organik madde: Kuru yakma yöntemi ile belirlenmiştir.

Organik C: Belirlenen organik madde miktarının Van Bemmelen faktörüne bölünmesiyle hesaplanmıştır.

C:N oranı: Belirlenen organik C miktarının % azot miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Toplam azot: Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Bremner 1965).

Amonyum (NH₄-N): 2 M KCl çözeltisi ile ekstraksiyon sonucu elde olunan çözeltide indofenol mavisi yöntemi ile kolorimetrik olarak PG Instruments T60 Split Beam UV/VIS spektrofotometre ile belirlenmiştir (Solorzano 1969).

Nitrat (NO₃-N): Nitrat içeriği 2 M KCl çözeltisi ile ekstraksiyon sonucu elde olunan çözeltide salisilik asitin sülfürik asit varlığında nitrasyonu esasına dayanılarak

kolorimetrik olarak PG Instruments T60 Split Beam UV/VIS spektrofotometre ile belirlenmiştir (Robarge ve ark. 1983).

Toplam P: Mikrodalga fırında HNO₃ ile yaş yakma sonucu elde olunan çözeltilerde vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre PG Instruments T60 Split Beam UV/VIS spektrofotometre ile belirlenmiştir (APHA 1988).

Alınabilir P: 0.5 M NaHCO₃ (pH 8.5) ile çıkartılan ekstraktta molibdofosforik mavi renk yöntemine göre PG Instruments T60 Split Beam UV/VIS spektrofotometre ile belirlenmiştir (Watanabe ve Olsen 1965).

Toplam K, Na, Mg ve Ca: Mikrodalga fırında HNO₃ ile yakma sonucu elde edilen çözeltilerde Mg Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile Na, K ve Ca ise Ependorf Elex 6361 model fleymfotometre ile belirlenmiştir (APHA 1988).

Toplam ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn, Fe ve Mn): Mikrodalga fırında HNO₃ ile yakma sonucu elde edilen çözeltilerde Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile belirlenmiştir (US EPA 1995).

Alınabilir ağır metaller: Arıtma çamurunun DTPA ile ekstrakte edilmesi (1:10) sonucunda (Lindsay ve Norwell 1978) elde edilen süzükte Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile belirlenmiştir.

3.4. Deneme Toprağında Yapılan Analizler

Toprak reaksiyonu (pH): Toprak örneğinin pH değerleri 1:2,5 toprak-saf su karışımında Orion 720A model pH/iyonmetresi ile belirlenmiştir (Mc Lean 1982).

Elektriksel iletkenlik (E.C.): Toprak örneğinin elektriksel iletkenlik değeri 1:2,5 toprak-saf su ekstraktında WTW LF 92 model kondaktivitimetre ile ölçülerek belirlenmiştir (Rhoades 1982).

Mekanik analiz (Tekstür): Toprak örneğinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiş, tekstür sınıfları Anonim (1951)'e göre saptanmıştır

Kireç (% CaCO₃): Toprak örneğinin kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Nelson 1982).

% Organik madde: Organik madde miktarı ise Nelson ve Sommers (1982), tarafından bildirildiği şekilde Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

Toplam azot (N): Toprak örneğinin toplam azot içeriği Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Bushi K 437 yakma blokunda yakılan örnekler, Bushi K 350 model buharlı damıtma cihazında damıtılmıştır (Nelson ve Sommer 1982).

Amonyum (NH₄) ve Nitrat (NO₃): 2 M KCl çözeltisi ile ekstraksiyon sonucu elde olunan amonyum, indofenol mavisi yöntemi ile, nitrat salisilik asitin sülfürik asit varlığında nitrasyonu esasına dayanılarak kolorimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Robarge ve ark. 1983; Solorzano 1969).

Alınabilir fosfor (P): Toprak örneğinin yarıyışlı fosfor içeriği 0,5 M sodyum bikarbonat (pH 8,5) ile ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen süzükte askorbik asit yöntemi ile belirlenmiştir (Watanabe ve Olsen 1965).

Değişebilir katyonlar (Na, K, Ca, Mg): Toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH 7,0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle elde edilen süzükte değişebilir sodyum, potasyum ve kalsiyum Eppendorf Elex 6361 fleymfotometresi ile, magnezyum ise Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile belirlenmiştir (Thomas 1982).

Alınabilir ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn, Fe ve Mn):Toprağın DTPA ile ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte alınabilir metaller Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norwell 1978).

3.5. Bitki Analizleri

Azot (N): Bitki örneklerinde total azot; modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örnekler Buchi K-350 model buharlı damıtma cihazında damıtılmıştır (Bremmer 1965).

Fosfor (P): Mikrodalga sistemle yakılan örneklerden elde edilen süzüklerde fosfor; vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre PG Instruments T60 Split Beam UV/VIS spektrofotometre ile belirlenmiştir (Lott ve ark.1956).

Sodyum (Na), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg): Mikrodalga sistemle yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltide sodyum, potasyum ve kalsiyum Ependorf Elex 6361 Fleymfotometresinde (Horneck ve Hanson 1998) Mg ise Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile belirlenmiştir.

Ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Fe, Mn ve Zn): Mikrodalga sistemle yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltide Perkin Elmer 2100DV Optima model ICP'de belirlenmiştir (Isaac ve Jhonson 1998).

3.6. İstatistiksel Analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 2 faktörlü ve 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Elde edilen verilerin varyans analizi TARİST (1994) paket programı ile yapılmıştır. Ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılmasında LSD testi ($p<0,05$; $p<0,01$) kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Deneme Alanı Toprağının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çizelge 4.1. Deneme toprağının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri

| Özellikler | Miktar |
|--|-----------|
| % Kum | 29,5 |
| % Silt | 27,4 |
| % Kil | 43,1 |
| Tekstür | Killi tın |
| pH | 7,73 |
| EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$ | 161,8 |
| Kireç, % | 2,8 |
| Org.mad., % | 1,374 |
| Toplam N, % | 0,12 |
| $\text{NH}_4\text{-N}$, mg kg^{-1} | 59,35 |
| $\text{NO}_3\text{-N}$, mg kg^{-1} | 2,69 |
| Alınabilir P, mg kg^{-1} | 55,93 |
| DTPA eks Cd, mg kg^{-1} | 1,877 |
| DTPA eks Cr, mg kg^{-1} | 0,071 |
| DTPA eks Ni, mg kg^{-1} | 1,199 |
| DTPA eks Cu, mg kg^{-1} | 0,032 |
| DTPA eks Zn, mg kg^{-1} | 3,871 |
| DTPA eks Mn, mg kg^{-1} | 2,072 |
| DTPA eks Fe, mg kg^{-1} | 43,95 |

Araştırma kapsamında yürütülen tarla denemesi alanının toprak özellikleri incelendiğinde toprağın killi tın bünyeli, hafif alkali, tuzsuz, kireç içeriği bakımından fakir, organik madde yönünden az sınıfında değerlendirilmiştir. Toprak, bitki besin elementleri açısından N (orta), P (yeterli), Fe (yeterli), Cu (yetersiz), Zn (yeterli), Mn (yeterli) olarak değerlendirilmiştir.

4.2. Denemede Kullanılan Arıtma Çamurunun Kimi Kimyasal Özellikleri

Çizelge 4.2. Natura Gıda Sanayi Arıtma Tesisi arıtma çamurunun tarımsal özellikleri

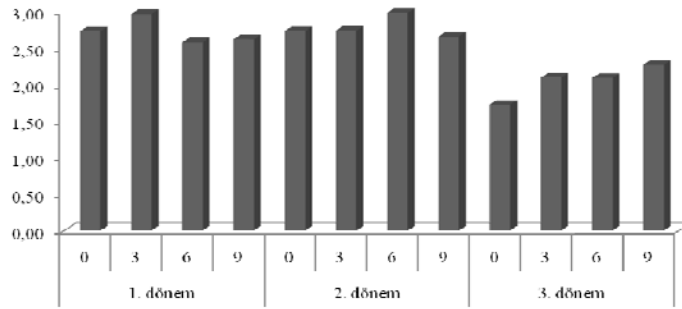
| Özellikler | A.Ç. | Anonim 2010 |
|---|--------|----------------|
| pH | 6,75 | |
| EC, mS cm ⁻¹ | 1,90 | |
| OM, % | 63,10 | |
| Org. C, % | 36,58 | |
| C:N oranı | 15,24 | |
| Toplam N,% | 2,40 | |
| NH ₄ -N, mg kg ⁻¹ | 74,4 | |
| Toplam P,% | 0,50 | |
| Alın. P, mg kg ⁻¹ | 82,97 | |
| Toplam K,% | 0,02 | |
| Toplam Ca, % | 1.62 | |
| Toplam Mg, % | 0,07 | |
| Toplam Na, % | 0,36 | |
| Toplam Fe, % | 14,75 | |
| Toplam Mn, mg kg ⁻¹ | 588,6 | |
| DTPA eks. Mn, mg kg ⁻¹ | 40,18 | |
| Toplam Pb, mg kg ⁻¹ | 157,5 | 750 |
| DTPA eks. Pb mg kg ⁻¹ | 1,4 | |
| Toplam Cd, mg kg ⁻¹ | 3,3 | 10 |
| DTPA eks. Cd, mg kg ⁻¹ | iz | |
| Toplam Cr, mg kg ⁻¹ | 96,5 | 1000 |
| DTPA eks. Cr mg kg ⁻¹ | 0,03 | |
| Toplam Ni, mg kg ⁻¹ | 57,46 | 300 |
| DTPA eks. Ni mg kg ⁻¹ | 7,6 | |
| Toplam Cu, mg kg ⁻¹ | 63,37 | 1000 |
| DTPA eks. Cu mg kg ⁻¹ | 1,02 | |
| Toplam Zn, mg kg ⁻¹ | 30289 | 2500 |
| DTPA eks. Zn, mg kg ⁻¹ | 1140,7 | |

Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik' in 5. ve 6. maddelerinde ham çamur ve stabilize arıtma çamurunun kullanımı ile ilgili sınırlamalar açısından değerlendirildiğinde çalışmada kullanılan arıtma çamurunun Zn içeriği açısından sınır değerleri aştığı belirlenmiştir.

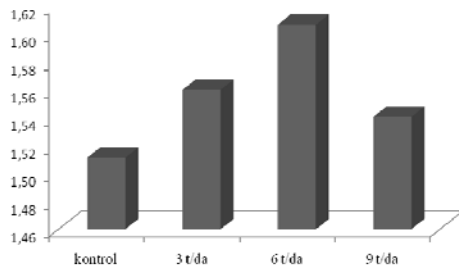
4.3. Arıtma Çamurunun Mısır Bitkisinin Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin değişik gelişme dönemlerinde, hasat sonrası tanede ve kökün bitki besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkileri ile meydana getirdiği farklılıklar LSD testi ile gruplandırılarak Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5'te sunulmuştur. Aynı zamanda uygulamalara ilişkin olarak istatistiksel değerlendirmeler ise Çizelge 4.6, 4.7 ve 4.8'de sunulmuştur.

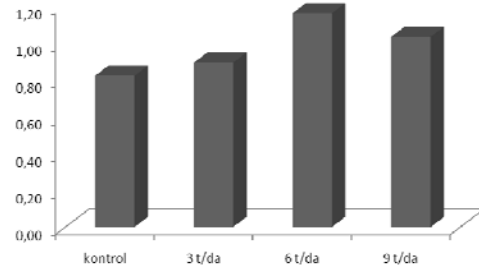
Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem, tane ve kök azot içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.1 de verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde çamur uygulamalarının etkisi 3. dönemde daha belirgin olmuştur. Çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre bitki azot içeriği % 1,72 iken 9 ton da⁻¹ uygulamasında bu değer %2,27 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde tane ve kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak azot içeriği artış göstermiştir. Tane ve kökte en yüksek azot değeri 6 ton da⁻¹ uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler sınır değerlerin altında (<% 3,5) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991)



Yaprak



Tane



Kök

Şekil 4.1. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin N içeriği (mg kg⁻¹) üzerine etkisi

Çizelge 4.3. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun farklı dönemlerde mısır bitkisi yapraklarının besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisi

| Dönemler | Uygulama | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Cu | Zn | Mn | Cd | Cr | Ni | Pb |
|-----------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1. Dönem | Kontrol | 2,72 | 0,207 | 2,09 | 0,288 | 0,117 | 437,5 | 78,2 | 8,05 | 35,63 | 44,21 | 0,033 | 2,55 | 1,15 b | 0,608 |
| | 3 t da ⁻¹ | 2,96 | 0,217 | 2,20 | 0,271 | 0,114 | 391,7 | 92,1 | 9,04 | 44,98 | 44,52 | 0,040 | 2,62 | 1,15 b | 0,350 |
| | 6 t da ⁻¹ | 2,58 | 0,266 | 2,33 | 0,296 | 0,126 | 458,3 | 103,7 | 9,06 | 48,97 | 46,06 | 0,032 | 3,29 | 1,72ab | 0,460 |
| | 9 t da ⁻¹ | 2,62 | 0,248 | 2,30 | 0,298 | 0,129 | 516,7 | 117,1 | 9,74 | 76,93 | 48,19 | 0,042 | 3,57 | 1,82a | 0,448 |
| Ortalama | | 2,72 A | 0,23 A | 2,23 A | 0,29 C | 0,12 A | 451,04A | 97,76 B | 8,97 A | 51,63 B | 45,75C | 0,04 | 3,01 | 1,46 | 0,47 |
| 2. dönem | Kontrol | 2,73 | 0,167 | 1,01 | 0,523 | 0,078 | 225,0 | 131,4 | 10,47 | 52,02 | 45,92 b | 0,038 | 4,83 | 1,85a | 0,620 |
| | 3 t da ⁻¹ | 2,74 | 0,173 | 1,14 | 0,544 | 0,099 | 225,0 | 118,5 | 10,26 | 58,65 | 79,69 a | 0,032 | 3,42 | 1,33ab | 0,586 |
| | 6 t da ⁻¹ | 2,98 | 0,175 | 1,09 | 0,493 | 0,078 | 225,0 | 103,2 | 9,65 | 71,56 | 68,26 a | 0,044 | 2,79 | 0,87b | 1,002 |
| | 9 t da ⁻¹ | 2,65 | 0,238 | 1,20 | 0,480 | 0,090 | 275,0 | 109,8 | 10,17 | 89,18 | 69,23 a | 0,041 | 3,26 | 1,30ab | 0,420 |
| Ortalama | | 2,77 A | 0,19 B | 1,11 B | 0,51 B | 0,09 B | 237,50B | 115,69A | 10,14 A | 67,85AB | 65,77B | 0,04 | 3,57 | 1,34 | 0,66 |
| 3. Dönem | Kontrol | 1,72 b | 0,153 | 1,01 | 0,610 b | 0,055 | 250,0 | 108,3 | 9,83 | 50,92 | 89,61 | 0,028 | 4,60 | 1,33 | 0,746 |
| | 3 t da ⁻¹ | 2,09 ab | 0,164 | 1,33 | 0,746 a | 0,053 | 300,0 | 126,5 | 13,35 | 98,19 | 92,82 | 0,088 | 3,25 | 1,11 | 0,703 |
| | 6 t da ⁻¹ | 2,09 ab | 0,181 | 1,13 | 0,616 b | 0,055 | 250,0 | 109,4 | 12,13 | 106,40 | 91,94 | 0,061 | 3,87 | 1,10 | 0,565 |
| | 9 t da ⁻¹ | 2,27 a | 0,192 | 1,23 | 0,656 b | 0,062 | 316,7 | 127,7 | 14,18 | 112,94 | 93,82 | 0,076 | 3,22 | 1,05 | 0,588 |
| Ortalama | | 2,04 B | 0,17 B | 1,17 B | 0,66 A | 0,06 C | 279,17B | 117,96A | 12,37 B | 92,12A | 92,05A | 0,06 | 3,73 | 1,15 | 0,65 |

