



**TARIMSAL AÇIDAN HAM VE KİREÇLİ ARITMA
ÇAMURUNUN ETKİNLİĞİNİN TAVUK VE AHIR
GÜBRESİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Gülhan BAŞKAN



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL AÇIDAN HAM VE KİREÇLİ ARITMA ÇAMURUNUN
ETKİNLİĞİNİN TAVUK VE AHIR GÜBRESİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Gülhan BAŞKAN

Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA – 2018

TEZ ONAYI


Gülhan BAŞKAN tarafından hazırlanan “**Tarımsal açıdan ham ve kireçli arıtma çamurunun etkinliğinin tavuk ve ahır gübresi ile karşılaştırılması**” 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 LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK

Başkan : Doç. Dr. Hakan ÇELİK
Uludağ Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Anabilim Dalı



Üye : Dr. Öğretim Üyesi Yakup ÇIKILI
Düzce Üniversitesi, Çilimli Meslek Yüksek Okulu
Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü



Üye : Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK
Uludağ Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Ali BAYRAM
Enstitü Müdürü

14...5...2018

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.

26/04/2018

İmza

Gülhan BAŞKAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TARIMSAL AÇIDAN HAM ve KİREÇLİ ARITMA ÇAMURUNUN ETKİNLİĞİNİN
TAVUK ve AHIR GÜBRESİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Gülhan BAŞKAN

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

Danışman: Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK

Bu çalışmada ham ve kireçli atıksu arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübresinin bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sera koşullarında yürütülen çalışmada BUSKİ atıksu arıtma tesisinden alınan çamurlar ile ahır ve tavuk gübreleri artan düzeylerde (0, 100, 200, 300 kg da⁻¹ N) toprağa uygulanmıştır. 120 gün inkübasyon süresince toprak özelliklerindeki değişimler mısır bitkisi gelişimi üzerine etkileride belirlenmiştir.

Elde olunan sonuçlara göre uygulamalara bağlı olarak zamanla pH değeri düşerken, EC değeri artış göstermiştir. Uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların NH₄-N, NO₃-N, alınabilir P, alınabilir kationlar ve DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metal miktarları artış göstermiştir. İnkübasyon zamanına bağlı olarak ise NO₃-N içeriği artarken NH₄-N içeriği ve DTPA ile ekstarkte edilebilir ağır metal içeriği azalmıştır. Uygulanan artıma çamuru ve hayvansal gübreler bitkinin N, P, K, Fe, Zn ve B içeriğini arttırmıştır. Bu artışlar sınır değerler arasında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, bitki gelişimi, toprak özellikleri, tavuk gübresi, ahır gübresi

2018, x+94 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

**COMPARISON of THE EFFECTIVENESS of CRUDE and LIME STABILIZED
SLUDGE with CHICKEN and FARMYARD MANURE POINT of VIEW
AGRICULTURAL USAGE**

Gülhan BAŞKAN

Uludağ Üniversitesi

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Barış Bülent AŞIK

In this study, it was aimed to determine the effect of raw and lime stabilized wastewater treatment sludge with farmyard and poultry manure on plant growth and soil properties. BUSKI wastewater sludge and farmyard and poultry manure were applied to soil at increasing levels (0, 100, 200, 300 kg da⁻¹ N) in greenhouse conditions. Soil properties were determined during 120 days of incubation It has also been determined in influences on maize plant development in same application levels.

The results that are obtained show us the pH value decreased and EC value increased with time depending on the application doses. In addition soil NH₄-N, NO₃-N, available P, exchangeable cations, and DTPA extractable heavy metal amounts increased with application rate of organic waste. NO₃-N content increased according to time of incubation while NH₄-N and DTPA extractable heavy metal content decreased. Plant N, P, K, Fe, Zn and B contents increased with sludge, farmyard and poultry manure. These increases were among the limit values.

Keywords: Sludge, plant growth, soil properties, poultry manure, farmyard manure

2018, x+94 pages.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim sırasında bilimsel katkıları, sabrı, tecrübesi ile tezimin tüm aşamalarında bana sonsuz desteği için tez danışmanım sayın Doç Dr. Barış Bülent AŞIK'a, Lisansüstü eğitimime katkıda bulunan değerli hocam Prof. Dr. Haluk BAŐAR'a, tez çalışmamda emekleri ile bana yardımcı olan sevgili arkadaşlarım Makbule BAYRAK ve Esra BOZAN'a, minnetle teşekkürlerimi sunarım. Eğitim hayatım ve yüksek lisansım boyunca benden desteğini esirgemeyen canım aileme ve benimle arazi çalışmalarına katılan kıymetli eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gülhan BAŞKAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1.Ham Çamur - Kireçli Çamur ve Arıtma Çamurları.....	3
2.2. Atıksu Arıtma Çamurlarının Özellikleri.....	4
2.3. Arıtma Çamurlarının Tarımsal Amaçlı Topraklara Uygulanmasına İlişkin Yönetmelikler.....	9
2.4. Konu İle İlgili Çalışmalar.....	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	23
3.1. Arıtma Çamurları ve Hayvansal Gübrelerin Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	23
3.2. İnkübasyon Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi.....	27
3.3. Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi.....	30
3.4. İstatiksel Analizler.....	31
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	32
4.1.Arıtma Çamurları ve Hayvansal Gübrelerin Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi.....	32
4.1.1. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprak pH ve EC değeri üzerine etkisi.....	32
4.1.2. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprak organik madde miktarları üzerine etkisi.....	36
4.1.3. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprakların toplam N, NH ₄ -N ve NO ₃ -N miktarı üzerine etkisi.....	38
4.1.4. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprakların alınabilir P miktarı üzerine etkisi.....	45
4.1.5. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprak alınabilir K, Ca ve Na miktarı üzerine etkisi.....	47
4.1.6. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir kimi ağır metal miktarları üzerine etkisi.....	53

4.2. Arıtma Çamurları ve Hayvansal Gübre Uygulamalarının Mısır Bitkisi Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisinin Belirlenmesi	70
5. SONUÇ	82
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	94



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
g	Gram
ha	Hektar
da	Dekar
t	Ton
pH	Hidrojen iyonu konsantasyonu (asitlik derecesi)
kg	Kilogram
mg	Miligram
mm	Milimetre
öd	Önemli değil
M	Molar
UVVIS	Ultraviolet–visible
°C	Santigrat derece
TSP	Triple Süper Fosfat
%	Yüzde
p<0.01	Yüzde bir önem seviyesi
p<0.05	Yüzde beş önem seviyesi

Kısaltmalar	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AÇ	Arıtma Çamuru
AG	Ahır Gübresi
APHA	American Public Health Association
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
DDD	1,1-dichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane
DDE	1,1-dichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethylene
DDT	1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl) ethane
DTPA	Diethylene triamine pentaacetic acid
EC	Elektriksel iletkenlik
FAO	Food and Agriculture Organization
HÇ	Ham çamur
ICP OES	Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy
KAAY	Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği
KAKY	Katı Atıkların Kontrol Yönetmeliği
KÇ	Kireçli çamur
KDK	Katyon değişim kapasitesi
LAS	Lineer Alkil Sulfat
LSD	En Küçük Anlamlı Fark
MPN	Most Probable Number
US EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbon
PCB	Poliklorlu Biffeniller
PCBs	Polychlorinated biphenyls
PCDD	Poliklorlu dibenzo dioksin
PCDF	Poliklorlu dibenzo furan
TG	Tavuk gübresi
TKKY	Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
2,4-D	Diklorofenoksi asetik asit
86/278/EEC	1986 yılında yayımlanan AB Arıtma Çamuru Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak pH değerindeki değişimler	34
Şekil 4.2. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak EC değerindeki değişimler	36
Şekil 4.3. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak organik madde değerindeki değişimler	38
Şekil 4.4. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak N değerindeki değişimler	41
Şekil 4.5. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak NH ₄ -N değerindeki değişimler.....	43
Şekil 4.6. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak NO ₃ -N değerindeki değişimler.....	45
Şekil 4.7. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir P değerindeki değişimler	47
Şekil 4.8. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir K değerindeki değişimler.....	49
Şekil 4.9. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir Ca değerindeki değişimler	51
Şekil 4.10. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir Na değerindeki değişimler	53
Şekil 4.11. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Fe değerindeki değişimler	55
Şekil 4.12. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Cu değerindeki değişimler	57
Şekil 4.13. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Mn değerindeki değişimler	59
Şekil 4.14. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Zn değerindeki değişimler	61
Şekil 4.15. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Cd değerindeki değişimler	63
Şekil 4.16. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Cr değerindeki değişimler	65
Şekil 4.17. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Ni değerindeki değişimler	67
Şekil 4.18. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Pb değerindeki değişimler.....	69

Şekil 4.19. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisi kuru ağırlığı üzerine etkisi	73
Şekil 4.20. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisi % azot içeriği üzerine etkisi	73
Şekil 4.21. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisi fosfor içeriği üzerine etkisi	74
Şekil 4.22. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi potasyum içeriği üzerine etkisi	75
Şekil 4.23. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi kalsiyum içeriği üzerine etkisi	76
Şekil 4.24. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi sodyum içeriği üzerine etkisi	77
Şekil 4.25. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi magnezyum içeriği üzerine etkisi	77
Şekil 4.26. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi demir içeriği üzerine etkisi.....	79
Şekil 4.27. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi çinko içeriği üzerine etkisi.....	79
Şekil 4.28. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi mangan içeriği üzerine etkisi	80
Şekil 4.29. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi bakır içeriği üzerine etkisi.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Arıtma çamurunda bulunabilecek patojen organizmalar	5
Çizelge 2.2. Arıtma çamurlarında bulunabilecek zararlı organizmalar ve topraktaki yaşam süreleri	6
Çizelge 2.3. Arıtma çamurunda bulunabilecek kimi organik bileşikler.....	6
Çizelge 2.4. Bazı ağır metallerin toprak-bitki sisteminde transfer katsayıları	7
Çizelge 2.5. Arıtma çamurlarındaki azot ve fosfor içeriğinin karşılaştırılması	8
Çizelge 2.6. Çamurun organik madde içeriğinin karşılaştırılması.....	8
Çizelge 2.7. Avrupa Birliği arıtma çamuru ağır metal sınır değerleri	9
Çizelge 2.8. ABD arıtma çamuru ağır metallerin sınır değerleri	10
Çizelge 2.9. Türkiye’de arıtma çamuru ağır metal sınır değerleri	10
Çizelge 2.10. Arıtma çamurlarının patojen organizma içerikleri.....	11
Çizelge 2.11. A ve B sınıfı arıtma çamurlarının toprağa uygulaması ile ilgili sınırlamalar	12
Çizelge 2.12. “Yüksek Standart” ve “Geleneksel Standart” arıtma çamurlarının toprağa uygulama sınırlamalar	13
Çizelge 3.1. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin kimi tarımsal özellikleri	24
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan toprağın kimi özellikleri.....	29
Çizelge 4.1. Arıtma çamuru ve hayvansal gübrelerin toprakların kimi besin elementi ve ağır metaller üzerine etkilerinin önemlilik düzeyleri.....	32
Çizelge 4.2. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak pH değeri üzerine etkileri.....	33
Çizelge 4.3. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak EC değeri üzerine etkileri.....	35
Çizelge 4.4. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak organik madde miktarı üzerine etkileri.....	37
Çizelge 4.5. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak N içeriği üzerine etkileri.....	40
Çizelge 4.6. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak NH ₄ -N üzerine etkileri	42
Çizelge 4.7. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak NO ₃ -N üzerine etkileri	44
Çizelge 4.8. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir P miktarı üzerine etkileri.....	46

Çizelge 4.9. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir K miktarı üzerine etkileri.....	48
Çizelge 4.10. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir Ca miktarı üzerine etkileri.....	50
Çizelge 4.11. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir Na miktarı üzerine etkileri.....	52
Çizelge 4.12. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarı üzerine etkileri	54
Çizelge 4.13. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu miktarı üzerine etkileri.....	56
Çizelge 4.14. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn miktarı üzerine etkileri	58
Çizelge 4.15. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn miktarı üzerine etkileri.....	60
Çizelge 4.16. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve gübrelerin inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd miktarı üzerine etkileri.....	62
Çizelge 4.17. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr miktarı üzerine etkileri	64
Çizelge 4.18. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni miktarı üzerine etkileri	66
Çizelge 4.19. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb miktarı üzerine etkileri	68
Çizelge 4.20. Mısır bitkisinde bulunması gereken kimi bitki besin elementleri.....	70
Çizelge 4.21. Mısır bitkisindeki kimi elementlerin LSD değerleri ve önemlilik düzeyleri	70
Çizelge 4.22. Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübresinin mısır bitkisi kimi besin elementi içeriği üzerine etkisi	72

1. GİRİŞ

Organik madde, toprak üretkenlik kapasitesini etkileyen önemli bir parametredir. Toprak strüktür gelişimi, su ve besin elementlerinin toprakta tutulması, mikroorganizma aktivitesi gibi toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Türkiye topraklarının % 75.6'sının organik madde içeriği az veya çok azdır (Eyüpoğlu 1999). Ülkemizde en önemli organik madde kaynaklarının başında büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının atıkları gelmektedir. Bunlar organik madde yanında önemli birer besin elementi kaynağıdır. Tavuk gübrelerinin gübre değeri büyükbaş hayvan gübresine göre daha yüksektir. Bu gübrelerin toprağa uygulanmasında özellikle azot içeriklerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca taze gübrelerin uygulanması durumunda bitkilere toksik etki yapabilmektedir. Belirtilen faydalarından dolayı büyükbaş hayvan ve kümes hayvanları atıklarının gübre olarak topraklara mutlaka uygulanması gerekmektedir. Bu gübrelerin sağlanamadığı veya ulaşılamadığı kentleşmenin ve gıda kökenli sanayinin gelişmiş olduğu bölgelerde ortaya çıkan atıksu arıtma çamurların toprak organik madde kaynağı olarak topraklara uygulanması alternatif bir değerlendirme olarak düşünülebilir.

Atıksu arıtımı sonucu ortaya çıkan ve atıksu arıtma çamurlarının çevresel sorunlar yaratmaması için çevre ile uyumlu bir şekilde yok edilmesi gerekmektedir. Bu arıtma çamurlarının çevre ile uyumlu bir şekilde yok edilmesi noktasında arıtma çamurlarının analiz edilmesi iyi özellikler taşıyanlarının araziye veya topraklara uygulanarak ortadan kaldırılması hem ekonomik hemde çevresel yönden önemli bir noktadır. Endüstrileşme ve nüfusun hızlı artışı sonucu ortaya çıkan evsel ve endüstriyel atıkların miktarı da önemli düzeyde artmıştır. Bu durumun sonucunda önemli sağlık ve çevre sorunları ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte son yıllarda sanayi tesisleri ve şehircilik noktasında atıksu arıtma tesislerinin kurulması ve çalıştırılması yasal yükümlülük haline gelmiştir.

Toprağa organik madde sağlaması sonucu toprak özelliklerinin düzenlemesi için analizler sonucu belirlenen atıksu arıtma çamurlarının topraklara verilemsi hem çamurların yok edilmesi noktasında hem de tarımsal üretimde ekonomik kazanç sağlanabilecektir.

Ortaya çıkan atıksu artıma çamurlarının toprağa uygulanmasında ele alınan çamur, uygun düzeylerde bitki besin elementlerini içeren organik bir kaynak materyal olarak değerlendirilmektedir. Bu özellikleri ile çiftlik gübresiyle (ahır gübresi ve tavuk gübresi) karşılaştırıldığında arıtma çamurları azot ve fosfor içeriği açısından değerli bir materyal olarak düşünülmektedir. Ancak potasyum içeriğinin çiftlik gübrelerine göre çoğu zaman daha düşük olduğu bildirilmiştir (Higashikawa ve ark. 2010).

Arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı olarak topraklara uygulanması ile besin elementi kaynağı olarak ve toprak düzenleyici olarak kullanılması ile tarımsal verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır. Arıtma çamurlarının toprağa uygulanmasındaki temel prensip atık çamurun tarım arazilerine agronomik düzeylerde uygulanmasıdır. Arıtma çamurlarının bitki besin elementi kaynağı olarak değerlendirilmesi ve tarımsal alanlara uygulanarak tarımsal ve dolayısıyla ekonomik kazanç sağlanması konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Ancak Türkiye'deki genel duruma bakıldığında arıtma çamurlarının genellikle katı atık olarak uzaklaştırıldığı görülmektedir. Arıtma çamurlarının tarımda kullanılarak yeniden kazanılması açısından kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Son yıllarda arıtma çamurlarının topraklara uygulanmasına yönelik olarak yürütülen araştırma çalışmalarında; arıtma çamuru uygulanan topraklarda zamanla ağır metal içeriğinin arttığı ve bitkilerde birikmesi sonucunda insan sağlığına zarar vermesine yol açabileceği belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı birçok ülke (Avrupa ve ABD) hazırladıkları yönetmeliklerle arıtma çamurlarının kullanımında önemli kısıtlamalara gitmişlerdir. Bu konuda ülkemizde de 3 Ağustos 2010 tarih ve 27661 sayılı “Evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik” de arıtma çamurlarının toprağa uygulanmasıyla ilgili kriterler belirtilmiştir (Anonim 2010).

Bu tezin amacı, ham arıtma çamuru ve kireçli arıtma çamurunun sera koşullarında yapılacak inkübasyon ve saksı denemesi sonuçlarına göre, tavuk gübresi ve ahır gübresi ile karşılaştırmalı olarak bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerine etkisini belirlemektir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ham Çamur - Kireçli Çamur ve Arıtma Çamurları

Arıtma çamuru kavramından ilk defa 14.03.1991 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Katı Atıkların Kontrol Yönetmeliği (KAKY)’nde bahsedilmiştir. Son olarak 8 Ocak 2006 tarihinde yayımlanan Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği (KAAY)’inde arıtma çamuru tanım olarak; aksi belirtilmediği sürece kentsel atıksu arıtma tesislerinden çıkan ham veya stabilize olmuş çamur olarak kullanılmıştır (Anonim 2006, Yaman 2009). Daha geniş bir tanım olarak “fiziksel ve kimyasal arıtma süreçlerinde atıksu içinden yüzdürülerek veya çökeltilerek uzaklaştırılan maddeler ile biyolojik arıtma sonunda çözünmüş haldeki maddelerin (kirliliklerin) mikroorganizma bünyesine geçirilmesiyle mikroorganizmaların sistemden yüzdürülerek veya çökeltilerek alınması sonucu ortaya çıkan %95-99,5 oranında su içeren akışkan özellikteki atıklar arıtma çamuru” olarak isimlendirilir (Anonim 2011).

Yaman (2009), Avrupa Birliği’ne üye ülkelerin 1986 yılında yayımladığı arıtma çamurunun tarımsal kullanımını ile ilgili yönetmelikte arıtma çamuru ile ilgili olarak;

- a) Evsel ya da kentsel atıksularının toplandığı arıtma tesisleri ile evsel ve kentsel atıksulara benzeyen özellikteki atık suları arıtan diğer arıtma tesislerinden gelen arıtma çamurlarını,
- b) Fosseptik tanklardan ve evsel ya da kent atıksularının arıtılması için kullanılan diğer tesislerden gelen arıtma çamurlarını,
- c) (a) ve (b)’de atıfta bulunulanlar dışındaki diğer arıtma tesislerinden gelen arıtma çamurlarını tanımlamak için kullanılmıştır (Anonim 1986). Bu kavram sonradan ham çamur olarak adlandırılmıştır.

Ham arıtma çamuru; bakteri, virüs, kurt yumurtaları gibi patojenik organizmalar içerdiği gibi, çamura kokulu özelliğini veren organik maddeler de içermektedir. Bu nedenle, çamura nihai bertaraf işlemleri öncesinde biyolojik, termal veya kimyasal stabilizasyon uygulanması gerekmektedir. Çamur stabilizasyonu, organik madde içeriğinin azaltılmasını (aerobik veya anaerobik çürüme) veya organik madde bozunabilirliğinin engellenmesini (kireç stabilizasyonu) sağlayan arıtma kademeleri ile elde edilir. (Huyard ve ark. 2000).

Çevreye herhangi bir zarar vermeksizin, herhangi bir kötü koku yaratmaksızın bertaraf edilebilen çamur “stabil çamur” olarak tanımlanabilir. Çamur stabilizasyon yöntemleri; aerobik çürütme, kompostlaşma, kurutma ve kireç ile stabilizasyondur. Kireç eklenerek stabilizasyonda; eklenen kireç, arıtma çamurun suyunu verme özelliklerini geliştirmesi yanında çamurun stabilizasyonu amacı ile de kullanılmaktadır. İşlemde sönmüş kireç kullanılabilirdiği gibi sönmemiş kireçte kullanılabilir. Kireçli çamurların pH’ları yüksek olması nedeniyle mikroorganizmaların gelişmesi için uygun değildir. Bunun nedenle atık çamurda ayrışma olmaz, koku giderilmiş olur ve sağlık riskleri en aza indirilmiştir olur (Filibeli 2013). Kireç ile stabilize edilmiş çamurlar “kireçli arıtma çamuru” olarak bilinmektedir.

Arıtma çamurları çıkış kaynaklarına göre, içme suyu, atıksu ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden gelen arıtma çamurları olarak üç başlık altında incelenmektedir (Yıldız ve ark. 2009). Arıtma çamurları arıtım tipi ve amacına bağlı olarak ön çökeltme çamurları, kimyasal çamurlar, biyolojik çamurlar ve alum çamurları olarak da sınıflandırılmaktadır (Uçar 2014).

2.2. Atıksu Arıtma Çamurlarının Genel Özellikleri

Atıksu arıtma tesislerine gelen suların özellikleri ve atıksuları arıtan tesislerin planları ve işletmelerinin de farklı olması nedeni ile bu çamurların özellikleri de değişkenlik göstermektedir. Ayrıca çamurlara uygulanan ve uygulanacak işlemler de bu çamurların özelliklerini değiştirmektedir (Sommer 1977). Atıksu arıtma çamurlarının tarımsal özellikleri göz önüne alındığında; organik madde ve bitki besin elementleri içeriğinin yanı sıra özellikle çevre açısından zararlı toksik bileşikler, patojen mikroorganizmalar ve bazı parazitik organizmaların yumurtalarını içerebilmekte olduğu göz ardı edilmemesi gerektiği Bilgin ve ark. (2002) tarafından bildirilmiştir.

Patojen mikroorganizmalar, hastalıklara neden olabilecek organizmalar veya maddelerdir. Özellikle kanalizasyon kökenli atıksu arıtma çamurları insan, hayvan, bitki ve çevre sağlığına zararlı olan mikroorganizmalar (bakteri, virüs, protozoa, helminth) içerebilmektedirler. Çizelge 2.1’de atıksu arıtma çamurlarında bulunabilecek zararlı mikroorganizmalar ve Çizelge 2.2’de kimi patojenlerin topraktaki yaşam süreleri sunulmuştur.

Çizelge 2.3’de ise atıksu arıtma çamuru içinde bulunabilecek polychlorinated biphenyls (PCBs), fenoller ve pestisidler sunulmuştur (European Commission 2001).

Atıksu arıtma çamurlarının topraklara uygulanması noktasında önemli olan ve kritik konsantrasyonları belirtilen ağır metaller kadmiyum (Cd), krom (Cr), nikel (Ni), kurşun (Pb), bakır (Cu), arsenik (As), civa (Hg) ve çinko (Zn)’dur. Özellikle kadmiyumun düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkisi vardır (Çizelge 2.4). Atıksu arıtma çamurunun topraklara verilmesinde üzerinde durulması gereken ağır metallerin miktarları arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Arıtma çamurları sürekli olarak topraklara uygulanacak olursa, ağır metaller bitki gelişimi ve toprak kalitesi ve verimliliği yönünden sorunlar ortaya çıkabilir. Ağır metallerin toprak ve bitki sisteminde taşınım durumu ve biyoyararlılıkları da önemlidir (Alloway ve Jackson 1991). Bu durum toprak özellikleri ve bitki türüne göre değişim göstermektedir.

Çizelge 2.1. Arıtma çamurunda bulunabilecek patojen organizmalar (Kowal 1985, US EPA 1989)

	Patojenler Organizmalar	Hastalık ve Simptomları
Bakteriler	<i>Salmonella sp.</i> <i>Shigella sp.</i> <i>Vibrio cholera</i> <i>Salmonella typhi</i> <i>E. coli</i> <i>Yersinia sp</i> <i>Campylobacter jejuni</i>	Salmonellosis Tizanteri Kolera Salmonellosis Mide ve bağırsak iltihabları Karın ağrısı ve ishal Mide ve bağırsak iltihabları
Virüsler	<i>Norwalk virus</i> <i>Hepatittis A virus</i> <i>Rotavirus</i> <i>Coxsackie virus</i> <i>Echovirus</i>	İshal Karaciğer iltihabı, sarılık Akut bağırsak ağrısı ve ishal Menenjit, akciğer iltihabı, sarılık Felç, beyin iltihabı, ishal vb.
Protozoalar	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Balantidium coli</i> <i>Cryptosporidium sp.</i>	İnce bağırsak iltihabı İshal, karın ağrısı, kilo kaybı İshal ve dizanteri Mide ve bağırsak iltihabı
Helminth	<i>Taenia sp.</i> <i>Ascaris sp.</i> <i>Trichuris trichuria</i> <i>Necator americanus</i>	Sinirlilik, uykusuzluk, iştahsızlık Öksürük ve göğüs ağrısı Karın ağrısı, ishal, kansızlık Bağırsak hastalıkları

Çizelge 2.2. Arıtma çamurlarında bulunabilecek zararlı organizmalar ve topraktaki yaşam süreleri

Patojenler	Toprakta yaşam süresi, gün
<i>Entamoeba histolytica</i>	6-8
<i>Enterovirus</i>	<8
<i>Leptospira spp.</i>	15-43
<i>Coliform</i>	<38
<i>Streptococci spp.</i>	<42
<i>Shigella spp.</i>	35-63
<i>Hookworm larvası</i>	42-180
<i>Poliovirus</i>	<100
<i>Salmonella spp.</i>	15-280
<i>Microbacterium spp.</i>	>180
<i>Tania sagiata yumurtası</i>	90-365
<i>Ascaris spp. yumurtası</i>	<7 yıl

Çizelge 2.3. Arıtma çamurunda bulunabilecek kimi organik bileşikler

Pestisidler	PCB
Aldrin	Halogenated
Dieldrin	aliphatics
DDT/DDE/DDD	Chloroform
2,4-D	Carbon tetrachloride
Heptachlor	Tetrachlororthylene
Lindane	Trichloroethylene
Malathion	Vinyl chloride
Monocyclic aromatics	PCDD ve PCDF
Benzene	Phenols
Toluene	Chlorophenol
Xylene	Pentachlorophenol
Ethylbenzene	Phenol
PAH	Phthalate esters
Pyrene	Diethylhexylphthalate
Fluranthrene	Surfactants
Benzo-[a]-pyrene	LAS
Benzo-[b]b-pyrene	Nonylphenol

Çizelge 2.4. Bazı ağır metallerin toprak-bitki sisteminde transfer katsayıları

Ağır metaller	Transfer katsayısı
Cd	1-10
Zn	1-10
Se	0,1-10
Cu	0,1-1
Ni	0,1-1
Cr	0,01-0,1
Hg	0,01-0,1
Pb	0,01-0,1
As	0,01-0,1

Arıtma çamurları toprağa uygulandığında kapsadığı organik madde nedeniyle öncelikle toprakların organik madde içeriklerinin artışı sağlanmış olmaktadır. Bununla birlikte içerdiği azot ve fosfor başta olmak üzere toprak besin elementlerince gelişmektedir. Bu nedenle arıtma çamurları bitki gelişimi ve toprak verimliliğini artırabilecek uygun bir materyal olabileceği Aşık ve Katkat (2017) tarafından belirtilmiştir.

İşlenmiş arıtma çamurları, bitkisel üretim için gerekli olan tüm bitki besin maddelerini bulundurlar. Kullanıldığı alanlarda ticari gübre kullanımını azalmaktadır. Maksimum uygulama oranları, toprak cinsi, ürün cinsi, arazinin topografyası, su kirlenmesi, iklim, koku oluşumu, uygulama yöntemi, çamur özellikleri, patojenik organizmalar, ağır metaller, besin elementleri, diğer toksik maddelerin konsantrasyonu gibi faktörlere bağlıdır. Çamurun araziye uygulanmasında, maksimum müsaade edilebilir uygulama oranları ya ağır metaller ya da azot (N) baz alınarak hesaplanmakta ve bu ikisinin en düşük konsantrasyonu esas alınmaktadır (Uzun ve Bilgili 2011).

Özellikle azot, çamurun uygulama hızını belirleyen en önemli parametredir. Arıtma çamurlarındaki azot yüzdesi çamurun tipine bağlı olarak %1,8 ile % 5,9 arasında değişmektedir. Arıtma çamurunun toprağa verilmesinden sonra mevcut amonyumun (NH_4) büyük bir kısmı nitrata (NO_3^-) dönüşmektedir. Çoğu arıtma çamurunda potasyum (K) düşük miktarlarda bulunmaktadır. Arıtma çamurlarında bulunan potasyumun hemen hemen tümü inorganik formda bulunduğundan toprağa karıştırıldığında mineralize olması gerekmektedir (Aksu 2008).

