



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



AT GÜBRESİ VE ARITMA ÇAMURU KOMPOSTUNUN, XEROFLUVENT BİR TOPRAĞIN ÖZELLİKLERİNE VE BİTKİSEL ÜRETİME ETKİSİ

Doktora Tezi

Saliou ALADJI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

İzmir

2020

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**AT GÜBRESİ VE ARITMA ÇAMURU
KOMPOSTUNUN, XEROFLUVENT BİR TOPRAĞIN
ÖZELLİKLERİNE VE BİTKİSEL ÜRETİME ETKİSİ**

Saliou ALADJI

Danışman : Prof. Dr. İhsan Bülent OKUR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Toprak Bilimi Doktora Programı

İzmir
2020

Saliou ALADJI tarafından Doktora tezi olarak sunulan “At Gübresi ve Arıtma Çamuru Kompostunun, Xerofluvent Bir Toprağın Özelliklerine ve Bitkisel Üretime Etkisi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 22.07. 2020 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı :

.....

Raportör Üye:

.....

Üye :

.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “At Gübresi ve Arıtma Çamuru Kompostunun, Xerofluvent Bir Toprağın Özelliklerine ve Bitkisel Üretime Etkisi ” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

22 /07/2020

Saliou ALADJI

ÖZET**AT GÜBRESİ VE ARITMA ÇAMURU
KOMPOSTUNUN, XEROFLUVENT BİR TOPRAĞIN
ÖZELLİKLERİNE VE BİTKİSEL ÜRETİME ETKİSİ**

Saliou ALADJI

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez danışmanı: Prof. Dr. İhsan Bülent OKUR

Temmuz 2020, 134 sayfa

Bu çalışmada at gübresi kompostu ve arıtma çamuru kompostu materyallerinin organik gübre olarak hem teksel (2t/da ve 4 t/da), hem birlikte uygulaması yapılmış ve mineral gübre uygulaması altındaki xerofluvent topraklarda mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Çalışma kısa süreli olarak iki farklı bolgelde gerçekleştirilmiştir. Uygulamaların toprak verimlilik özellikleri ile mısır bitkisinin mikro element ve mısır verimi parametreleri üzerine (koçan çapı, koçan boyu, tane sayısı, yaprak sayısı) etkileri incelenmiştir. Her bölümde (killi ve kumlu) toprakların , bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arıtma çamuru kompostunun teksel ve at gübresi kompostuyla birlikte kullanıldığı uygulamalar ile artış göstermiştir. Killi tın topraklarda, 4 t/da arıtma çamuru kompostu teksel ve at gübresi kompostuyla birlikte aynı oranda uygulamasının, toprakların organik madde, alınabilir N, P, ve K içeriklerini olumlu yönde etkilenmiş, bu içerikler kontrole göre artış göstermiştir. En yüksek koçan verimi sırasıyla 4 t/da arıtma çamuru teksel ve at gübresi kompostu karışımı ile elde edilirken, toprakların ve bitkilerin mikro element içerikleri arıtma çamuru kompostu uygulamaları ile artış göstermiş fakat her iki ortamda da bitkisel üretime zarar verecek konsantrasyonlara ulaşmamıştır. HA, TK, SN, SSI, DO ve SY gibi toprağın temel fiziksel parametreleri, tüm uygulamalar, özellikle de arıtma çamuru kompostu uygulamalarında (AÇK-4) iyileşmeler göstermiştir. Kumlu topraklarda , 4t/ arıtma çamuru kompostu uygulamasının toprakların TK, SY, DO ve DY iyileştirmiştir.

Arıtma çamuru kompostu uygulamalarının teksele ya da at gübresi kompostu ile birlikte gerçekleştirildiği durumlarda toprakların özellikle Kireç , EC ve alınabilir Cu içerikleri kapsamlarında artış sağladığı saptanmıştır. Fe, Zn, Cu ve Mn elementleri AÇK-4 ve NPK uygulanan parsellerdeki yaprak ve gövdelerde daha fazla çıkmıştır. Mısır verimi açısından , en yüksek koçan boyu ve en fazla yaprak sayısı arıtma çamuru kompostu uygulamalarının teksele ya da at gübresi kompostu ile birlikte yapılması ile elde edilmiştir . En yüksek koçan tane sayısı ve en yüksek koçan çapı sadece arıtma çamur kompostu uygulamaları ile elde edilmiştir.

Anahtar sözcükler: arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu, xerofluvent



ABSTRACT**EFFECTS OF HORSE MANURE AND SEWAGE SLUDGE
COMPOST ON A XEROFLUVENT SOIL PROPERTIES AND
CORN PRODUCTION**

Saliou ALADJI

PHD Thesis in Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. İhsan Bülent OKUR

July 2020, 136 pages

In this study the sewage sludge compost and the horse manure compost were applied alone or , in combination with the NPK mineral fertilizer to a xerofluvent soil. The study was carried out shortly in two different regions. Soil fertility characteristics of the applications, corn plant micro and macro elements and heavy metal content, corn yield parameters (cob diameter, cob length, grain number, number of leaves) were investigated. In each section (clay and sandy) soils, some physical and chemical properties have increased with applications where the treatment sludge is used with monopoly and horse manure. In clay loam soils, the application of sewage sludge compost to 4 t / da in combination with monopoly and horse manure in the same proportion showed positive effects on the organic matter, available N, P, and K contents of the soils, these contents increased compared to the control. While the highest yield of cobs was obtained with a mixture of sludge and horse manure compost at 4 t / h respectively, the microelement content of soils and plants increased with purification sludge applications, but it did not reach concentrations that would damage vegetable production in both environments. The basic physical parameters of soil such as HA, TK, SN, SSI, DO and SY showed improvements in all applications, especially in purification sludge compost applications (AÇK-4). In sandy soils, the application of 4t / purification mud compost improved the soils TK, SY, DO and DY. In cases where treatment sludge applications are carried out together with single or horse manure compost, it has been determined that the soils increase especially in the scope of CaCO₃ %, EC and obtainable Cu contents. Fe, Zn, Cu and Mn elements were more exposed in the

leaves and stems in the plots where AÇK-4 and NPK were applied. In terms of corn yield, the highest crop length and the highest number of leaves were obtained with the monopoly or horse manure compost of the sludge applications. The highest number of stems and the highest diameter of sticks were obtained only by purification sludge compost applications.