Büyük harfler dönem ortalamaları, küçük harfler uygulamalar arası farklılıklar

Çizelge 4.4. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi tanesinin besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisi

| Uygulama | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Cu | Zn | Mn | Cd | Cr | Ni | Pb |
|----------------------------|------|-------|-------|-------|------|----|-------|------|-------|------|-------|-------|--------|-------|
| Kontrol | 1,51 | 0,179 | 0,148 | 0,000 | 0,09 | iz | 14,04 | 0,88 | 20,41 | 7,72 | 0,076 | 0,417 | 3,81a | 0,635 |
| 3 t da⁻¹ | 1,56 | 0,197 | 0,154 | 0,001 | 0,09 | iz | 13,78 | 1,11 | 21,70 | 7,34 | 0,076 | 0,442 | 2,79ab | 0,527 |
| 6 t da⁻¹ | 1,61 | 0,196 | 0,153 | 0,003 | 0,09 | iz | 19,51 | 1,22 | 24,48 | 6,98 | 0,077 | 0,611 | 2,81ab | 0,987 |
| 9 t da⁻¹ | 1,54 | 0,214 | 0,177 | 0,005 | 0,10 | iz | 18,66 | 1,40 | 28,68 | 7,43 | 0,071 | 0,460 | 1,73b | 1,096 |

Çizelge 4.5. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi kökünün besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisi

| Uygulama | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Cu | Zn | Mn | Cd | Cr | Ni | Pb |
|----------------------------|------|-------|-------|---------|--------|------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Kontrol | 0,82 | 0,032 | 17,33 | 7,23c | 1824,0 | 4,60 | 1426,7b | 7,0b | 23,0 | 33,7c | 0,105 | 8,32 | 11,75 | 2,33 |
| 3 t da⁻¹ | 0,89 | 0,045 | 24,07 | 10,87bc | 2002,7 | 5,23 | 2877,0b | 8,4a | 85,4 | 57,6b | 0,098 | 11,65 | 13,80 | 2,79 |
| 6 t da⁻¹ | 1,16 | 0,027 | 28,90 | 16,43a | 2125,0 | 7,07 | 2654,7a | 9,7a | 149,5 | 60,8a | 0,132 | 12,35 | 16,69 | 2,84 |
| 9 t da⁻¹ | 1,03 | 0,042 | 33,03 | 13,80ab | 2439,3 | 8,47 | 2824,0a | 8,9a | 161,2 | 57,7a | 0,125 | 11,38 | 16,47 | 3,14 |

Çizelge 4.6. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun farklı dönemlerde mısır bitkisi besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisine ilişkin istatistiksel değerlendirmeler

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Cu | Zn | Mn | Cd | Cr | Ni | Pb |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Faktör A | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ** | ** | öd | öd | öd | öd |
| Faktör B | öd | * | öd | öd | öd | * | öd | * | ** | ** | öd | öd | öd | öd |
| AxB | ** | öd | öd | * | öd | öd | öd | öd | öd | ** | öd | öd | * | öd |

Faktör A: örnekleme dönemleri
Faktör B: arıtma çamuru uygulamaları

* p<0.05 düzeyinde önemlidir
** p<0.01 düzeyinde önemlidir
öd önemli değil

Çizelge 4.7. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi tanesinin besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisine ilişkin istatistiksel değerlendirmeler

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Cu | Zn | Mn | Cd | Cr | Ni | Pb |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Faktör A | öd | öd | öd | öd | öd | öd | öd | öd | öd | öd | öd | öd | * | öd |

Faktör : arıtma çamuru uygulamaları

* p<0.05 düzeyinde önemlidir
** p<0.01 düzeyinde önemlidir
öd önemli değil

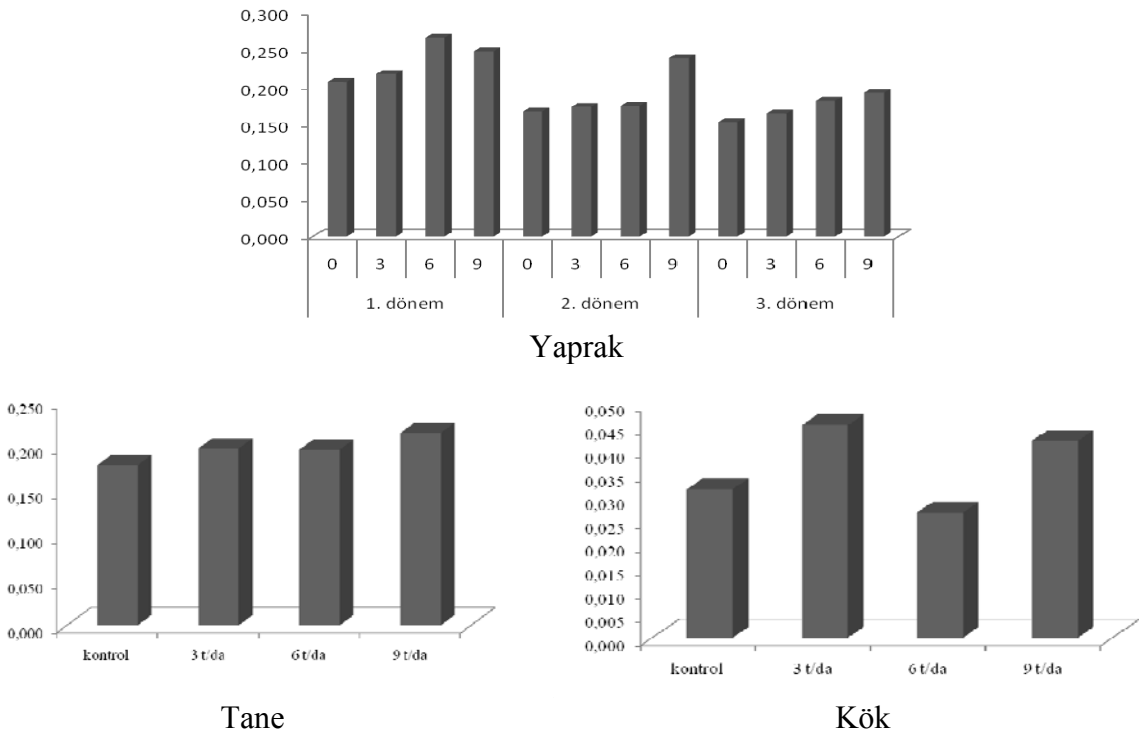
Çizelge 4.8. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi kök besin elementi ve ağır metal içeriği üzerine etkisine ilişkin istatistiksel değerlendirmeler

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Cu | Zn | Mn | Cd | Cr | Ni | Pb |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Faktör A | öd | öd | öd | * | öd | öd | ** | * | öd | ** | * | öd | öd | öd |

Faktör : arıtma çamuru uygulamaları

* p<0.05 düzeyinde önemlidir
** p<0.01 düzeyinde önemlidir
öd önemli değil

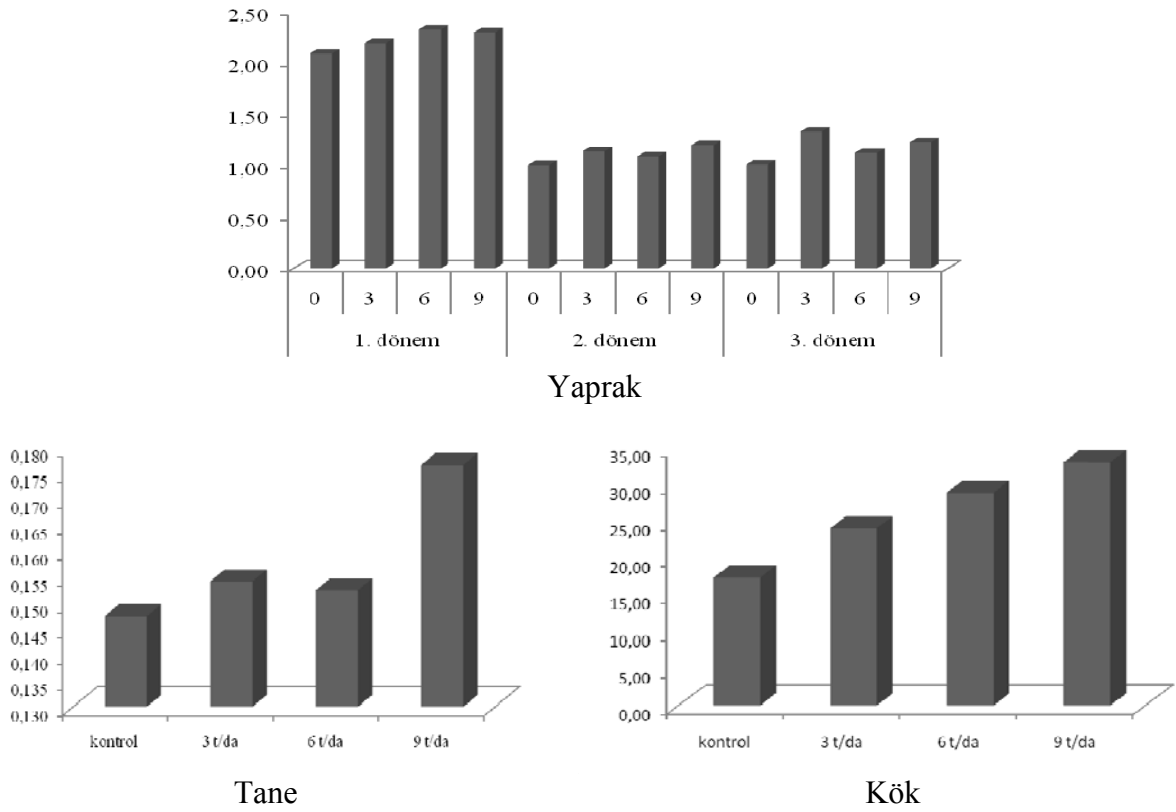
Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök fosfor içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde çamur uygulamalarının etkisi her üç dönemde de belirgin olmuştur. Çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre bitki fosfor içeriği çamur uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek P içerikleri en yüksek uygulama olan 9 ton da⁻¹ düzeyinde belirlenmiştir. Aynı şekilde tane ve kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak fosfor içeriği artmıştır. Tanede en yüksek P içeriği 9 ton da⁻¹ uygulamasında belirlenirken, kökte en yüksek değer 3 ve 9 ton da⁻¹ uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler birinci dönemde yeter sınırlarda (%0,25-0,45) iken ikinci ve üçüncü dönemde yeter sınırın altında (% 0,25-0,50) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).



Şekil 4.2. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin P içeriği (mg kg⁻¹) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök potasyum içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.3’te verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde çamur uygulamalarının etkisi her üç dönemde de belirgin olmuştur. Çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre

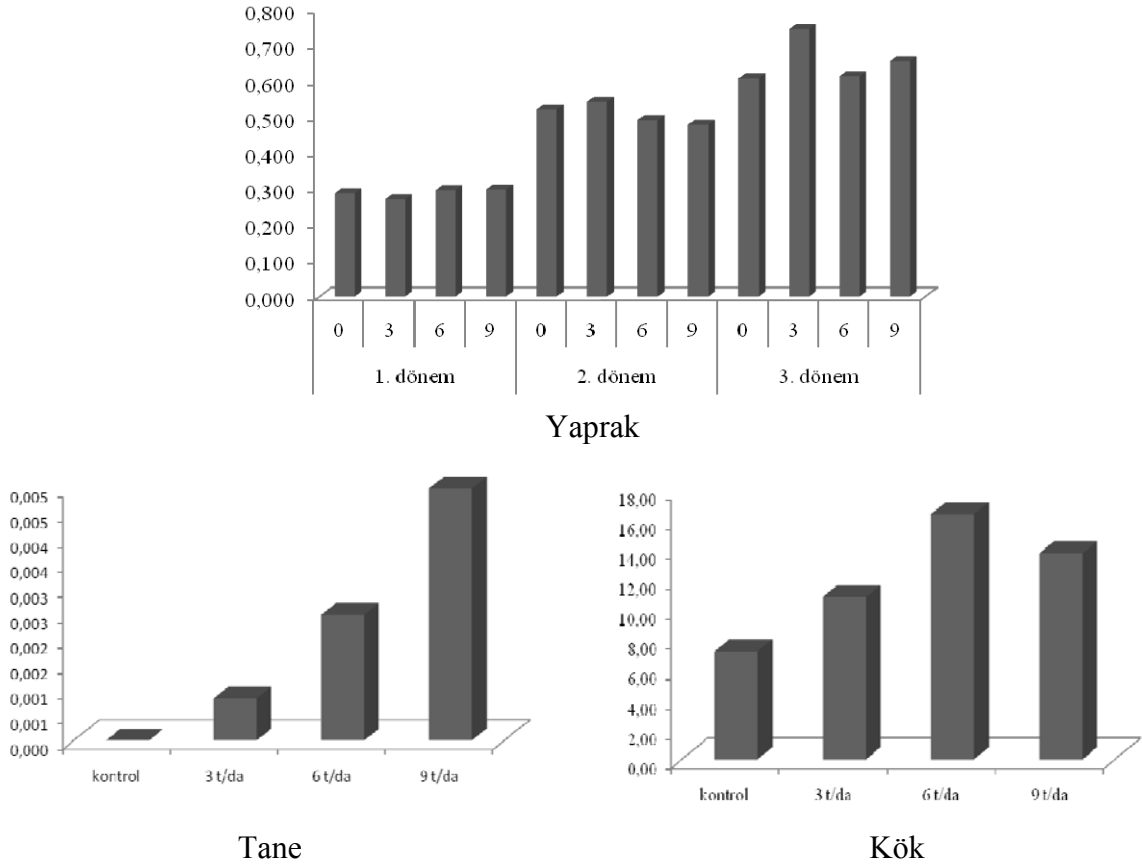
bitki potasyum içeriği çamur uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek K'nın içerikleri en yüksek uygulama olan 9 ton da⁻¹ düzeyinde belirlenmiştir. Aynı şekilde tane ve kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak potasyum içeriği artmıştır. Tanede ve kökte en yüksek K içeriği 9 ton da⁻¹ uygulamasında belirlenmiştir. Belirlenen değerler birinci dönemde yeter sınırlarda (% 2,5) iken ikinci ve üçüncü dönemde yeter sınırın altında noksan (%1,00-1,60) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).