Bitkiler sadece mineral azotu kullanabilmektedir. Bu nedenle arıtma çamurunun tarımsal değeri mineralize olacak organik azotun miktarına bağlıdır. Azot çamurda organik bileşikler halinde ve amonyak (NH₃) formunda bulunmaktadır. Fosfor (P), bitkilerin büyümesi, hücre duvarlarının yapısı ve kök sisteminin gelişimi için kullanılan temel bileşenlerden bir tanesidir ve çamurda çoğunlukla mineral formda bulunmaktadır (Uçar 2014).

Çamurun azot ve fosfor içeriği arıtma işlemleri sırasında değişmektedir. Bu nedenle sulu çamurda bulunan bileşikler susuzlaştırılmış çamurda daha az miktarda bulunmaktadır. Aşağıda Çizelge 2.5’de arıtma çamurunun içerdiği azot ve fosfor değerleri karşılaştırılmalı şekli verilmiştir (Aydın 2004).

Çizelge 2.5. Arıtma çamurlarındaki azot ve fosfor içeriğinin karşılaştırılması

Atık Türü	Toplam N, %	NH₄-N, %	Toplam P, %
Evsel çamur			0,9-5,2
• Sulu	1-7	2-70	
• Yarı sulu	2-5	<10	
• Katı	1-3,5	<10	
• Kompost	1,5-3	10-20	0,2-1,5
Evsel Kompost	0,96		0,39
Tarım Atık vb Kompost	1,0-2,4		0,04-0,44
Ot, Saman vb.	2,2-4,4	10	0,61-1,61
Gübre	4-7	50-70	0,91-3,3

Çamurdaki organik içerik hidrokarbonlar, aminoasitler, küçük proteinler ve yağlar gibi çözülmüş maddelerden oluşmaktadır. Çizelge 2.6’da arıtma çamurlarının organik madde içeriği evsel atıklar ve hayvansal gübreler ile karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 2.6. Çamurun organik madde içeriğinin karşılaştırılması (Aydın 2004)

Atık Türü	Organik madde içeriği, %
Evsel çamur	
• Aerobik çürütme	60-70
• Anaerobik çürütme	40-50
• Termal yöntemler	<40
• Kireçle arıtma	<40
• Kompost	50-85
Evsel kompost	40-60
Tarım Atık vb. kompost	30-60
Hayvansal gübre	45-85

2.3. Arıtma Çamurlarının Tarımsal Amaçlı Topraklara Uygulanmasına İlişkin Yönetmelikler

Bu bölümde, Türkiye, Avrupa Birliği (AB), Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency, EPA)'nda arıtma çamurlarının yönetimine ilişkin mevcut çevre mevzuatları incelenerek temel farklılıklar ortaya konulmuştur.

ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından atıksu arıtma çamurlarının topraklara uygulanması ve tarımsal amaçlı kullanımı ile ilgili olarak 1993'de düzenlenen (40 CFR Part 503) ve Avrupa Birliği'ne üye ülkeler tarafından kabul edilmiş ve 86/278/EEC olarak bilinen yönetmelikler hazırlanmıştır. Türkiye'deki yasal mevzuatlar ele alındığında ise arıtma çamurlarının tarımda kullanılması ve topraklara uygulanması ile ilgili olarak 09.08.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 11. maddesi ve 01.05.2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun'un 2. ve 9. maddesi gereğince hazırlanan ve en son olarak 03.08.2010 yıl ve 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 2.7'de AB üye ülkeler, Çizelge 2.8' de ABD ve Çizelge 2.9 'de Ülkemizdeki arıtma çamurları ile ilgili olarak kimi ağır metallerin sınır değerleri verilmiştir (Anonim 2010).

Çizelge 2.7. Avrupa Birliği arıtma çamuru ağır metal sınır değerleri (86/278/EEC)

Ağır metaller	Toprak ¹	Arıtma çamuru ²	Yıllık sınır değer ³
Kadmiyum, Cd	1-3	20-40	0,15
Bakır, Cu	50-140	1 000-1 750	12
Civa, Hg	1-1,5	16-25	0,1
Nikel, Ni	30-75	300-400	3
Kurşun, Pb	50-300	750-1200	15
Çinko, Zn	150-300	2 500-4 000	30

¹ Topraktaki sınır değer, mg kg⁻¹

² Tarımsal amaçlı kullanım, mg kg⁻¹

³ Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda toprağa verilmesine izin verilebilecek sınır değeri, kg⁻¹ ha⁻¹ yıl⁻¹

Çizelge 2.8. ABD’nde arıtma çamurunda ağır metallerin sınır değerleri (40 CFR Part 503)

Ağır metal	Üst limit	Alt limit	YSD ¹
Arsenik, As	75	41	2,0
Kadmiyum, Cd	85	39	1,9
Krom, Cr	3 000	1 200	150
Bakır, Cu	4 300	1 500	75
Kurşun, Pb	840	300	15
Civa, Hg	57	17	0,85
Molibden, Mo	75	-	-
Nikel, Ni	420	420	21
Selenyum, Se	100	36	5,0
Çinko, Zn	7 500	2 800	140

¹ Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda toprağa verilmesine izin verilecek ağır metal yükü sınır değeri, $\text{kg}^{-1}\text{ha}^{-1}\text{yıl}^{-1}$
YSD: Yıllık sınır değer

Çizelge 2.9. Türkiye’de arıtma çamurunda ağır metal sınır değerleri (Anonim 2010)

Ağır metaller	Ek 1-A		Ek 1-B	Ek 1-E**
	Toprak ¹		AÇ ²	YSD ³
	pH 5-6	pH>6		
Kurşun, Pb	70	100	750	225
Kadmiyum, Cd	1	1,5	10	3
Krom, Cr	60	100	1 000	300
Bakır, Cu	50	100	1 000	300
Nikel, Ni	50	70	300	90
Çinko, Zn	150	200	2 500	750
Civa, Hg	0,5	1	10	3

¹ Topraktaki sınır değerler, mg kg^{-1}

² Toprakta kullanılabilir stabilize arıtma çamurunda izin verilecek sınır değerler, mg kg^{-1}

³ Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda toprağa verilmesine izin verilebilecek sınır değer, $\text{g}^{-1}\text{da}^{-1}\text{yıl}^{-1}$

YSD: Yıllık sınır değer

Yönetmelikler değerlendirildiğinde ülkelerin iklim ve toprak şartlarına bağlı olarak ağır metal sınır değerlerinin değiştiği görülebilmektedir. Bu değişim ABD’de de eyaletten eyalete ve AB’ye üye ülkelerin kendi yönetmeliklerinde de görülmektedir (Anonim 2002). Avrupa Birliği’ne üye ülkeler arıtma çamurunun toprağa uygulandığında topraktaki ağır metal sınır değerlerinin belirlenmesi gerektiği noktasında önemle durulmuştur. Bununla birlikte AB’ye üye bazı ülkeler 86/278/EEC yönetmeliğine ek olarak kimi sınırlamalar getirmişlerdir. US EPA tarafından hazırlanan yönetmelikte ise toprakların pH ve kation değişim kapasitesi (KDK) gibi özelliklerinin göz önünde bulundurulması gerekliliği bildirilmiştir (Bilgin ve ark. 2002).

US EPA (1993) yönetmeliğinde atıksu arıtma çamurları A sınıfı (güvenli) ve B sınıfı (bazı kısıtlamalarla kullanılabilir) olmak üzere iki grupta değerlendirilmiştir (Çizelge 2.8). Bu yönetmelikte “A sınıfı” çamurların direkt olarak araziye verilmesi için gerekli olan sınırlamalar belirtilmiştir. Özellikle çamurdaki patojenlerin giderimini sağlayabilecek dezenfeksiyon metodları (kompostlama, ısı ile kurutma, ısıl işlem, termofilik aerobik stabilizasyon, beta ve gama ışını ile ışınlama, pastörizasyon) belirtilmiştir. Yönetmelik incelendiğinde “A sınıfı” olarak değerlendirilen arıtma çamurlarının ticari olarak satılabilmesi için fekal koliform ve salmonella miktarının ne olacağı Çizelge 2.10’da belirtilmiştir.

Çizelge 2.10’da “B sınıfı” olarak belirtilen ve topraklara uygulanmasına yönelik olarak kısıtlama getirilen çamurları için belirtilen parametreler verilmiştir. Yine B sınıfı arıtma çamurlarında da fekal koliform sayısını sınır değerlere düşürmek için uygulanması gereken stabilizasyon yöntemleri (aerobik stabilizasyon, hava ile kurutma, anaerobik çürütme, kompostlama, kireç stabilizasyonu) belirtilmiştir (Aşık 2011). Çizelge 2.11’de A ve B sınıfı arıtma çamurlarının araziye uygulanma kısıtlamaları verilmiştir (Evans 2001).

Çizelge 2.10. Arıtma çamurlarının patojen organizma içerikleri

Sınıf	Patojen Organizmalar	Kullanım kısıtlaması
A	<i>Salmonella sp.</i> <3 MPN 4 g km ⁻¹ veya Fekal koliform (E.coli) <1 000 MPN g km ⁻¹ Enteric virusler <1 4 g km ⁻¹ Helminth ova 1 4 g km ⁻¹	Her türlü arazide kullanılabilir
B	Fekal koliform (E.coli) < 2 000 000 MPN g km ⁻¹	Bazı kısıtlamalarla kullanılabilir. Örneğin araziye uygulandığında 30 gün süre ile hayvan otlatması yapılmamalıdır

US EPA yönetmeliğine benzer şekilde AB’ye üye ülkeler tarafından hazırlanan yönetmelikte de arıtma çamurları “yüksek standartlı” ve “geleneksel standartlı” olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Bu standartlar için sağlanması gereken dezenfeksiyonun için uygulanması gereken stabilizasyon yöntemleri de ayrıca bildirilmiştir.

“Yüksek standart” arıtma çamuru elde etmek için ısı ile kurutma, termofilik aerobik stabilizasyon, termofilik anaerobik çürütme, pastörizasyon, kireçleme gibi stabilizasyon yöntemlerinin uygulanması gerektiği ve ayrıca 50 g yaş ağırlıkta *Salmonella* spp. bulunmaması ve *E. coli*'nin <500 MPN g⁻¹ şartları sağlanmalıdır. “Geleneksel standart” arıtma çamuru elde etmek için termofilik aerobik stabilizasyon, termofilik anaerobik çürütme, mezofilik anaerobik çürütme, kireç stabilizasyonu, uzun havalandırmalı stabilizasyon gibi yöntemler uygulanmalıdır.

Çizelge 2.11 ve Çizelge 2.12’de European Commission (2001)’de bildirilen yüksek standart ve geleneksel standart ile A ve B sınıfı arıtma çamurlarının topraklara uygulanmasına yönelik getirilen sınırlamalar verilmiştir.

Çizelge 2.11. A ve B sınıfı arıtma çamurlarının toprağa uygulanması ile ilgili sınırlamalar

Uygulama alanı	A sınıfı	B sınıfı
Yenen bölümleri toprak ile temas etmeyen bitkiler	Kullanılabilir	Uygulanma ile hasat arasında 30 gün süre olmalıdır.
Arıtma çamuruna veya toprağa değen bitkilerin yetiştirildiği alanlar	Kullanılabilir	Uygulama ve hasat arasında 14 ay süre olmalıdır.
Yumru köklü bitkiler	Kullanılabilir	Arıtma çamuru toprak yüzeyinde 4 ay veya daha fazla kalıyorsa toprağa uygulanma ile hasat arasında 20 ay geçmelidir. Arıtma çamuru toprak yüzeyinde 3 ay veya daha az kalıyorsa toprağa uygulanma ile hasat arasında 38 ay süre geçmelidir.
Halk tarafından kullanılan yeşil sahalar (park, bahçe, futbol sahası)	Kullanılabilir	Uygulamadan sonra 12 ay süre geçmelidir.
Halkın tarafından fazla kullanılmayan alanlar		Uygulamadan sonra 30 gün geçmelidir.
Hayvan otlama alanları	Kullanılabilir	Uygulamadan sonra 30 gün geçmelidir.
Halkın tarafından kullanılmayan alanlar (viyadük vb)	Kullanılabilir	Uygulamadan sonra 30 gün geçmelidir.

Çizelge 2.12. “Yüksek Standart” ve “Geleneksel Standart” arıtma çamurlarının toprağa uygulamasına yönelik sınırlamalar

	Yüksek Standart	Geleneksel Standart
Meralar	Kullanılabilir	Uygulama ile kullanım arasında az 6 hafta geçmelidir.
Yem bitkileri yetiştiriciliği	Kullanılabilir	Uygulanması ile hasat arasında 6 hafta geçmelidir.
Tarımsal alanlar	Kullanılabilir	Hemen toprak altına getirilmelidir.
Toprağa değen bitkilerin yetiştirildiği alanlar	Kullanılabilir	Uygulama ve hasat arasında 12 ay geçmelidir.
Toprağa temas değen ve çiğ yenen sebzelerin üretildiği alanlar	Kullanılabilir	Kullanılamaz. Uygulama ve hasat arasında en az 30 ay geçmelidir
Meyve alanları, bağlar ve ağaçlandırma alanları	Kullanılabilir	Kullanılabilir. Uygulamadan sonra 10 ay halk temas etmemelidir.
Halk tarafından kullanılan yeşil sahalarda (park, bahçe, futbol sahası)	İyi stabilize edilmeli ve koku olmamalı	Kullanılamaz.
Doğal ormanlar	Kullanılamaz	Kullanılamaz.
Arazi ıslahı	Kullanılabilir	Kullanılabilir. Uygulama sonrası 10 ay halk temas etmemelidir.

Bu konuda Türkiye’deki yasal düzenlemeler değerlendirildiğinde; atıksu arıtma çamurlarının tarımsal alanlara uygulanması ile ilgili olarak stabilize edilmemiş ham çamurların sebze, meyve, orman ve mera alanlarında ve stabilize edilmiş çamurların ise toprakla temas eden sebze ve meyvelerin üretiminde kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Ancak yönetmelikte uygulanması gereken stabilizasyonlar ile ilgili bilgi verilmemiştir. Yönetmelikte Ek 1-C ve Ek 1-D maddesinde toprağa uygulanabilecek stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin ve dioksinlerin sınır değerleri ile uygulanan stabilizasyon yöntemi neticesinde *E. coli*’nin en az 2 Log10 (% 99) düzeyine kadar indirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2010).

Yönetmelikte belirtilen stabilize arıtma çamurunun kullanımı ile ilgili olarak belirtilen kısıtlamalar aşağıda belirtilmiştir (Anonim 2010).

1. “Ham çamurun toprakta kullanılması yasaktır.”
2. “Stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılabilmesi için Ek I-B, Ek I-C ve Ek I-D de verilen değerlerin hiçbirinin aşılmaması gerekmektedir (Çizelge 2.9).”
3. “Stabilize arıtma çamurunun uygulanacağı toprakta ağır metal içeriği Ek I-A da verilen değerleri aşamaz. Topraktaki ağır metal konsantrasyonlarından birinin dahi Ek I-A’da verilen sınır değerleri aşması durumunda, stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılması yasaktır.”
4. “Stabilize arıtma çamurunun meyve ağaçları hariç olmak üzere toprağa temas eden ve çiğ olarak yenilen meyve ve sebze ürünlerinin yetiştirilmesi amacıyla kullanılan topraklarda kullanılması yasaktır.”
5. “Stabilize arıtma çamuru kullanım miktarı belirlenirken, yer üstü/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 kar ile 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 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'den fazla olan topraklarda stabilize arıtma çamuru uygulanmaz."
14. "Organik madde içeriği % 40'dan 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 atıksularından 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."

2.4. Konu ile İlgili Çalışmalar

Eyüpoğlu ve ark. (1999), ahır gübresi ile arıtma çamurunun çim alanların oluşturulmasında kullanımını araştırdıkları çalışmalarında, ilk uygulama sonucunda çim bitki boyu arıtma çamuru uygulandığı alanda, diğer uygulamalara göre yaklaşık iki kat uzunluğa ulaşılmış ve neticede çim alanları tesisinde arıtma çamurunun ahır gübresi yerine kullanılabilecek bir materyal olabileceğini bildirmişlerdir.

Çimrin ve ark. (2000), yapmış oldukları saksı denemesinde, fosfor kaynağı olarak TSP (Triple Süper Fosfat) ile arıtma çamuru kombinasyonlarının mısır bitkisinin gelişimini ve bitkinin besin maddesi kapsamını belirlemişlerdir.

Deneme sonunda arıtma çamuru ve TSP kombinasyonlarının fosfor kaynağı olarak kullanılması durumunda kontrole göre bitkinin kuru ağırlığı, toprak üstü ağırlığı, bitkinin fosfor, çinko ve demir içeriğini önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir.

Arcak ve ark. (2000), serada koşullarında yapmış oldukları saksı çalışmasında artan miktarlarda uyguladıkları arıtma çamurunun arpa (*Hordeum vulgare* L. "Tokak-501) bitkisine etkilerini belirlemişlerdir. Elde olunan verilere göre; çamur uygulaması bitkiye önemli oranda azot sağladığı ve arpa bitkisinin kuru madde miktarını artırdığını belirlemişlerdir. Çalışmada toprak amonyum azotu, yarayışlı Cd ve Zn'nun arttığı, bitki tarafından Cu, Pb, ve Zn alımının yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Kocaer ve Başkaya (2001), "Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanması" adlı çalışmada her geçen gün miktarları artan arıtma çamurlarının çevresel sorunlar yaratmaması için uygun yöntemlerle bertaraf edilmesi gerektiğini; bu yöntemler içerisinde arıtma çamurlarının toprağa uygulanarak bertarafının tarımsal üretime ve ekonomiye katkısı sağlayacağı belirtmişlerdir. Ayrıca arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda, ormanlık alanlarda ve arazi iyileştirme (ıslah) amacı ile kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Türkmen ve ark. (2001), yaptıkları çalışmalarında hıyar bitkisinde (*Cucumis sativus* L.) çimlenme ve fide kalitesi üzerine kentsel arıtma çamurunun etkilerini araştırmışlardır. Yürüttükleri saksı çalışmasında bahçe toprağı (2 kısım)+ yanmış çiftlik gübresi (2 kısım) + pomza (1 kısım) şeklinde hazırlanmış karışıma; çiftlik gübresi miktarı ile oranlayarak kentsel kökenli arıtma çamuru uygulanmıştır.

Çalışma sonucunda ortaya çıkan arıtma çamuru ve çiftlik gübresi oranlarının (40+0, 30+10, 20+20, 10+30 ve 0+40) çimlenme oranı ve süresi, hipokotil uzunluğu, kotiledon genişlik ve uzunluğu, gerçek yaprak çıkış süresi, sürgün ve kök boyu, sürgün ağırlığı (yaş ve kuru) kök ağırlıkları (yaş ve kuru), yaprak sayısı ve yaprak alanına etkilerinin olumlu düzeylerde olduğunu bildirmişlerdir.

Efstathios ve ark. (2002), ham arıtma çamurunun toprak özellikleri ve bitkinin yaprak ve kök element içeriği üzerine etkisini belirledikleri çalışmada; artan miktarlarda uyguladıkları arıtma çamurunun Mn, Co ve Cd haricinde toprağın besin elementi içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Ancak Co, Pb ve Cd miktarı bitkilerde iz düzeyde belirlenmiştir. Sonuç olarak atık çamur uygulamaları ile bitkide ağır metal toksisitesinin oluşmadığını ayrıca mikro besin elementi noksanlık belirtilerinin giderildiğini belirtmişlerdir.

Charta ve ark. (2002), arıtma çamuru, hayvan gübresi ve tavuk gübresi uygulayarak yürüttükleri çalışmada arıtma çamuru uygulamasının toprak organik madde içeriğini arttırdığını, incelenen materyallerden arıtma çamurunun ağır metal açısından (Cd, Cr, Ni, Pb) diğer materyallere göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ancak çamur uygulaması ile toprakların ağır metal içeriklerinin sınır değerlerin çok altında kaldığını belirlemişlerdir. 25 ton ha⁻¹ uygulama düzeyinde bitkilerin ağır metal içeriklerinin toksik sınır değerlere ulaşmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bitkiler için toksik sınır değerlerini Cd: 5-30 mg kg⁻¹, Pb: 30-300 mg kg⁻¹, Ni: 10-100 mg kg⁻¹, Cr: 5-30 mg kg⁻¹ olarak bildirmişlerdir (Alloway ve Ayers 1997).

Prasatsrisupab ve ark. (2002) tarafından dört yıl süre ile yürütülen çalışmada; ışınlanmış çamur kekinin mısır bitkisine ve çevreye etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda kuru ağırlık ve N alımının yüksek düzeylerde çamur uygulamalarında kimyasal gübreyle oranla daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Topraktaki ağır metal (Cu, Mn, Pb, Zn, Cr, Cd) birikiminde önemli bir değişiklik olmamıştır. Ancak Ni ve Zn değerleri göreceli olarak fazla bulunmuştur. Ancak bu artışın çevresel kaynaklı ya da farklı kirlilikten kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Ünal ve Katkat (2003), yaptıkları çalışmada gıda kökenli (bisküvi ve şekerleme sanayi) arıtma çamurlarının toprak özelliklerine ve mısır bitkisinin besin elementi içeriği üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sera koşullarında yürütülen çalışmada artan miktarlarda (0, 20, 40, 80 ve 160 t/ha) arıtma çamuru toprağa uygulanmıştır. Çalışma sonucunda uygulama düzeylerinin artmasıyla birlikte toprağın tuzluluk (EC) ve organik maddede miktarının arttığını ve pH değerinde düştüğünü belirlenmişlerdir. Çamur uygulama düzeylerinin artışı ile birlikte toprak ve bitkide besin elementi miktarlarının da artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bozkurt ve Yarılgaç (2003), elma ağaçlarında meyve verimine, gelişimine, beslenme durumuna ve ağır metal birikimine arıtma çamuru ve ahır gübresi uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir.

Arıtma çamuru 0, 10, 20, 40 ve 60 kg ağaç⁻¹, ahır gübresi 25 kg ağaç⁻¹ düzeyinde deneme toprağına uygulanmıştır. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre, kireçli toprağına arıtma çamuru uygulamalarının elma ağaçlarında toksite oluşturmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar uzun dönem arıtma çamuru kullanılmasının bazı ağır metallerin toprakta birikimine ve izin verilen sınırların üzerinde bitkilerde bulunmasına neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Bertoncini ve ark. (2004), sera koşullarında yapmış oldukları çalışmada farklı tekstürlerdeki topraklarda arıtma çamurunun etkisinin farklı olduğunu, bununla birlikte arıtma çamuru uygulamalarında çamurun azot içeriğinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Çamur uygulamaları toprakların P ve Ca içeriğini artırmış Mg içeriğini azaltmış, K içeriği üzerine ise önemli etkide bulunmamıştır. Meydana gelen değişimler kumlu toprakta kil bünyeli topraktan daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Karuç ve ark. (2004), “Ankara Atık Su Arıtma Çamurunun Tarımda Değerlendirilmesi” konulu çalışmalarında; sera koşullarında saksılara farklı oranlarda arıtma çamuru uygulamalarının mısır ve buğday bitkisi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda mısır ve buğdayda en yüksek kuru madde miktarını sırası ile % 2,5 ve % 4,0 arıtma çamuru uygulamalarında sağlandığını bildirmişlerdir. Üst uygulama sınırı mısırdaki % 13, buğdayda % 8 olarak belirlenmiştir. Çalışmada % 15 ve daha yüksek uygulama düzeylerinde mısır ve buğday bitkisinde çıkışın olmadığını ve artan çamur miktarı ile birlikte toprakta tuzluluk, organik madde, azot, fosfor ve ağır metal miktarlarını artmış ancak potasyum miktarında herhangi bir artışın olmadığını belirtmişlerdir.

Aşık ve Katkat (2004), yürüttükleri “Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atığının (Arıtma Çamuru) Tarımsal Alanlarda Kullanım Olanakları” konulu çalışmalarında, gıda kökenli arıtma tesisinden belirli dönemlerde alınan çamurlarda pH, EC, kuru madde, organik madde, C:N, bazı besin elementleri ve ağır metal miktarlarını belirlemişlerdir. Ayrıca çalışma kapsamında sera koşullarında arıtma çamuru (0-20-40-80-120-160 ton ha⁻¹ düzeylerinde) uygulamalarının mısır bitkisi ve topraktaki etkileri ortaya konulmuştur.

Üretim periyodu boyunca alınan çamur örneklerinde yapılan analizler sonucu değerlerin “Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nde belirtilen sınır değerlerini aşmadığı belirlenmiştir.

Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru; bitkinin mineral içeriğini artırmış ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiştir. Arıtma çamuru ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın pH’sını düşürmüş, toprak tuzluluğu üzerine olumsuz etki yaparak elektriksel iletkenliği artırmıştır. Arıtma çamuru uygulaması ile toprağın başta organik madde içeriği olmak üzere, NH₄, NO₃, alınabilir P, alınabilir K, Ca, Mg, Na ve alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriklerinin arttığı ortaya konulmuştur.

Filibeli (2013), yapmış olduğu çalışmada, evsel nitelikli arıtma çamurları, genellikle bitki büyümesi için gerekli birçok besin maddesi içermesine rağmen gübre değeri; atığın kaynağı, arıtılmış suyun özelliği ve kullanılan çamur arıtma işlemlerine göre değişir. Bazı alanlarda, arıtma çamurları ile gübrelenmiş toprakta yetişmiş ürünlerin bitki dokularında yüksek konsantrasyonlarda ağır metallere rastlanmıştır.

Stabnikova ve ark. (2005), “Singapur’da Bitki Kültürü için Yapay Toprak Geliştirmek için Arıtma Çamuru ve Tarımsal Atık Kullanımı” adlı çalışmalarında, bahçe kompostu ve arıtma çamurundan elde edilen yetiştirme ortamları değerlendirilmiştir. Sera koşullarında *Ipomea aquatica* türünün yetiştirildiği saksılar içinde her iki materyalin birlikte uygulanmasının en iyi bitki büyüme ve gelişimini sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçta en yüksek biyokütle (% 4 yaş ağırlık) elde edildiği bahçe kompostu ve % 2 arıtma çamuru karışımı, bitki dokularında ağır metal içeriğinin de toksik düzeyin oldukça altında olması nedeniyle Singapur’da kentsel yeşil alanlarda ve bahçecilikte kullanım için önermişlerdir.

Akyarlı ve Şahin (2005) yaptıkları araştırmada; arıtma çamurunun kireç ile stabilize edilmesi durumunda yeniden patojen oluşma riskinin bulunmadığı, yatırım maliyetinin düşük, yöntemin basit ve yerli girdiler kullanılarak uygulanması nedeniyle Türkiye şartlarında tercih edilebilir bir yöntem olduğunu bildirmektedirler. Bu nedenle kireç ile arıtılan arıtma çamurlarının, güvenli ve çevreye dost bir gübre ve toprak düzenleyici madde olarak kullanılabileceğini savunmaktadırlar.

Kranert ve ark. (2005) arıtma çamurunu; ağaç atıklarının, ağaç kabuklarının, yeşil atıkların ve diğer yapı verebilen malzemelerin belirli miktarda karıştırılması sonucu kompostlaştırmışlardır. Bu durumda arıtma çamuru kompostunun hiç işlem görmemiş taze çamura kıyasla çok yararlı fiziksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Toprağın su tutma kapasitesini çok bariz bir şekilde arttırmış suyun topraktan sızmasının önüne geçtiği tespit edilmiştir.

Küçükhemek ve ark. (2005), arıtma çamuru ve çiftlik gübresinin çim bitkisi verimine ve renk özelliğine etkilerini inceledikleri araştırmaları sonucunda, aynı dozlar arasında değerlendirme yapıldığında; arıtma çamurunun çiftlik gübresine göre 2 yılda ortalama 2,0-2,6 kat daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çiftlik gübresi uygulamalarında çim rengi açık yeşil, arıtma çamuru uygulamalarında ise koyu yeşil olduğu belirlenmiştir.

Oleszczuk (2006), farklı kökenli arıtma çamurlarının tarımsal kullanım potansiyelini belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada 21 farklı kanalizasyon ve endüstriyel atıksu arıtma çamurunu incelemiştir. Çalışmada tarımsal özellikler olarak organik C, toplam N, pH, alınabilir P, K, KDK ve bazı iz elementler (Cd, Co, Ni, Pb, Cu, Mn, Zn, Sr, V, Cr) ile PAH değişimini belirlemiştir. Çalışmada incelenen arıtma tesislerine ait kimi özellikler Çizelge 2.16'da verilmiştir. Yapılan çalışmada incelenen arıtma çamurları ağır metal içerikleri bakımından sınır değerlerin altında bulunmuştur. Çalışmada ayrıca 6 adet arıtma çamurunun PAH içeriği bakımından US EPA'nın yönetmeliklerini aştığını belirlemiştir. Ayrıca arıtma çamurlarının yüksek EC ve düşük organik madde içerikleri dışında tarımsal olarak kullanılabileceğini ancak mutajenik ve kansorejenik bileşiklerin toprak ekosistemi için risk oluşturduğunu ve bu çamurların deneme yapılmadan tarımsal kullanımına izin verilmemesi gerektiğini belirtmiştir.

Yakupoğlu ve Özdemir (2007), yapmış oldukları çalışmada, farklı düzeylerde (hafif, orta ve şiddetli) aşınmaya uğramış topraklara ilave edilen arıtma çamuru ve çay endüstrisi atığının, toprakların mikro element (Fe, Cu, Zn ve Mn) kapsamlarına etkilerini belirlemek amacıyla sera koşullarında yürütülen araştırmanın sonucunda organik atık uygulamalarının, erozyona uğramış toprakların mikro element içeriklerini önemli derecede artırdığı belirlenmiştir.