Şekil 4.3. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin K içeriği (mg kg⁻¹) üzerine etkisi

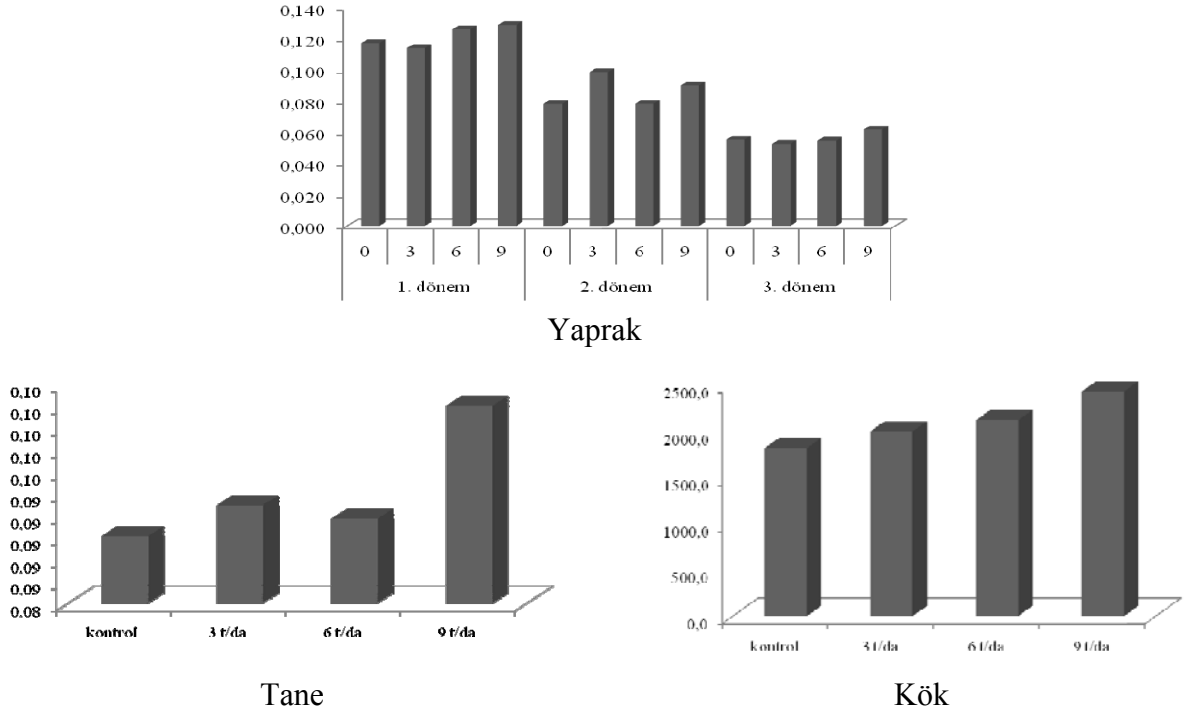
Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem, tane ve kök kalsiyum içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6-4.8 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının dönemlere bağlı olarak etkisi görülürken, uygulama düzeylerine bağlı olarak görülen etki belirgin olmamıştır. Ancak tane ve kökte çamur uygulamalarına bağlı olarak kalsiyum içeriği artış göstermiştir. Tanede ve kökte en yüksek Ca içeriği 6 ve 9 ton da⁻¹ uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler birinci dönemde yeter sınırlarda (% 0,30), ikinci ve

üçüncü dönemde de yeterli (% 0,21-1,00) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).



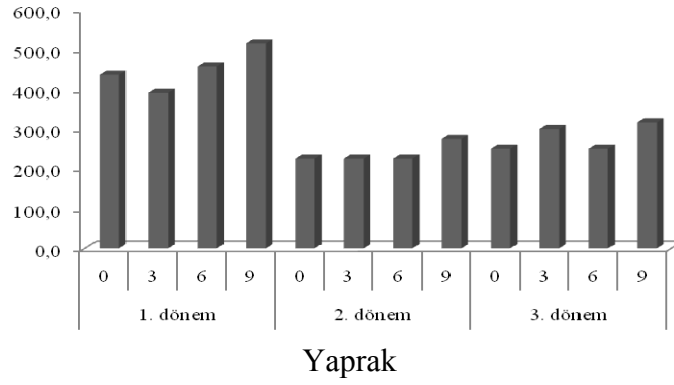
Şekil 4.4. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Ca içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök magnezyum içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.5'te verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının etkisi dönemlere bağlı olarak etkili görülürken, uygulama düzeylerine bağlı olarak görülen etki kalsiyuma benzer şekilde belirgin olmamıştır. Ancak tane ve kökte çamur uygulamalarına bağlı olarak magnezyum içeriği artış göstermiştir. Tanede ve kökte en yüksek Mg içeriği 9 ton da^{-1} uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler özellikle ikinci ve üçüncü dönemlerde yeter sınırın altında noksan (% 0,10-0,19) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).

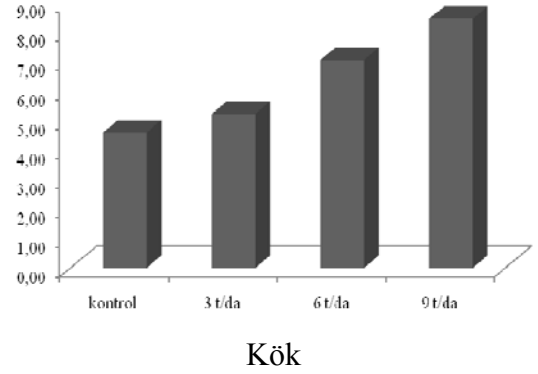


Şekil 4.5. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Mg içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök sodyum içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde çamur uygulamalarının etkisi her üç dönemde de belirgin olmuştur. Çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre bitkinin sodyum içeriği çamur uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek Na içerikleri en yüksek uygulama olan 9 ton da^{-1} düzeyinde belirlenmiştir. Mısır tanesinde sodyum belirlenemezken kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak sodyum içeriği artmış ve en yüksek Na içeriği 9 ton da^{-1} uygulamasında belirlenmiştir.

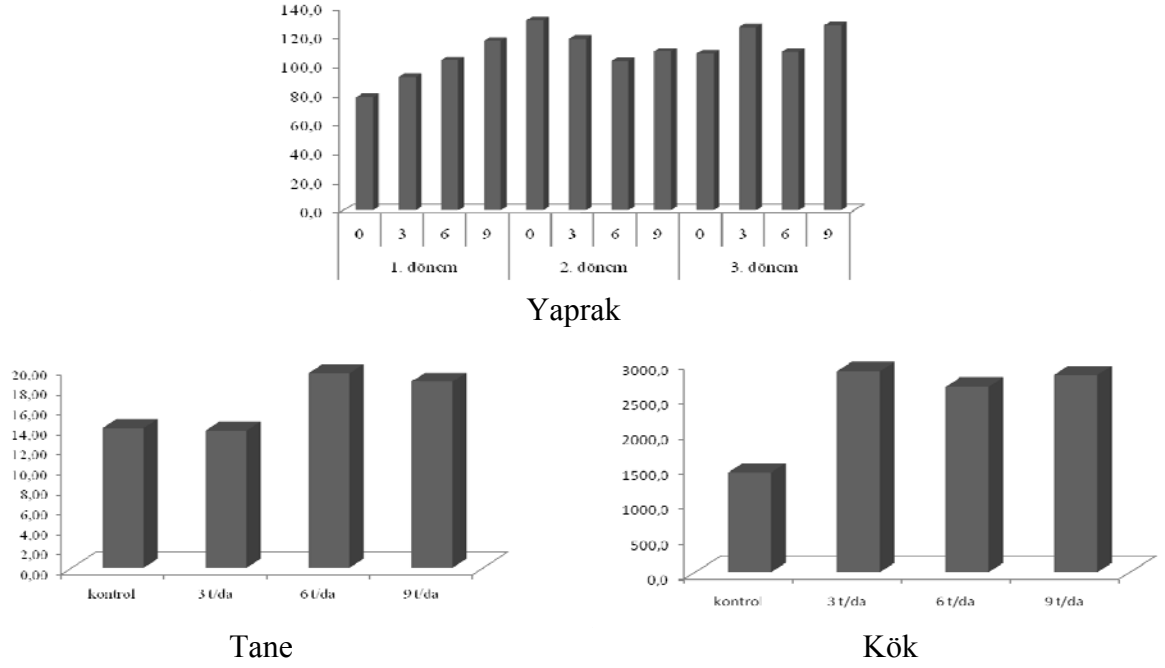


Belirlenmemiştir.



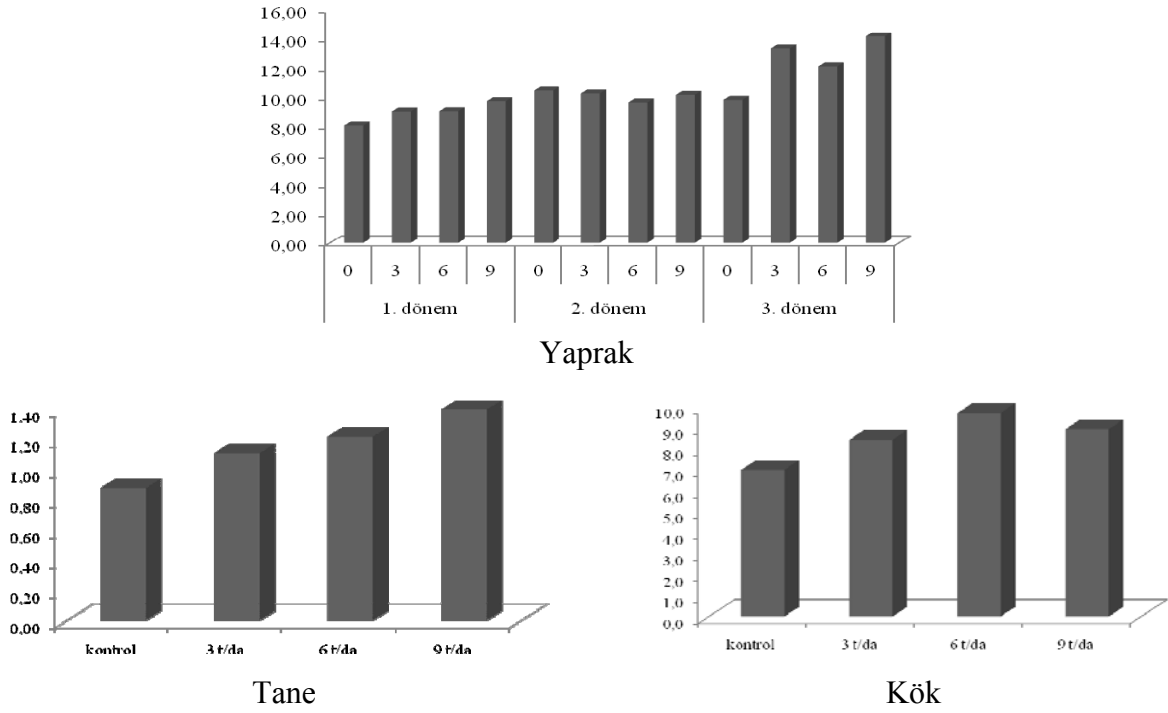
Şekil 4.6. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Na içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök demir içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6-4.8 ve Şekil 4.7’de verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının etkisi özellikle birinci dönemde daha belirgin olmuştur. Çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre bitki demir içeriği çamur uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek Fe içeriği en yüksek uygulama olan 9 ton da^{-1} düzeyinde belirlenmiştir. Aynı şekilde tane ve kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak demir içeriği artmıştır. Tanede ve kökte en yüksek Fe içerikleri 6 ve 9 ton da^{-1} uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler her üç dönemde de yeterli sınırında ($50\text{-}250 \text{ mg kg}^{-1}$) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).



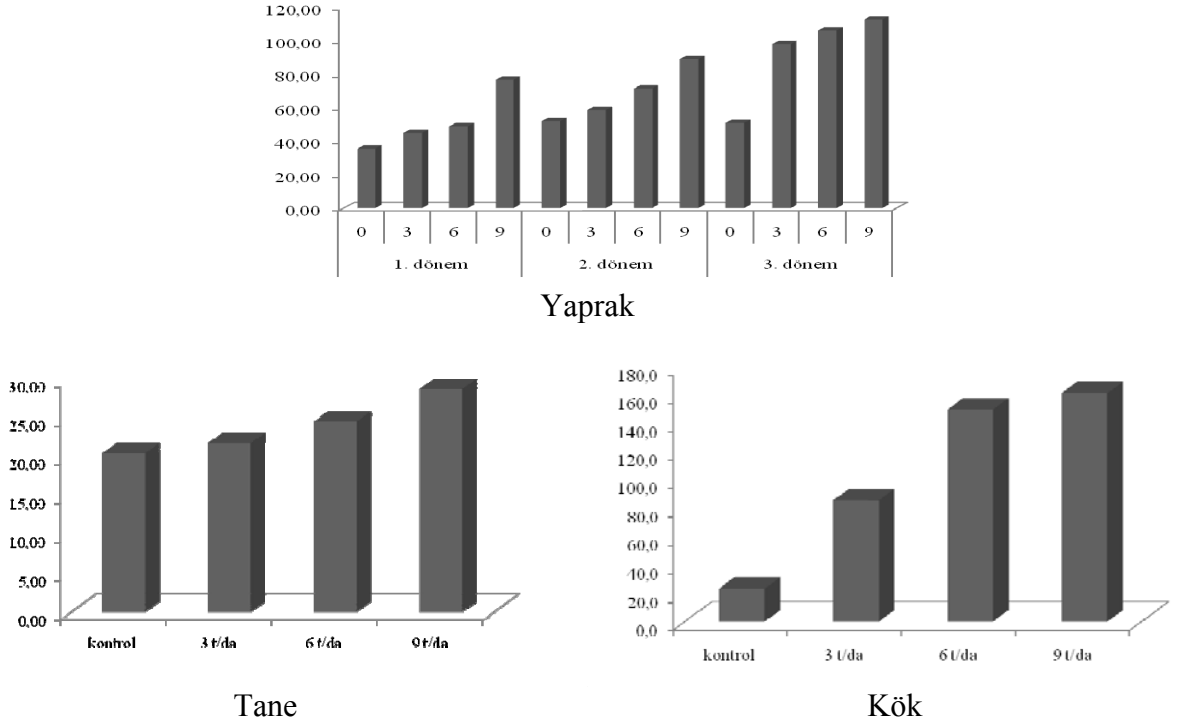
Şekil 4.7. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Fe içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök bakır içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6-4.8 ve Şekil 4.8’de verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının etkisi özellikle birinci ve üçüncü dönemde daha belirgin olmuştur. Çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre bitkinin bakır içeriği çamur uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek Cu içeriği en yüksek uygulama olan 9 ton da^{-1} düzeyinde belirlenmiştir. Aynı şekilde tane ve kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak bakır içeriği artmıştır. Tanede ve kökte en yüksek Cu içerikleri 6 ve 9 ton da^{-1} uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler her üç dönemde de yeterli sınırında ($6\text{-}20 \text{ mg kg}^{-1}$) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).



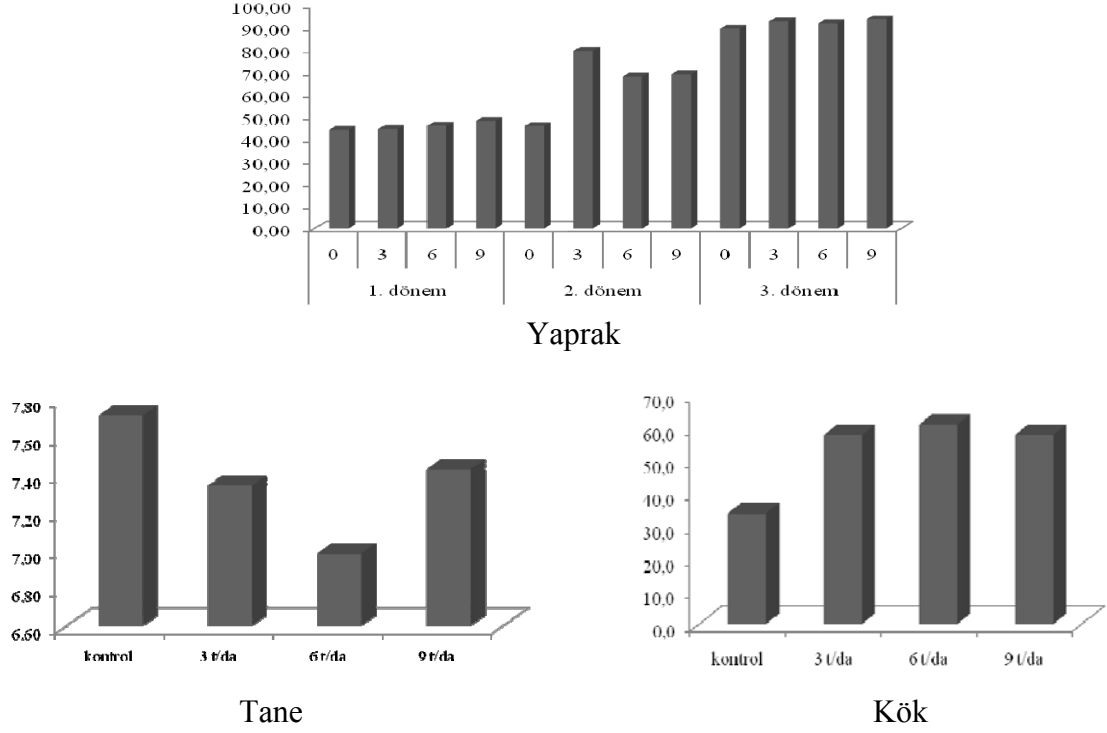
Şekil 4.8. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Cu içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök çinko içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.9’da verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının etkisi her üç dönemde de belirgin olmuştur. Çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre bitkinin çinko içeriği çamur uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek Zn içeriği en yüksek uygulama olan 9 ton da^{-1} düzeylerinde belirlenmiştir. Aynı şekilde tane ve kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak çinko içeriği artmıştır. Hem tanede ve hem de kökte en yüksek Zn içerikleri 9 ton da^{-1} uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler her üç dönemde de fazla ($>60 \text{ mg kg}^{-1}$) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).



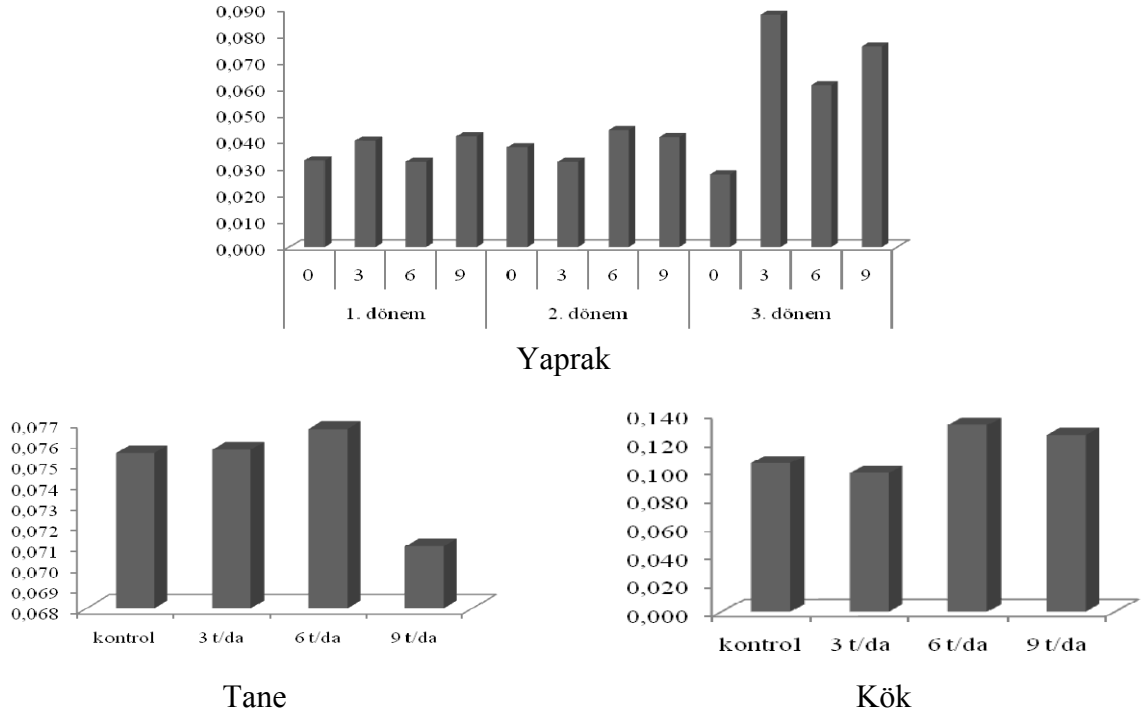
Şekil 4.9. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Zn içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök mangan içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının etkisi dönemlere bağlı olarak belirgin olurken uygulama düzeylerine bağlı olarak belirgin olmamıştır. Yine de çamur uygulanmayan kontrol uygulamasına göre bitkinin mangan içeriği çamur uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek Mn içeriği en yüksek uygulama olan 9 ton da^{-1} düzeylerinde belirlenmiştir. Tanede çamur uygulanmayan kontrole göre Mn içerikleri çamur uygulamalarında daha düşük belirlenirken kökte çamur uygulamalarına bağlı olarak mangan içeriği artmıştır. Kökte en yüksek Mn içerikleri 6 ve 9 ton da^{-1} uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler her üç dönemde de yeterli ($20\text{-}300 \text{ mg kg}^{-1}$) olarak değerlendirilmiştir (Jones ve ark. 1991).



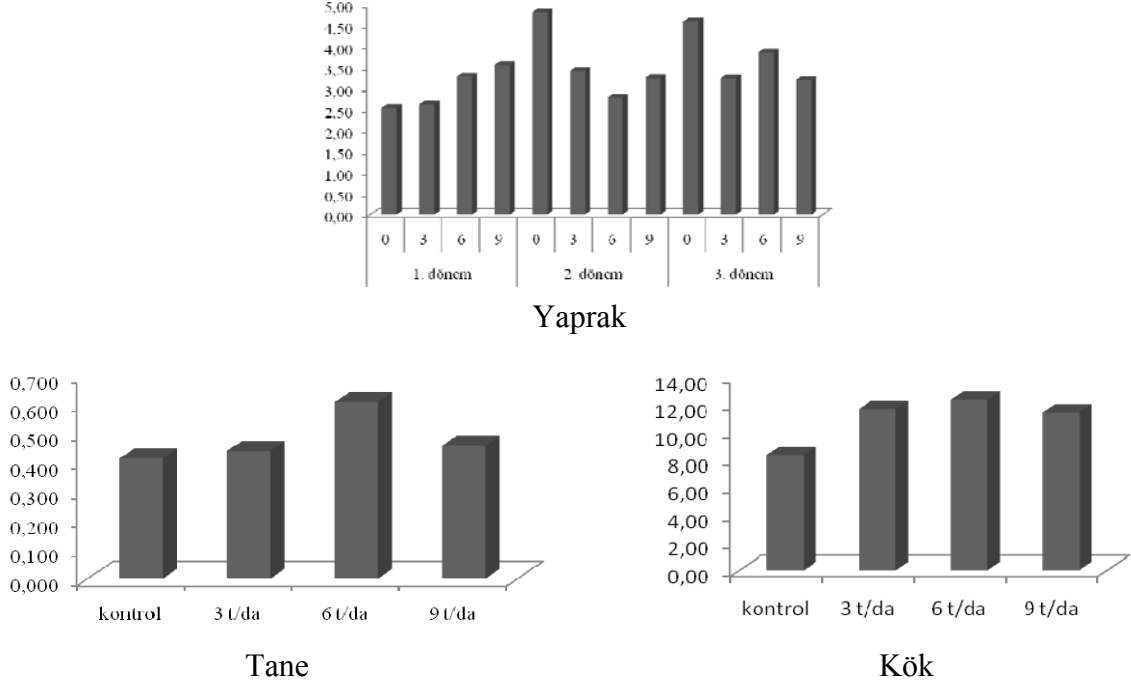
Şekil 4.10. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Mn içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök kadmiyum içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.11’de verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının etkisi dönemlere ve uygulama düzeylerine bağlı olarak belirgin olmamıştır. Benzer şekilde tane ve kökte de çamur uygulamalarına bağlı olarak etki düşük düzeylerde olmuştur. Belirlenen değerler her üç dönemde de fazla veya toksik sınır değerlerinin altında ($5\text{-}30 \text{ mg kg}^{-1}$) olarak değerlendirilmiştir (Kabata ve Pendias 1992).



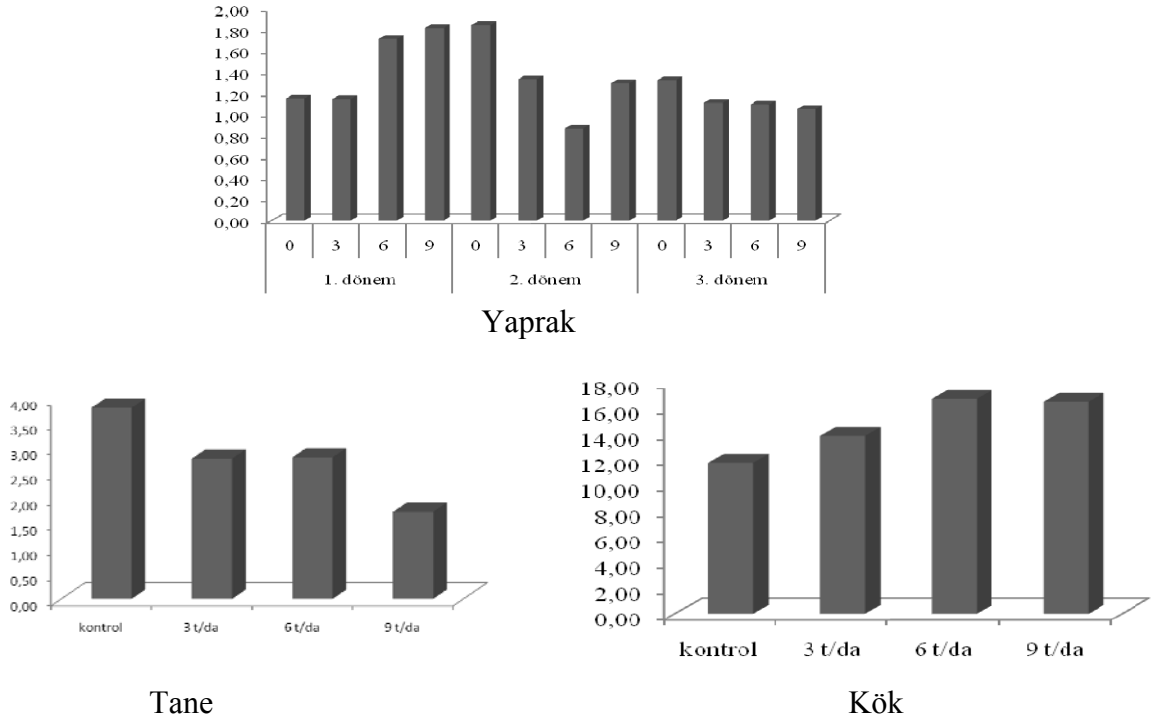
Şekil 4.11. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Cd içeriği (mg kg⁻¹) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök krom içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde çamur uygulamalarının etkisi özellikle birinci dönemde daha belirgin olurken diğer dönemlerde uygulama düzeylerine bağlı olarak belirgin olmamıştır. Birinci dönemde en yüksek krom içeriği en yüksek uygulama olan 9 ton da⁻¹ düzeylerinde belirlenmiştir. Tanede ve kökte çamur uygulanmayan kontrole göre krom içerikleri çamur uygulamalarında daha yüksek bulunmuş en yüksek Cr içerikleri 6 ton da⁻¹ uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler her üç dönemde de fazla veya toksik sınır değerlerinin altında (5-30 mg kg⁻¹) olarak değerlendirilmiştir (Kabata ve Pendias 1992).



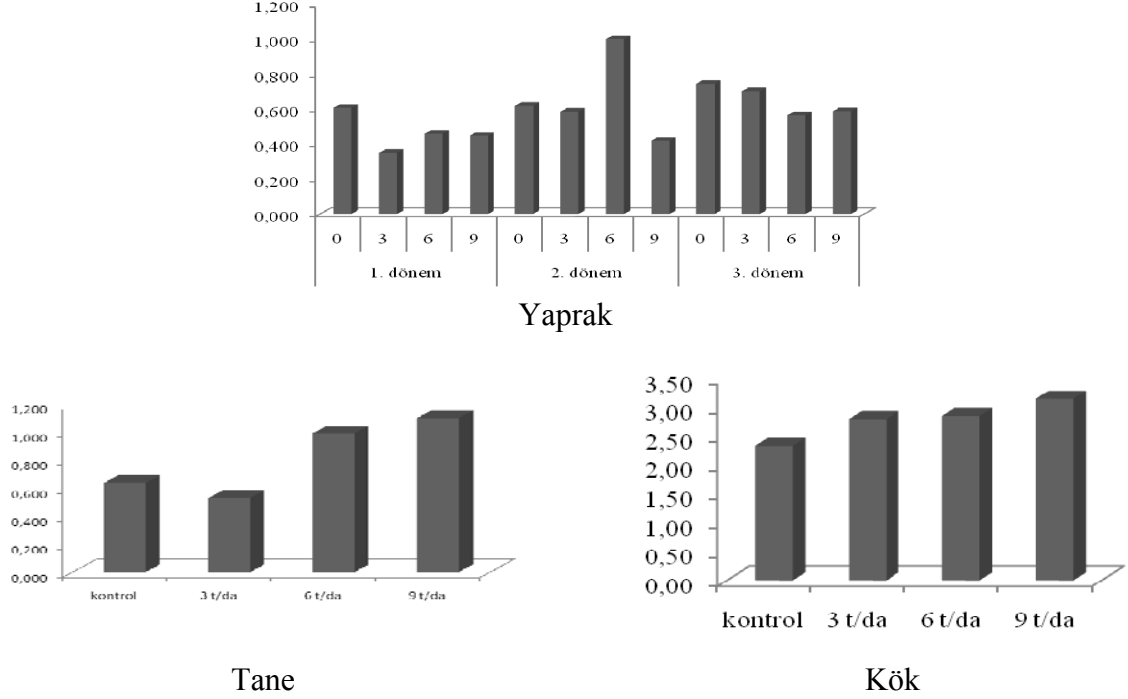
Şekil 4.12. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Cr içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök nikel içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.13'te verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde çamur uygulamalarının etkisi özellikle birinci dönemde daha belirgin olurken diğer dönemlerde uygulama düzeylerine bağlı olarak belirgin olmamıştır. Birinci dönemde en yüksek nikel içeriği en yüksek uygulama olan 9 ton da^{-1} düzeylerinde belirlenmiştir. Diğer dönemleride çamur uygulamalarında Ni daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde tanede çamur uygulamasına bağlı olarak Ni içeriği azalırken ve kökte çamur uygulanmayan kontrole göre nikel içerikleri çamur uygulamalarında daha yüksek bulunmuş en yüksek Ni içeriği 6 ve 9 ton da^{-1} uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler her üç dönemde de fazla veya toksik sınır değerlerinin altında ($10\text{-}100 \text{ mg kg}^{-1}$) değerlendirilmiştir (Kabata ve Pendias 1992).



Şekil 4.13. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin Ni içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin üç dönem yaprak, tane ve kök kurşun içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.3-4.6 ve Şekil 4.14'te verilmiştir. Çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde çamur uygulamalarının etkisi dönemlere ve uygulama düzeylerine bağlı olarak belirgin olmamıştır. Ancak özellikle tanede ve kökte çamur uygulamasına bağlı olarak Pb içeriği artmış ve çamur uygulanmayan kontrole göre kurşun içerikleri 6 ve 9 ton da^{-1} uygulamalarında belirlenmiştir. Belirlenen değerler her üç dönemde de fazla veya toksik sınır değerlerinin altında ($5\text{-}10 \text{ mg kg}^{-1}$) olarak değerlendirilmiştir (Kabata ve Pendias 1992).