Bertoncini ve ark. (2008), çalışmalarında çamur uygulamalarının toprakların P ve Ca içeriğini artırdığını Mg içeriğini azalttığını, K içeriği üzerine ise önemli etkide bulunmadığını belirlemişlerdir. Meydana gelen değişimler kumlu toprakta kil bünyeli topraktan daha fazla olmuştur.

Togay ve ark. (2008), alkali karakterli bir toprakta arıtma çamurunun bitki gelişimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında arıtma çamurunu (0, 20, 40 ve 60 t ha⁻¹) düzeylerinde uygulamışlar ve en yüksek verim parametrelerini 40 ve 60 t ha⁻¹ uygulamalarında belirlemişlerdir. Bitkinin Cu, Zn, Cr, Pb ve Ni içerikleri sınır değerlerin altında belirlenmiştir. Araştırmacılar arıtma çamurlarının verim potansiyeli düşük topraklarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Yalçın ve ark. (2011), “Arıtma Çamurlarının Tarım Alanlarında Değerlendirilmesi” adlı çalışmada atıksu arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurunun buğday, şekerpancarı ve mısır münavebe sisteminde verime ve toprağın bazı kimyasal özelliklerine etkisini incelemiş ve atılan atık miktarının artışı ile topraktaki potansiyel toksik element miktarının arttığını gözlemlemiştir. Ancak potansiyel toksik element miktarı TKKY’de verilen sınır değerlerinin altında kaldığını bildirmişlerdir.

Özyazıcı ve Özyazıcı (2012), “Arıtma Çamurunun Toprağın Bazı Temel Verimlilik Parametreleri Üzerine Etkileri” adlı çalışmalarında buğday-beyaz baş lahan-domates münavebe sistemini esas alarak farklı dozlarda arıtma çamuru ve optimum kimyasal gübreleme (N+P) uygulaması yaparak çalışmanın sonucunda toprağın pH’sında azalma, EC, organik madde, toplam N ve alınabilir P değerlerinde artış, kireç ve alınabilir K içeriklerinde ise herhangi bir değişim olmadığını gözlemlemiştir.

Aşık ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada farklı kökenli dört arıtma çamurunun toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerine etkisini artan düzeylere 0-160 ton ha⁻¹ düzeylerinde 150 gün süre inkübasyon çalışması ve kolza bitki kullanarak sera denemesi yürütmüşlerdir. Uygulama düzeylerine bağlı olarak pH değerini düşüğü EC değerinin artış gösterdiği amonyum ve nitrat azotu miktarının arttığı, alınabilir P ve alınabilir ağır metal miktarının artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Arıtma çamuru uygulamasının yüksek düzeyi bitki gelişimini olumsuz etkilemiştir.

Aşık ve ark. (2016), Bursa ili ve çevresindeki farklı kaynaklı atıksu arıtma çamurlarının tarımsal kullanım potansiyelini araştırdıkları çalışmada, sanayi, kentsel, gıda olmak üzere çeşitli erobik ve anaerobik arıtma çamurlarının besin elementi, organik madde, pH, EC vb. analizlerini yapmışlardır. Arıtma çamurlarının Pb, Cd ve Cu açısından yönetmelik değerlerinin altında olmasına rağmen kentsel ve sanayi çamurlarının Cr, Ni ve Zn açısından yönetmelik sınır değerlerini aştığını belirlemiştir. Araştırmacılar ağır metallerin DTPA ile ekstarkte edilebilir formunu da belirlemiştir. Tarımsal kullanım durumunda ağır metallerin her iki formunun da göz önünde tutulması gerektiğini bildirmişlerdir.

Demirtaş ve ark. (2016), ‘‘Domates Yetiştiriciliğinde Kentsel Atık Kompost Kullanımının Verim Kalite ve Ağır Metal Kirliliği Üzerine Etkileri’’ adlı çalışmalarında farklı dozlarda (0- 2- 4- 6- 8- 10 t da⁻¹) bitkiye kentsel katı atık kompostu uygulamış ve analiz sonuçlarında uygulama düzeyine bağlı olarak verimi ve kalite kriterlerinden meyve suyu EC’sini, titre edilebilir asitliğini likopeni ve suda çözünebilir kuru madde miktarını kontrole göre arttığını gözlemlemiştir. Ayrıca meyve ve toprak ağır metal içerikleri izin verilebilir sınır değerlerini aşmadığını görmüştür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Arıtma Çamurları ve Hayvansal Gübrelerin Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada Bursa Büyükşehir Belediyesi arıtma tesislerinden çıkan ham ve kireçli arıtma çamurları ve Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden alınan ahır gübresi ve tavuk gübresinin tarımsal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca kimyasal karakterizasyonunu ortaya koyabilmek için kimi ağır metal analizleri yapılmıştır. Yapılan ağır metal analiz sonuçları resmi gazetede yer alan yönetmelikteki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır (Anonim 2010).

Belirtilen esaslara göre çamur ve gübre örnekleri sera ve laboratuarda 65 °C'de kurutulmuş, analizlerde kullanılacak kısım 0,5 ve 2,0 mm'lik elekten elendikten sonra analize hazır hale getirilerek örnekleme miktarlarına göre etiketlenerek plastik örnek saklama kaplarına konulmuştur. Ham ve kireçli arıtma çamurunda ile ahır ve tavuk gübrelerinde yapılan analizler yöntemleri sonuçları aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 3.1.).

Reaksiyon (pH): Saf su (1:5 hacim) süspansiyonunda cam elektrotlu pH-metre ile belirlenmiştir (Nilsson ve ark. 2005a).

Elektriksel iletkenlik (EC): Saf su (1:5 hacim) ekstraktında EC-metre ile belirlenmiştir (Nilsson ve ark. 2005b).

Organik madde: 550 °C'de kuru yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Anonim 2003).

Organik C: Kuru yakma yöntemi ile belirlenen organik madde miktarının Van Bemmelen faktörüne bölünmesiyle hesaplanmıştır.

C:N oranı: Belirlenen organik C içeriğinin toplam N miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Toplam azot: Modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örnekler Buchi K-350 model buharlı damıtma cihazında damıtılmıştır (Bremmer 1965).

Amonyum (NH₄-N): 2 M KCl çözeltisi ile ekstraksiyon sonucu elde olunan çözeltilerde 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 çözeltide vanadamolibdofosforik sarı renk yöntemine göre PG Instruments T60 Split Beam UV/VIS spektrofotometre ile belirlenmiştir (APHA 1998).

Toplam K, Na, Mg ve Ca: Örneklerin Berghof MWS2 model mikrodalga fırında HNO₃+H₂O₂ ile yaş yakma sonucu elde edilen çözeltide Mg Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile Na, K ve Ca ise Ependorf Elex 6361 model fleymfotometre ile belirlenmiştir (APHA 1998).

Toplam ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn, Fe ve Mn): Örneklerin Berghof MWS2 model mikrodalga fırında HNO₃+H₂O₂ ile yaş yakma sonucu elde edilen çözeltide Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES ile belirlenmiştir (US EPA 1995).

Çizelge 3.1. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin kimi tarımsal özellikleri

Özellikler	HÇ	KÇ	AG	TG	Anonim 2010
pH	6,51	12,4	6,89	6,44	
EC, mS cm ⁻¹	4,01	3,50	3,45	10,5	
OM, %	71,1	48,8	85,4	81,6	
Org. C	40,1	28,4	49,7	47,5	
C:N oranı	6,95	7,34	26,4	11,5	
N,%	5,75	3,86	1,88	4,12	
NH ₄ -N, mg kg ⁻¹	214,5	iz	0,34	0,72	
NO ₃ -N, mg kg ⁻¹	iz	iz	iz	iz	
P,%	2,36	1,63	0,51	1,11	
K,%	0,71	0,48	0,65	1,62	
Ca, %	2,01	30,6	1,34	4,00	
Mg, %	0,55	0,69	0,75	0,83	
Na,%	0,12	0,17	0,12	0,34	
Toplam Pb, mg kg ⁻¹	18,2	12,1	iz	iz	750
Toplam Cd, mg kg ⁻¹	2,32	1,36	iz	iz	10
Toplam Cr, mg kg ⁻¹	150,3	110,3	1,80	0,25	1 000
Toplam Ni, mg kg ⁻¹	50,5	36,3	2,12	5,01	300
Toplam Cu, mg kg ⁻¹	100,3	53,7	10,1	42,5	1 000
Toplam Zn, mg kg ⁻¹	854,2	312,5	99,9	239,4	2 500
Toplam Fe, mg kg ⁻¹	9800	6200	150,0	97,0	
Toplam Mn, mg kg ⁻¹	451,3	312,8	112,7	180,3	

Çalışma kapsamında kullanılan arıtma çamurları (ham çamur ve kireçli çamur) ve gübrelere kimi tarımsal özellikleri (pH, EC, OM, Org C, C:N oranı, toplam N, NH₄-N, NO₃-N, toplam P, K, Ca, Na ve Mg) ve ağır metal analiz sonuçları Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 incelendiğinde çalışma kapsamında kullanılan ham arıtma çamuru, kireçli arıtma çamuru, ahır gübresi ve tavuk gübresinin pH değerlerinin sırasıyla 6.51, 12.4, 6.89 ve 6.44 olduğu belirlenmiştir. Çamur ve gübreler EC yönünden incelendiğinde genel olarak en yüksek EC değerleri TG'de (10.51 mS cm⁻¹) belirlenmiştir.

Oleszczuk (2006), arıtma çamurlarının EC değerinin 3,00 mS cm⁻¹ üzerinde olduğunu ve bu durumun topraklara uygulamada bitki gelişimini olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Ayrıca arıtma çamurlarının tuzluluk değerinin uygulama sonrası toprakta meydana getireceği birikim nedeniyle önemle üzerinde durulması gereken bir faktör olduğu bildirilmiştir (Espinoza ve ark. 2000, Özgüven ve Katkat 2001, Aşık ve Katkat 2004, Gasco ve Lobo 2007, Aşık ve ark. 2013).

Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelere tarımsal amaçlı olarak topraklara uygulanmasında temel amaç; içermiş oldukları yüksek organik madde nedeniyle özellikle toprakların başta fiziksel özellikleri olmak üzere kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesidir (FAO 1992, Petersen ve ark. 2003).

Arıtma çamurlarının C:N oranı özellikle toprağa uygulamalarda çamurun mineralizasyonu üzerine etkide bulunmakta ve düşük C:N oranına sahip çamurlar uygulama sonrasında toprakta humik maddelerin daha çabuk mineralize olmasına ve birikim etkisinin azalmasına neden olmaktadır (Chaussod ve Germon 1977). Kullanılan arıtma çamurları ve gübrelere C:N oranları 6,95 ile 26,4 arasında değişim göstermiştir.

Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelere içermiş olduğu azot ve fosfor tarımsal uygulamalarda üzerinde önemle durulması gereken bir faktördür. Burada temel prensip arıtma çamurlarını ve hayvansal gübrelere topraklara uygun düzeylerde uygulamaktır. Yani yıllık olarak toprağa uygulanması planlanan arıtma çamuru ve hayvansal gübrelere içermiş olduğu azot ve fosfor miktarı bitkinin ihtiyacını geçmeyecek düzeyde hesaplanmalıdır.

Özellikle çamurun içermiş olduğu $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$, uygulama sonrası topraklarda oluşabilecek yıkanma ile yer altı suları ve su kaynaklarında önemli kirlilik sorunlarına neden olabilmektedir (Aşık 2011). Ele alınan arıtma ve gübre örneklerinde N ve P içerikleri incelendiğinde, en yüksek azot ve fosfor içeriği HÇ 'de (%2.36-5.75) belirlenmiştir.

Ham arıtma çamuru azot içeriği % 5,75, kireçli arıtma çamurunun % 3,86, hayvan gübresinin % 1,88 ve tavuk gübresinin %4,12 olduğu belirlenmiştir. Toplam P içeriklerinin ise % 2,36, %1,63, % 0,51, % 1,11 olduğu belirlenmiştir.

Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin P ve N içerikleri özellikle toprağa uygulandığında bitki tarafından alınabilirlik ve fiksasyon olaylarının değerlendirilmesi noktasında önem taşımaktadır.

Arıtma çamurlarının içermiş olduğu fosforun % 70-90'ı inorganik formda bulunmaktadır (Wolf ve Baker 1985). Ancak bu miktarın da % 0,1-14,3'ünün yarıyıllı formda bulunduğu Perez Garcia ve ark. (1986) tarafından bildirilmiştir (Aşık 2011).

Arıtma çamurları ve hayvansal gübreler N ve P' un yanı sıra az ya da çok K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn gibi bitki besin elementlerini içerirler. Toprağa uygulanma aşamasında bu elementlerin de uygulama ile birlikte hangi miktarlarda toprağa verildiğine ve topraktaki besin elementi dengesinin bozulmamasına dikkat edilmelidir (Rappaport ve ark. 1987).

Özellikle atıksu arıtma çamurlarının topraklara uygulanması noktasında çamurun içermiş olduğu ağır metallerin toprak, su ve bitki sistemindeki olumsuz etkisi olabileceğinden, uygulanan toprak özellikleri, çamurların ağır metal içerikleri ve uzun dönemde toprakta birikim düzeyi göz önünde bulundurulmalıdır (Anonim 2010).

Son yıllarda atıksu arıtma çamuru gibi atık materyallerin içerdiği ağır metallerin toplam miktarlarının yanında bu metallerin elverişli miktarlarının belirlenmesi gerektiği bildirilmiştir (Aşık ve ark. 2016).

3.2. İnkübasyon Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi

İnkübasyon denemesi Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde planlanmış ve yürütülmüştür. Denemede kullanılacak toprak örneği Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinden alınmış ve 4 mm elekten elendikten sonra denemede kullanılmıştır. Analizlerde kullanılacak kısım ise 2 mm elekten elenerek yukarıda belirtilen analizler yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir (Kacar 1994).

Sera koşullarında yürütülen çalışmada 4 kg toprak alan plastik kaplara ham arıtma çamuru (HÇ), kireçli arıtma çamuru (KÇ), tavuk gübresi (TG) ve ahır gübresi (AG) azot içerikleri göz önünde bulundurularak toprağa artan düzeylerde (1. doz: kontrol (0), 2. doz: 100, 3. doz: 200, 4. doz: 300 kg da⁻¹ N) kuru madde ilkesine göre uygulanmış, deneme süresince kaplar tarla kapasitesinin % 70 oranında saf su ile sulanmış ve inkübasyon süreleri (1. dönem: 1. gün, 2. dönem: 30. gün, 3. dönem: 60. gün, 4. dönem: 90. gün) sonunda saksılardan örnekleme yapılan topraklarda aşağıda belirtilen kimi analizler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir

Mekanik analiz (Tekstür): Toprak örneğinin kum, silt ve kil miktarları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiş ve tekstür sınıfları Soil Survey Manual (1951)'a göre saptanmıştır.

Toprak reaksiyonu (pH): Toprak örneğinin pH değerleri saf su ile 1:1 oranında sulandırılmış ve toprak örneğinde Orion 720A model pH/iyonmetresi ile belirlenmiştir (Mc Lean 1982).

Elektriksel iletkenlik (EC): Toprak örneğinin elektriksel iletkenlik değeri doygunluk çamuru ekstraktında WTW LF 92 model kondaktivitimetre ile ölçülerek belirlenmiştir (Rhoades 1982).

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): Toplam azot içeriği Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örnekler Buchi 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 (Solorzano 1969, Robarge ve ark. 1983).

Alınabilir fosfor (P): Toprak örneğinin bitkiye yararışlı 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).

Alınabilir katyonlar (Na, K ve Ca): Toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH 7,0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle elde edilen süzükte alınabilir sodyum, potasyum ve kalsiyum Eppendorf Elex 6361 fleymfotometresi ile belirlenmiştir (Thomas 1982).

Alınabilir ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu ve Zn): Toprağın DTPA çözeltisi ile (0,005 M diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA), 0,01 M calcium chloride dihydrate (CaCl₂.2H₂O) and 0,1 M triethanolamine (TEA)) ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte alınabilir metaller Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES belirlenmiştir (Jones 2001).

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan toprağın kimi özellikleri

Özellikler	Miktar
% Kum	27,18
% Silt	21,96
% Kil	50,85
Tekstür	Kil
pH	8,1
EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$	315
Kireç, %	5,83
Org.mad., %	1,17
Toplam N, %	0,12
Alınabilir P, mg kg^{-1}	4,85
Alınabilir Na, mg kg^{-1}	130,0
Alınabilir K, mg kg^{-1}	54,60
Alınabilir Ca, mg kg^{-1}	4900
Alınabilir Mg, mg kg^{-1}	23,55
Toplam Pb, mg kg^{-1}	6,901
Toplam Cd, mg kg^{-1}	0,132
Toplam Cr, mg kg^{-1}	92,54
Toplam Ni, mg kg^{-1}	56,71
Toplam Cu, mg kg^{-1}	111,9
Toplam Zn, mg kg^{-1}	82,55
Toplam Mn, mg kg^{-1}	872,5
Toplam Fe, mg kg^{-1}	37930
DTPA-Pb, mg kg^{-1}	0,530
DTPA-Cd, mg kg^{-1}	0,053
DTPA-Cr, mg kg^{-1}	0,014
DTPA-Ni, mg kg^{-1}	0,637
DTPA-Cu, mg kg^{-1}	27,42
DTPA-Zn, mg kg^{-1}	2,039
DTPA-Mn, mg kg^{-1}	12,87
DTPA-Fe, mg kg^{-1}	14,67

3.3. Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi

Ham arıtma çamuru, kireçli arıtma çamuru, ahır gübresi ve tavuk gübresinin toprakta bitki gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla U.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü cam serasında saksı denemesi yürütülmüştür.

Denemede kullanılan materyaller çalışılabilir nem düzeyine gelene kadar sera koşullarında kurutulmuş ve B sınıf arıtma çamuru olarak değerlendirilmiştir (Peckenhams 2005). Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezinde alınan ahır gübresi ve tavuk gübresi sera koşullarında çalışılabilir nem düzeyine kadar (1 ay) kurutulduktan sonra arıtma çamurları ve gübreler kuru ağırlık esasına göre 4 kg toprak alan saksılara artan düzeylerde 0, 100, 200, 300 kg da⁻¹ N eşdeğeri olacak şekilde karıştırılmıştır.

Saksılar tarla kapasitesinin % 70'i düzeyinde saf su ile sulandıktan sonra sera koşullarında 30 gün süre ile inkübasyona bırakılmış ve bu süre içinde toprakların nem düzeyi belirli aralıklarla saf su ile sulamak suretiyle korunmuştur. Daha sonra saksılara 6 adet mısır tohumu ekilmiş ve çıkış sonrası seyreltme yapılarak her saksıda 3'er adet bitki bırakılmıştır.

Bitkilerin gelişimi boyunca saksılara tarla kapasitesinin % 70'i oranında su verilmiştir. Gelişme periyodu boyunca belli aralıklarla fenolojik gözlemler yapılmıştır. Uygulamalar arası farklılıklar gözetlenerek 40 gün gelişme periyodu sonunda bitkiler toprak seviyesinden kesilerek hasat edilmiştir.

Taze ağırlıkları belirlenen bitkiler önce çeşme suyunda yıkanmış, sonra iki kez saf sudan geçirilerek 65°C deki havalı kurutma dolabında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan bitkiler öğütme değirmeninde öğütülerek homojen bir karışım halinde analize hazır duruma getirilmiştir (Kacar ve İnal 2008). Bitki örneklerinde yapılan kimi analizler aşağıda belirtilmiştir.

Azot (N) içeriği: 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 (Bremner 1965).

Fosfor (P) içeriği: Mikrodalga sistemle yakılan örneklerden elde edilen süzüklerde fosfor; Vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre (Lott ve ark. 1956) Shimadzu UV 1208 spektrofotometresinde saptanmıştır.

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

Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn ve B): Mikrodalga fırında HNO₃+H₂O₂ ile yaş yakma sonucu elde edilen çözeltide Perkin Elmer Optima 2100 DV model ICP OES’de belirlenmiştir (Isaac ve Jhonson 1998).

3.4. İstatistiksel Analizler

İnkübasyon denemesi tesadüf blokları deneme desenine göre 2 faktörlü, sera denemesi ise 2 faktörlü ve 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Elde edilen verilerin varyans analizi JUMP paket programı ile yapılmıştır. Ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılmasında LSD testi ($p<0,05$; $p<0,01$) kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Arıtma Çamurları ve Hayvansal Gübrelerin Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi

Aşağıdaki çizelgede ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır gübresi ve tavuk gübresi uygulamalarının topraklardaki kimi bitki besin elementleri ve ağır metaller üzerine istatistiksel olarak ($p<0,01$, $p<0,05$) etkileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Arıtma çamuru ve hayvansal gübrelerin toprakların kimi besin elementi ve ağır metaller üzerine etkilerinin önemlilik düzeyleri

Özellikler	D	Z	A	ZxD	ZxA	DxA	DxZxA
pH	öd	*	öd	öd	öd	öd	Öd
EC	*	*	*	*	*	*	*
OM	öd	öd	öd	öd	öd	öd	Öd
Toplam N	*	*	**	*	**	*	*
NH ₄ -N	*	*	*	*	*	*	*
NO ₃ -N	*	*	*	*	*	*	*
Alınabilir P	*	*	*	*	**	*	*
Alınabilir K	*	*	*	*	*	*	*
Alınabilir Ca	öd	*	öd	öd	öd	öd	Öd
Alınabilir Na	*	*	*	*	*	*	*
DTPA-Pb	öd	*	**	öd	öd	öd	Öd
DTPA-Cd	öd	*	öd	**	öd	öd	Öd
DTPA-Cr	*	*	*	**	*	*	*
DTPA-Ni	*	*	*	öd	**	**	Öd
DTPA-Cu	öd	*	öd	öd	öd	öd	Öd
DTPA-Zn	*	*	*	öd	öd	*	Öd
DTPA-Fe	*	**	öd	öd	öd	öd	Öd
DTPA-Mn	*	*	*	*	*	*	*

Doz: D, Dönem: Z, Arıtma çamuru ve hayvansal gübreler: A

4.1.1. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprakların pH ve EC değeri üzerine etkisi

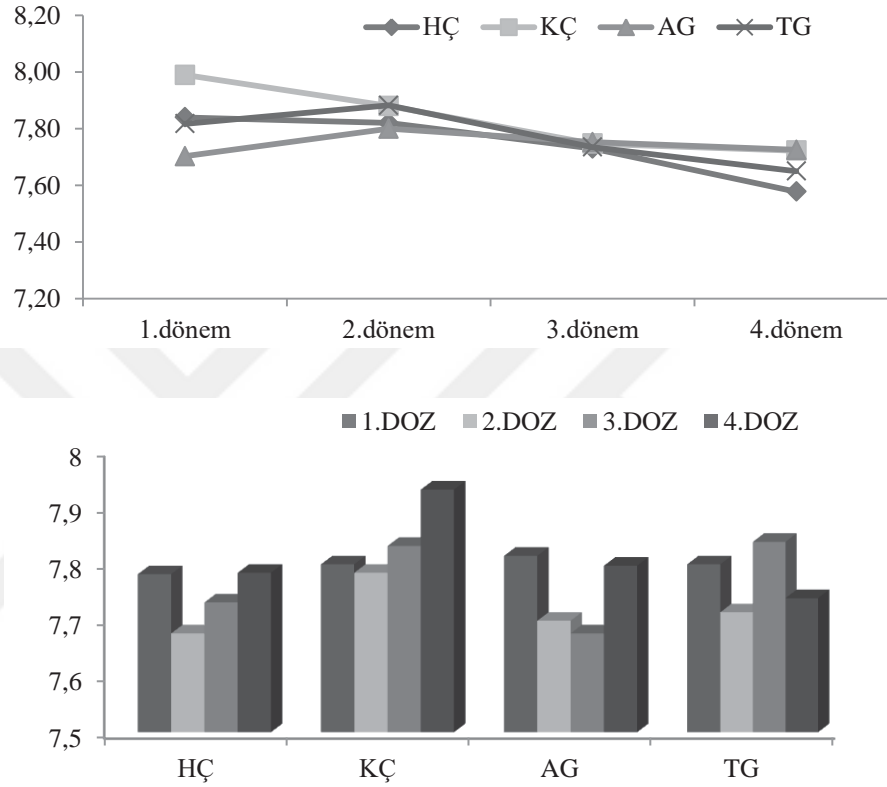
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile hayvansal gübrelerinin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak pH değerlerinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.2 Şekil 4.1.’de verilmiştir. Toprak pH’sındaki değişimler üzerine etki bakımından inkübasyon zamanının etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak pH değeri üzerine etkileri

	pH	HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama
1. Dönem	1. Doz	7,82	7,81	7,69	7,80	7,78
	2. Doz	7,73	7,93	7,66	7,89	7,80
	3. Doz	7,85	8,03	7,66	8,02	7,89
	4. Doz	7,96	8,19	7,80	7,56	7,88
	Ortalama	7,84	7,99	7,70	7,82	7,84 A
2. Dönem	1. Doz	7,78	7,78	7,97	7,82	7,84
	2. Doz	7,71	7,72	7,69	7,64	7,69
	3. Doz	7,85	7,90	7,66	8,00	7,85
	4. Doz	7,94	8,12	7,88	8,07	8,00
	Ortalama	7,82	7,88	7,80	7,88	7,85 A
3. Dönem	1. Doz	7,75	7,75	7,79	7,79	7,77
	2. Doz	7,65	7,70	7,74	7,69	7,70
	3. Doz	7,74	7,76	7,73	7,67	7,73
	4. Doz	7,78	7,78	7,75	7,79	7,78
	Ortalama	7,73	7,75	7,75	7,74	7,74 B
4. Dönem	1. Doz	7,77	7,85	7,80	7,78	7,80
	2. Doz	7,61	7,78	7,70	7,63	7,68
	3. Doz	7,48	7,63	7,65	7,66	7,61
	4. Doz	7,45	7,63	7,75	7,53	7,59
	Ortalama	7,58	7,72	7,73	7,65	7,67 B
	Kaynak Ort.	7,74	7,84	7,75	7,77	
Ortalama	1. Doz	7,78	7,80	7,81	7,80	7,79
	2. Doz	7,68	7,78	7,70	7,71	7,71
	3. Doz	7,73	7,73	7,68	7,84	7,74
	4. Doz	7,78	7,93	7,80	7,74	7,81

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının inkübasyon zamanına bağlı olarak toprakta pH değerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Hayvansal gübreler ise inkübasyon süresinin 1. döneminde toprakta pH'yı artırırken diğer dönemlerde düşürmüştür. Bu durum meydana gelen mineralizasyon ve oluşan organik asitler ile ilgilidir. Uygulama düzeylerine göre pH incelendiğinde, en yüksek pH (7,93) en yüksek uygulama düzeyinde (4. doz) KÇ 'de görülürken en düşük pH (7,68) AG ve HÇ'de görülmüştür. KÇ uygulamasına bağlı olarak pH değerindeki belirgin artış KÇ örneğinin pH değerinin yüksek (pH 12.4) olması ile ilgilidir. Arıtma çamuru uygulaması ile toprak pH' sında meydana gelen değişim ile ilgili olarak Topper ve Sabey (1986), Zebarth ve ark. (1999), Gasco ve Lobo (2007), alkali veya nötr topraklara uygulanan çamurun pH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Espinoza ve ark. (2000), çalışmalarında % 48,4 kireç içeren toprağa 30-60 ton da⁻¹ düzeylerinde uygulanan arıtma çamurunun toprak pH'sını 8,52'den 7,99'a düşürdüğünü belirlemişlerdir. Hooda ve Alloway (1993), 50 t ha⁻¹ arıtma çamuru uygulamasının toprak pH'sını 1,5 birim düşürdüğünü bunun nedenini ise azot mineralizasyonu ve organik maddenin ayrışması ile ilgili olduğunu bildirmiştir.



Şekil 4.1. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak pH değerindeki değişimler

Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile hayvansal gübrelerin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak tuzluluk (EC) değerlerinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Toprak tuzluluğundaki değişimler üzerine etki bakımından arıtma çamurlarının, uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

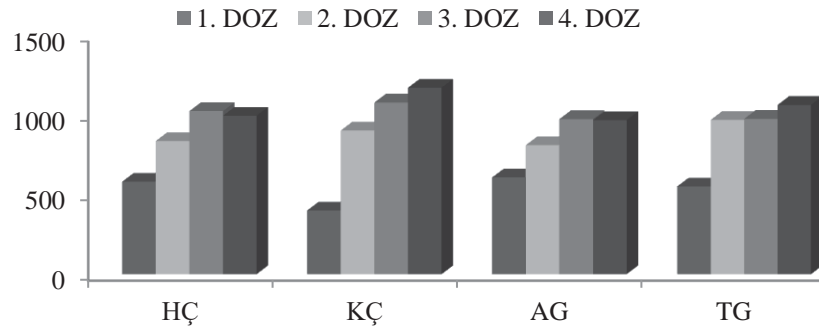
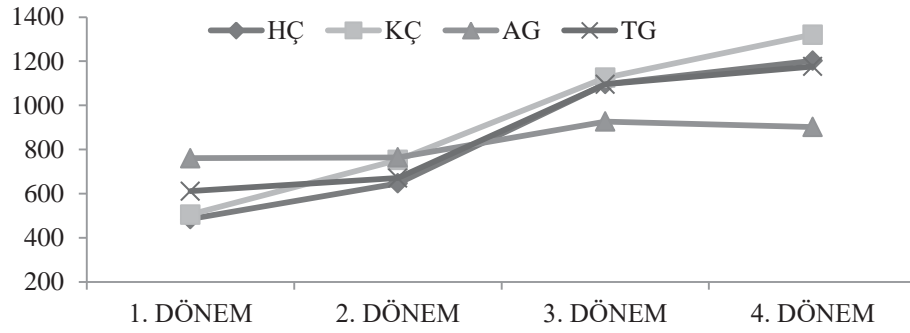
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamurları ile gübreler inkübasyon zamanına bağlı olarak toprakların tuzluluk (EC) değerini yükseltmiştir.