Şekil 4.14. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitki Pb içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

4.4. Arıtma Çamurunun Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri

4.4.1. Arıtma Çamurunun Toprağın pH, EC ve Organik Madde İçeriği Üzerine Etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 gün inkübasyon süresi sonunda bitki ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın pH, EC değerleri ve organik madde içeriği üzerine etkisi ile dozlara bağlı olarak meydana getirdiği farklılıklar LSD testi ile gruplandırılarak sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

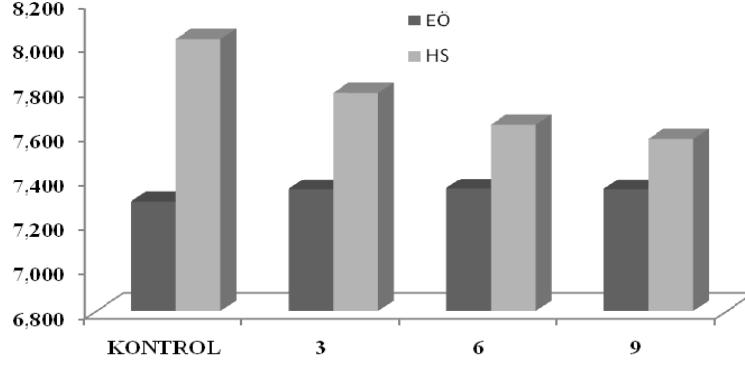
Arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın pH değeri üzerine etkisi Şekil 4.15’te verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın pH’sı üzerine etkisi önemli ($p < 0,01$), uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası toprak

pH'sı arasındaki interaksyonun ise ($p < 0,05$) istatistiksel yönden güvenilir derecede önemli olduğu görülmüştür.

Şekil 4.15 ve Çizelge 4.9 birlikte incelendiğinde, özellikle hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları toprağın pH değerini düşürmüştür. Toprak pH'sındaki bu düşüş arıtma çamurunun mineralizasyonuna bağlı olarak ortaya çıkan organik asitlerle ilgili olabilir (Kütük ve ark.2000). Arıtma çamuru uygulaması ile toprak pH'sında meydana gelen değişim ile ilgili olarak Gasco ve Lobo (2007), Zebarth ve ark. (1999) ve Topper ve Sabey (1986) alkali topraklara veya nötr topraklara uygulanan çamurun pH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Çizelge 4.9. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın pH, EC ve organik madde içeriği üzerine etkisi

| Uygulama (ton da ⁻¹) | Ekim öncesi | Hasat sonrası | Ortalama |
|---|----------------|------------------|----------|
| pH | | | |
| Kontrol | 7,29 | 8,03 a | 7,66 a |
| 3 | 7,35 | 7,78 ab | 7,57 ab |
| 6 | 7,35 | 7,64 b | 7,50 b |
| 9 | 7,35 | 7,58 b | 7,46 b |
| Ortalama | 7,33 B | 7,76 A | |
| A LSD _{0,01} :0,138; B LSD _{0,05} :0,141; BxA LSD _{0,01} : 0,276 | | | |
| EC, µS cm⁻¹ | | | |
| Kontrol | 190,0 | 187,0 | 188,5 b |
| 3 | 352,0 | 331,0 | 341,5 a |
| 6 | 371,3 | 416,7 | 394,0 a |
| 9 | 469,3 | 423,3 | 446,3 a |
| Ortalama | 345,7 | 339,5 | |
| A LSD:öd; B LSD _{0,01} :149,5; BxA LSD:öd | | | |
| Organik Madde, % | | | |
| Kontrol | 1,65 | 1,25 | 1,45 b |
| 3 | 2,06 | 1,93 | 1,99 ab |
| 6 | 2,26 | 2,46 | 2,36 a |
| 9 | 2,60 | 2,50 | 2,55 a |
| Ortalama | 2,14 | 2,04 | |
| A LSD:öd; B LSD _{0,01} :0,859; BxA LSD:öd | | | |
| Faktör A: Dönemler, Faktör B: Uygulama düzeyleri | | | |
| Büyük harfler dönem karşılaştırması, küçük harfler uygulama karşılaştırması | | | |



Şekil 4.15. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak pH'sı üzerine etkisi

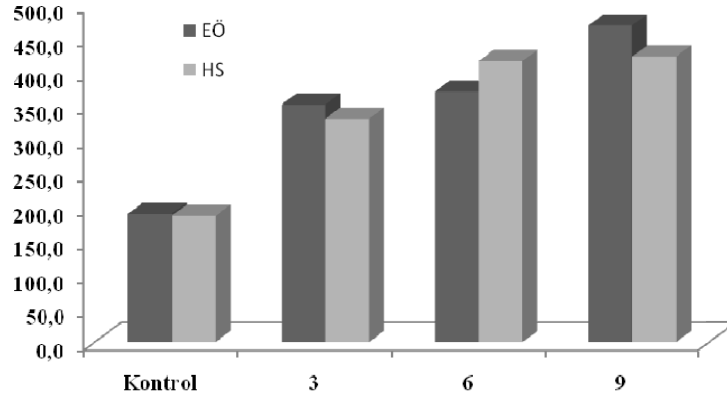
Arıtma çamurunun 30 gün inkübasyon süresi sonunda ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın EC'si üzerine etkisi Şekil 4.15'te verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın EC'si üzerine etkisi ($p < 0,01$) önemli bulunurken ekim öncesi ve hasat sonrası toprak EC'si arasındaki interaksiyonu istatistiksel yönden önemli görülmemiştir.

Şekil 4.16 ve Çizelge 4.9 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi ve hasat sonrası toprak EC'sinin artan uygulama dozlarına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Toprağın EC değerinin ekim öncesi ve hasat sonrası alınan örneklerde uygulama düzeylerine bağlı olarak yüksek bulunmasının nedeni uygulanan arıtma çamurunun zamana bağlı olarak mineralizasyonu ve yüksek EC değeri ile açıklanabilir. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrole göre en yüksek EC değerinin ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak 9 ton da^{-1} uygulamasında gerçekleştiği görülmektedir. Hasat sonrasındaki EC değişimleri, arıtma çamurunun mineralizasyonu ve bitkinin besin elementi alımı ile ilgilidir. Arıtma çamurlarının topraklara uygulanmasında tuzluluk değerini yükseltmesi tarımsal uygulamalarda göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktörlerden birisidir (Kelley ve ark. 1984). Moreno ve ark. (1997) ve Singh ve Agrawal (2007) arıtma çamuru uygulamasının toprak tuzluluğunu arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca Gasco ve

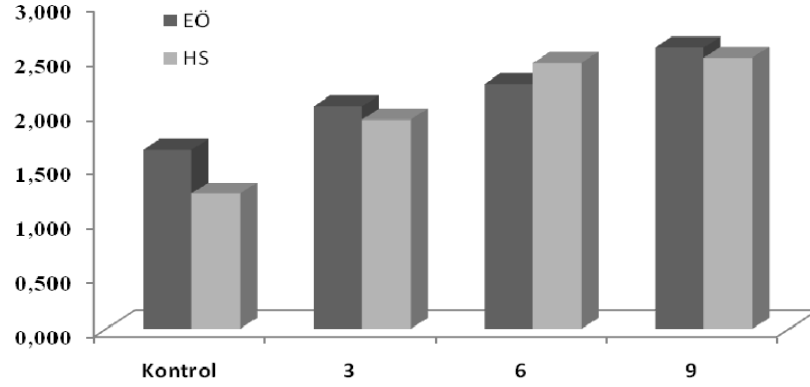
Lobo (2007) aşırı uygulamaların toprağın EC'sini tuzluluk sınır değerine ulaştırabileceğini bildirmişlerdir.

Arıtma çamurunun 30 gün inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın organik madde içeriği üzerine etkisi Şekil 4.17'de verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın organik madde içeriği üzerine etkisi ($p<0,01$) önemli bulunurken ekim öncesi ve hasat sonrası organik madde içeriği arasındaki interaksiyonu istatistiksel yönden önemli görülmemiştir.

Çizelge 4.9 ve Şekil 4.17 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın organik madde içeriğinin artan uygulama dozlarına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde organik madde miktarı ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak %1,45 iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer %2,55 olarak elde edildiği görülmektedir. Toprağın organik madde içeriğinin hasat sonrası alınan örneklerde ekim öncesine göre düşük çıkmasının nedeni uygulanan arıtma çamurunun zamana bağlı olarak mineralizasyonu ile açıklanabilir.



Şekil 4.16. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak EC'si üzerine etkisi



Şekil 4.17. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın organik madde içeriği (%) üzerine etkisi

4.4.2. Arıtma Çamurunun Toprağın Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın toplam azot, amonyum, nitrat ve alınabilir fosfor içeriği üzerine etkileri ile uygulama dozlarına bağlı olarak meydana getirdiği farklılıklar LSD testi ile gruplandırılarak sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

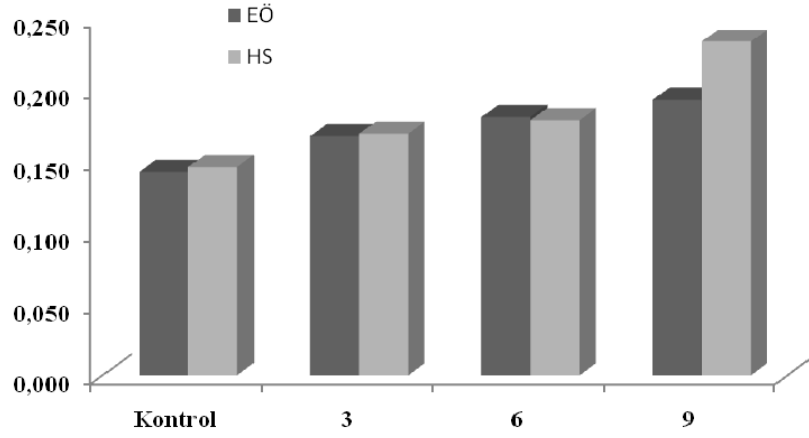
Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 gün inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın toplam azot içeriği üzerine etkisi Şekil 4.18’de verilmiştir. Arıtma çamurunun toprağın azot içeriği üzerine etkisi ve uygulama dozları üzerine etkisi istatistiksel yönden güvenilir derecede önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Çizelge 4.10 ve Şekil 4.18 birlikte incelendiğinde, Arıtma çamuru uygulanmayan kontrole göre toplam azot içeriğinin en yüksek ortalaması 9 ton da^{-1} uygulamasında gerçekleşmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 gün inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın amonyum içeriği üzerine etkisi Şekil 4.19’da verilmiştir. Arıtma çamurunun toprağın amonyum içeriği üzerine etkisi ekim öncesi ve hasat sonrası istatistiksel yönden güvenilir derecede önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur.

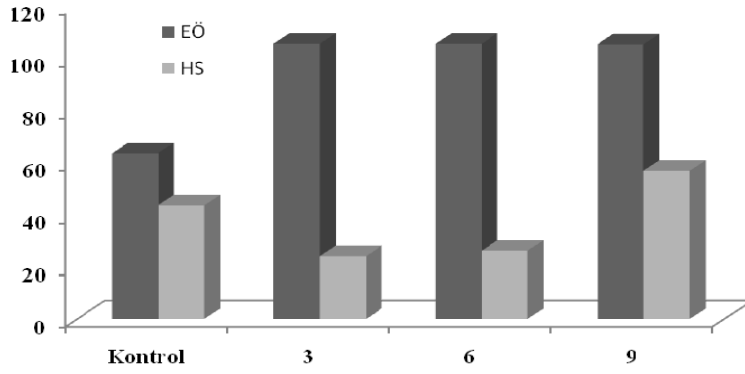
Çizelge 4.10. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın toplam azot, amonyum, nitrat ve alınabilir fosfor içeriği üzerine etkisi

| Uygulama (ton da ⁻¹) | Ekim öncesi | Hasat sonrası | Ortalama |
|--|----------------|------------------|----------|
| Toplam N, % | | | |
| Kontrol | 0,143 | 0,146 | 0,145 b |
| 3 | 0,168 | 0,169 | 0,169 ab |
| 6 | 0,181 | 0,179 | 0,180 ab |
| 9 | 0,193 | 0,234 | 0,213 a |
| Ortalama | 0,171 | 0,182 | |
| A LSD:öd; B LSD _{0,01} :0,147; BxA LSD: öd | | | |
| NH₄, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 63,40 | 43,61 | 53,51 |
| 3 | 105,52 | 23,98 | 64,75 |
| 6 | 105,52 | 26,08 | 65,80 |
| 9 | 105,22 | 56,65 | 80,94 |
| Ortalama | 94,91 A | 37,58 B | |
| A LSD _{0,01} : 32,165; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| NO₃, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 3,78 | 2,70 | 3,24 |
| 3 | 3,78 | 3,33 | 3,55 |
| 6 | 3,33 | 3,33 | 3,33 |
| 9 | 6,65 | 5,39 | 6,02 |
| Ortalama | 4,38 | 3,69 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| P, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 62,03 | 59,94 | 60,984 |
| 3 | 67,98 | 62,33 | 65,155 |
| 6 | 56,52 | 50,26 | 53,387 |
| 9 | 72,28 | 54,70 | 63,487 |
| Ortalama | 64,70 | 56,81 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Faktör A: Dönemler, Faktör B: Uygulama düzeyleri | | | |

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.19 birlikte incelendiğinde, Ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde amonyum içeriği 63,40 mg kg⁻¹ iken 3 ve 6 ton da⁻¹ uygulamasında 105,52 mg kg⁻¹, 9 ton da⁻¹ uygulamasında ise 105,22 mg kg⁻¹, hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde ise kontrol uygulamasında amonyum içeriği 43,61 mg kg⁻¹ iken 9 ton da⁻¹ uygulamasında bu değer 56,65 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrole göre amonyum içeriği en yüksek ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak 9 ton da⁻¹ uygulamasında gerçekleşmiştir. Ayrıca toprağın amonyum içeriği üzerine 3, 6 ve 9 ton da⁻¹ uygulamalarının etkisinin benzer olduğu görülmüştür.