EC değerleri ortalama olarak 399-1 170 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında belirlenmiştir. Toprak tuzluluk değeri en yüksek 4. doz uygulamasında KÇ' de belirlenmiştir. Toprak tuzluluğu artış bakımından uygulamalar KÇ>HÇ>TG>AG şeklinde sıralanmıştır. Walker ve ark. (2008), kompost ve tavuk gübresi uygulamalarının toprak tuzluluk değerini artırdığını bildirmiştir. Artan düzeylere ve inkübasyon süresine bağlı olarak EC değerinin yükselmesi organik materyallerin kimyasal özelliklerinden ve zamana bağlı olarak oluşan mineralizasyonundan kaynaklanmaktadır. Yapılan uygulamaların topraklarda tuzluluğu farklı derecede yükseltmeleri, örneklerin EC değerlerinin farklılığından, içermiş olduğu alınabilir katyonlardan ve farklı mineralizasyon derecelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.3. Artan miktarlarda uygulanan arıtma amurlarının ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak EC değeri üzerine etkileri

	EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$	HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.
1. Dönem	1. Doz	464	478	533	505	495 O
	2. Doz	460	537	685	622	576 M
	3. Doz	472	473	880	650	618 J
	4. Doz	544	514	943	667	667 L
	Ortalama	485 n	500 m	760 ı	611 l	589 D
2. Dönem	1. Doz	494	588	678	452	553 N
	2. Doz	786	987	723	940	859 F
	3. Doz	678	883	767	661	747 G
	4. Doz	630	553	888	628	674 H
	Ortalama	647 k	753 h	764 h	670 j	708 C
3. Dönem	1. Doz	677	608	594	648	632 I
	2. Doz	1 035	876	964	1 139	1 002 E
	3. Doz	1 434	1 324	1 054	1 385	1 299 C
	4. Doz	1 241	1 693	1 096	1 210	1 310 C
	Ortalama	1 097 e	1 125 d	927 f	1 096 e	1 061 B
4. Dönem	1. Doz	683	530	620	594	607 K
	2. Doz	1 058	1 204	863	1 170	1 074 D
	3. Doz	1 508	1 628	1 190	1 200	1 382 B
	4. Doz	1 559	1 919	935	1 742	1 539 A
	Ortalama	1 202 b	1 320 a	902 g	1 177 c	1 150 A
Kaynak Ort	858c	925 a	838 d	888 b		
Ortalama	1. Doz	580 l	399 m	606 k	550 m	534 D
	2. Doz	835 ı	901 g	809 j	968 f	878 C
	3. Doz	1 023 d	1 077 b	973 f	974 f	1 012 B
	4. Doz	994 e	1 170 a	966 h	1 062 c	1 048 D

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.2. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak EC değerindeki değişimler, $\mu\text{S cm}^{-1}$

4.1.2. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprak organik madde miktarları üzerine etkisi

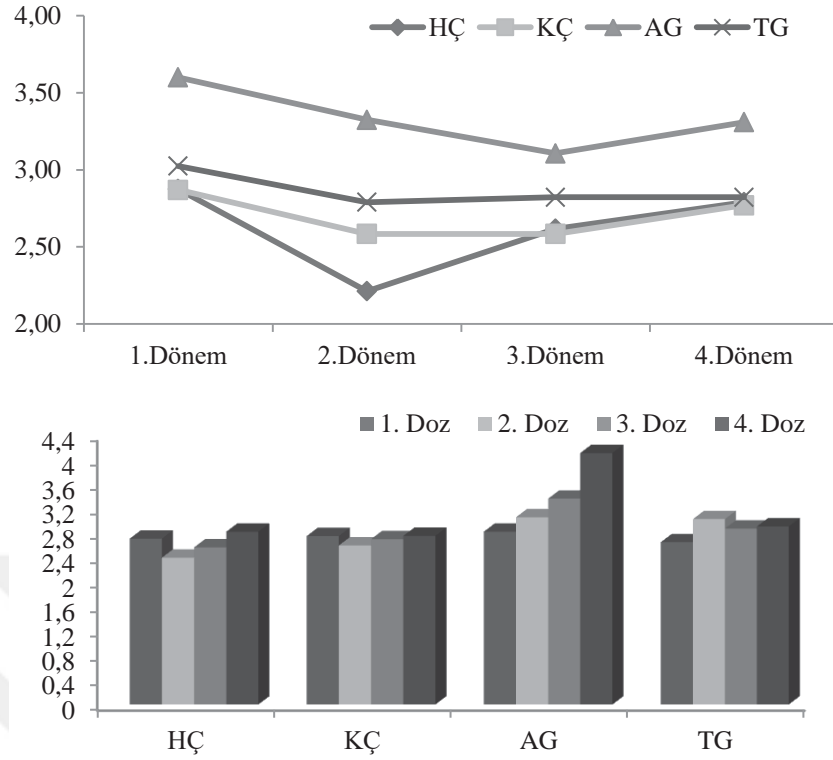
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelerinin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak, toprak organik madde içeriğinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.4 ile Şekil 4.3’de verilmiştir. Toprakların O.M. miktarı üzerine etki bakımından arıtma çamurları ve gübrelerinin uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Ancak sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde arıtma çamuru ve gübrelerin uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların O.M. miktarları artış gösterirken inkübasyon zamanına göre azalma göstermiştir. İnkübasyon zamanına göre en belirgin azalma HÇ uygulamasında 2. dönemde olmuş ancak sonraki dönemler de artış görülmüştür.

Edmeades (2003)' in yapmış olduğu çalışmada organik (çiftlik gübresi, atık çamuru ve yeşil gübreleme) ve ticari gübrelemenin ürün verimi ve toprak özellikleri üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, organik gübre uygulanmış olan toprakların yüksek organik madde içeriğine sahip olduğu ve mikro fauna sayısı bakımından ticari gübreleme yapılan topraktan daha zengin olduğu bildirilmiştir (Gezer 2012). Benzer şekilde Özenç ve ark. (2001) ve Ogeniyi ve ark. (2007), organik atık uygulamasına bağlı olarak toprakların organik madde içeriklerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak organik madde miktarı üzerine etkileri

	% O.M,	HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.
1. Dönem	1. Doz	3,11	2,70	2,91	2,77	2,87
	2. Doz	2,91	2,97	3,45	3,11	3,11
	3. Doz	2,64	2,97	3,65	3,11	3,09
	4. Doz	2,84	2,84	4,39	3,11	3,30
Ortalama	2,88	2,87	3,60	3,03	3,09	
2. Dönem	1. Doz	2,64	2,97	2,97	2,57	2,79
	2. Doz	1,28	1,96	3,04	2,91	2,30
	3. Doz	2,50	2,50	3,24	2,77	2,75
	4. Doz	2,43	2,91	4,05	2,91	3,08
Ortalama	2,21	2,59	3,33	2,79	2,73	
3. Dönem	1. Doz	2,43	2,64	2,64	2,50	2,25
	2. Doz	2,50	2,70	2,97	3,18	2,70
	3. Doz	2,70	2,43	2,97	2,70	2,70
	4. Doz	2,84	2,57	3,85	2,91	3,04
Ortalama	2,79	2,59	3,11	2,82	2,78	
4. Dönem	1. Doz	2,64	2,70	2,77	2,77	2,72
	2. Doz	2,91	2,77	2,77	2,91	2,84
	3. Doz	2,43	2,91	3,58	2,91	2,96
	4. Doz	3,18	2,70	4,12	2,70	3,18
Ortalama	2,79	2,77	3,31	2,82	2,92	
Kaynak Ort	2,63	2,71	3,34	2,87		
Ortalama	1. Doz	2,71	2,75	2,82	2,65	2,73
	2. Doz	2,40	2,60	3,06	3,03	2,77
	3. Doz	2,57	2,70	3,36	2,87	2,88
	4. Doz	2,82	2,76	4,10	2,91	3,15



Şekil 4.3. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak organik madde değerindeki değişimleri, %

4.1.3. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprakların toplam N, NH₄-N ve NO₃-N miktarı üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile hayvansal gübrelerinin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak % N değerlerinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.4'de verilmiştir.

Toprakların % N miktarındaki değişimler üzerine etki bakımından arıtma çamurları ve gübrelerin, uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Uygulama düzeylerine bağlı olarak ham ve kireçli arıtma çamuru ile ağır ve tavuk gübreleri uygulanması sonucu toprakların % N miktarlarını dört inkübasyon zamanında artış gösterdiği belirlenmiştir.

Uygulama düzeylerine göre toprak azot içeriği ahır gübresi uygulamasında % 0,16-0,24 arasında, tavuk gübresinde % 0,15-0,26 arasında artmıştır. Ancak inkübasyon sürecine bakıldığında % N miktarında azda olsa bir azalma görülmüştür.

Ling-ling ve Shu-tian (2014), artıma çamuru ve tavuk gübresi gibi farklı organik atıkların topraklara uygulandığında ilk 3 hafta önce hızlı mineralizasyonun olduğu daha sonra hızlı bir immobilizasyonun meydana geldiğini ve organik atıkların yanlış zamanda uygulanması durumunda bitkilerin azot noksanlığı gösterebileceğini belirtmişlerdir.

Organik atık özelliklerine göre 3 ay sonunda mineralizasyonun % 43 ile % 100 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Topraklara uygulanması planlanan atıksu arıtma amurlarının azotlu gübre değerinin belirlenmesinde; organik ve inorganik azot formlarının bilinmesi ve organik azotun bir vejetasyon dönemi boyunca ne oranda mineralize olacağının tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Arıtma amuru uygulamaları sonucu meydana gelen mineralizasyon yıllık olarak toprağa uygulanacak arıtma çamurunun dozunun belirlenmesinde önemli bir parametre olduğu Kocaer ve ark. (2003) tarafından bildirilmiştir.

Çizelge 4.5. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak N içeriği üzerine etkileri

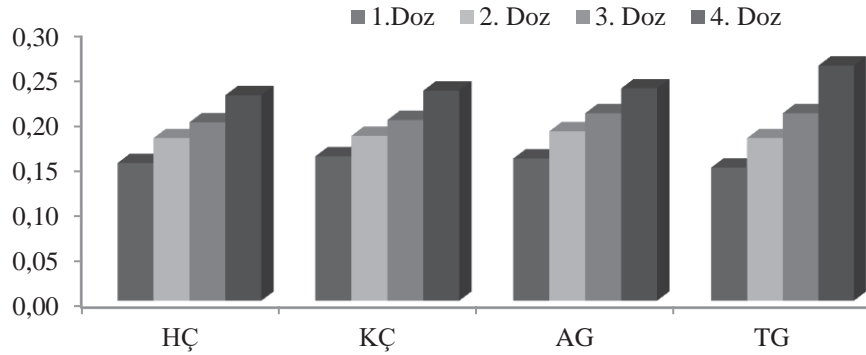
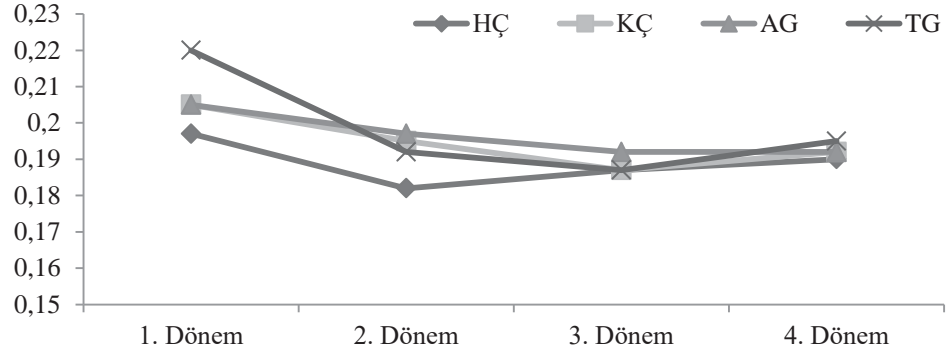
	% N	HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.
1. Dönem	1. Doz	0,14	0,17	0,16	0,14	0,15 F
	2. Doz	0,20	0,19	0,21	0,18	0,20 D
	3. Doz	0,19	0,20	0,22	0,24	0,21 C
	4. Doz	0,26	0,24	0,23	0,32	0,26 A
	Ortalama	0,197 bcd	0,205 bc	0,205 b	0,22 a	0,21 <u>A</u>
2. Dönem	1. Doz	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16 F
	2. Doz	0,17	0,18	0,19	0,19	0,18 E
	3. Doz	0,20	0,20	0,21	0,17	0,20 D
	4. Doz	0,20	0,24	0,24	0,26	0,24 B
	Ortalama	0,182 f	0,195 cde	0,197 bcd	0,192 cde	0,19 <u>B</u>
3. Dönem	1. Doz	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16 F
	2. Doz	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18 E
	3. Doz	0,19	0,19	0,19	0,21	0,20 D
	4. Doz	0,23	0,22	0,24	0,22	0,23 B
	Ortalama	0,187 ef	0,187 ef	0,192 cde	0,187 ef	0,19 <u>B</u>
4. Dönem	1. Doz	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15 F
	2. Doz	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18 E
	3. Doz	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21 C
	4. Doz	0,22	0,23	0,23	0,24	0,23 B
	Ortalama	0,190 def	0,192 cde	0,192 cde	0,195 cde	0,19 <u>B</u>
	Kaynak Ort	0,19 b	0,195 ab	0,197 a	0,20 a	
Ortalama	1. Doz	0,152 fg	0,160 f	0,157 f	0,147 g	0,16 D
	2. Doz	0,180 e	0,182 e	0,187 e	0,180 e	0,18 C
	3. Doz	0,197 d	0,200 cd	0,207 c	0,207 c	0,21 B
	4. Doz	0,227 b	0,232 b	0,235 b	0,260 a	0,24 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması

Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile hayvansal gübrelerinin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak amonyum ve nitrat azotu (NH₄-N ve NO₃-N) değerlerinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırılmaları Çizelge 4.6.ve 4.7 ile Şekil 4,5 ve 4.6’da verilmiştir.

Toprakların NH₄-N ve NO₃-N’u miktarındaki değişimler üzerine etki bakımından arıtma çamurları ve gübrelerin, uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Örneklerin uygulama düzeylerine bağlı olarak ham ve kireçli arıtma çamuru ile tavuk gübresi uygulanan toprakların $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarları artış göstermiştir. En fazla artış tavuk gübresi uygulanan toprakta görülmüştür ($4,90\text{-}83,29 \text{ mg kg}^{-1}$). Artan düzeylerde ahır gübresi uygulanan toprakta artış miktarının ise ($8,79\text{-}14,91 \text{ mg kg}^{-1}$) diğerlerine göre çok az olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak N değerindeki değişimleri, %

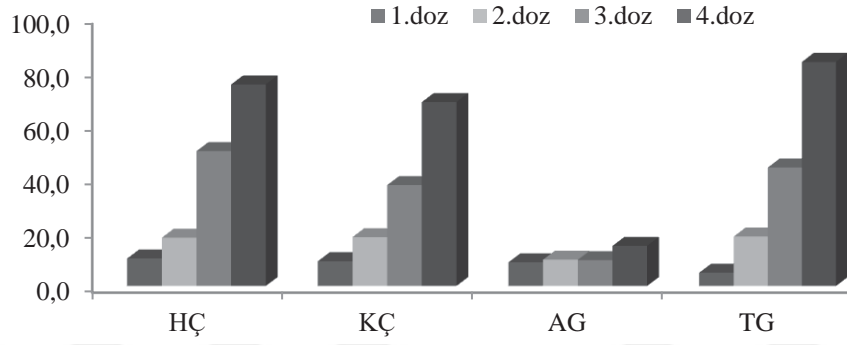
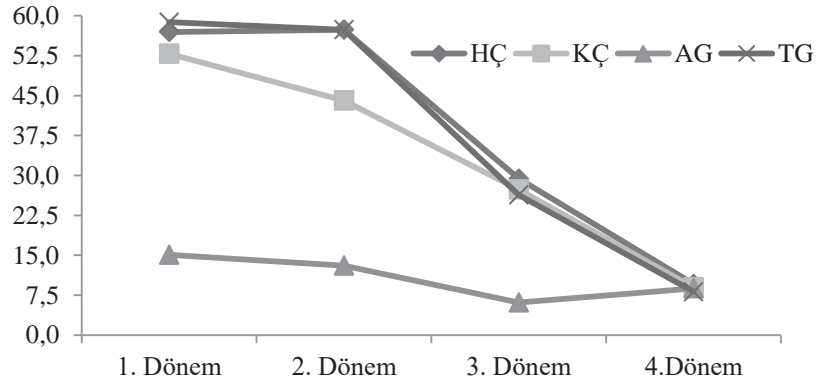
İnkübasyon zamanına bağlı olarak topraklarda $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarı azalmaya başlamıştır. İnkübasyon süresince özellikle ham çamur ve tavuk gübresi uygulanan topraktaki $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarındaki azalma daha belirgin olmuştur. Uygulamalara bağlı olarak $\text{NO}_3\text{-N}$ miktarında en fazla artış KÇ’de ($2,38\text{-}61,68 \text{ mg kg}^{-1}$) en düşük artış ise AG’de ($5,85\text{-}14,04 \text{ mg kg}^{-1}$) görülmüştür. Uygulama düzeyleri incelendiğinde doz artışına bağlı olarak toprakların $\text{NO}_3\text{-N}$ düzeylerinin arttığı görülürken AG uygulamasında ise azalma görülmüştür. Conte Suarez ve ark. (2004) dokuz hafta süren çalışmalarında toprakların $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ içeriğinin zamana bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir.

İnkübasyon zamanına bağlı olarak topraklarda NO₃-N miktarının artması nitrifikasyon ile ilgilidir (Lopez-Tercero ve ark. 2005). Rosenani ve ark. (2004), toprak özellikleri, uygulanan arıtma çamuru miktarı, toprak pH değeri, toprak sıcaklığı, toprağın havalanması ve nem koşulları arıtma çamuru uygulamaları sonucu organik azotun mineralizasyonu üzerine etkili olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.6. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak NH₄-N üzerine etkileri

NH ₄ -N, mg kg ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.
1. Dönem	1. Doz	9,80	8,17	7,35	4,90	7,56 N
	2. Doz	39,20	27,76	20,42	49,81	34,30 F
	3. Doz	80,84	65,33	14,70	82,48	60,84 C
	4. Doz	97,99	110,24	17,97	97,99	81,05 B
	Ortalama	56,96 c	52,88 d	15,11 ı	58,80 a	45,96 A
2. Dönem	1. Doz	4,08	0,82	0,82	0,82	1,64 P
	2. Doz	11,43	9,80	5,72	8,98	8,98 L
	3. Doz	89,01	53,90	13,88	74,31	57,78 D
	4. Doz	124,94	111,87	31,85	145,35	103,51 A
	Ortalama	57,37 b	44,10 e	13,07 j	57,37 b	42,98 B
3. Dönem	1. Doz	18,78	22,05	8,17	6,53	13,88 H
	2. Doz	11,43	26,95	7,35	6,53	13,07 I
	3. Doz	23,65	18,78	2,45	13,07	14,49 G
	4. Doz	63,69	41,65	6,53	79,21	47,77 E
	Ortalama	29,39 f	27,36 g	6,13 k	26,34 h	22,30 C
4. Dönem	1. Doz	8,17	5,72	18,80	7,35	10,01 J
	2. Doz	9,80	8,17	5,72	8,17	7,97 O
	3. Doz	7,35	12,20	7,35	6,53	8,36 M
	4. Doz	13,10	9,80	3,27	10,60	9,19 K
	Ortalama	9,61 n	8,97 l	8,79 m	8,16 o	8,88 D
Kaynak Ort	38,33 a	33,33 c	10,775 d	37,67 b		
Ortalama	1. Doz	10,21 k	9,19 m	8,79 n	4,90 o	8,27D
	2. Doz	17,97 ı	18,17 h	9,80 l	18,37 g	16,08C
	3. Doz	50,21 d	37,55 f	9,60 j	44,10 e	35,37B
	4. Doz	74,93 b	68,39 c	14,91 j	83,29 a	60,38A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması

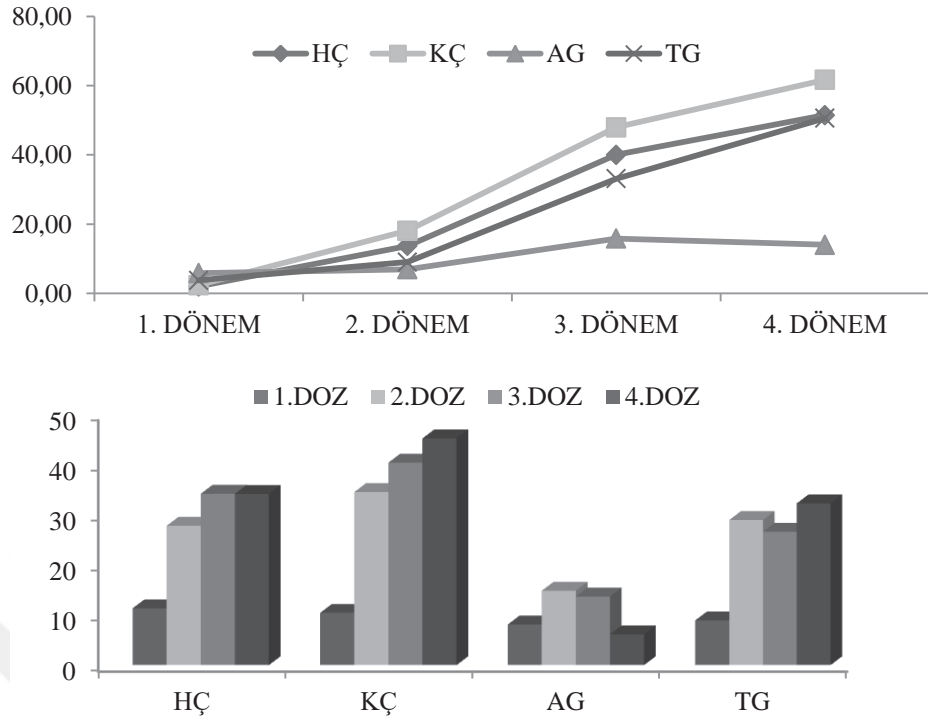


Şekil 4.5. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak $\text{NH}_4\text{-N}$ değerindeki değişimleri, mg kg^{-1}

Çizelge 4.7. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak NO₃-N üzerine etkileri

NO ₃ -N, mg kg ⁻¹	HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.	
1. Dönem	1. Doz	4,55	6,21	8,90	7,04	6,68 K
	2. Doz	2,48	2,69	7,25	3,93	4,09 L
	3. Doz	0,21	0,62	6,00	4,14	2,74 M
	4. Doz	0,83	iz	1,24	iz	0,52 N
Ortalama	2,02 l	2,38 l	5,85 j	3,78 k	3,07 D	
2. Dönem	1. Doz	10,14	12,63	6,21	3,31	8,07 J
	2. Doz	27,95	35,19	10,97	29,60	25,93 G
	3. Doz	13,25	24,01	10,35	3,31	12,73 H
	4. Doz	3,52	0,62	0,21	0,00	1,09 N
Ortalama	13,72 h	18,11 f	6,94 j	9,06 ı	11,95 C	
3. Dönem	1. Doz	17,39	11,39	9,32	11,59	12,42 H
	2. Doz	33,74	47,20	23,81	36,02	35,19 F
	3. Doz	54,03	55,68	18,01	48,44	44,04 D
	4. Doz	54,86	77,63	12,21	36,43	45,28 C
Ortalama	40,01 d	47,98 c	15,84 g	33,12 e	34,23 B	
4. Dönem	1. Doz	13,15	11,40	7,87	13,70	11,53 I
	2. Doz	46,80	52,60	17,20	46,00	40,65 E
	3. Doz	68,90	80,70	20,30	50,30	55,05 B
	4. Doz	77,00	102,00	10,80	92,30	70,53 A
Ortalama	51,46 b	61,68 a	14,04 h	50,58 b	44,44 A	
Kaynak Ort	26,80 b	32,54 a	10,67 d	24,13 c		
Ortalama	1. Doz	11,31 j	10,41 k	8,08 m	8,911	9,68 D
	2. Doz	27,74 f	34,42 c	14,81 h	28,89 e	26,47 C
	3. Doz	34,10 c	40,25 b	13,67 ı	26,55 g	28,64 B
	4. Doz	34,05 c	45,06 a	6,12 n	32,18 d	29,35 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.6. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak NO₃-N değerindeki değişimler, mg kg⁻¹

4.1.4. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprakların alınabilir P miktarı üzerine etkisi

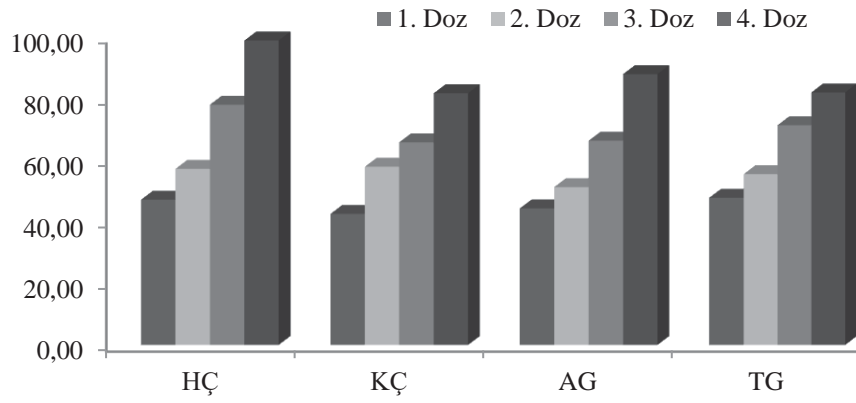
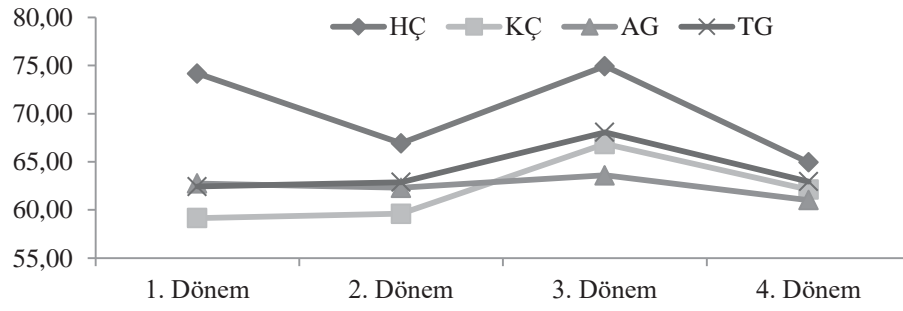
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelerinin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak alınabilir P değerlerinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.7’de verilmiştir. Toprakların alınabilir P miktarı üzerine etki bakımından arıtma çamurlarının ve gübrelerin, uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların alınabilir P miktarları artış göstermiştir. En fazla artış miktarı HÇ’de (47,12-98,78 mg kg⁻¹) iken en düşük artış miktarı KÇ’de (42,50-81,66 mg kg⁻¹) görülmüştür. Arıtma çamuru uygulamasının toprakların alınabilir P miktarını çamur özelliklerine bağlı olarak kontrole göre 10 kat artırdığı Kidd ve ark. (2007) tarafından da bildirilmiştir. İnkübasyon zamanına bağlı olarak toprakta alınabilir P miktarları dalgalanma göstermektedir. En belirgin dalgalanma HÇ (1.dönem (74,17 mg kg⁻¹)- 2. Dönem (66,92 mg kg⁻¹’de görülmektedir. Arıtma çamuru uygulamalarında inkübasyon süresince P miktarındaki azalmalar daha belirgin olmuştur.

Bu azalma toprağın kireç içeriğine bağlı olarak fosforun fiksasyonu ile ilgilidir. Arıtma çamuru uygulamaları ve toprak P miktarı arasındaki ilişkilerle ilgili olarak; farklı topraklarda arıtma çamuru uygulaması, toprak özellikleri ve P yararlılığını inceleyen Hosseinpur ve Pashamokhtari (2008) kireç içeriği ve çamur organik madde miktarı ile toprağın P miktarındaki değişim arasında önemli korelasyon belirlemişlerdir. Ayrıca Seyhan ve Erdinçler (2003) arıtma çamurunun bünyesindeki fosforun kompleks yapıda olduğunu ve mineralizasyonun uzun süre gerektirdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.8. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir P miktarı üzerine etkileri

Alınabilir P, mg kg ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.
1. Dönem	1. Doz	45,38	44,87	42,05	46,15	44,61 F
	2. Doz	60,77	55,90	49,23	58,72	56,16 E
	3. Doz	76,92	62,05	64,36	68,46	67,95 D
	4. Doz	113,6	73,84	95,38	76,41	89,81 A
	Ortalama	74,17 a	59,17 f	62,76 cdef	62,44 def	64,63 B
2. Dönem	1. Doz	43,59	44,10	43,33	43,08	43,53 FG
	2. Doz	55,13	52,82	54,10	62,82	56,22 E
	3. Doz	73,59	67,43	66,15	66,15	68,33 D
	4. Doz	95,38	74,10	85,64	79,48	83,65 B
	Ortalama	66,92 bc	59,61 f	62,31 ef	62,88 cdef	62,93 B
3. Dönem	1. Doz	58,72	44,87	49,49	62,56	53,91 E
	2. Doz	53,59	62,56	51,54	42,56	52,56 E
	3. Doz	83,33	68,20	67,18	80,51	74,81 C
	4. Doz	104,1	91,79	86,15	86,66	92,18 A
	Ortalama	74,94 a	66,86 bcd	63,59 cdef	68,07 b	68,36 A
4. Dönem	1. Doz	40,77	36,15	42,31	39,23	39,62 G
	2. Doz	58,97	60,00	50,00	57,43	56,60 E
	3. Doz	77,95	65,38	67,43	70,00	70,19 D
	4. Doz	82,05	86,92	84,36	85,12	84,61 B
	Ortalama	64,94 bcde	62,11 ef	61,03 ef	62,95 cdef	62,75 B
Kaynak Ort		70,24 a	61,94 b	62,42 b	64,09 b	
Ortalama	1. Doz	47,12 hı	42,50 j	44,30 ij	47,76 hı	45,42 D
	2. Doz	57,12 f	57,82 f	51,22 gh	55,38 fg	55,39 C
	3. Doz	77,95 c	65,77 e	66,28 e	71,28 d	70,32 B
	4. Doz	98,78 a	81,66 c	87,88 b	81,92 c	87,56 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.7. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir P değerindeki değişimleri, mg kg^{-1}

4.1.5. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprak alınabilir K, Ca ve Na miktarı üzerine etkisi

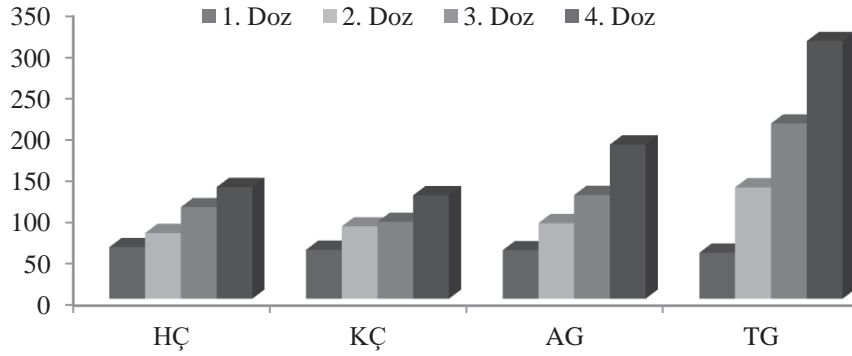
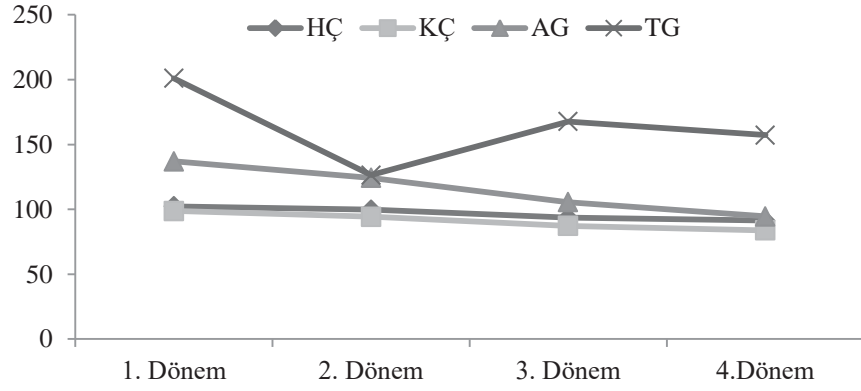
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelerinin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak alınabilir katyonlar (Na, K ve Ca) değerlerindeki meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.9-4.11 ve Şekil 4.8-4.10'da verilmiştir. Toprakların alınabilir K, Na ve Ca miktarı üzerine etki bakımından arıtma çamurları ve gübrelerin, uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Arıtma çamuru uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların alınabilir K miktarları artış göstermiştir. Alınabilir K içerikleri kontrole göre en fazla TG' de ($55,50-311,50 \text{ mg kg}^{-1}$)'de görülmüştür. Bu artış tavuk gübresinin K içeriğinin yüksek olması ile ilgili olabilir. Uygulama düzeylerine bağlı olarak K miktarı artmasına rağmen inkübasyon zamanına bağlı olarak topraklarda alınabilir K miktarının azaldığı görülmektedir. Gübrelerdeki azalma miktarı çamurlara göre göreceli olarak daha fazla olmuştur.

Çizelge 4.9. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir K miktarı üzerine etkileri

Değ. K, g kg-1	HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.	
1. Dönem	1. Doz	65,00	63,00	61,00	65,00	63,50 L
	2. Doz	73,00	96,00	109,0	164,0	110,5 G
	3. Doz	110,0	94,00	142,0	224,0	142,5 E
	4. Doz	161,0	142,0	236,0	351,0	222,5 A
Ortalama	102,3 h	98,75 ı	137,0 e	201,0 a	134,8 A	
2. Dönem	1. Doz	69,00	68,00	64,00	64,00	66,25 K
	2. Doz	87,00	88,00	94,00	139,0	102,0 H
	3. Doz	113,0	99,00	134,0	226,0	143,0 E
	4. Doz	130,0	122,0	205,0	320,0	194,3 B
Ortalama	99,75 hı	94,25 j	124,3 f	187,3 b	126,4 B	
3. Dönem	1. Doz	62,00	60,00	62,00	62,00	61,50 L
	2. Doz	78,00	83,00	88,00	118,0	91,75 I
	3. Doz	106,0	88,00	113,0	202,0	127,3 F
	4. Doz	128,0	118,0	159,0	289,0	173,5 C
Ortalama	93,50 jk	87,25 l	105,5 g	167,8 c	113,5 C	
4. Dönem	1. Doz	53,00	45,00	47,00	31,00	44,00 M
	2. Doz	79,00	82,00	74,00	117,0	88,00 J
	3. Doz	113,0	90,00	112,0	195,0	127,5 F
	4. Doz	120,0	118,0	145,0	286,0d	167,3 D
Ortalama	91,25 k	83,75 m	94,50 j	157,3 d	106,7 D	
Kaynak Ort	96,69 c	91,00 d	115,3 b	178,3 a		
Ortalama	1. Doz	62,25 j	59,00 k	58,50 k	55,50	58,81 D
	2. Doz	79,25 ı	87,25 h	91,25 g	134,5 d	98,06 C
	3. Doz	110,5 f	92,75 g	125,3 e	211,8 b	135,1 B
	4. Doz	134,8 d	125,0 e	186,3 c	311,5 a	189,4 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.8. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir K değerindeki değişimler, mg kg^{-1}

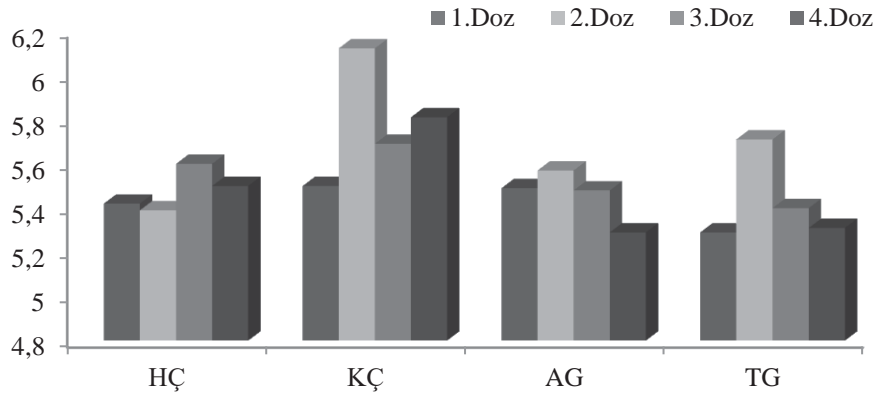
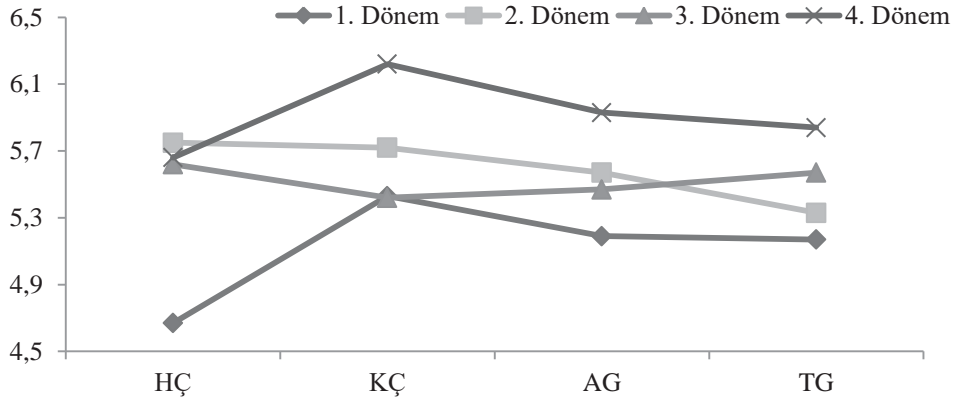
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelere toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak, Ca değerlerindeki meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.10 ile Şekil 4.9’da verilmiştir.

Toprakların alınabilir Ca miktarı üzerine inkübasyon zamanına bağlı olarak meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Arıtma çamuru ve gübrelerin uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların alınabilir Ca miktarlarında meydana gelen değişimlerin önemsiz çıkması ve deneme toprağının Ca miktarındaki değişimin az olması toprakların alınabilir Ca miktarının yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.10. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir Ca miktarı üzerine etkileri

Değ. Ca, mg g ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.
1. Dönem	1. Doz	4,69	4,74	4,63	4,63	4,87
	2. Doz	4,31	5,72	5,64	6,03	5,11
	3. Doz	5,21	4,81	5,72	5,03	5,31
	4. Doz	5,25	5,18	5,24	5,00	5,17
Ortalama		4,86	5,43	5,19	5,17	5,11 <u>C</u>
2. Dönem	1. Doz	5,64	5,87	5,79	5,69	5,49
	2. Doz	6,04	5,70	5,51	5,64	5,88
	3. Doz	5,30	6,08	5,34	5,56	5,51
	4. Doz	4,98	5,85	5,39	5,10	5,50
Ortalama		5,49	5,72	5,57	5,33	5,59 <u>B</u>
3. Dönem	1. Doz	5,67	5,53	5,69	5,61	5,71
	2. Doz	5,72	5,64	5,29	5,03	5,76
	3. Doz	5,78	5,64	5,29	5,16	5,36
	4. Doz	5,67	6,23	5,18	5,20	5,25
Ortalama		5,71	5,42	5,47	5,57	5,52 <u>B</u>
4. Dönem	1. Doz	5,69	5,84	5,86	5,25	5,85
	2. Doz	5,49	7,41	5,84	6,13	6,36
	3. Doz	6,11	6,22	5,56	5,84	5,65
	4. Doz	6,11	5,97	5,35	5,93	5,79
Ortalama		5,66	6,22	5,93	5,84	5,91 <u>A</u>
Kaynak Ort		5,43	5,70	5,54	5,48	
Ortalama	1. Doz	5,42	5,50	5,49	5,29	5,43
	2. Doz	5,39	6,12	5,57	5,71	5,70
	3. Doz	5,60	5,69	5,48	5,40	5,54
	4. Doz	5,50	5,81	5,29	5,31	5,48

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.9. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir Ca değerindeki değişimler

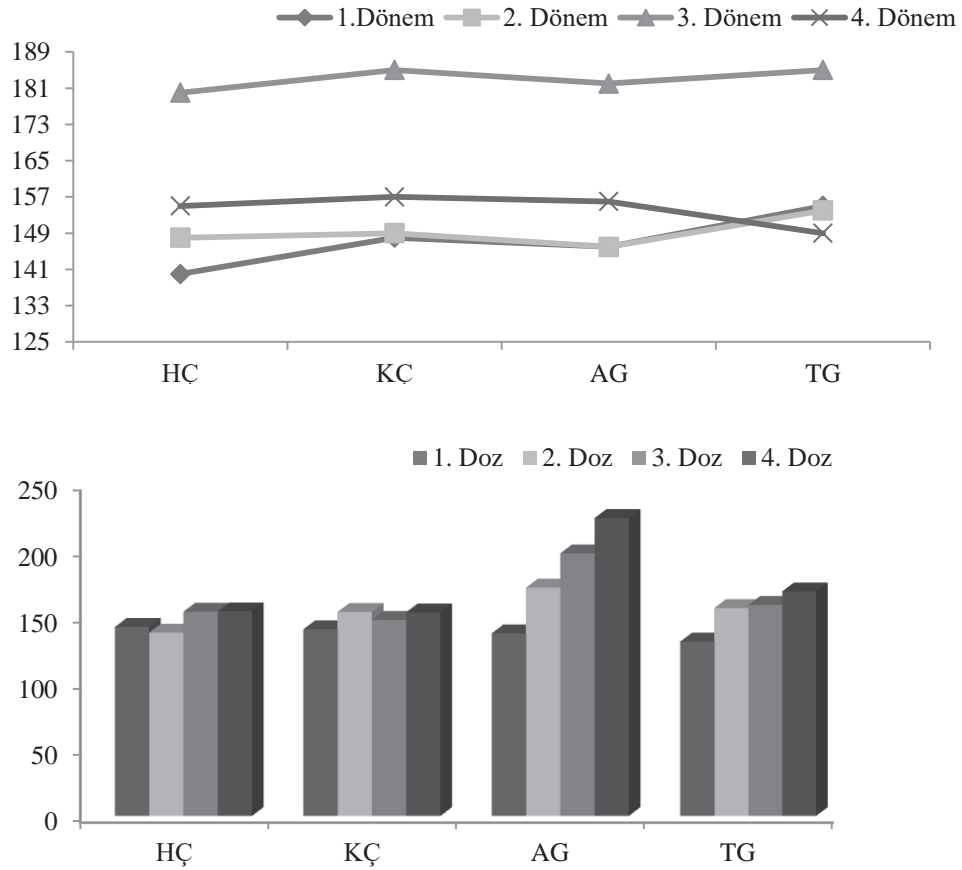
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelere toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak, Na değerlerindeki meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırılmaları Çizelge 4.11 ile Şekil 4.10'da verilmiştir. Toprakların alınabilir Na miktarı üzerine etki bakımından arıtma çamurları ve gübrelere uygulanan düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Arıtma çamuru ve gübrelere uygulanan düzeylerine bağlı olarak toprakların alınabilir Na miktarları tüm inkübasyon zamanlarında artış göstermiştir. Sadece 4. dönemde TG'de azalma görülmüştür ($155-149 \text{ g kg}^{-1}$). En yüksek artış AG'de ($138-224 \text{ g kg}^{-1}$) belirlenmiştir. Bu artış AG'nin kimyasal özelliği ile ilgilidir (bkz. Çizelge 3.1).

Arıtma çamuru ve organik gübrelere uygulanması noktasında toprak tuzluluğu ve toprağın alınabilir Na miktarındaki değişimin sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde Na miktarındaki göreceli artışlar topraklarda alkalileşmeye neden olabilir.

Çizelge 4.11. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak alınabilir Na miktarı üzerine etkileri

Değ. Na, g kg ⁻¹	HÇ	KÇ	AG	TG	Ort.	
1. Dönem	1. Doz	132	127	127	135	130 K
	2. Doz	121	154	167	159	150 H
	3. Doz	141	141	192	151	156 F
	4. Doz	164	168	235	175	186 A
Ortalama	140 g	147 ef	180 b	155 c	156 <u>B</u>	
2. Dönem	1. Doz	149	153	145	144	148 I
	2. Doz	146	151	167	156	155 FG
	3. Doz	149	150	199	162	165 D
	4. Doz	149	140	228	166	171 C
Ortalama	148 ef	149 e	185 a	157 c	160 <u>A</u>	
3. Dönem	1. Doz	143	139	140	144	142 J
	2. Doz	141	149	171	151	153 G
	3. Doz	148	145	194	166	163 DE
	4. Doz	152	152	223	163	173 BC
Ortalama	146 f	146 ef	182 b	156 c	15 <u>B</u>	
4. Dönem	1. Doz	146	144	139	103	133 K
	2. Doz	145	161	183	161	163 E
	3. Doz	178	155	206	157	174 B
	4. Doz	152	154	211	173	173 BC
Ortalama	155 c	154 d	185 a	149 e	161 <u>A</u>	
Kaynak Ort	147 d	149 c	183 a	154 b		
Ortalama	1. Doz	143 h	140 ı	138 ı	132 j	138 D
	2. Doz	138 ı	154 f	172 c	157 e	155 C
	3. Doz	154 f	148 g	198 b	159 e	165 B
	4. Doz	154 f	154 f	224 a	169 d	175 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.10. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak alınabilir sodyum değerindeki değişimler, g kg⁻¹

4.1.6. Arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarının toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir kimi ağır metal miktarları üzerine etkisi

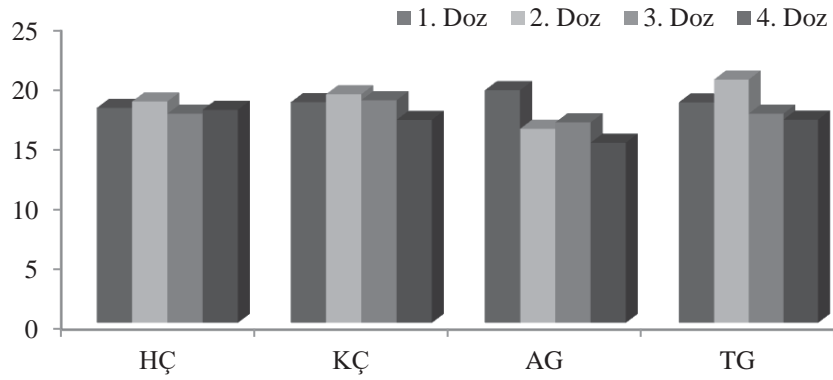
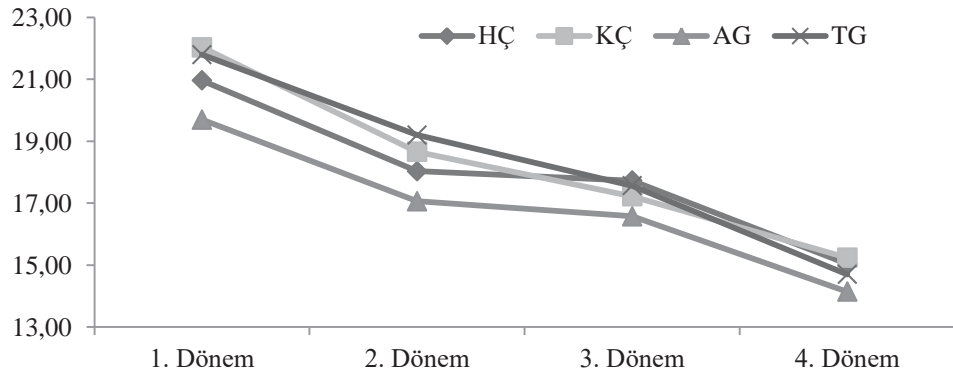
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübresinin toprakta uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak alınabilir mikroelement ve kimi ağır metal (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni ve Pb) değerlerindeki meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.12-4.19 ve Şekil 4.11-4.18'de verilmiştir. Toprakların alınabilir mikro element ve ağır metal (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb) miktarları üzerine etkisi bakımından arıtma çamurlarının, uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 4.12-4.15 ve Şekil 4.11-4.14 incelendiğinde, toprakların alınabilir Fe, Cu, ve Mn içeriklerinin uygulama düzeylerine bağlı olarak dalgalanma göstermektedir. Topraklarda inkübasyon zamanına bağlı olarak Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinde sürekli bir azalma olduğu görülmektedir. Çizelge 4.12 ve Şekil 4.11 incelendiğinde toprakların alınabilir Fe içeriği arıtma çamuru ve gübrelere zamana bağlı olarak azalma gösterdiği görülmektedir.

Toprakların Fe içeriğindeki azalmalar incelendiğinde uygulanan gübrelerdeki azalmaların kireçli çamurda daha fazla olduğu görülmüştür. Fe içeriğinde en fazla azalma KÇ uygulamasında (22,04-15,24 mg kg⁻¹), en düşük azalma ise AG uygulamasında (19,70-14,14 mg kg⁻¹) olmuştur. Topraklardaki bu farklılık uygulanan çamur ve gübrelerin kireç içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.12. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarı üzerine etkileri

Fe mg kg ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama
1. Dönem	1. Doz	19,92	21,81	21,98	21,28	21,25
	2. Doz	21,72	23,03	19,47	26,22	22,61
	3. Doz	20,91	23,92	21,22	21,24	21,82
	4. Doz	21,31	19,38	16,12	18,44	18,81
Ortalama		20,97	22,04	19,70	21,80	21,12 <u>A</u>
2. Dönem	1. Doz	18,17	18,37	19,58	18,34	18,62
	2. Doz	18,43	19,14	15,69	22,82	19,02
	3. Doz	17,91	18,08	15,40	17,92	17,33
	4. Doz	17,62	19,05	17,58	17,74	18,00
Ortalama		18,03	18,66	17,06	19,21	18,24 <u>B</u>
3. Dönem	1. Doz	18,15	17,92	18,82	17,48	18,09
	2. Doz	18,25	18,12	15,65	17,91	17,48
	3. Doz	16,69	17,69	16,01	17,44	16,96
	4. Doz	17,83	15,17	15,83	17,42	16,56
Ortalama		17,73	17,23	16,58	17,56	17,27 <u>B</u>
4. Dönem	1. Doz	15,64	15,69	17,43	16,64	16,35
	2. Doz	15,64	16,19	14,05	14,46	15,09
	3. Doz	14,42	14,79	14,41	13,35	14,24
	4. Doz	14,46	14,28	10,68	14,35	13,44
Ortalama		15,04	15,24	14,14	14,70	14,78 <u>C</u>
Kaynak Ort		17,94	18,29	16,87	18,32	
Ortalama	1. Doz	17,97	18,45	19,45	18,44	18,58 <u>A</u>
	2. Doz	18,51	19,12	16,22	20,35	18,55 <u>A</u>
	3. Doz	17,48	18,62	16,76	17,49	17,59 <u>AB</u>
	4. Doz	17,81	16,97	15,05	16,99	16,71 <u>B</u>

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.11. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Fe değerindeki değişimler, mg kg^{-1}

Toprağa uygulanan arıtma çamurları ile ahır gübresi ve tavuk gübresinin artan uygulama düzeylerine bağlı olarak toprağın Cu içeriğinde meydana getirdiği değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

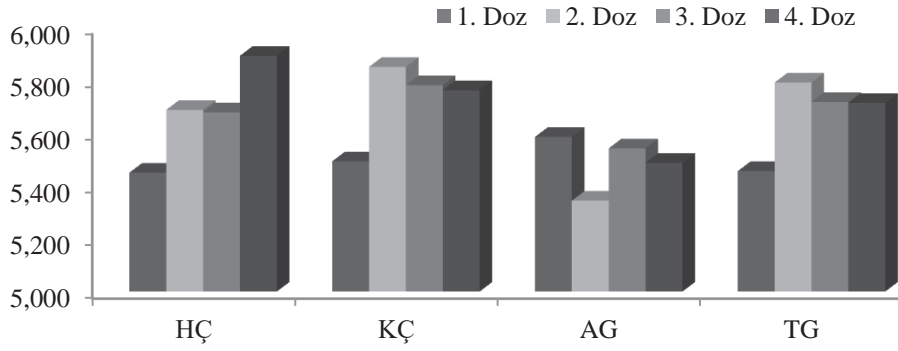
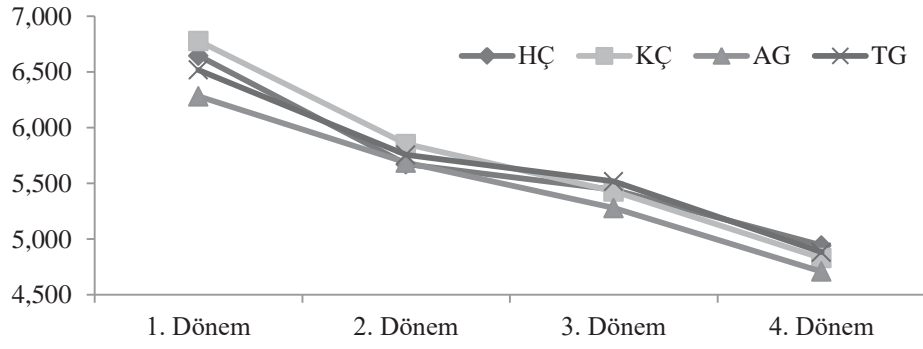
Ancak AG uygulaması dışında diğer uygulamalarda göreceli olarak kontrole göre artış görülmüştür. Şekil 4.12 incelendiğinde İnkübasyon zamanına bağlı olarak toprakların Cu içeriğinde sürekli bir azalma olduğu görülmektedir.

Toprakların Cu içeriğindeki azalmalar incelendiğinde uygulanan arıtma çamurları ve gübrelere benzer olduğu görülmektedir. Azalmalar genel olarak değerlendirildiğinde birinci inkübasyon zamanında Cu içeriği $6,557 \text{ mg kg}^{-1}$ iken inkübasyon süresi sonunda $4,841 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu miktarı üzerine etkileri

Cu mg kg ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama
1. Dönem	1. Doz	6,016	6,094	6,243	6,156	6,127
	2. Doz	6,608	6,933	6,344	6,697	6,646
	3. Doz	6,715	7,180	6,647	6,977	6,880
	4. Doz	7,250	6,906	5,895	6,247	6,575
Ortalama		6,647	6,778	6,282	6,519	6,557 <u>A</u>
2. Dönem	1. Doz	5,512	5,687	5,795	5,499	5,623
	2. Doz	5,758	5,821	5,346	5,852	5,694
	3. Doz	5,717	5,831	5,365	5,860	5,693
	4. Doz	5,704	6,078	6,244	5,814	5,960
Ortalama		5,673	5,854	5,688	5,756	5,743 <u>B</u>
3. Dönem	1. Doz	5,389	5,403	5,382	5,335	5,377
	2. Doz	5,571	5,701	5,069	5,643	5,496
	3. Doz	5,308	5,449	5,267	5,395	5,355
	4. Doz	5,505	5,159	5,397	5,696	5,439
Ortalama		5,443	5,428	5,279	5,517	5,417 <u>B</u>
4. Dönem	1. Doz	4,883	4,786	4,918	4,833	4,855
	2. Doz	4,811	4,941	4,618	4,968	4,835
	3. Doz	4,973	4,690	4,888	4,636	4,797
	4. Doz	5,106	4,900	4,410	5,095	4,878
Ortalama		4,943	4,829	4,709	4,883	4,841 <u>C</u>
Kaynak Ort		5,680	5,720	5,490	5,670	
Ortalama	1. Doz	5,450	5,493	5,585	5,456	5,500
	2. Doz	5,687	5,849	5,344	5,790	5,670
	3. Doz	5,678	5,788	5,542	5,717	5,680
	4. Doz	5,891	5,761	5,487	5,713	5,710

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.12. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Cu değerindeki değişimler, mg kg⁻¹

Toprağa uygulanan arıtma çamurları ile ahır gübresi ve tavuk gübresinin artan uygulama düzeylerine ve inkübasyon süresine bağlı olarak toprağın Mn içeriğinde meydana getirdiği değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14).

Uygulama düzeylerine bağlı olarak toprağın Mn içeriği artış göstermiştir. Göreceli olarak en fazla artış TG uygulamasında olmuştur.

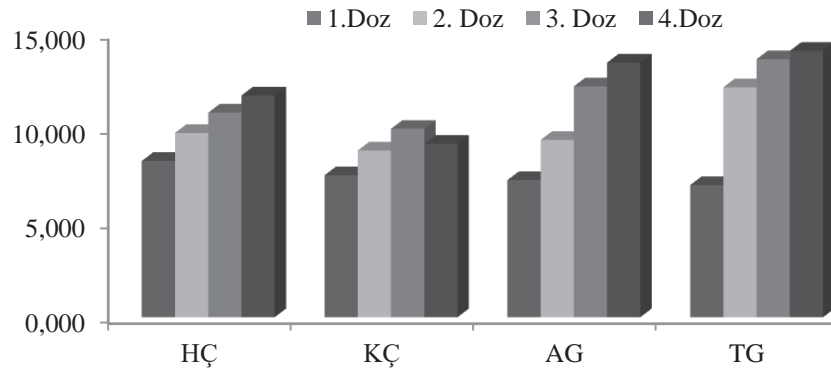
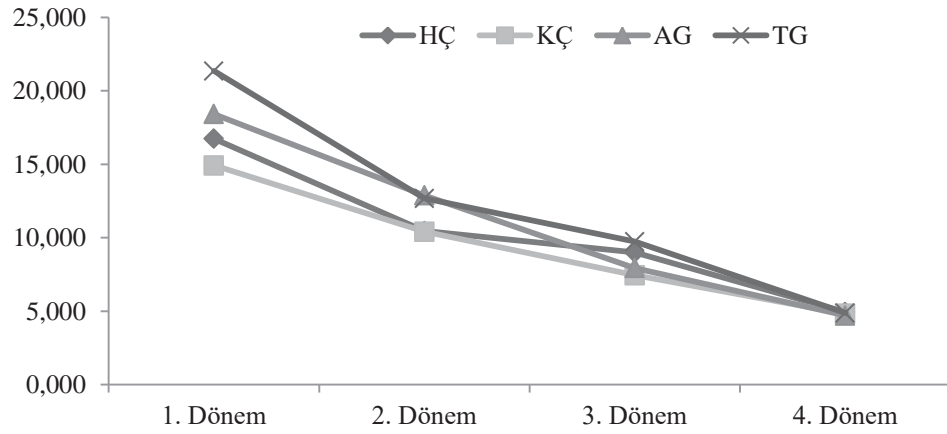
Tavuk gübresini AG>HÇ>KÇ izlemiştir. Şekil 4.13 incelendiğinde inkübasyon zamanına bağlı olarak toprakların Mn içeriğinde azalma olduğu görülmektedir.