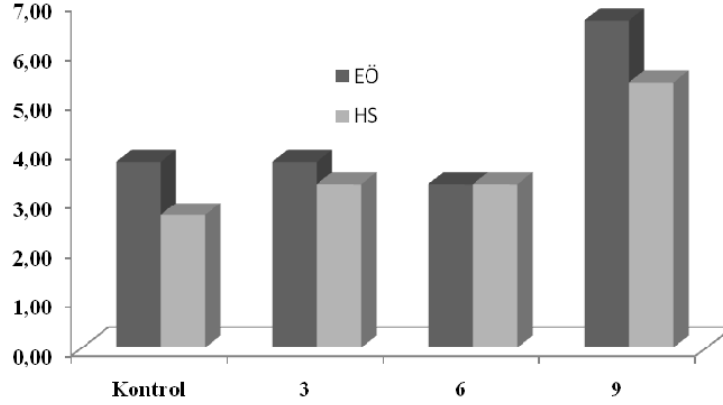


Şekil 4.18. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın toplam azot içeriği (%) üzerine etkisi



Şekil 4.19. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın amonyum (mg kg^{-1}) içeriği üzerine etkisi

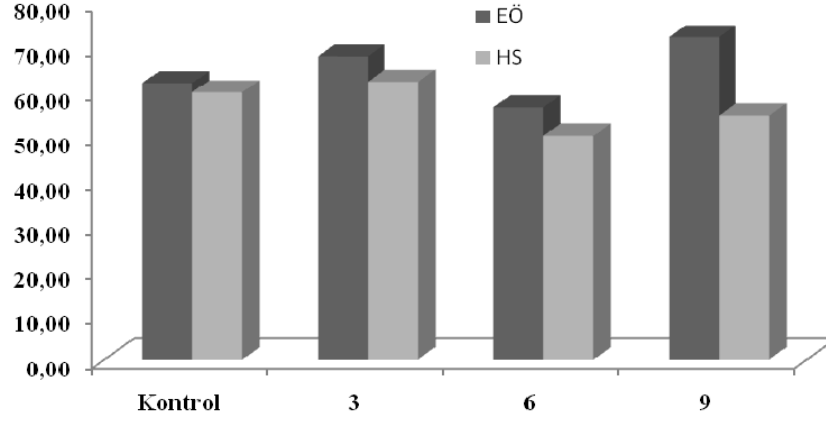
Arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın nitrat içeriği üzerine etkisi Şekil 4.20’de verilmiştir. Arıtma çamurunun toprağın nitrat içeriği üzerine etkisi ve uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın nitrat içeriği arasındaki interaksiyonun istatistiksel yönden önemli olmadığı görülmüştür. Yinede Çizelge 4.10 ve Şekil 4.20 birlikte incelendiğinde, hem ekim öncesi ve hem de hasat sonrası toprağın nitrat içeriğinde kontrol uygulamasına göre artan uygulama dozlarına bağlı olarak sürekli artış görülmektedir.



Şekil 4.20. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın nitrat içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir fosfor içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.10 ve Şekil 4.21’de verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın alınabilir fosfor içeriği üzerine etkisi ile ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki alınabilir fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel yönden önemli olmadığı görülmüştür. Uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası fosfor içeriği arasındaki interaksiyon da önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.21 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir fosfor içeriği kontrol uygulamasına göre hem ekim öncesi hem de hasat sonrasında artan uygulama dozlarına bağlı olarak sürekli artış göstermemiştir. Ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alınabilir fosfor içeriği $62,03 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $72,28 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde ise kontrol uygulamasında fosfor içeriği $59,94 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $54,70 \text{ mg kg}^{-1}$ belirlenmiştir. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde fosfor içeriği ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak $60,98 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $63,49 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.21. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir fosfor içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriği üzerine etkileri ile uygulama dozlarına bağlı olarak meydana getirdiği farklılıklar LSD testi ile gruplandırılarak sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

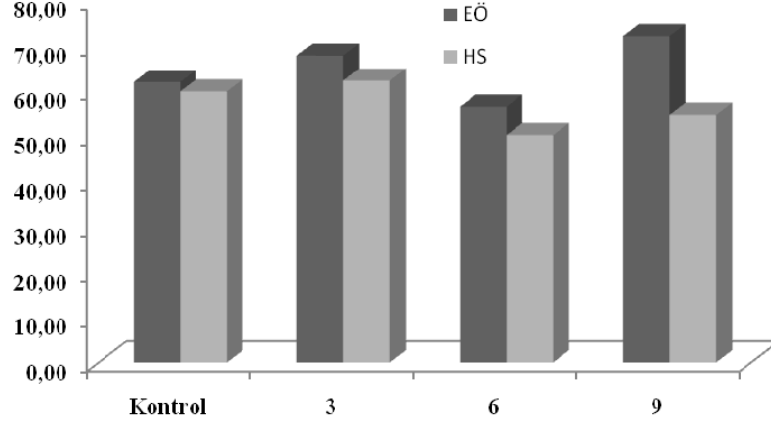
Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir sodyum içeriği üzerine etkisi Şekil 4.22’de verilmiştir. Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın değişebilir sodyum içeriği üzerine etkisinin istatistiksel yönden güvenilir ($p < 0.05$) derecede önemli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.22 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi toprağın değişebilir sodyum içeriğinde kontrol uygulamasına göre artan uygulama dozlarına bağlı olarak artış görülmektedir. Sodyum içeriğindeki bu artış arıtma çamurunun sodyum içeriğine ve mineralizasyona bağlı olarak açıklanabilir. Hasat sonrasında alınan toprak örneklerinin sodyum içeriğinin ekim öncesine göre düşük çıkması ise bitki alımı ile açıklanabilir. Ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde değişebilir sodyum içeriği $49,00 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $193,17 \text{ mg kg}^{-1}$ belirlenmiştir. Hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında

değişebilir sodyum içeriği 114,00 mg kg⁻¹ iken 9 ton da⁻¹ uygulamasında 90,33 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

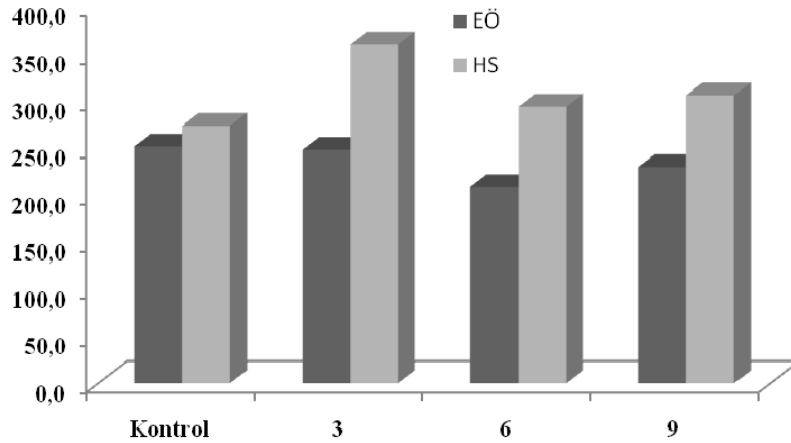
Çizelge 4.11. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir katyonlar içeriği üzerine etkisi

| Uygulama (ton da ⁻¹) | Ekim öncesi | Hasat sonrası | Ortalama |
|--|----------------|------------------|----------|
| Na, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 49,00 b | 114,00 | 81,50 |
| 3 | 144,83 a | 124,67 | 134,75 |
| 6 | 154,00 a | 91,00 | 122,50 |
| 9 | 193,17 a | 90,33 | 141,75 |
| Ortalama | 135,25 | 105,00 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD _{0,05} :70.71 | | | |
| K, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 251,8 | 274,0 | 262,9 |
| 3 | 248,2 | 360,3 | 304,3 |
| 6 | 208,5 | 294,3 | 251,4 |
| 9 | 230,0 | 306,3 | 268,2 |
| Ortalama | 234,6 | 308,8 | |
| A LSD: öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Ca, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 269,0 | 227,5 | 248,3 b |
| 3 | 322,3 | 297,3 | 309,8 a |
| 6 | 270,7 | 281,7 | 276,2 ab |
| 9 | 278,8 | 273,0 | 275,9 ab |
| Ortalama | 285,2 | 269,9 | |
| A LSD:öd; B LSD _{0,01} :40,48; BxA LSD:öd | | | |
| Mg, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 255,0 | 272,7 | 263,863 |
| 3 | 267,7 | 259,2 | 263,442 |
| 6 | 230,6 | 252,5 | 241,558 |
| 9 | 228,9 | 266,0 | 247,450 |
| Ortalama | 245,6 B | 262,6 A | |
| A LSD _{0,05} :15,52; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Faktör A: Dönemler, Faktör B: Uygulama düzeyleri | | | |



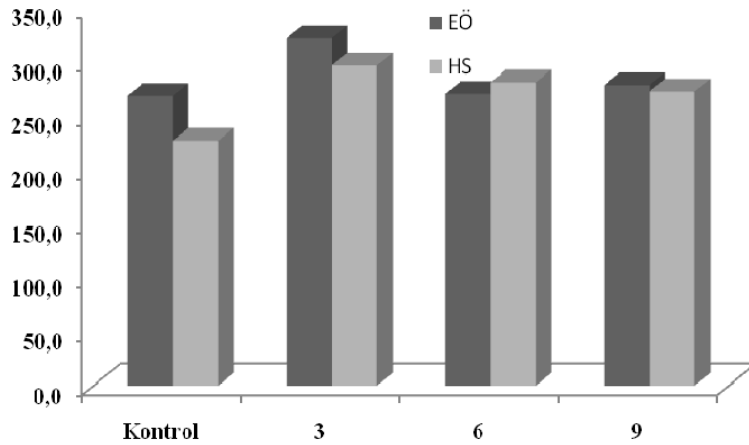
Şekil 4.22. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir sodyum içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir potasyum içeriği üzerine etkisi Şekil 4.23'te verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın değişebilir potasyum içeriği üzerine etkisi yanısıra , uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki değişebilir K miktarı arasındaki interaksiyonun istatistiksel yönden önemsiz olduğu görülmüştür. Çizelge 4.11 ve Şekil 4.23 birlikte incelendiğinde, arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde değişebilir potasyum miktarı ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak $262,9 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $268,2 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur.



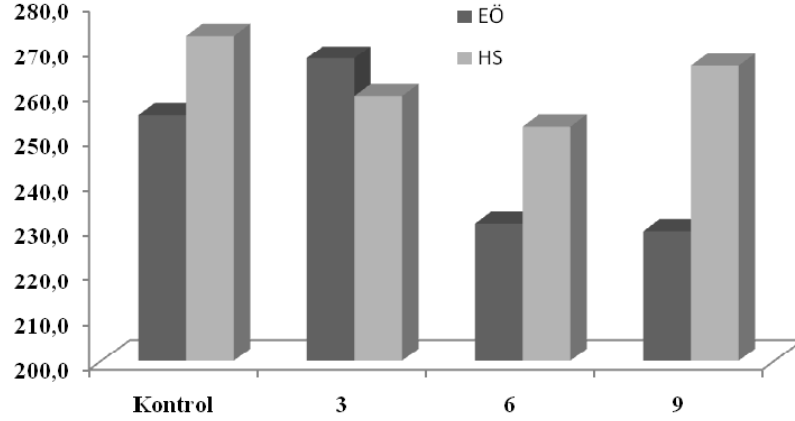
Şekil 4.23. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir potasyum içeriği üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir kalsiyum içeriği üzerine etkisi Şekil 4.24'te verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın değişebilir kalsiyum içeriği üzerine etkisi uygulama düzeylerine bağlı olarak artmıştır. Ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir kalsiyum içeriği üzerine etkisi ise önemli bulunmuştur. Bunun nedeni toprağın değişebilir kalsiyum içeriğinin yüksek olması ile açıklanabilir. Çizelge 4.11 ve Şekil 4.24 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi kontrolde değişebilir kalsiyum içeriği 269 mg kg^{-1} iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer 278 mg kg^{-1} belirlenmiştir. Hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında değişebilir kalsiyum içeriği $227,5 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında 273 mg kg^{-1} dir. Toprağın değişebilir kalsiyum içeriğindeki bu değişimin dozlara bağlı olarak az olması toprağın değişebilir kalsiyum içeriğinin yüksek olmasından ileri gelmiş olabilir.



Şekil 4.24. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir kalsiyum içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir magnezyum içeriği üzerine etkisi Şekil 4.25'de verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi topraktaki değişebilir magnezyum içeriği üzerine etkisi istatistiksel yönden önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.



Şekil 4.25. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın değişebilir magnezyum içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

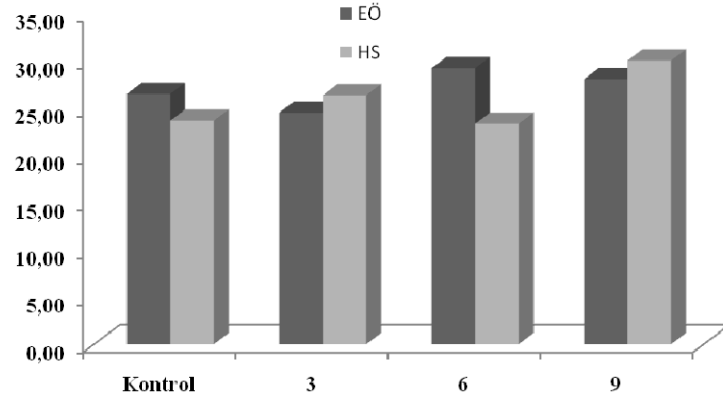
4.4.3. Arıtma Çamurunun Toprağın Mikro Element ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir demir, bakır, çinko, mangan, kadmiyum, krom, nikel, kurşun içeriği üzerine etkileri ile uygulama dozlarına bağlı olarak meydana getirdiği farklılıklar LSD testi ile gruplandırılarak sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir demir içeriği üzerine etkisi Şekil 4.26’de verilmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun toprağın alınabilir demir içeriği üzerine etkisi, uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası demir içeriği arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

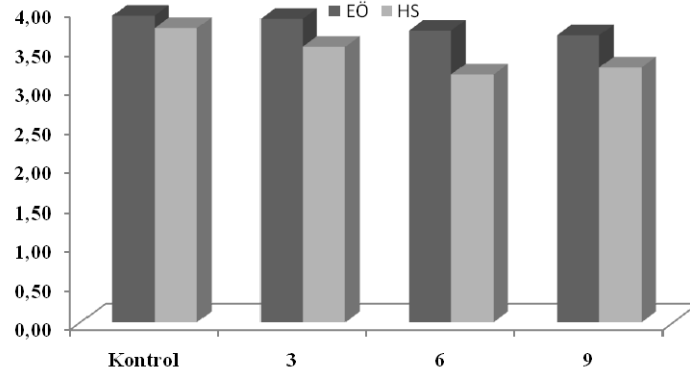
Çizelge 4.12 ve Şekil 4.26 birlikte incelendiğinde, toprağın alınabilir demir içeriğinde artan uygulama dozlarına bağlı olarak artış görülmektedir. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alınabilir demir içeriği ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması $25,11 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $29,08 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Toprağın alınabilir demir içeriğindeki bu artış arıtma çamurunun demir içeriği ve topraktaki pH değişimine bağlı olarak açıklanabilir.