Toprakların Mn içeriğindeki azalmalar incelendiğinde uygulanan arıtma çamurları ve gübrelere benzer olduğu görülmektedir. Azalmalar genel olarak değerlendirildiğinde birinci inkübasyon zamanında Mn içeriği 17,86 mg kg⁻¹ iken inkübasyon süresi sonunda 3,279 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Çizelge. 4.14. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn miktarı üzerine etkileri

	Mn mg kg ⁻¹	HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama
1. Dönem	1. Doz	13,99	13,28	11,92	12,50	12,92 D
	2. Doz	17,18	16,27	17,08	24,25	18,69 B
	3. Doz	17,35	15,80	21,48	24,27	19,73 A
	4. Doz	18,46	14,33	23,21	24,36	20,09 A
Ortalama	16,75 c	14,92 d	18,42 b	21,35 a	17,86 <u>A</u>	
2. Dönem	1. Doz	8,990	8,590	8,920	7,680	8,545 G
	2. Doz	10,01	9,870	10,22	12,01	10,53 EF
	3. Doz	11,30	11,39	13,74	17,32	13,44 CD
	4. Doz	11,54	11,83	18,66	13,73	13,94 C
Ortalama	10,46 f	10,42 f	12,89 e	12,69 e	11,61 <u>B</u>	
3. Dönem	1. Doz	6,510	5,350	5,670	5,700	5,808 H
	2. Doz	8,320	6,870	6,460	8,700	7,588 G
	3. Doz	9,930	9,410	9,350	10,19	9,720 F
	4. Doz	11,23	8,170	10,31	14,38	11,02 E
Ortalama	8,998 g	7,450 h	7,948 h	9,743 fg	8,534 <u>C</u>	
4. Dönem	1. Doz	3,580	2,840	2,510	2,080	2,753 I
	2. Doz	3,470	2,260	3,730	3,650	3,278 I
	3. Doz	4,670	3,250	4,230	2,760	3,728 I
	4. Doz	5,640	2,350	1,630	3,810	3,358 I
Ortalama	4,340 ı	2,675 j	3,025 j	3,075 j	3,279 <u>D</u>	
Kaynak Ort	10,14 b	8,870 c	10,57 b	11,71 a		
Ortalama	1. Doz	8,268 gh	7,515 hı	7,255 ı	6,990 ı	7,510 C
	2. Doz	9,745 ef	8,818 fg	9,373 ef	12,15 b	10,02 B
	3. Doz	10,81 cd	9,963 de	12,20 b	13,64 a	11,65 A
	4. Doz	11,72 bc	9,170 efg	13,03 a	14,07 a	12,10 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.13. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Mn değerindeki değişimler, mg kg⁻¹

Toprağa uygulanan arıtma çamurları ile ahır gübresi ve tavuk gübresinin artan uygulama düzeylerine ve inkübasyon süresine bağlı olarak toprağın Zn içeriğinde meydana getirdiği değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Uygulama düzeylerine bağlı olarak toprağın Zn içeriği artış göstermiştir. Göreceli olarak en fazla artış HÇ uygulamasında belirlenmiştir.

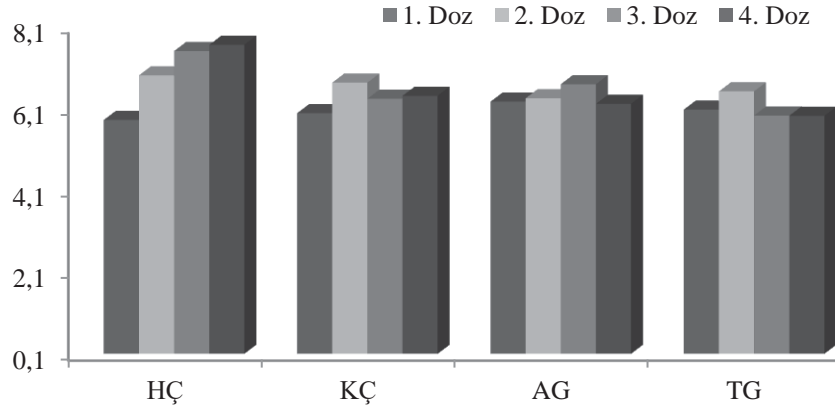
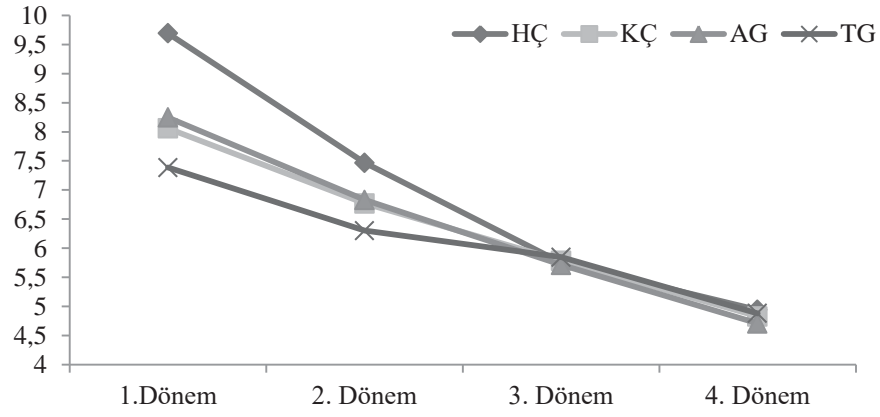
Kontrol uygulamasında Zn içeriği 6,190 mg kg⁻¹ iken 4. dozda 7,580 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Şekil 4.14 incelendiğinde inkübasyon zamanına bağlı olarak toprakların Zn içeriğinde azalma olduğu görülmektedir.

Toprakların Zn içeriğindeki azalmalar incelendiğinde birinci inkübasyon zamanında Zn içeriği 8,346 mg kg⁻¹ iken inkübasyon süresi sonunda 6,414 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn miktarı üzerine etkileri

Zn mg kg ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama
1. Dönem	1. Doz	7,049	7,276	7,767	7,378	7,368
	2. Doz	8,909	8,079	7,955	7,680	8,156
	3. Doz	11,15	8,687	9,294	7,780	9,228
	4. Doz	11,66	8,189	7,973	6,705	8,632
Ortalama		9,692	8,058	8,247	7,386	8,346 <u>A</u>
2. Dönem	1. Doz	5,953	6,143	6,511	6,270	6,219
	2. Doz	7,059	7,066	6,461	6,899	6,871
	3. Doz	8,544	6,498	7,300	5,879	7,055
	4. Doz	8,315	7,375	7,048	6,169	7,227
Ortalama		7,468	6,771	6,830	6,304	6,843 <u>B</u>
3. Dönem	1. Doz	5,380	5,723	5,849	5,793	5,686
	2. Doz	6,832	6,815	6,342	6,503	6,623
	3. Doz	5,308	5,449	5,267	5,395	5,355
	4. Doz	5,505	5,159	5,397	5,696	5,439
Ortalama		5,756	5,787	5,714	5,847	6,627 <u>BC</u>
4. Dönem	1. Doz	4,883	4,786	4,918	4,833	4,855
	2. Doz	4,811	4,941	4,618	4,968	4,835
	3. Doz	4,973	4,690	4,888	4,636	4,797
	4. Doz	5,106	4,900	4,410	5,095	4,878
Ortalama		4,943	4,829	4,709	4,883	6,414 <u>C</u>
Kaynak Ort		7,99 a	6,95 b	6,93 b	6,36 c	
Ortalama	1. Doz	5,816	5,982	6,261	6,069	6,190 C
	2. Doz	6,903	6,725	6,344	6,513	6,690 B
	3. Doz	7,494	6,331	6,687	5,923	7,450 A
	4. Doz	7,646	6,405	6,207	5,916	7,580 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.14. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Zn değerindeki değişimler, mg kg^{-1}

Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelerinin topraklarda uygulama düzeyleri ve inkübasyon zamanına bağlı olarak alınabilir kimi ağır metallerin (Cd, Cr, Ni ve Pb) değerlerindeki meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.16-4.19'de verilmiştir. Toprakların alınabilir ağır metal Cd, Cr, Ni ve Pb miktarı üzerine etki bakımından arıtma çamurlarının, uygulama düzeylerinin ve inkübasyon zamanının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

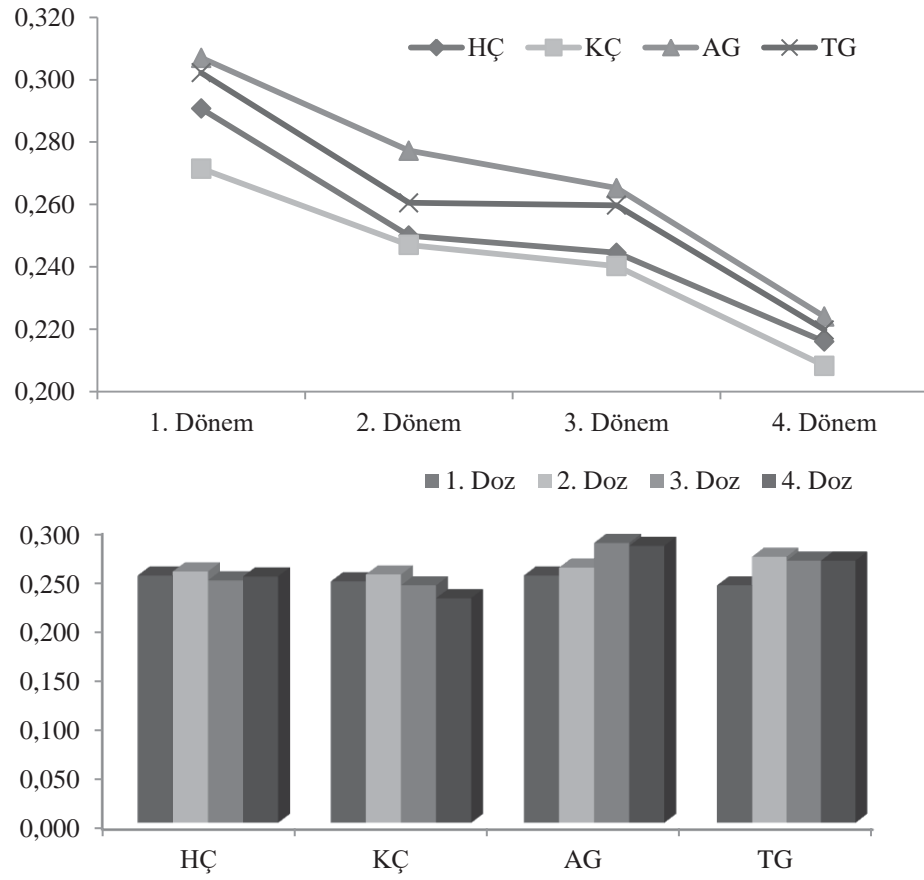
Çizelge 4.16 ve Şekil 4.15 incelendiğinde toprakların alınabilir Cd, içerikleri ham ve kireçli arıtma çamuru uygulama düzeylerine bağlı olarak azalma gösterirken ahır ve tavuk gübre uygulama düzeylerinde artış göstermiştir. AG uygulamasında en fazla artış ($0,251-0,281 \text{ mg kg}^{-1}$) görülürken KÇ uygulamasında en fazla azalma ($0,245-0,228 \text{ mg kg}^{-1}$) görülmüştür.

Çizelge 4.16 ve Şekil 4.15 birlikte incelendiğinde toprakların alınabilir Cd içerikleri inkübasyon zamanına bağlı olarak azalma göstermiştir. Şekil 3.30 incelendiğinde toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd miktarlarındaki düşüş gübrelere daha fazla görülmektedir. En fazla düşüş AG uygulamasında (0,307-0,224 mg kg⁻¹) iken en az düşüş KÇ uygulamasında (0,272-0,208 mg kg⁻¹) görülmüştür.

Çizelge 4.16. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve gübrelere inkübasyon süresince iki farklı toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd miktarı üzerine etkileri

Cd mg kg ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama
1. Dönem	1. Doz	0,295	0,274	0,280	0,273	0,281
	2. Doz	0,293	0,288	0,295	0,314	0,298
	3. Doz	0,282	0,275	0,334	0,310	0,300
	4. Doz	0,293	0,249	0,319	0,312	0,293
Ortalama		0,291	0,272	0,307	0,302	0,293 <u>A</u>
2. Dönem	1. Doz	0,248	0,250	0,259	0,240	0,249
	2. Doz	0,258	0,256	0,259	0,271	0,261
	3. Doz	0,247	0,245	0,284	0,275	0,263
	4. Doz	0,247	0,237	0,307	0,256	0,262
Ortalama		0,250	0,247	0,277	0,261	0,259 <u>B</u>
3. Dönem	1. Doz	0,241	0,240	0,243	0,236	0,240
	2. Doz	0,249	0,246	0,253	0,264	0,253
	3. Doz	0,241	0,242	0,275	0,269	0,257
	4. Doz	0,247	0,233	0,290	0,270	0,260
Ortalama		0,245	0,240	0,265	0,260	0,252 <u>B</u>
4. Dönem	1. Doz	0,218	0,217	0,221	0,215	0,218
	2. Doz	0,218	0,219	0,227	0,230	0,224
	3. Doz	0,215	0,203	0,241	0,209	0,217
	4. Doz	0,213	0,194	0,207	0,225	0,210
Ortalama		0,216	0,208	0,224	0,220	0,217 <u>C</u>
Kaynak Ort		0,251 bc	0,242 c	0,268 a	0,261 ab	
Ortalama	1. Doz	0,251	0,245	0,251	0,241	0,247
	2. Doz	0,255	0,252	0,259	0,270	0,259
	3. Doz	0,246	0,241	0,284	0,266	0,259
	4. Doz	0,250	0,228	0,281	0,266	0,256

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.15. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Cd değerindeki değişimler, mg kg⁻¹

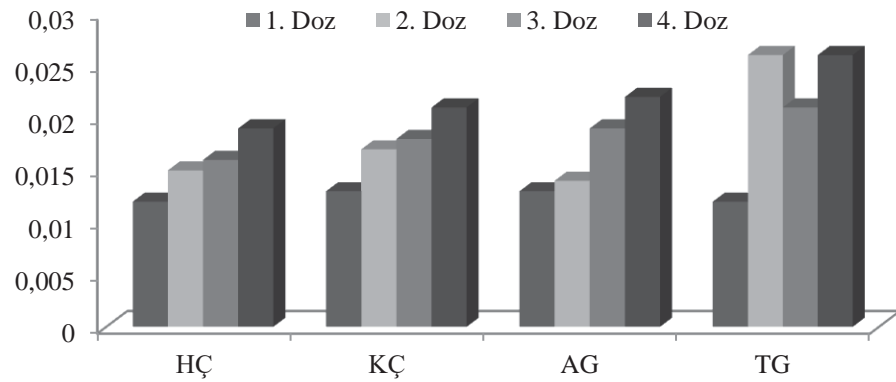
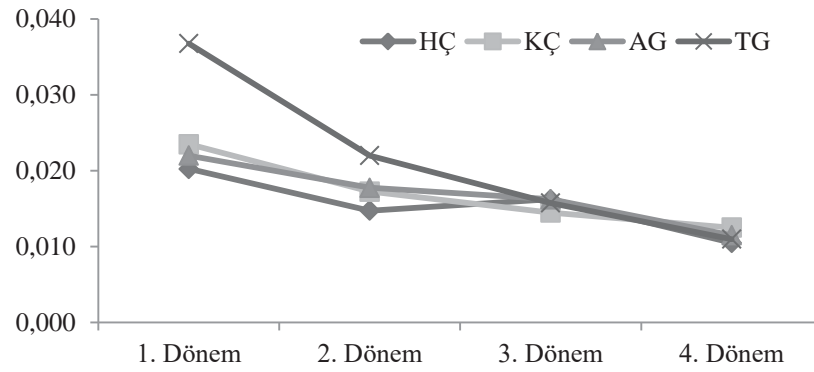
Çizelge 4.17 ve Şekil 4.16 birlikte incelendiğinde toprakların alınabilir Cr içerikleri uygulama düzeylerine bağlı olarak ham ve kireçli arıtma çamurları ile ahır ve tavuk gübre uygulamalarında artış göstermiştir.

TG uygulamasında en fazla(0,012-0,026 mg kg⁻¹) artış görülürken HÇ uygulamasında en fazla azalma (0,012-0,019 mg kg⁻¹) görülmüştür. Çizelge 4.17 ve Şekil 4.16 birlikte incelendiğinde toprakların alınabilir Cr içerikleri inkübasyon zamanına bağlı olarak azalma göstermiştir. Şekil 4.32 incelendiğinde toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr miktarlarındaki düşüşün TG uygulamasında (0,037-0,011 mg kg⁻¹) daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr miktarı üzerine etkileri

Cr mg kg ⁻¹		HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama
1. Dönem	1. Doz	0,016	0,019	0,017	0,016	0,017 DE
	2. Doz	0,019	0,026	0,021	0,047	0,028 AB
	3. Doz	0,022	0,025	0,024	0,034	0,026 B
	4. Doz	0,024	0,024	0,026	0,050	0,031 A
Ortalama		0,020 bc	0,024 b	0,022 b	0,037 a	0,026 <u>A</u>
2. Dönem	1. Doz	0,012	0,013	0,012	0,011	0,012 FG
	2. Doz	0,013	0,016	0,014	0,034	0,019 CD
	3. Doz	0,017	0,017	0,019	0,022	0,019 CD
	4. Doz	0,017	0,023	0,026	0,021	0,022 C
Ortalama		0,015 def	0,017 cd	0,018 cd	0,022 b	0,018 <u>B</u>
3. Dönem	1. Doz	0,011	0,011	0,012	0,012	0,012 FG
	2. Doz	0,015	0,013	0,011	0,014	0,013 F
	3. Doz	0,015	0,017	0,020	0,016	0,017 DE
	4. Doz	0,024	0,017	0,022	0,021	0,021 C
Ortalama		0,016 d	0,015 def	0,016 d	0,016 de	0,016 <u>C</u>
4. Dönem	1. Doz	0,009	0,009	0,011	0,009	0,010 G
	2. Doz	0,011	0,011	0,011	0,010	0,011 FG
	3. Doz	0,011	0,011	0,012	0,012	0,012 FG
	4. Doz	0,011	0,019	0,012	0,013	0,014 EF
Ortalama		0,011 g	0,013 efg	0,012 fg	0,011 g	0,011 <u>D</u>
Kaynak ort		0,016 b	0,017 b	0,017 b	0,021 a	
Ortalama	1. Doz	0,012 g	0,013 fg	0,013 fg	0,012 g	0,013 C
	2. Doz	0,015 efg	0,017 de	0,014 efg	0,026 a	0,018 B
	3. Doz	0,016 def	0,018 cde	0,019 bcd	0,021 b	0,019 B
	4. Doz	0,019 bcd	0,021 bc	0,022 b	0,026 a	0,022 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.16. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Cr değerindeki değişimler, mg kg^{-1}

Şekil 4.17 incelendiğinde toprakların alınabilir Ni içerikleri uygulama düzeylerine bağlı olarak ham ve kireçli arıtma çamurları ile ahır ve tavuk gübre uygulamalarında artış göstermiş ancak gübrelerdeki artış miktarının arıtma çamurlarına göre daha fazla olduğu görülmüştür.

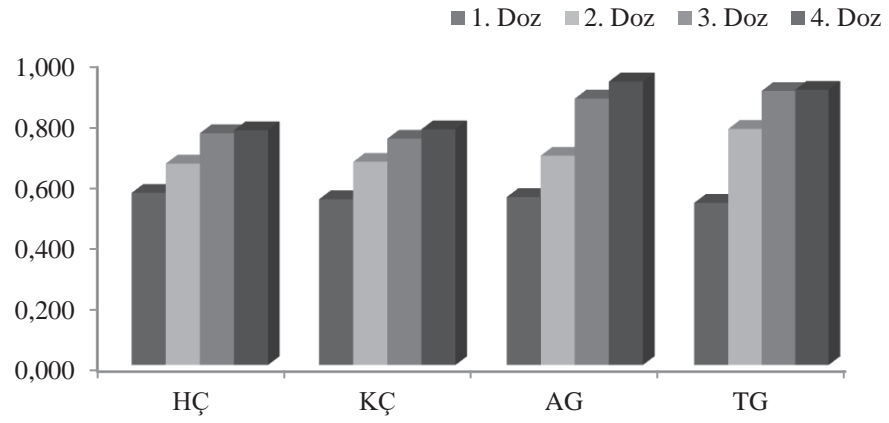
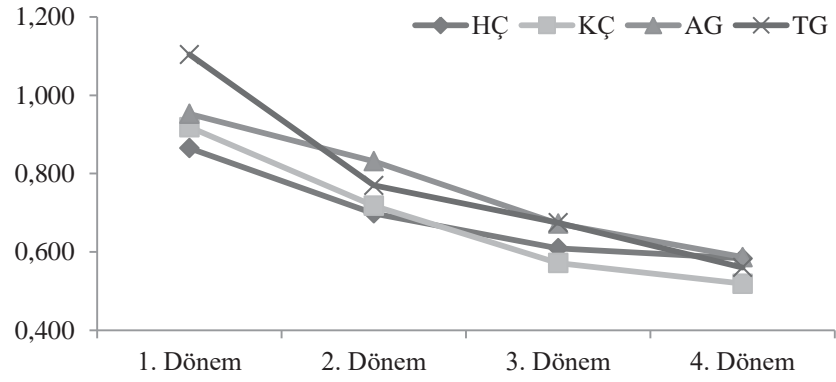
En fazla artış miktarı TG uygulamasında ($0,532- 0,904 \text{ mg kg}^{-1}$) görülürken en az artış HÇ uygulamasında ($0,565-0,771 \text{ mg kg}^{-1}$) görülmüştür.

Çizelge 4.18 ve Şekil 4.17 birlikte incelendiğinde toprakların alınabilir Ni içerikleri inkübasyon zamanına bağlı olarak azalma göstermiştir. En fazla azalmanın ise yine gübrelerden TG uygulamasında meydana geldiği görülmüştür.

Çizelge 4.18. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince iki farklı toprak DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni miktarı üzerine etkileri

Ni mg kg ⁻¹	HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama	
1. Dönem	1. Doz	0,756	0,756	0,754	0,746	0,753 DE
	2. Doz	0,846	0,892	0,928	1,049	0,929 B
	3. Doz	0,930	0,969	1,061	1,410	1,093 A
	4. Doz	0,928	1,057	1,067	1,210	1,066 A
Ortalama	0,865 c	0,919 bc	0,953 b	1,104 a	0,960 <u>A</u>	
2. Dönem	1. Doz	0,610	0,590	0,596	0,567	0,591 G
	2. Doz	0,691	0,721	0,734	0,831	0,744 DE
	3. Doz	0,768	0,750	0,879	0,861	0,815 CD
	4. Doz	0,725	0,812	1,117	0,821	0,869 BC
Ortalama	0,699 ef	0,718 ef	0,832 cd	0,770 de	0,755 <u>B</u>	
3. Dönem	1. Doz	0,479	0,447	0,460	0,444	0,458 HI
	2. Doz	0,601	0,578	0,580	0,662	0,605 G
	3. Doz	0,662	0,650	0,801	0,731	0,711 EF
	4. Doz	0,696	0,613	0,849	0,863	0,755 DE
Ortalama	0,610 gh	0,572 hı	0,673 fg	0,675 fg	0,632 <u>C</u>	
4. Dönem	1. Doz	0,413	0,383	0,393	0,370	0,390 HI
	2. Doz	0,506	0,477	0,507	0,556	0,512 G
	3. Doz	0,683	0,603	0,759	0,596	0,660 FG
	4. Doz	0,734	0,615	0,690	0,720	0,690 EF
Ortalama	0,584 hı	0,520 ı	0,587 hı	0,561 hı	0,563 <u>D</u>	
Kaynak Ort	0,689 b	0,682 b	0,761 a	0,777 a		
Ortalama	1. Doz	0,565 e	0,544 e	0,551 e	0,532 e	0,548 C
	2. Doz	0,661 d	0,667 d	0,687 cd	0,775 b	0,697 B
	3. Doz	0,761 bc	0,743 bcd	0,875 a	0,900 a	0,819 A
	4. Doz	0,771 b	0,774 b	0,931 a	0,904 a	0,845 A

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



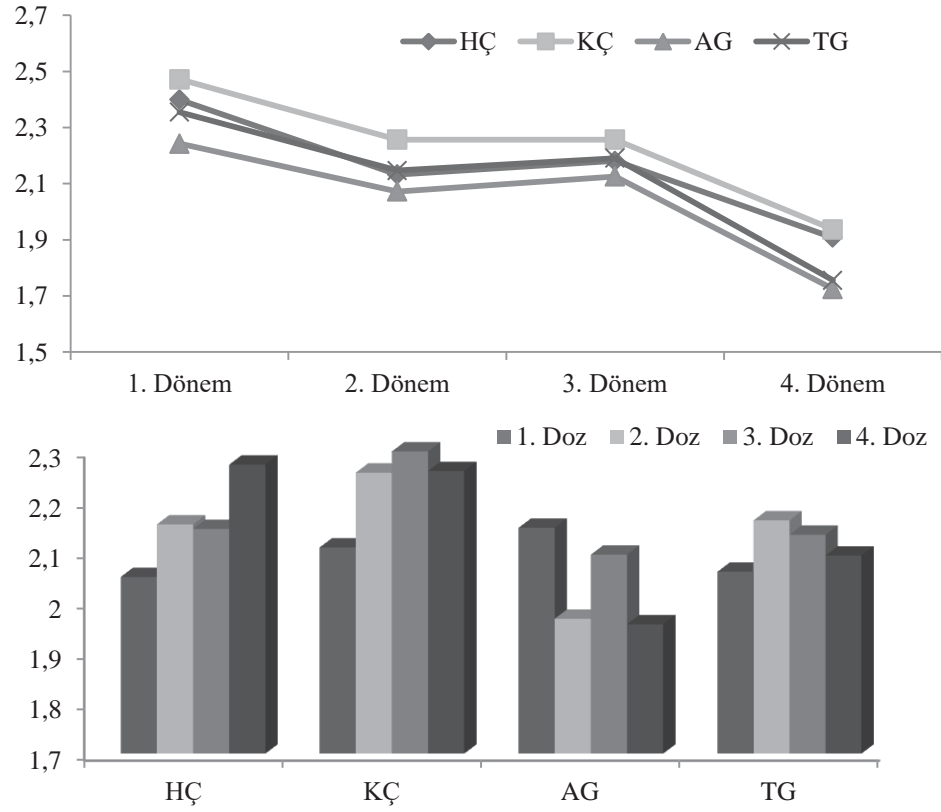
Şekil 4.17. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Ni değerindeki değişimler, mg kg-1

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.18 birlikte incelendiğinde toprakların alınabilir Pb içerikleri uygulama düzeylerine ve inkübasyon zamanına bağlı göreceli olarak dalgalanma olduğu görülmektedir. İnkübasyon süresine bağlı olarak azalışlar önemli ve belirgin olmuştur.

Çizelge 4.19. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin inkübasyon süresince iki farklı toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb miktarı üzerine etkileri

Pb mg kg⁻¹	HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama	
1. Dönem	1. Doz	2,164	2,278	2,329	2,241	2,253
	2. Doz	2,423	2,536	2,224	2,487	2,418
	3. Doz	2,423	2,666	2,387	2,494	2,493
	4. Doz	2,589	2,408	2,031	2,199	2,307
Ortalama	2,340	2,472	2,243	2,355	2,367 <u>A</u>	
2. Dönem	1. Doz	2,092	2,114	2,168	2,014	2,097
	2. Doz	2,119	2,187	1,928	2,156	2,098
	3. Doz	2,157	2,262	2,010	2,165	2,149
	4. Doz	2,165	2,466	2,181	2,251	2,266
Ortalama	2,133	2,257	2,072	2,147	2,152 <u>B</u>	
3. Dönem	1. Doz	2,113	2,159	2,178	2,107	2,139
	2. Doz	2,203	2,316	1,990	2,221	2,183
	3. Doz	2,079	2,348	2,133	2,235	2,199
	4. Doz	2,327	2,204	2,202	2,201	2,234
Ortalama	2,181	2,257	2,126	2,191	2,189 <u>B</u>	
4. Dönem	1. Doz	1,832	1,883	1,914	1,880	1,877
	2. Doz	1,871	1,986	1,728	1,784	1,842
	3. Doz	1,921	1,917	1,847	1,640	1,831
	4. Doz	2,008	1,960	1,412	1,718	1,775
Ortalama	1,908	1,937	1,725	1,756	1,831 <u>C</u>	
Kaynak Ort	2,155 ab	2,141 a	2,041 b	2,112 ab		
Ortalama	1. Doz	2,050	2,109	2,147	2,061	2,091
	2. Doz	2,154	2,256	1,968	2,162	2,135
	3. Doz	2,145	2,298	2,094	2,133	2,167
	4. Doz	2,272	2,260	1,957	2,092	2,145

*Küçük harf yatay karşılaştırma, büyük harf dikey karşılaştırma, italik harf ortalamalar karşılaştırması



Şekil 4.18. Arıtma çamurları, ahır gübresi ve tavuk gübresinin uygulama düzeyleri ve zamana bağlı olarak toprak Pb değerindeki değişimler, mg kg⁻¹

Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde ağır metal içeriklerinin azalması uygulama düzeylerine bağlı olarak toprakların organik madde içeriklerinin artması ve mineralizasyona bağlı olarak kompleks bileşiklerin oluşmasından kaynaklanmış olabilir (Walter ve ark. 2002). Yapılan çalışmalarda arıtma çamuru uygulamasının toprakların alınabilir ağır metal içeriklerini arttırdığı belirlenirken kimi araştırmacılar zamanla bu artışın azaldığını belirtmişlerdir (Rundle ve ark. 1982, Afyuni ve ark. 2006). Toprakların ağır metal içeriğindeki artışların farklı düzeylerde olması toprak özellikleri çamur ve gübre özellikleri ile yakından ilgilidir. Yapılan çalışmalarda toprakların pH, tekstür, organik madde içeriği gibi özelliklerinin mikroelement ve ağır metallerin farklı fraksiyonları arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir (Smith 2009). Zamana bağlı olarak topraktaki ağır metallerin fraksiyonları ile ilgili olarak Lu ve ark. (2005) farklı topraklar kullanarak yaptıkları inkübasyon çalışması sonucunda ele aldıkları ağır metallerden bakırın (Cu) inkübasyon süresince alınabilir ve kirece bağlı fraksiyonunda azalış belirlerken, Fe-Mn ve organik bağlı fraksiyonun arttığını belirlemişlerdir.

Pb için ise alınabilir fraksiyon azalırken Fe-Mn, kireç ve organik bağlı fraksiyonun arttığını belirlemişlerdir. Zamana bağlı olarak alınabilir mikro element ve ağır metal düzeylerinin azalması topraktaki miktarın bir göstergesi değildir. Toprak özelliklerine ve zamanla toprakta meydana gelen mineralizasyona bağlı olarak bu metallerin farklı fraksiyonları arasındaki değişimden kaynaklanmaktadır. Oud (2008), üç farklı toprakta DTPA ile ekstarkte edilebilir ağır metal miktarları ile ilgili olarak yaptığı çalışmada kireç içeriği yüksek topraklarda ağır metallerin CaCO₃'a bağlanacağını ve pH değerinin 8,0'den yüksek olması durumunda ise bu metallerin hidroksid (OH⁻) formu nedeniyle mobilitelerinin azaldığını bildirmiştir.

4.2. Arıtma Çamurları ve Hayvansal Gübre Uygulamalarının Mısır Bitkisi Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelerinin mısır bitkisi gelişimi ve besin elementi üzerine etkisi incelenmiştir. Çizelge 4.20'de mısır bitkisi için belirlenmiş olan sınır değerler verilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alpaslan ve ark. 1998, Anonim 2012). Çizelge 4.21'de mısır bitkisinde belirlenen kimi besin elementlerinin LSD değerleri ve önemlilik dereceleri verilmiştir.

Çizelge 4.20. Mısır bitkisinde bulunması gereken kimi bitki besin elementleri

B.B Kısmı Zaman	Mısır (Koçan Yaprığı, Püskül Oluşumu)		
Element	Noksan	Yeterli	Fazla
%			
N	2,00-2,60	2,70-4,0	>4,0
P	0,15-0,24	0,25-0,5	0,51-0,8
K	1,00-1,60	1,70-3,0	3,1-5,0
Ca	0,10-0,20	0,21-1,0	>1,0
Mg	0,10-0,19	0,20-1,0	>1,0
mg kg ⁻¹			
Fe	10-20	21-250	251-350
Zn	15-24	25-100	101-150
Mn	10-19	20-200	201-300
B	2-4	5-25	26-60
Cu	2-5	6-20	21-70

Çizelge 4.21. Mısır bitkisindeki kimi elementlerin LSD değerleri ve önemlilik düzeyleri

Faktör	KA	N	P	Na	K	Ca	Mg	Cu	Zn	B	Fe	Mn
Doz	öd	**	**	*	öd	öd	**	öd	*	**	**	Öd
Atık	öd	öd	*	öd	öd	*	öd	*	*	**	öd	*
Doz*Atık	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	Öd

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin kuru ağırlığı ile kimi besin elementleri ve ağır metal içeriklerinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Mısır bitkisinin besin elementi içeriği üzerine ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübresi uygulaması ve toprak özelliklerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ve ahır ve tavuk gübrelerin mısır bitkisinin kuru ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

Ancak yapılan uygulamalar kontrole göre artış göstermiştir. Elde olunan verilerin önemsiz olması deneme süresinin kısa olması ve gelişme farklılığının tam belirlenememesinden kaynaklanmış olabilir (Çizelge 4.22 ve Şekil 4.19).

Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ve ahır ve tavuk gübrelerin mısır bitkisinin azot içeriği üzerine etkileri Şekil 4.20’de verilmiştir.

Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisi % N (azot) içeriği üzerine etkisi incelendiğinde çamurların etkisinin doz artışı ile orantısız olarak arttığı görülmektedir. En yüksek % N içeriği HÇ uygulamasının en yüksek düzeyinde (% 3,28) elde edilmiştir.

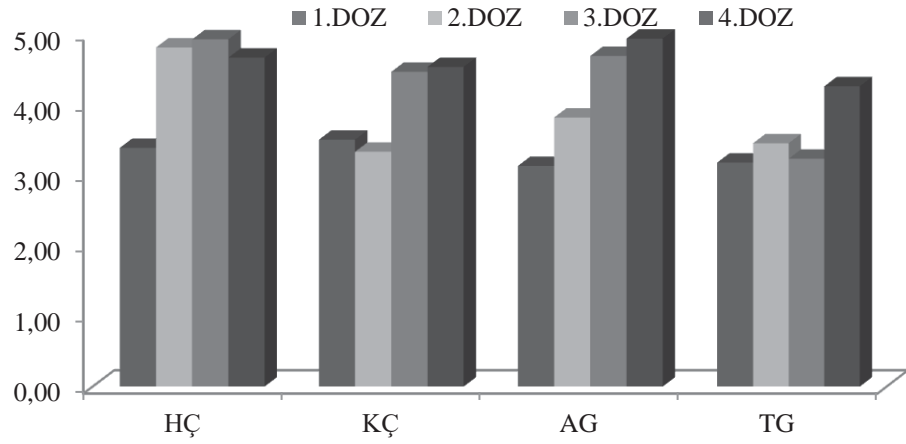
TG uygulamasının % N içeriği uygulama düzeyi artıkça artmış ancak en yüksek uygulama düzeyi ile birlikte azalma göstermiştir. Bu durum TG uygulamasına bağlı olarak toprak tuzluluğunun artışı ile ilgili olabilir.

Mısır bitkisi % N yeterlilik sınır değerleri (% 2,7-4,0)’ne göre artan dozlarda arıtma çamurları ve hayvansal gübre uygulamalarından sonra mısır bitkisindeki % N içeriği (% 2,34-3,28) doz artışlarına paralel olarak noksanlıktan yeterlilik düzeyine ulaşmıştır (Jones ve ark. 1991, Alpaslan ve ark. 1998, Anonim 2012).

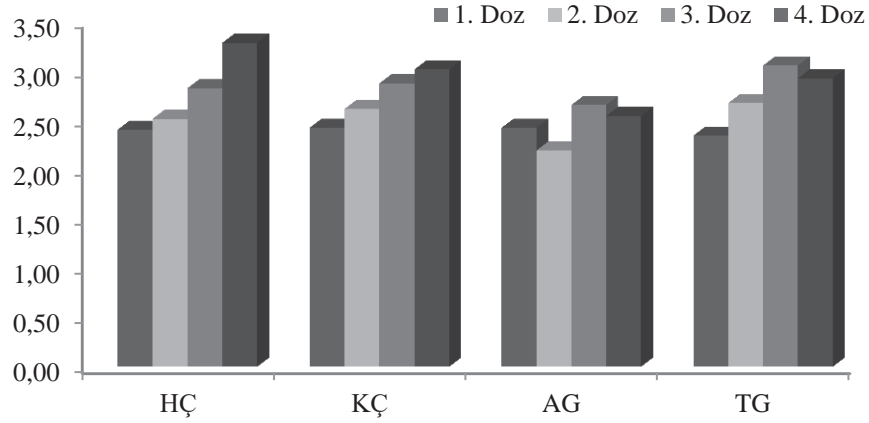
Buna göre AG artan doz düzeyleri sonucunda elde edilen % N değerleri (% 2,42-2,54) uygulama düzeylerine paralel olarak artış göstermesine rağmen yeterli düzeye ulaşamamıştır. HÇ, KÇ, ve TG uygulamalarının 3. ve 4. dozlarında yeterli sınır değerlere ulaştığı görülmektedir.

Çizelge 4.22. Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübresinin mısır bitkisi kimi besin element içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar	HÇ	KÇ	AG	TG	Ortalama	
K _A , g s ⁻¹	1.Doz	3,39	3,50	3,13	3,18	3,30
	2.Doz	4,81	3,33	3,82	3,45	4,07
	3.Doz	4,92	4,46	4,69	3,23	4,11
	4.Doz	4,66	4,53	4,93	4,26	4,59
	Ortalama	4,44	3,96	4,14	3,53	
% N	1.Doz	2,40	2,42	2,42	2,34	2,40 B
	2.Doz	2,51	2,61	2,19	2,67	2,50 B
	3.Doz	2,82	2,87	2,65	3,05	2,85 A
	4.Doz	3,28	3,01	2,54	2,92	2,94 A
	Ortalama	2,75	2,73	2,45	2,75	
% P	1.Doz	0,140	0,140	0,153	0,167	0,150 C
	2.Doz	0,174	0,173	0,183	0,213	0,186 B
	3.Doz	0,210	0,200	0,209	0,293	0,228 A
	4.Doz	0,275	0,232	0,207	0,274	0,247 A
	Ortalama	0,199 b	0,186 b	0,188 b	0,237 b	
% Na	1.Doz	0,178	0,168	0,175	0,180	0,175 C
	2.Doz	0,176	0,189	0,184	0,199	0,187 BC
	3.Doz	0,189	0,184	0,188	0,201	0,190 AB
	4.Doz	0,198	0,198	0,200	0,204	0,200 A
	Ortalama	0,185	0,185	0,187	0,196	
% K	1.Doz	3,27	3,00	2,95	3,23	3,11
	2.Doz	3,34	3,21	3,53	3,73	3,45
	3.Doz	3,58	2,19	3,83	3,91	3,38
	4.Doz	3,81	2,15	3,86	4,01	3,86
	Ortalama	3,50	3,04	3,54	3,72	
% Ca	1.Doz	0,760	0,755	0,778	0,813	0,777
	2.Doz	0,690	0,721	0,733	0,912	0,765
	3.Doz	0,704	0,785	0,670	0,938	0,774
	4.Doz	0,861	0,814	0,616	0,828	0,780
	Ortalama	0,754 b	0,769 ab	0,699 b	0,872 a	
% Mg	1.Doz	0,241	0,243	0,287	0,238	0,252 A
	2.Doz	0,198	0,250	0,203	0,213	0,216 B
	3.Doz	0,192	0,189	0,225	0,205	0,202 BC
	4.Doz	0,182	0,204	0,177	0,178	0,182 C
	Ortalama	0,203	0,221	0,223	0,209	
Cu mg kg ⁻¹	1.Doz	5,34	5,25	7,01	6,54	6,04
	2.Doz	5,73	6,32	6,95	8,09	6,77
	3.Doz	6,97	6,93	7,08	9,37	7,59
	4.Doz	7,26	6,52	7,87	10,2	7,96
	Ortalama	6,33 B	6,25B	7,22 AB	8,55 A	
Zn mg kg ⁻¹	1.Doz	36,51	36,66	39,53	43,35	39,01 B
	2.Doz	57,36	43,54	43,57	61,58	51,51 A
	3.Doz	51,74	48,77	46,16	71,26	54,48 A
	4.Doz	54,73	55,33	47,03	59,29	54,09 A
	Ortalama	50,08 ab	46,07 b	44,07 b	58,87 a	
B mg kg ⁻¹	1.Doz	2,35	1,60	1,36	1,73	1,76 C
	2.Doz	6,02	1,86	2,97	3,33	3,54 B
	3.Doz	7,02	4,22	4,20	6,86	5,58 A
	4.Doz	8,00	4,83	5,33	7,67	6,46 A
	Ortalama	5,85 a	3,13 b	3,46 b	4,90 a	
Fe mg kg ⁻¹	1.Doz	58,58	55,51	52,17	56,15	55,60 B
	2.Doz	73,58	57,45	61,002	59,544	62,89 AB
	3.Doz	62,69	70,71	61,272	56,484	62,79 AB
	4.Doz	77,79	71,91	63,207	65,052	69,49 A
	Ortalama	68,16	63,90	59,41	59,31	
Mn mg kg ⁻¹	1.Doz	32,92	31,75	34,12	37,93	34,18
	2.Doz	40,29	30,77	41,83	55,27	42,04
	3.Doz	46,42	49,64	37,77	64,02	49,46
	4.Doz	55,34	35,03	30,28	49,63	42,57
	Ortalama	43,74 ab	36,79 b	36,00 b	51,71 a	



Şekil 4.19. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisi kuru ağırlığı üzerine etkisi, g saksı⁻¹

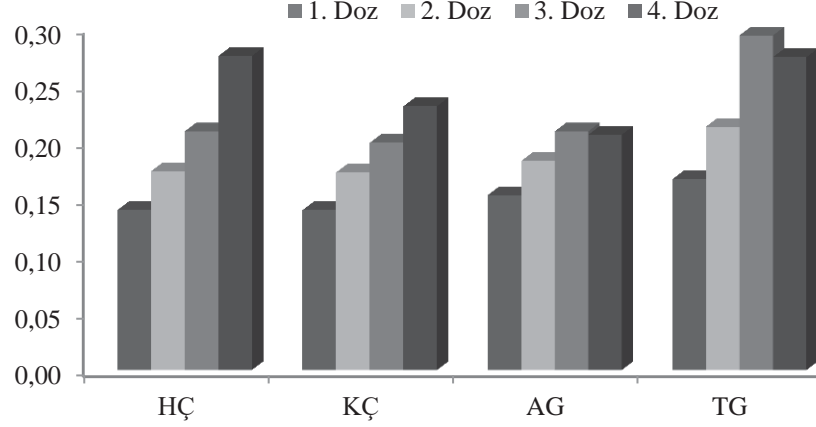


Şekil 4.20. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisi % N içeriği üzerine etkisi

Dursun ve ark. (2005) ve Aşık ve ark. (2013) çalışmalarında artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının bitkilerin azot içeriğini kontrole göre arttırdığını belirlemiştir. Arıtma çamurunun içermiş olduğu azotun ilk yıl % 30'u ikinci yıl %15'i ve üçüncü yıl % 5'i bitki için yararlı forma dönüşmektedir (Anonim 1997). Özellikle arıtma çamurlarının içermiş olduğu azot ve fosfor tarımsal uygulamalarda üzerinde önemle durulması gereken bir faktör olduğu Gilmour ve Skinner (1999) tarafından belirtilmiştir. Organik atıkların topraklara uygulanmasında temel prensip; yıllık olarak toprağa uygulanması planlanan atıkların içermiş olduğu azot ve fosfor miktarı bitkinin ihtiyacını geçmeyecek düzeyde hesaplanmalıdır.

Arıtma çamurlarında bulunan toplam azotun % 50 ile % 90'ı, bitkiye yararlılığı mineral formlara göre daha yavaş olan organik formda olduğu US EPA (1996) tarafından bildirilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübresinin mısır bitkisi fosfor içeriği üzerine etkileri Şekil 4.21'de verilmiştir.

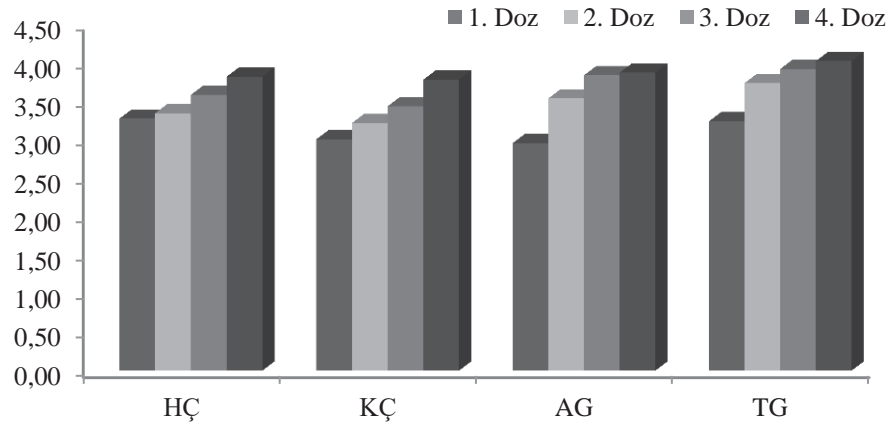


Şekil 4.21. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisi % P içeriği üzerine etkisi

Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine etkisi incelendiğinde etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Artan uygulama düzeylerine bağlı olarak bitkinin fosfor içeriğinde meydana gelen artışlar incelendiğinde çamur uygulamalarında artan doz uygulaması ile birlikte P içeriklerinin arttığı hayvansal gübre uygulamalarında ise 4. doz uygulamasında bu artışın azaldığı görülmektedir. En fazla P içeriği HÇ (% 0,275) ve TG'nin 3 doz uygulamasında (% 0,293)' de olmuştur. Ahmed ve ark. (2010) arıtma çamurlarının bitkinin P gereksinimini karşılaması yönünden yetersiz olduğunu bildirmesine rağmen yapılan çalışmada mısır bitkisinin fosfor içeriği çamur ve gübre uygulama düzeylerine bağlı olarak artmıştır. Bitkinin P içeriği yeterlilik sınır değerleri üzerinde (> %0,50) bulunmuştur. Yapılan çalışmada arıtma çamuru ve hayvansal gübre uygulamalarına bağlı olarak istatistiksel olarak önemli ve farklı sonuçlar elde edilmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübreler mısır bitkisinin başta N ve P olmak üzere kimi besin elementleri içeriklerini olumlu yönde etkilemiştir. Ancak bazı durumlarda yüksek doz uygulamalarında toprakta tuzluluğun artması nedeniyle olumsuz etkilenmiştir.

Yüksek uygulama düzeylerinde bitki besin elementlerindeki göreceli azalma, toprak özelliklerine bağlı olarak çamurların ve hayvansal gübrelerin mineralizasyonuna ve oluşan olumsuz özelliklerinden kaynaklanmış olabilir (Aşık 2011).

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının ve hayvansal gübrelerin toprakta mısır bitkisinin potasyum içeriği üzerine etkileri Şekil 4.22’de verilmiştir.

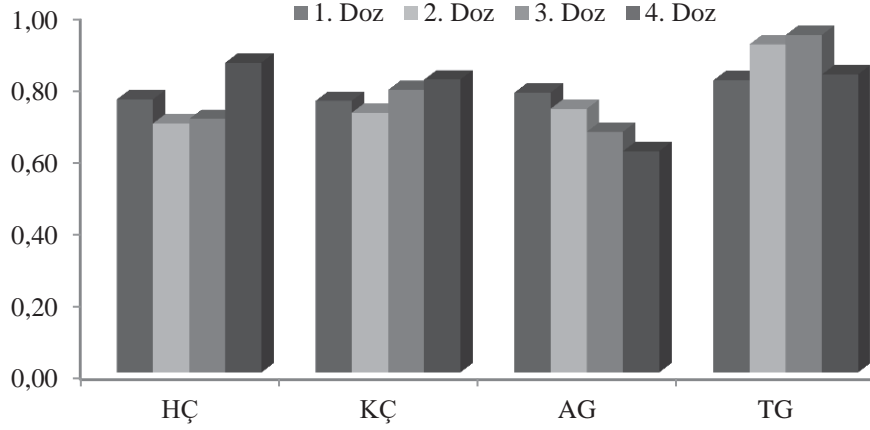


Şekil 4.22. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi % K içeriği üzerine etkisi

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi potasyum içeriği üzerine etkisi farklı düzeylerde olmuştur. En yüksek potasyum değeri TG (% 4,02) uygulamasında görülmüştür. Artan doz uygulamaları ile birlikte çamurlarda ve gübrelerde orantısal olarak bir artış elde edilmiştir.

Ancak K içeriği yeter sınırlar (%1,70-3,00) içerisinde ve üzerinde (%2,19-4,0) bulunmuştur. Conte Suarez ve ark. (2004), N ve P içeriği yüksek arıtma çamurlarının bitkinin N ve P içeriğini önemli düzeyde artırdığını ancak K içeriği yönünden bitkinin K ihtiyacını karşılayamayacağını bildirmiştir.

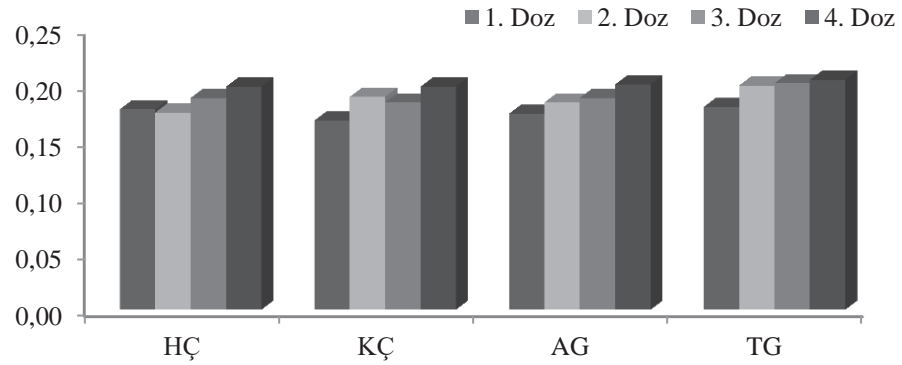
Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve gübrelerin toprakta mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine etkileri Şekil 4.23’de verilmiştir.



Şekil 4.23. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi % Ca içeriği üzerine etkisi

Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine etkileri incelendiğinde etkilerinin birbirlerinden farklı olduğu görülmüştür. AG haricindeki diğer uygulamalarda göreceli olarak kalsiyum artışı olmasına rağmen AG uygulamasında mısır bitkisinin kalsiyum içeriğinde doz düzeyinin artışı oranında azalma tespit edilmiştir. En fazla kalsiyum içeriği HÇ uygulamasının en yüksek düzeyinde (% 0,86) görülmüştür. Yapılan araştırmada uygulanan artan düzeylerde çamur ve gübre uygulamaları sonucunda mısır bitkisinde elde edilen kalsiyum içeriği (% 6,16-9,38) yeterlilik sınır değerinin (% 0,21-1,0) üzerinde bulunmuştur. Bu değişimler, yapılan toprak analizleri sonucundan anlaşılacağı üzere topraktaki kalsiyum içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

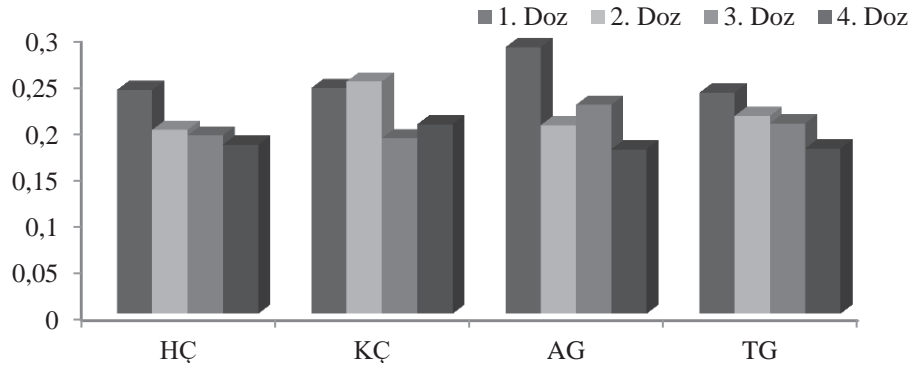
Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin toprakta mısır bitkisinin sodyum içeriği üzerine etkisi Şekil 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.24. Arıtma çamurları ve gübrelere mısır bitkisi % Na içeriği üzerine etkisi

Arıtma çamurlarının ve hayvansal gübrelere mısır bitkisinin sodyum içeriği üzerine etkisi incelendiğinde doz düzeylerine paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir. En yüksek sodyum içeriği TG uygulamasının en yüksek dozunda (% 0,204) elde edilmiştir. Bu sonuçlar ele alınan arıtma çamurlarının kimyasal özellikleri ile ilgilidir.

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve gübrelere topraklarda mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine etkileri Şekil 4.25’de verilmiştir.



Şekil 4.25. Arıtma çamurları ve gübrelere mısır bitkisi % Mg içeriği üzerine etkisi

Arıtma çamurlarının ve hayvansal gübrelere mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine etkisi incelendiğinde çamur ve gübrelere etkilerinin farklı olduğu görülmüştür. Doz düzeylerinin artması ile birlikte magnezyum içeriklerinde azalma olmuştur. Göreceli olarak en yüksek magnezyum içeriği AG uygulamasının birinci dozunda (% 2,87) olmuştur.

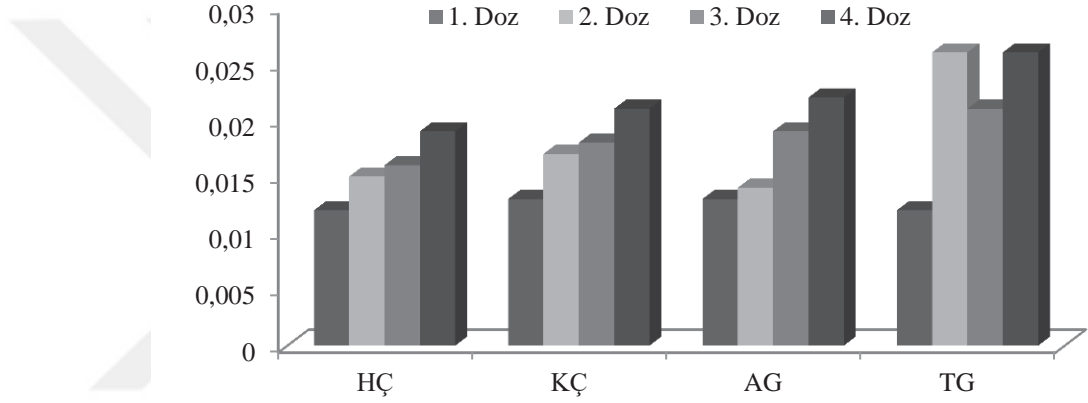
Arıtma çamurları ve hayvansal gübreler değişik miktarlarda K, Ca, Mg ve Na içermektedirler. Çamur ve gübre uygulamaları ile topraklara bu bitki besin elementlerinin de verilmesi sağlanmış olmaktadır. Arıtma çamuru ve hayvansal gübre uygulamaları ile mısır bitkisinin K, Ca ve Na miktarlarından artış gösterirken Mg miktarında azalma göstermiştir. Buna rağmen yapılan araştırmada mısır bitkisinin magnezyum içeriği (% 1,89-2,87) arasında bulunmuş yani yeterlilik sınır değerlerinin üzerinde (> %1,00) bulunmuştur. Bunun nedeni topraktaki yüksek Mg içeriği ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Arıtma çamurları değişik miktarlarda K, Ca, Mg ve Na da içermektedirler. Çamur uygulamaları ile topraklara bu bitki besin elementlerinin de verilmesi sağlanmış olmaktadır.

Çamur uygulamalarına bağlı olarak toprakların alınabilir katyon miktarının arttığı Perez-Espinosa ve ark. (2000) ve Hussein (2009) tarafından bildirilmiştir. Bununla ilgili olarak arıtma çamuru uygulamaları sonucunda bitkilerin K, Ca, Mg ve Na içeriklerinin artış gösterdiği çeşitli araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Tamoutsıdıs ve ark. 2002, Gasco ve Lobo 2007). Arıtma çamuru uygulamalarında önemle üzerinde durulması gereken bir nokta da toprakta bu bitki besin elementi dengesinin bozulmamasıdır (Rappaport ve ark. 1987). Bozkurt ve ark. (2006) arıtma çamuru uygulamasının bitkinin K, Ca ve Mg içeriği üzerine önemli etkide bulunmamasını toprakların yüksek Ca ve Mg içerikleri ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

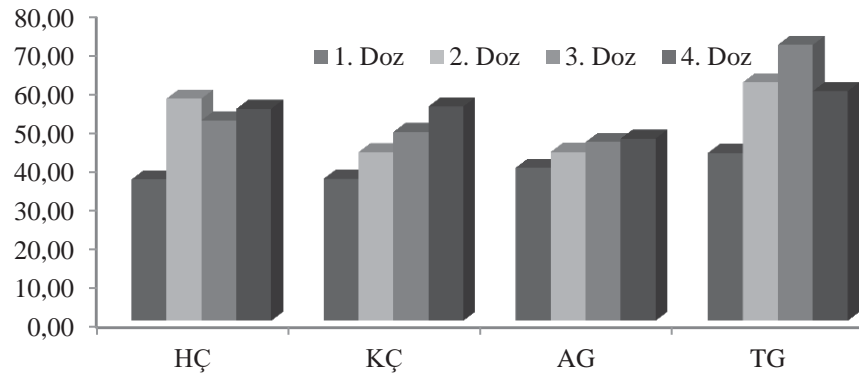
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamurları ile ahır ve tavuk gübrelerin toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin kimi element (Cu, Zn, B, Fe, Mn ve B) içeriğinde meydana gelen değişimlere ilişkin ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.22’de verilmişti. Mısır bitkisinin Cu, Zn, B, Fe, Mn ve B içeriği üzerine arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisinin demir içeriği üzerine etkileri Şekil 4.26’da verilmiştir. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisinin demir içeriği üzerine etkisi incelendiğinde etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Çamur uygulamalarında HÇ’ de göreceli bir artış söz konusuysen KÇ de uygulama düzeylerine bağlı olarak demir miktarında artış olmuştur. Hayvansal gübrelerde ise uygulama düzeyleri arttıkça bitkinin demir miktarlarında azalma görülmüştür.