Çizelge 4.12. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir mikroelement ve ağır metal içeriği üzerine etkisi

| Uygulama (ton da ⁻¹) | Ekim öncesi | Hasat sonrası | Ortalama |
|--|----------------|------------------|----------|
| Fe, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 26,53 | 23,70 | 25,11 |
| 3 | 24,55 | 26,39 | 25,47 |
| 6 | 29,27 | 23,37 | 26,32 |
| 9 | 28,09 | 30,07 | 29,08 |
| Ortalama | 27,11 | 25,88 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Cu, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 3,92 | 3,76 | 3,84 |
| 3 | 3,88 | 3,53 | 3,70 |
| 6 | 3,73 | 3,17 | 3,45 |
| 9 | 3,67 | 3,26 | 3,47 |
| Ortalama | 3,80 A | 3,43 B | |
| A LSD _{0,05} :0,372; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Mn, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 24,53 | 24,35 | 24,44 |
| 3 | 33,48 | 25,78 | 29,63 |
| 6 | 33,21 | 21,26 | 27,24 |
| 9 | 34,55 | 36,13 | 35,34 |
| Ortalama | 31,44 | 26,88 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Zn, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 3,18 | 4,73 | 3,95 b |
| 3 | 34,21 | 114,93 | 74,57 ab |
| 6 | 58,24 | 134,66 | 96,45 a |
| 9 | 68,24 | 180,60 | 124,42 a |
| Ortalama | 40,97 B | 108,73 A | |
| A LSD _{0,01} :54,93; B LSD _{0,01} :77,69; BxA LSD:öd | | | |
| Cd, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 1,77 | 1,70 | 1,74 |
| 3 | 2,12 | 1,78 | 1,95 |
| 6 | 2,27 | 1,58 | 1,92 |
| 9 | 2,30 | 2,25 | 2,27 |
| Ortalama | 2,11 | 1,83 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Cr, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 0,059 | 0,064 | 0,061 |
| 3 | 0,066 | 0,066 | 0,066 |
| 6 | 0,066 | 0,060 | 0,063 |
| 9 | 0,067 | 0,073 | 0,070 |
| Ortalama | 0,064 | 0,066 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Ni, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 1,21 | 1,57 | 1,39 |
| 3 | 1,42 | 1,74 | 1,58 |
| 6 | 1,53 | 1,46 | 1,50 |
| 9 | 1,44 | 1,47 | 1,45 |
| Ortalama | 1,40 | 1,56 | |
| A LSD:öd; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Pb, mg kg⁻¹ | | | |
| Kontrol | 0,040 | 0,040 | 0,040 |
| 3 | 0,046 | 0,037 | 0,041 |
| 6 | 0,042 | 0,027 | 0,035 |
| 9 | 0,039 | 0,026 | 0,033 |
| Ortalama | 0,042 A | 0,032 B | 0,037 |
| A LSD _{0,01} :0,007; B LSD:öd; BxA LSD:öd | | | |
| Faktör A: Dönemler, Faktör B: Uygulama düzeyleri | | | |



Şekil 4.26. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir demir (mg kg^{-1}) içeriği üzerine etkisi



Şekil 4.27. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir bakır içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

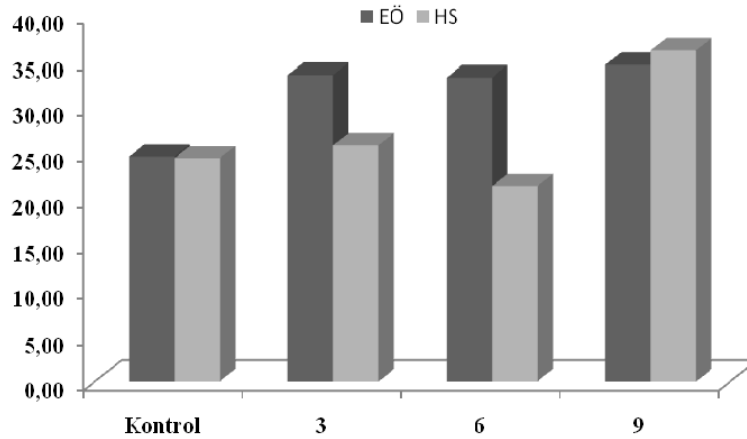
Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir bakır içeriği üzerine etkisi Şekil 4.27'de verilmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun toprağın alınabilir bakır içeriği üzerine ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki alınabilir bakır içeriği arasında istatistiksel yönden güvenilir derecede ($p < 0,05$) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.27 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alınabilir bakır içeriği $3,92 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $3,67 \text{ mg kg}^{-1}$ belirlenmiştir. Hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında alınabilir bakır $3,76 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $3,26 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Kontrolde alınabilir bakır içeriği ekim öncesi ve hasat

sonrası ortalaması olarak 3,84 mg kg⁻¹ iken 9 ton da⁻¹ uygulamasında bu değer 3,47 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir mangan içeriği üzerine etkisi Şekil 4.28’de verilmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun toprağın alınabilir mangan içeriği üzerine etkisi, uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki mangan miktarı arasındaki interaksiyon istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır.

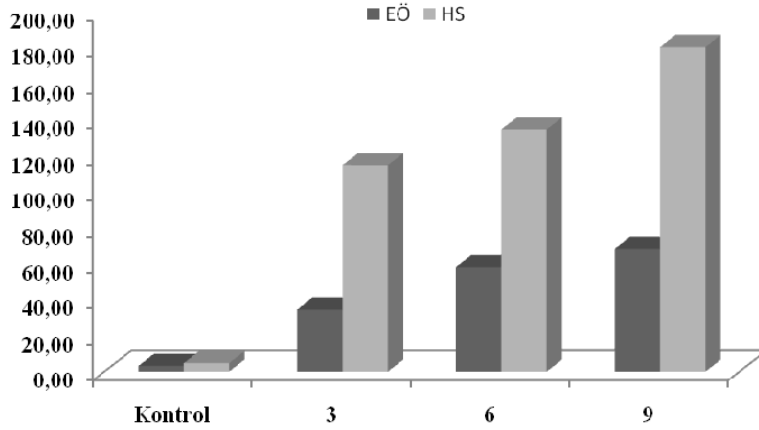
Çizelge 4.12 ve Şekil 4.28 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alınabilir mangan içeriği 24,53 mg kg⁻¹ iken 9 ton da⁻¹ uygulamasında 34,55 mg kg⁻¹, hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında mangan içeriği 24,35 mg kg⁻¹ iken 9 ton da⁻¹ uygulamasında bu değer 36,13 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak kontrol uygulamasında alınabilir mangan 24,44 mg kg⁻¹ iken 9 ton da⁻¹ uygulamasında 35,34 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.28. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir mangan içeriği (mg kg⁻¹)üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir çinko içeriği üzerine etkisi Şekil 4.29’da verilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın

alnabilir çinko içeriği üzerine etkisi , uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası alnabilir çinko miktarı arasındaki etkileşim istatistiksel yönden ($p<0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur.



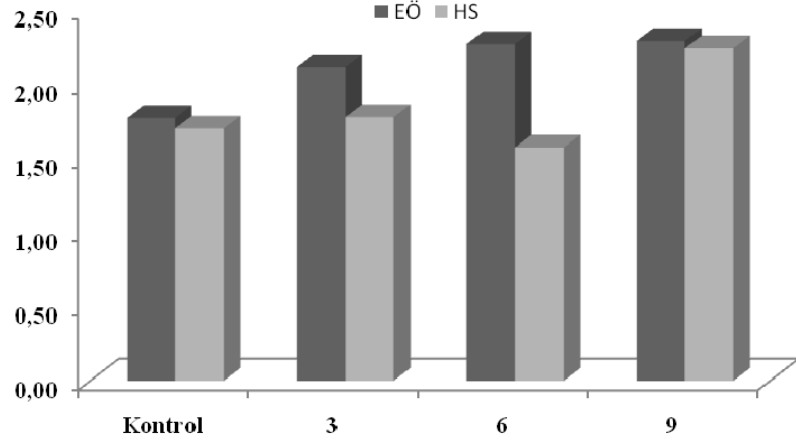
Şekil 4.29. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alnabilir çinko içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.29 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alnabilir çinko içeriğinde artan uygulama dozlarına bağlı olarak artış görülmektedir. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alnabilir çinko içeriği ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak $3,95 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $124,42 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Toprağın alnabilir çinko içeriğindeki artış arıtma çamurunun çinko içeriğine ve topraktaki pH değişimine bağlı olarak açıklanabilir.

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alnabilir kadmiyum içeriği üzerine etkisi Şekil 4.30'da verilmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun toprağın alnabilir kadmiyum içeriği üzerine etkisi, uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki kadmiyum miktarı arasındaki etkileşim istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.30 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alnabilir kadmiyum içeriği $1,77 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1}

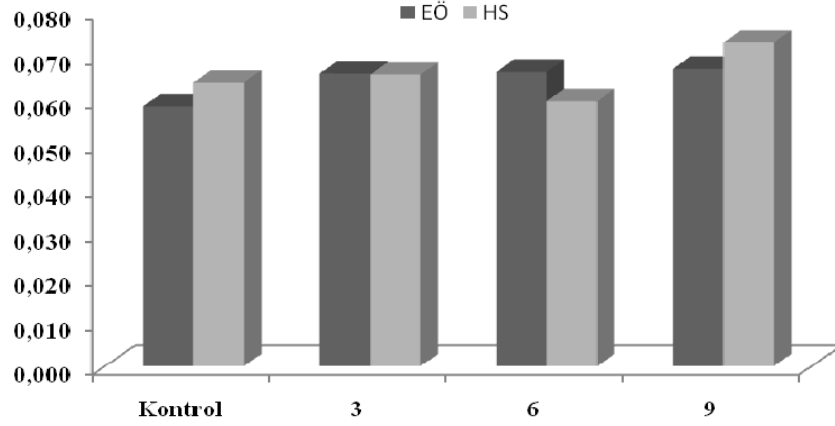
uygulamasında $2,30 \text{ mg kg}^{-1}$, hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında kadmiyum içeriği $1,70 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $2,25 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak kontrol uygulamasında alınabilir kadmiyum $1,74 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $2,27 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.30. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir kadmiyum içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir krom içeriği üzerine etkisi Şekil 4.31’de verilmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun toprağın alınabilir krom içeriği üzerine etkisi , uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki krom miktarı arasındaki interaksiyon istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır.

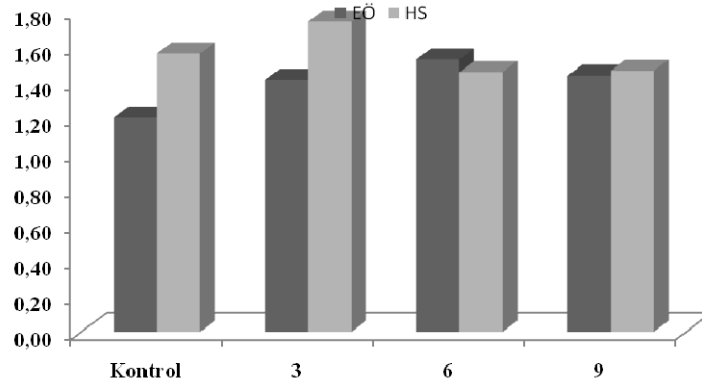
Çizelge 4.12 ve Şekil 4.31 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alınabilir krom içeriği $0,059 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $0,067 \text{ mg kg}^{-1}$, hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında krom içeriği $0,064 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $0,073 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak kontrol uygulamasında alınabilir krom $0,061 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $0,070 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.31. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir krom içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

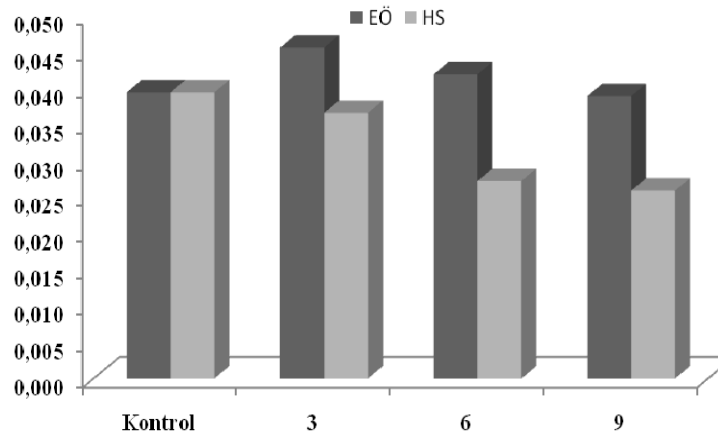
Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir nikel içeriği üzerine etkisi Şekil 4.32’de verilmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun toprağın alınabilir nikel içeriği üzerine etkisi, uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki nikel miktarı arasındaki interaksiyon istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.32 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alınabilir nikel içeriği $1,21 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $1,40 \text{ mg kg}^{-1}$, hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında nikel içeriği $1,57 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $1,56 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak kontrol uygulamasında alınabilir nikel $1,39 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $1,45 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.32. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir nikel içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun 30 günlük inkübasyon süresi sonunda mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir kurşun içeriği üzerine etkisi Şekil 4.33'te verilmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun toprağın alınabilir kurşun içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, uygulama dozları ile ekim öncesi ve hasat sonrası topraktaki kurşun miktarı arasındaki interaksiyon istatistiksel yönden önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur.



Şekil 4.33. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisi ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın alınabilir kurşun içeriği (mg kg^{-1}) üzerine etkisi

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.33 birlikte incelendiğinde, ekim öncesi arıtma çamuru uygulanmayan kontrolde alınabilir kurşun içeriği $0,040 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1}

uygulamasında $0,039 \text{ mg kg}^{-1}$, hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde kontrol uygulamasında kurşun içeriği $0,040 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında bu değer $0,032 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Ekim öncesi ve hasat sonrası ortalaması olarak kontrol uygulamasında alınabilir kurşun $0,040 \text{ mg kg}^{-1}$ iken 9 ton da^{-1} uygulamasında $0,037 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre, artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru, denemede test bitkisi olarak kullanılan mısır bitkisinin gelişimini önemli düzeyde arttırmıştır. Arıtma çamurunun 9 ton da⁻¹ uygulama dozuna rağmen bitki gelişiminde herhangi bir olumsuzluğa rastlanmamıştır. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitki gelişimi ve besin elementi içeriğinde meydana getirdiği artışın, kullanılan arıtma çamurunun kimyasal özelliklerinden, mineralizasyona bağlı olarak ortaya çıkan besin elementlerinden kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir. Ancak yapılan değerlendirmede bitkinin özellikle azot, fosfor ve potasyum içeriğinin çamur uygulanmasına rağmen düşük kaldığı belirlenirken çinko içeriği toksik düzeylerde belirlenmiştir. Bu durum arıtma çamurunun yüksek çinko içeriği ve uygulamalara bağlı olarak toprağın çinko içeriğini arttırması ile ilgilidir. Uygulanan arıtma çamurunun bitkilerin N, P ve K gereksinimlerini tek başına karşılayacak düzeyde N, P ve K içermemesi nedeniyle, yapılacak uygulamalarda arıtma çamuruna ek olarak topraklara N, P ve K içeren gübreler verilerek bu eksiklik ortadan kaldırılmalıdır.

Yapılan kimi çalışmalarda araştırmacılar arıtma çamurunun bitki besin elementi ve organik madde kaynağı olabileceğini bildirmişlerdir (Johanson ve ark. 1999). Kütük ve ark. (2000), artan atık dozlarına bağlı olarak yaprağın azot, fosfor, kalsiyum, sodyum ve protein içeriğinin artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Lopez-Mosquera ve ark. (2002), arıtma çamurlarını organik madde ve bitki besin elementi içeriği nedeniyle belirlenen ağır metal sınır değerlerini aşmadığı sürece bitkisel üretimde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca bir gıda atığı olan süt endüstrisi arıtma çamurunun ağır metal içeriğinin belirtilen sınır değerlerini aşmadığını da bildirmişlerdir. Ülkemizde ve yurt dışında yapılan çalışmalarda bu arıtma çamurlarının azotlu ve fosforlu gübreler ile karşılaştırmalı olarak denendiği ve kimi araştırmalarda çamur uygulamalarının mineral gübrelerin kombinasyonu ile uygulanması gerektiği bildirilmiştir (Vieira 2001, Bozkurt ve ark. 2006, Conte Suarez ve ark. 2004, Türkmen ve ark. 2004, Dolgen ve ark. 2007).