En fazla demir miktarı TG' nin birinci doz uygulamasında ($96,15 \text{ mg kg}^{-1}$) olmuştur. Mısır bitkisindeki demir içeriğinin tüm uygulamalar sonucunda yeterlilik sınır değeri ($21-250 \text{ mg kg}^{-1}$) içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Mohammed ve Athamneh (2004), Bozkurt ve ark. (2000), yapmış olduğu çalışmada arıtma çamuru uygulamasının bitkileri Fe içeriklerini arttırdığını söylemiştir. Yapılan bu çalışmada bunu desteklemektedir. Çamur uygulamalarında demir miktarındaki artışların belirgin olması çamurların demir içeriğinin yüksek olmasından da kaynaklanmış olabilir.



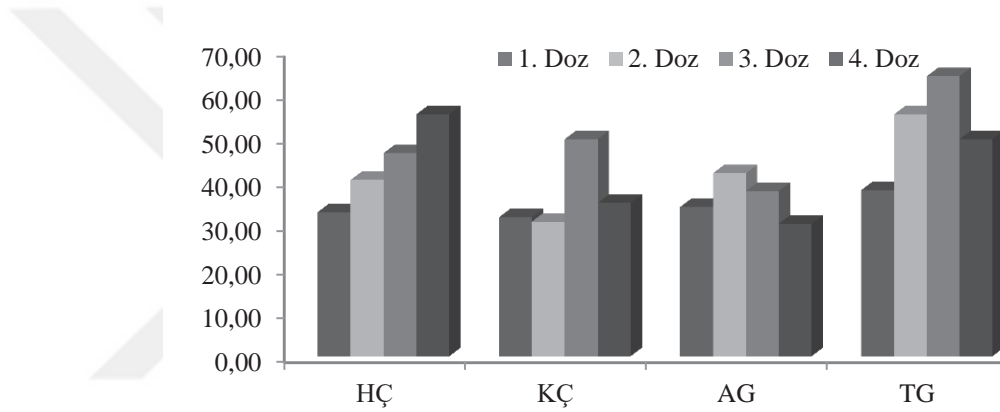
Şekil 4.26. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi Fe içeriği üzerine etkisi, (mg kg^{-1})
Artan miktarlarda uygulanan ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübrelerinin mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine etkileri Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.27. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi Zn içeriği üzerine etkisi (mg kg^{-1})

Artan uygulama düzeylerine bağı olarak bitkinin çinko içeriğinde meydana gelen artışlar incelendiğinde en yüksek çinko içeriğinin TG uygulamasının 3. doz düzeyinde ($71,26 \text{ mg kg}^{-1}$) görülmüş, fakat 4. doz uygulamasında bir azalma tespit edilmiştir. Diğer çamur ve gübrelerin etkisi ise benzer şekilde olmuş ve meydana gelen artışlar sınırlı düzeyde kalmıştır. Yapılan çalışma sonucunda mısır bitkisinde Zn içeriğindeki artışların ($36,51-61,58 \text{ mg kg}^{-1}$) yeterlilik sınır değerleri ($25-100 \text{ mg kg}^{-1}$) arasında olduğu görülmektedir (Jones ve ark. 1991, Alpaslan ve ark. 1998, Anonim 2012).

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine etkileri Şekil 4.28’de verilmiştir.

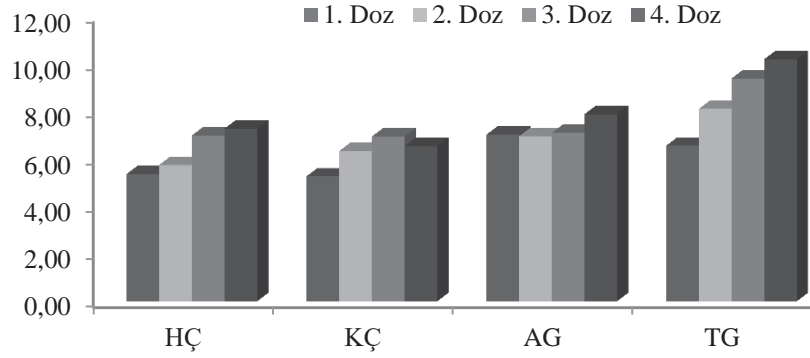


Şekil 4.28. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi Mn içeriği üzerine etkisi, mg kg^{-1}

Artan uygulama düzeylerine bağı olarak bitkinin mangan içeriğinde meydana gelen değişimler incelendiğinde en yüksek mangan içeriğinin HÇ uygulamasının en yüksek düzeyinde ($55,34 \text{ mg kg}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir. HÇ’de artan doz uygulamasına paralel olarak mangan içeriğinde artış olurken, KÇ ve hayvansal gübrelerde dalgalanmalar olduğu görülmektedir. TG uygulamasında artış görünürken ($37,93-64,02 \text{ mg kg}^{-1}$) 4. doz uygulamasıyla birlikte bir azalma ($49,63 \text{ mg kg}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir.

Yapılan tüm uygulamalarda mısır bitkisindeki Mn içeriği $30,28-55,34 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Bu değerler yeterlilik sınır değeri ($20-200 \text{ mg kg}^{-1}$) arasında yer almaktadır (Jones ve ark. 1991, Alpaslan ve ark. 1998, Anonim 2012).

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin mısır bitkisinin bakır içeriği üzerine etkileri Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.29. Arıtma çamurları ve gübrelerin mısır bitkisi % Cu (bakır) içeriği üzerine etkisi, mg kg^{-1}

Artan uygulama düzeylerine bağlı olarak bakır içeriğinde meydana gelen artışlar incelendiğinde en yüksek bakır içeriğinin TG uygulamasının en yüksek düzeyinde ($10,18 \text{ mg kg}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir.

Artan uygulamalarla birlikte HÇ ve TG’ de düzenli bir artış söz konusu iken, KÇ ve AG’nin tüm uygulamalarında aynı artış görülmemiştir. Mısır bitkisinin Cu içeriği tüm çamur ve hayvansal gübre uygulamalarında artış göstermiştir. Bu artışlar ($5,25\text{-}10,18 \text{ mg kg}^{-1}$) mısır bitkisinin noksanlıktan yeterlilik sınırları arasına ($6\text{-}20 \text{ mg kg}^{-1}$) girmesini sağlamıştır (Jones ve ark. 1991, Alpaslan ve ark. 1998, Anonim 2012).

5. SONUÇ

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; ham ve kireçli arıtma çamurları ile ahır ve tavuk gübresinin farklı düzeylerde kimyasal özelliklere sahip olduğu ve önemli düzeyde N, P ve diğer bitki besin elementlerini içerdiği ve en yüksek besin elementlerinin arıtma çamurlarında olduğu belirlenmiştir. Arıtma çamurları ve hayvansal gübrelerin özelliklerine bağlı olarak zamanla, başta pH ve tuzluluk değeri olmak üzere toprak özelliklerini önemli düzeyde etkilediği görülmüştür. Bu etki pH değerini düşürmesi, tuzluluk değerinin artışı şeklinde olmuştur. Çamur uygulamalarında toprak EC değerleri yüksek düzeylerde bitki gelişimini sınırlandıran düzeylere ulaşabilmektedir.

Ele alınan arıtma çamuru ve hayvansal gübreler içerdikleri azot ve mineralizasyonun etkisi ile uygulama düzeylerine bağlı olarak toprağın özellikle $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ içeriği üzerine önemli etki yapmıştır. Bu durum tarımsal üretimde bitkilerin gübrenmesinde azotlu gübre gereksiniminin önemli düzeyde azalmasını sağlayabilir ancak arıtma çamuru uygulamalarında bitkinin N başta olmak üzere bitki besin elementi ihtiyacı göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Yine kimi arıtma çamurlarının içermiş olduğu P miktarı da hem bitki gelişimi hem de çevre kirliliği açısından önemlidir.

Yapılan çalışmada özellikle toprak organik madde ilavesi hem de bitki gelişimi üzerine etki açısından ham ve kireçli arıtma çamuru ile ahır ve tavuk gübresi birlikte değerlendirildiğinde atıksu arıtma çamurlarının söz konusu organik gübrelere alternatif olabileceği düşünülebilir. Ancak kullanımda çamurların içermiş olduğu zararlı patojen ve ağır metallerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Afyuni, M., Rezaeinejad, Y., Schulin, R. 2006.** Extractability and plant uptake of Cu, Zn, Pb and Cd from a sludge-amended Haplargid in Central Iran. *Arid Land Research and Management*, 20: 29-41.
- Ahmed, H.K., Fawy, H.A., Hady, E.S.A. 2010.** Study of sewage sludge use in agriculture and its effect on plant and soil. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1(5): 1044-1049.
- Aksu, T. 2008.** Isparta Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurun Bertaraf Stratejilerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Akyarlı, A., Şahin, H. 2005.** Arıtma Çamurunun Berterafında Kireç Kullanımı. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, 23-25 Mart 2005 *bildiriler kitabı*, İzmir, s 191-200.
- Alloway, B., Jackson, P., 1991.** The Behaviour of Heavy Metals in Sewage Sludge-Amended Soils, *The Science of the Total Environment*, 151-176
- Alloway, B.J., Ayers, D.C. 1997.** Chemical Principles of Environmental Pollution, 2nd ed. *Chapman and Hall Inc.* Londra, Birleşik Krallık, 208-211.
- Alpaslan, M., Güneş, A., İnal, A. 1998.** Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı: 455, Yayın No: 1502, Ankara, 437 s.
- Anonim, 1986.** "The Sludge (use in Agriculture) 1989 Regulations 1989". *Council Directive 86/278/EEC 1986*
- Anonim, 1997.** WEF/U.S. EPA Biosolids Fact Sheet Project. U.S. Environmental Protection Agency, 7s, Office of Wastewater Management, Virginia, Amerika
- Anonim, 2002.** Biosolids Applied to Land. Advancing Standards and Practices (Prepublication Copy), National Academy Press, Washington, D.C., 346 pp.
- Anonim, 2003.** Determination of dry matter and water content on a mass basis in sediment, sludge, soil and waste-Gravimetric method. Chemical Analyses, EN 12880.
- Anonim. 2006.** Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği. *Resmi Gazete*, sayı: 26047, Ankara
- Anonim. 2010.** Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik. *Resmi Gazete*, sayı: 27661.2, Ankara
- Anonim, 2010.** Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik. *Resmi Gazete*, sayı: 27661, Ankara

- Anonim, 2011.** Arıtma Çamurları 850CK010. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara
- APHA, 1998.** Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed American Public Health Association, Ed.: Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D., Washington, U.S., part: 3
- Arcak, S. Türkmen, C. Karaca, A. and Erdoğan, E. A., 2000.** Study On Potential Agricultural Use Of Sewage Sludge Of Ankara Waste Water Treatment Plant. International Symposium On Desertification (ISD), 13-17 Haziran 2000, Konya, http://www.toprak.org.tr/isd/isd_63.htm. (Erişim tarihi: 21.06.2017)
- Aşık, B. B., Katkat, A. V. 2004.** Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atığının (Arıtma Çamuru) Tarımsal Alanlarda Kullanım Olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (2): 59-71.
- Aşık, B.B. 2011.** Farklı Kökenli Arıtma Çamurlarının Tarımsal Amaçlı Kullanım Olanaklarının Araştırılması. *Doktora Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü , Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bursa
- Aşık, B.B., Özsoy, G., Aksoy, E., Katkat, A.V. 2013.** Sanayileşme ve Kentleşmenin Tarım Üzerine Etkileri. *Bursa Ticaret Borsası Yayınları*, ISBN: 978-605-137-261-7, 71 s.
- Aşık, B.B., Aydınalp, C., Sagban, F.O.T., Katkat, A.V. 2016.** Agricultural Use Of Wastewater Sludge From Various Sources with Special Emphasis On Total And DTPA-Extractable Heavy Metal Content. *Environment Protection Engineering*, 42(1): 45-58.
- Aşık, B.B., Katkat, A.V. 2017.** Topraklarda Organik Madde Kaynağı Olarak Atıksu Arıtma Çamurlarının Kullanım Olanakları. Organomineral Gübre Çalıştayı, 27 Eylül 2017, Ramada Otel, İstanbul.
- Aydın, S. 2004.** Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Değişik Amaçlarla Kullanımının Araştırılması. *Doktora Tezi*, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilidali, İstanbul.
- Bilgin, N., Eyüpoğlu, H., Üstün, H. 2002.** Biyokatıların Arazide Kullanımı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara,s.74.
- Bertoncini, E.I., D’Orazio, V., Senesi, N., Maattiazzo, M.E. 2008.** Effects of sewage sludge amendment on the properties of two Brazilian oxisols and their humic acids. *Bioresource Technology*, 99: 4972-4979.

- Bouyoucos, G.J. 1951.** A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-437.
- Bozkurt, M.A., Yarılgaç, T. 2003.** The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. *Turk Journal of Forestry*, 27: 285-292.
- 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(2): 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.
- Charta, T.H., Hayat, R., Latif, I. 2002.** Influence of sewage sludge and organic manures application on wheat yield and heavy metal availability. *Asian Journal of Plant Science*, 1 (2): 79-81.
- Chaussod, R., Germon, J.C. 1977.** Mineralisation dans le sol de l'azote de differentes boues de stations d'épuration. *Premiers observations. C.R. Acad. Agric. de France* 8: 525-531
- Conte Suarez, P., Seoane, 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.
- Çimrin, K.M., Bozkurt M.A., Erdal İ. 2000.** Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1):85-90
- Demirtaş, E.I., Arı, N., Özkan, C.F., Öktüren, A.F., 2016.** Domates Yetiştiriciliğinde Kentsel Katı Atık Kompost Kullanımının Verim Kalite Ve Ağır Metal Kirliliği Üzerine Etkileri. *Derim*, 33 (1):144-158.
- Dursun, A., Türkmen, Ö., Turan, M., Şensoy, S., Çırka, M. 2005.** Effects of sewage sludge on the seed emergence, development and mineral contents of pepper (*Capsicum Annum*) seedling. *Asian Journal of Plant Science*, 4 (3): 299-304.

- EC Directive. 1986.** Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture, Official Journal of the European Communities L., Vol. 181, pp. 0006-0012, Brussels.
- Efstathios, T., Papadopoulos, I., Tokatlidis, I., Zotis, S., Mavropoulos, T. 2002.** Wet sewage sludge application effect on soil properties and element content of leaf and root vegetables. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (9): 1941-1955.
- Edmeades, D.C., 2003.** The Long-Term Effects of Manures and Fertilizers on Soil Productivity and Quality: a Review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 66:165-180.
- Espinoza, A.P., Caselles, J.M., Moral, R., Murcia, M.D.P., Gomez, I. 2000.** Effects of sewage sludge application on salinity and physico-chemical properties of a calcareous soil. *Archives of agronomy and Soil Science*, 45(1): 51-56.
- European Commission. 2001.** Disposal and recycling routes fro sewage sludge Part 3 Scientific and Technical Report European Commission DG Environment.
- Evans, T.D., 2001.** An update on developments in regulations affecting biosolids in the European Union. Proceedings WEF/AWWA/CWEA Joint Residuals and Biosolids Management Conference, Feb 21–24 2001, San Diego, California.
- Eyüpoğlu, H., Bilgin, N., Üstün, H.,Tomul, F., Tansel, S., Arslan, B. 1999.** Ankara Atıksu Arıtma Tesislerinden Elde Edilen Biyokattının Tarımda ve Çim Tesis Alanlarında Değerlendirilmesi İle Arıtılmış Atıksuyunun Sulamaya Uygunluğunun Belirlenmesi. I. Dönem (Nisan-Eylül 1999) Faaliyet Raporu. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Eyüpoğlu, F. 1999.** Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. KHGM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:220 Teknik Yayın No:T-67, Ankara, 122 s.
- FAO, 1992.** Wastewater treatment and use in agriculture: FAO Irrigation and Drainage Paper 47, Ed.: Pescod, M.B., Rome, pp: 125.
- Filibeli, A. 2013.** Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları No:255, İzmir.
- 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.

- Gezer, E. 2012.** İkinci Ürün Silajlık Mısır Üretiminde İSKİ Atıksu Arıtma Çamuru Kullanımının Toprak Özellikleri, Bitki Gelişmiş Ve Su Kullanımına Etkisi. *Doktora Tezi*, NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Gilmour, J.T., Skinner, V. 1999.** Predicting plant available nitrogen in land-applied biosolids. *Journal of Environmental Quality*, 28: 1122-1126.
- Higashikawa, F.S., Silva, C.A., Bettiol, W. 2010.** Chemical and physical properties of organic residues. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 34 (5): 1743-1752.
- Hanlon, E.A. 1998.** Elemental Determination by Atomic Absorption Spectrophotometry: Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, Ed: Karla, Y.P., CRC Pres, Washington, D.C. p:157-164.
- Hooda, P.S., Alloway, B.J. 1993.** Effects of time and temperature on the bioavailability of Cd and Pb from sludge amended soils. *J. Soil Sci.* 44: 97-110.
- Horneck, D.A., Hanson, D. 1998.** Determination of Potassium and Sodium by Flame Emission Spectrophotometry: Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, Ed.: Karla, Y.P., CRC Pres, Washington, D.C. pp:157-164.
- Hosseinpur, A., Pashamokhtari, H. 2008.** Impact of treated sewage sludge application on phosphorus release kinetics in some calcareous soils. *Environmental Geology*, 55:1015-1021.
- Hussein, A.H.A. 2009.** Impact of sewage sludge as organic manure on some soil properties, growth, yield and nutrient content of cucumber crop. *Journal of Applied Science*, 9(8): 1401-1411.
- Huyard, A., Ferran B., Audick, J.M. 2000.** The Two Phase Anaerobic Digestion Process: Sludge Stabilisation and Pathogen Reduction. *Water Science and Technology*, 42(9):41-47.
- Isaac, A.R.and Johnson, W.C. 1998.** Elemental Determination by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry: Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, Ed.: Karla, Y.P., CRC Pres, Washington, D.C. pp: 165-170.
- Jones, J.B. 2001.** Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Pres, Washington, D.C., pp:115-119
- Kacar, B. 1994.** Toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705 s.

- Kacar, B ve Katkat, A.V. 1998.** Bitki Besleme. Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Ankara.
- Kacar, B., İnal, A. 2008.** Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Ankara, 891 s.
- Karuç, K., Güçdemir, İ., Altuntaş, İ., Cebel, N., Kalınbacak, K., Terzi, D., Peker, M., Güven, E. 2004.** Ankara Atıksu Arıtma Çamurunun Tarımda Değerlendirilmesi. <http://www.tgae.gov.tr/webeski/tgaeper/kadriye1yay.htm>. (Erişim tarihi: 25.06.2017)
- Kidd, P.S., Dominguez-Rodriguez, M.J., Diez, J., Monterroso, C. 2007.** Bioavailability and plant accumulation of heavy metals and phosphorus in agricultural soils amended by long-term application of sewage sludge. *Chemosphere*, 66:1458-1467.
- Kocaer, F.O., Başkaya, H.S. 2001.** Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanması. *Çevre-Koruma*, 11 (41): 12–15.
- Kowal, N.E. 1985.** Health effects of land application of municipal sludge, Pub. No: EPA/600/1-85/015, Research Triangle Park.
- Kranert, M., Berkner, I., Erdin, E., Alten, A. 2005.** Arıtma Çamurundan Elde Edilen Kompost Ve Diğer Ürünlerde Kalite Güvenliği. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İzmir, s. 181-190.
- Küçükhemek, M., Gür, K., Uyanöz, R., Ümmühan, Ç. 2005.** Arıtma Çamuru Ve Çiftlik Gübresinin Çim Bitkisi Verimine Ve Renk Özelliğine Etkisi. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İzmir, s. 375-384
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A. 1978.** Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 421-428.
- Ling-ling, L., Shu-tian, L. 2014.** Nitrogen Mineralization from Animal Manures and Its Relation to Organic N Fractions. *Journal of Integrative Agriculture*.13 (9): 2040-2048.
- Lott, W.L., Gallo, J.P. and Meaff, J.C. 1956.** Leaf Analysis Tecnique in Coffe Research, Ibec. *Research Inc.* 1-9,21-24.
- Mc Lean, E.O. 1982.** Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis, Part 2.: Chemical and Microbiological Properties*, Ed.: Page A.L. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 199-223.

- Mohammad, M. J., Athamneh, B. M. 2004.** Changes in soil fertility and plant uptake of nutrients and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. *Journal of Agronomy*, 3 (3): 229-236. Dergi ok.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.1982.** Total carbon, organic carbon and organic matter Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties, Ed.: Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R., Agronomy Monograph No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 539-579
- 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.
- Ojeniyi, S.O., Akanni, D.A., Awodum, M.A. 2007.**Effect of goat manure on some soil properties growth, yield and nutrient status of tomato. *U. of K. J Agric. Sci.* 15 (3): 396-406.
- Oleszczuk, P. 2006.** Characterization of polish sewage sludges with respect to fertility and suitability for land application. *Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 41:1197-1215.
- Oud, S.S.A. 2008.** Impact of municipal and industrial waste on the distribution and accumulation of some heavy metals in sandy soils of Al-Qassim region at Central of Saudi Arabia. *Journal of Environmental Science and Technology*, 1 (3): 135-142.
- Özenç, N., Çaliskan, N., Mehleribacher, S.A. 2001.** Effect of husk compost on hazelnut yield and quality. Proceeding of 5. international Congress on Hazelnut, Convallis, Oregon U.S.A 21-31 August 2000- Ada Horticulture. 356:229-266.
- Özgüven, N.Ç., Katkat, A.V. 2001.** Mis süt sanayi arıtma tesisi atığının tarımda kullanılma olanakları. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15: 139-149.
- Özyazıcı, M.A., Özyazıcı, G. 2012.** Arıtma Çamurunun Toprağın Bazı Temel Verimlilik Parametreleri Üzerine Etkileri. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 27(2): 101-109.

- Peckenham, J.M. 2005.** The Use of Biosolids in Maine, A Review. Biosolids White Paper March, 72 pp.
- Perez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Moral, R., Perez-Murcia, M.D., Gomez, I. 2000.** Effects of sewage sludge application on salinity and physico-chemical properties of a calcareous soil, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 45 (1): 51-56.
- Petersen, O.S., Peterseni, J., Rubaek, G.H. 2003.** Dynamics and plant uptake of nitrogen and phosphorus in soil amended with sewage sludge. *Applied Soil Ecology*, 24: 187-195.
- Prasatsrisupab, J., Sabua, V., Tammarate, S., Pumklom, M.,Chaiwanakupt, P., Rappaport, B.D., Scott, J.D., Martens, D.C., Reneau, R.B., Simpson, T.V. 1987.** Availability and distribution of heavy metals, nitrogen, and phosphorus from sewage sludge in the plant-soil-water continuum. Virginia Polytechnic Institute and State University. Department of Agronomy. Bulletin 154, Blacksburg. 78 pp.
- Prasatsrisupab, J., Sabua, V., Tammarate, S., Pumklom, M., Chaiwanakupt, P., Srithongtim, S. 2002.** The effects of irradiated wastewater sludge cake on maize and environment. 17th World Congress of Soil Science, Conference Report. Organized by IUSS (International Union of Soil Sciences) and held in Bangkok, August 14–21, Thailand.
- 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., A. Edwards and B. Johnson. 1983.** Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 14(12): 1207-1215.
- Rosenani, A.B., D.R., Kala and C.I. Fauziah. 2004.** 3rd Australian New Zealand Soils Conference, 5 – 9 December 2004, University of Sydney, Australia.
- Rundle, H, Calcroff, M, Holt, C. 1982.** Agricultural disposal of sludges on a historic sludge disposal site. *Water Pollut Control (Maidstone)* 81:619-632.
- Seyhan, D., Erdinçler, A. 2003.** Plant availability of heavy metals and phosphorus in the agricultural reuse of biological sludges. *Journal of Environmental Science and Health, Part A-Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 38(10): 24.

- Smith, S.R. 2009.** A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environment International*, 35: 142-156.
- Solorzano, L. 1969.** Determination of ammonia in natural waters by phenol hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 799-801.
- Sommer, L.E. 1977.** Chemical Composition of Sewage Sludges and Analysis of their Potential as Fertilizers. *J. Environ. Quality* 6, pp: 225-232.
- Stabnikova, O., Goh, W.K., Ding, H. B., Tay, J. H., Wang, J.Y. 2005.** The Use of Sewage Sludge and Horticultural Waste to Develop Artificial Soil for Plant Cultivation in Singapore. *Bioresource Technology*, Volume 96 (9): 1073–1080.
- Tamoutsidis, E., Papadopoulos, I., Tokalidis, I., Zotis, S., Mavropoulos, T. 2002.** Wet sewage sludge application effect on soil properties and element content of leaf and root vegetables, *Journal of Plant Nutrition*, 25(9):1941-1955.
- Thomas, G.W.1982.** Exchangeable Cations. *Methods of Soil Analysis, Part 2.: Chemical and Microbiological Properties*, Ed.: Page A.L., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA.
- Togay, N., Togay, Y., Doğan, Y. 2008.** Effects of municipal sewage sludge doses on the yield, some yield components and heavy metal concentration of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7 (17): 3026-3030.
- Türkmen, Ö., Şensoy, S., Çırka, M. 2001.** Kentsel Arıtma Çamurunun Hıyarda Çıkış ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 11 (1): 1–4.
- Uçar, N. 2014.** Mekanik Susuzlaştırılmış Arıtma Çamurlarının Kuruma Potansiyellerinin ve Stabilizasyonunun Fenton-Fotofenton Yöntemi İle İyileştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ
- US EPA.1989.** Technical support document for pathogens reduction in sewage sludge. NTIS No: PB89-136618, Springfield.
- US EPA. 1993.** 40 CFR Part 503: The standards for the use or disposal of sewage sludge, Federal Register. 58: 9248-9404
- US EPA. 1995.** Test methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods. SW-846. 3rd Ed. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.

- Uzun, P., Bilgili, U. 2011.** Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılma Olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2): 135-146.
- Ülgen N, Yurtsever N, 1995.** Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara, s 230.
- Ünal, M., Katkat, A.V. 2003.** Bisküvi ve Şekerleme Sanayi Arıtma Çamurunun Toprak Özelliklerine ve Mısır Bitkisinin Kimi Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkileri. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 17 (1): 107-118.
- Walter, I., Martýnez, F., Alonso, L., De Gracia, J., Guevas, G. 2002.** Extractable soil heavy metals following the cessation of biosolids application to agricultural soil. *Environ. Pollut.*, 17: 315-321.
- 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
- Wolf, A.M., Baker, D.E. 1985.** Criteria for land spreading of sludges in the Northeast: Phosphorus.:surdan Criteria and recommendations for land application of sludges in the Northeast. Penn.kitapburaya kadar Ed.: Baker, D.E., Bouldin, D.R., Elliott, H.A., Miller, J.R., Agric. Exp. Stn. Res. Bull. No. 851, The Pennsylvania State University, University Park, PA. pp: 39-41.
- Walker, D.J., Bernal, P.M. 2008.** The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresour. Technol.* 2008. 99: 396-403.
- Yakupoğlu T., Özdemir N. 2007.** Erozyona Uğramış Topraklara Uygulanan Arıtma Çamuru ve Çay Endüstrisi Atığının Toprakların Mikro Element İçeriklerine Etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2):207-213.
- Yalçın, G., Yavuz, R., Yılmaz, M., Taşpınar, K., Ateş, Ö. 2011.** Evaluation Of Sewage Sludge On Agricultural Lands, *Journal Of Engineering And Natural Sciences Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 3:156-164.
- Yaman, K. 2009.** Arıtma Tesisi Çamurunun Tarımsal Amaçlı Kullanımından AB-TÜRKİYE Politikalarının Karşılaştırılması. *Doktora Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Ankara.

Yıldız, Ş., Yılmaz, E., Ölmez, E. 2009. Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri: İstanbul Örneği. TÜRKAY 2009 Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, 15-17 Haziran, İstanbul

Yılmaz, M. 2004. Tokat İlinde Silajlık Mısır Tarımında Gelişmeler. *Yüksek Lisans Semineri*, GOPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tokat,

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. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Erişim: 19.07.2017).



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gülhan BAŞKAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Balıkesir 16/07/1984
Yabancı Dili : İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Bursa Cumhuriyet Lisesi
Lisans : Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat
Mühendisliği Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : TARSİM Tarım Sigortaları Havuzu
İletişim (e-posta) : gulhancankaya@gmail.com
Yayınları : -