Natura Gıda arıtma çamurunun toprak özellikleri üzerine etkisi irdelendiğinde, toprağın EC değerini yükseltmesi yanı sıra pH'sında düşüşe neden olmuştur. İçerdiği tuzlar

nedeniyle arıtma çamuru toprağa uygulandığında, toprak tuzluluğunun bitki gelişimi için sınır değerleri aşmaması ve tuzluluğun sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte arıtma çamuru uygulamasıyla topraktaki besin elementi içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Toprak pH'sındaki bu düşüş arıtma çamurunun mineralizasyonuna bağlı olarak ortaya çıkan organik asitlerle ilgili olabilir (Kütük ve ark.2000). Toprağın amonyum içeriğindeki artış arıtma çamurunun amonyum içeriği ve topraktaki biyolojik aktiviteye bağlı olarak, nitrat içeriğindeki artış ise arıtma çamurunun nitrat içeriği ve topraktaki pH değişimine bağlı olarak nitrifikasyon ile açıklanabilir. Arıtma çamuru uygulamalarına bağlı olarak toprağın alınabilir P, değişebilir Na, K, Ca ile alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve kimi ağır metal (Cd, Cr, Ni ve Pb) içeriklerindeki artış da arıtma çamurunun bitki besin elementi içeriği ile birlikte, mineralizasyona ve topraktaki pH değişimine bağlı olarak açıklanabilir. Çamur uygulamalarına bağlı olarak toprak organik madde içeriğinin artması kimi ağır metallerin yayılgılığını ve bitki tarafından alınabilirliğini azaltmaktadır.

Sonuç olarak çalışmada ele alınan arıtma çamurunun toprakta kullanılıp kullanılmaması değerlendirildiğinde; öncelikle ağır metal açısından arıtma çamurunun Zn içeriğinin Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik' te belirtilen sınır değer üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum toprağa uygulama sonucunda bitki Zn içeriğinin toksik sınır değere ulaşmasından da görülmektedir. Bu nedenle özellikle arıtma çamurları toprağa uygulanmadan önce analiz edilmeli ve ağır metal sınır değeri aşan arıtma çamurları topraklara uygulanmamalıdır. Ancak çinkonun bir besin elementi olması nedeniyle bu çamurun özellikle ülkemiz koşullarında çinko noksanlığı görülen topraklarda Zn sağlama açısından değerlendirilmesi düşünülebilir. Ancak bu durumda da bitkiye ve toprağa Zn sağlama potansiyeli ve optimum uygulama düzeyinin uzun süreli tarla denemeleri ile belirlenmesi gerekmektedir.

Arıtma çamurlarının organik madde ve kimi besin elementleri içermesi nedeniyle bunların toprağa uygulanması ile hem toprağa organik madde sağlanmakta hem de toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri düzenlenmektedir. Yapılan çalışmada arıtma çamurunun içermiş olduğu besin elementlerinin bitkinin ihtiyacını karşılamadığı ve noksan sınır değerlerin olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle Natura

Gıda arıtma çamurunun topraklara uygulanmasında özellikle azotlu, fosforlu ve potasyumlu mineral gübreler ile birlikte uygulanması ve bu uygulamada arıtma çamurundan gelen besin elementlerinin dikkate alınarak gübreleme programının yapılması gerekmektedir.

Özellikle toprak yapısının iyileştirilmesi, verimliliğin sağlanması amacıyla ülkemizde ortaya çıkan bu tür organik materyallerin bu alanda kullanılmasının önemli bir alternatif yaratabileceği akıldan çıkartılmamalı ve çevre açısından olumlu katkıların sağlanabileceği göz önünde tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anaç, D. 1993.** İzmir Şehri Çöp Gübresi'nin Kimi Bitki Besin Elementi ve Ağır Metal İçerikleri. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Raporu, Proje No: 011, İzmir, 39 s.
- Anonim. 1951.** U.S. Department of Agriculture Handbook. No: 18, Grout Print office Washington D.C. 209 p.
- Anonim. 2010.** Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik. Resmi Gazete, sayı: 27661.
- Apha. 1988.** Standard methods for examination of water and wastewater. American Public Health Association 20th ed., Ed:Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D., Washington, DC, part: 3.
- Aşık, B.B. 2011.** Farklı kökenli arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım olanaklarının araştırılması. *Doktora Tezi*, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilimdalı, Bursa.
- Aşık, B.B., Katkat, A.V. 2004.** Gıda sanayi arıtma tesisi atığının (arıtma çamuru) tarımsal alanlarda kullanım olanakları. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 18(2): 59-71.
- Aşık, B.B., Katkat, A.V. 2010.** Evaluation of Wastewater Sludge for Possible Agricultural Use. *Environmental Engineering and Management Journal*. 9 (6): 819-826.
- Bevacqua, F.R., Mellano, V.J. 1994.** Cummulative effects of sludge compost on crop yields and soil properties. *Compost Soil Science Plant Analysis*, 25 (3-4): 395-406.
- Bouyoucos, G.J. 1951.** A recalibration of the hidrometer for marking mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-437.
- Bozkurt, M.A., Akdeniz, H., Keskin, B., Yılmaz, I.H. 2006.** Possibilities of using sewage sludge as nitrogen fertilizer for maize. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56: 143-149.
- Bremner, J.M. 1965.** Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part 2. Ed.C.A. Black. *American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series*, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 1149-1178.
- Chen, L., Dick, W.A., Streeter, S.G., Hoitink, H.A.J. 1996.** Ryegrass utilization of nutrients released from composted biosolid and cow manure. *Compost Science and Utilization*, 4 (1): 73-83.
- Conte Suarez, P., Seoale, S., Lopez Mosquare, E., Solla-Gullon, F., Merino, A. 2004.** Dairy industry sewage sludge as a fertilizer for an acid soil: A laboratory experiment with lolium multiflorum L. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2 (3), 419-427.

Dolgen, D., Alpaslan, M.N., Delen, N. 2007. Agricultural recycling of treatment-plant sludge: a case study for vegetable-processing factory. *Journal of Environmental Management*, 84: 274-281.

Erdem, N. 2000. Bira Fabrikası Atık Çamurunun Asit karakterli Bir Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Yüksek lisans Tezi*, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara.

Gasco, G., Lobo, M.C. 2007. Composition of a Spanish sewage sludge and effects on treated soil and olive trees. *Waste Management*, 27: 1494-1500

Hanay, A., Büyüksönmez, F., Kızıloğlu, F.M., Canbolat. M.Y. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. *Compost Science &Utilization*, 12(2):175-179.

Hernández-Apaolaza, L., Gascó, A.M., Gascó, J.M., Guerrero, F. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource Technology*, 96(1):125-131.

Horneck, D.A., Hanson, D. 1998. Determination of Potassium and Sodium by Flame Emission Spectrophotometry, In: Karla, Y.P (Ed) Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, CRC Pres, Washington, D.C. pp:157-164.

Isaac, A.R., Johnson, W.C. 1998. Elemental Determination by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, In: Karla, Y.P (Ed) Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, CRC Pres, Washington, D.C. pp:165-170.

Johanson, M., Stenberg, B., Torstensson, L. 1999. Microbiological and chemical changes in two arable soils after long-term sludge amendments. *Bio. Fertil. Soils*, 30: 160-167.

Jones, J.R., Wolf, B., Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook. MicroMacro Publishing, Inc. 213 pp.

Kabata, A., Pendias, A. H. 1992. Trace elements in soils and plants, CRC Press Inc., Florida, 365 pp.

Kacar, B., Arat, A., Sağlam M.C., Keskin, H. 1982. Kütahya Azot Fabrikası Atık Sularından Tarımda Yararlanma Olanakları, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Yayınları No: 515, T.O.A.G. Seri No: 105, Ankara.

Kelley, W.D., Martens, D. C., Reneau, R. B., Simpson, T.W. 1984. Agricultural Use of Sewage Sludge: A Literature Review. Bulletin 143. A publication of Virginia Water Resources Research Center Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia.

Kütük, C., Çaycı, G., Baran, A., Başkan, O. 2000. Bira Fabrikası Atıklarının Tarımsal Amaçlı Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi Kesin Raporu, 98-11-10-01, Ankara, 35 s.

Lindsay, W.L., Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Soc. Am. J.*, pp: 421-428.

Lopez-Mosquera, M.E., Moiron, C., Seoane, S. 2002. Change in chemical properties of an acid soil after application of dairy sludge. *Invest. Agro. Prod. Prot. Veg.* Vol. 17 (1): 78-86.

Lott, W.L., Gallo, J.P., Meaff, J.C. 1956. Leaf Analysis Tecnique in Coffe Research, *Ibec. Research Inc.* 1-9: 21-24.

Mantovi, P., Baldoni, G., Toderi, G. 2005. Reuse of liquid, dewatered, and composted sewage sludge on agricultural land: effect of long-term application on soil and crop. *Water Research*, 39:289/296.

Martin, P., Cbrera, F., Lopez, R., Murillo, J.M. 1995. Residual effect of composted olive oil mill sludge on plant growth. *Fresenius Environmental Bulletin*, 4 (4): 221-226.

Mcgrath, S.P., Zhao, F.J., Dunham, S.J. 2000. Long term changes in the extractability and bioavailability of zinc and cadmium after sludge application. *J. Environ. Qual.*, 29: 875-883.

Mc Lean, E.O. 1982. Soil pH and Lime Requirement. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.A.L. Page. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 199-223.

Moreno, J.L., T. Hernandez, C. Garcia. 1999. Effects of a cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil. *Biol. Fertil. Soils*. 28: 230-237.

Moreno, J.L., Garcia, C., Hernandez, T., Ayuso, M. 1997. Application of composted sewage sludges contaminated with heavy metals to an agricultural soil: Effect on lettuce growth. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 4: 565-573.

Navas, A., Bermudez, F., Machin, J. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. *Geoderma*. 87: 123-135.

Nelson, D.W., Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No.9 (2 nd Ed.) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp: 539-579.

Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed: A.L. Page. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 181-196.

Nilsson, S.I., Jhonson, L., Jennische, P. 2005a. “Sludge, Treated Biowaste and Soil-Determination of pH”, A horizontal Standard for pH measurement-The influence on pH measurements of sample pretreatment, ionic composition/ionic strength of the extractant and centrifugation/filtration. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Nilsson, S.I., Jhonson, L., Jennische, P. 2005b. “Sludge, Treated Biowaste and Soil-Determination of Specific Electrical Conductivity”, Desk study to assess the feasibility of a draft horizontal standard for electrical conductivity. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Ojeda, G., Alcañiz, J.M., Ortiz, O.2003. Runoff and losses by erosion in soils amended with sewage sludge. *Land Degrad. Develop.*, 14:563-573.

Olsen, S.R., Cole, C.U., Watanabe, F.S., Dean, H.C. 1954. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.C.A. Black. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 1035-1048.

Öbek, E., Tatar, Ş.Y., Hasar, H., Arslan, E.I., İpek, U. 2004. Kentsel ve endüstriyel atık arıtma tesisi arıtma çamurlarındaki ağır metal düzeylerinin değerlendirilmesi. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 31-38.

Önal, M.K., Topcuoğlu, B., Arı, N., 2003. Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi: II. Gelişme ve meyve özellikleri ile meyvede mineral içerikleri. *Akdeniz Üni. Zir. Fak. Derg.*, 16 (1): 97-106.

Önal, M.K., Topcuoğlu, B. 2004. Toprağa uygulanan evsel atık su arıtma çamurunun şeker pancarında ağır metal birikimine etkisi. *Akdeniz Üniv. Teknik Bil. Mes. Yük. Okulu, Antalya.*

Özgülven, N.Ç., Katkat, A.V. 2001. Mis Süt Sanayi Arıtma Tesisi Atığının Tarımda Kullanılma Olanakları. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt: 15, Bursa, s. 139-149.

Pedreno, N.J., Gomez, I., Moral, R., Mataix, J. 1996. Improving the agricultural value of a semi-arid soil by addition of sewage sludge and almond residue, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 58: 115-119.

Ramachandran, V., D’Souza, T.J. 1998. Plant Uptake of Cadmium, Zinc and Manganese in Soils Amended with Sewage Sludge and City Compost. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 61: 347-354.

Rhoades, J.D. 1982. Soluble Salts. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.A.L. Page. *American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series*, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 167-178.

Robarge, W.P., Edwards, A., Jhonson, B. 1983. In *Soil Science Plant Analysis*, 14 (12): 1207-1215.

Saviozzi, A., Biasci, A., Riffaldi, R., Levi-Minzi, R.. 1999. Long-term effects of farmyard manure and sewage sludge on some soil biochemical characteristics, *Bio. Fertil. Soils*, 30: 100-106.

Singh, R.P., Agrawal, M. 2007. Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of *Beta vulgaris* plants. *Chemosphere*, 67 (11): 2229-2240.

Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenol hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 799-801.

Sommers, L.E. 1977. Chemical Composition of Sewagw Sludges and Analysis of their Potential as fertilizers. *J. Environ. Quality*, 6: 225-239.

Soumare, M., Demeyer, A., Tack, F.M.G., Verloo, M.G. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology*, 81: 97-101.

Tarist. 1994. TARİST. Deneme Değerlendirme Paketi, Sürüm 4.0, Seri No: A1001, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Karşıyaka,- E.Ü.Z.F. Tarla Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir.

Taşatar, B. 1997. Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Ankara.

Thomas, G.W. 1982. Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, *Ed.A.L. Page*. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. (1982), pp: 159-164.

Tolay, U., Yavuzşevik, Y., Tolay, M., Söğüt, N. 2000. Atık Çamurların Bitki Üretiminde Kullanılması Üzerine Araştırmalar. *TÜBİTAK Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, Ankara, 24 (6): 705-712.

Topcuoglu, B., Önal, M.K., Arı, N. 2003. Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi: I. Bitki besinleri ve ağır metal içerikleri. *Akdeniz Üni. Zir. Fak. Derg.*, Antalya. 16 (1): 87-96.

Topper, K.F., Sabey, B.R. 1986. Sewage sludge as a coal mine spoil amendment for revegetation in Colorado. *Journal of Environmental Quality*, 15: 44-49.

Türkmen, C. 2004. Kireçli toprak sisteminde kentsel arıtma çamurunun arpta bitkisinin gelişimi ve bazı ağır metallerin alımı üzerine etkisi. *Doktora Tezi*, A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara.

Türkmen, Ö., Sensoy, S., Dursun, A., Turan, M. 2004. sewage sludge as a substitute for mineral fertilization of spinach (*Spinicia oleraceae* L.) at two growing periods. *Acta Agric. Scand., Sect.B, Soil and Plant Sci.*, 54:102-107.

US EPA. 1995. Test methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods. SW-846. 3rd Ed. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.

Ünal, M. 2002. Gıda Sanayii Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma. *Doktora Tezi*, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Bursa, 108 s.

Vieira, R.F. 2001. Sewage sludge effects on soybean growth and nitrogen fixation. *Biol. Fertil. Soils*. 34: 196-200.

Watanabe, F.S., Olsen, S.R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Soil science Soc. Am. Proc.*, 29: 677-678.

Zebarth, B.J., Neilsen, G.H., Hogue, E., Neilsen, D. 1999. Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Can. J. Soil Sci.*, 79: 501-504.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa BIYIKLI
Doğum yeri ve tarihi : Bursa 03/06/1984
Yabancı dil : İngilizce
Eğitim Durumu
Lise : Ahmet Hamdi Gökbayrak AÖL, 1997-2001
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Bursa 2001-2005
Yüksek lisans : Uludağ Üniversitesi, Bursa 2009- Devam
Çalıştığı kurum : Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma
Enstitüsü YALOVA
İletişim : mustafabykl@hotmail.com
Yayımlar :

Aşık, B.B., Katkat, A.V., Aydınalp, C., Bıyıklı, M. 2010. Arıtma çamurlarının tarımsal özellikleri ve ağır metal içerikleri. 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 15-17 Eylül 2010, Ege Üni., İzmir. s. 580-585.

Bıyıklı, M., Aşık, B.B. 2010. Meyve Ağaçlarının Gübrelenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar. Bursa Tarım Kongresi, Bursa (Sözlü sunum)