Keywords: sewage sludge compost , horse manure compost , xerofluvent





ÖNSÖZ

Su açığı ve toprak bozulması son yıllarda dünyanın birçok yerinde özellikle yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimin temel sorunları haline gelmiştir. Dünya nüfusunun gıda ihtiyaçları arttıkça, bu ihtiyaçları karşılayacak doğal kaynaklar azalmaktadır. Tarımsal üretimde ana faktörlerden biri olan toprak verimliliği de azalmaktadır. Diğer taraftan, dünya nüfusu tüketimi son yıllarda hızlanmıştır. Her gün birçok atık üretilmekte ve bu atıkların yönetimi arıtma çamuru üretimine neden olmaktadır. Arıtma sularını tarım alanlarında su kaynaklarının azalması sonucu kullanmaya başlayan insanoğlu, arıtma çamurlarını da arıtarak veya doğrudan kullanmaya başlamıştır. Arıtma çamurları dünya genelinde depolama, yakma, denize boşaltma, araziye uygulama, tarım alanlarında kullanım gibi birçok şekilde bertaraf edilmektedir. Ülkemizde ise arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanımı 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu ile kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, iyi bir toprak düzenleyicisi ve bitki besin elementi kaynağı olan at gübresi karışım kompostunun ve kompostlaştırılmış arıtma çamurunun, farklı dozlarda ve karışımlarda toprağa ilave edilmesiyle, toprağın özelliklerinde meydana gelecek değişikliklerin belirlenmesi ve mısır bitkisinin (*Zea Mays L.*) verimi üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

Bu çalışmanın sonucunda elde edilecek veriler ile at gübresi karışım kompostunun ve kompostlaştırılmış arıtma çamurunun, toprağın özelliklerine ve bitki gelişimine etkisinin yanı sıra, atıkların etkin kullanımı konusundaki etkileri de değerlendirilerek ortaya konulacak ve böylece tarımda önemli bir girdi olan organik atık materyallerin kullanımı ve değerlendirilmesi ile arıtılmış evsel atıkların faydalı bir şekilde kullanımı konusunda da bir tasarruf yöntemi önerilebileceği amaçlanmaktadır.

İZMİR

Temmuz 2020

Saliou ALADJI



İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT.....	x
ÖNSÖZ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xx
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xxvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxvii
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	3
2.1. ORGANİK ATIKLARIN KOMPOSTLANMASI.....	3
2.2. KOMPOSTUN TOPRAĞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ.....	4
2.3. KOMPOSTUN TOPRAĞIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	6
2.4. AT GÜBRESİ VE KOMPOSTU	6
2.5. ARITMA ÇAMURU	9
2.6. TÜRKİYE’DE ARITMA ÇAMUR ÜRETİMİ.....	10
2.7. ARITMA ÇAMURLARININ ARAZİDE KULLANIM ESASLARI	11
2.8. ARITMA ÇAMURUNUN KOMPOST OLARAK KULLANIMI	14
2.9. ARITMA ÇAMURU VE AT GÜBRESİ İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. MATERYAL	29

İÇİNDEKİLER (devam)

3.1.1. ARITMA ÇAMURU KOMPOSTU	29
3.1.2. AT GÜBRESİ KOMPOSTU	29
3.1.3. ARAŞTIRMA ALANININ TOPRAK ÖZELLİKLERİ.....	32
3.2. YÖNTEM.....	37
3.2.1. TOPRAK, BİTKİ VE KOMPOST ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI.....	41
3.2.2. TOPRAK, MISIR BİTKİSİ VE KOMPOST ÖRNEKLERİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER:	42
3.2.2.1. Toprak analizleri	42
3.2.2.2. Bitki Örneklerinin Analize hazırlanması hassas verilsin	44
3.2.2.3. At gübresi ve arıtma çamuru kompostu analizleri	45
3.2.3. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULANAN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER.....	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	47
4.1. ARITMA ÇAMURU VE AT GÜBRESİ KOMPOSTU UYGULAMASININ KİLLİ TIN (BORNOVA) BÜNYELİ BİR TOPRAK ÜZERİNE ETKİLERİ.....	47
4.1.1. TOPRAĞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ	47
4.1.1.1 Tarla kapasitesi (TK) ve Solma Noktası (SN)' nde % Nem.....	47
4.1.1.2. Toprağın Hacim Ağırlığı değeri ($HA \text{ g. cm}^{-3}$).....	48
Hacim ağırlığı toprağın sıkışmasını bir göstergesidir. İnfiltrasyonu , köklenme derinliği, mevcut su kapasitesi, toprak gözenekliliği ve toprağın havalandırması ve mikroorganizmalarının aktivitesini üzerine etkiler.....	48
4.1.1.3. Toprağın Dispersiyon oranı (DO) üzerine etkileri.....	50
4.1.1.4. Toprağın Süspansiyon yüzdesi (SY) Üzerine Olan Etkileri	51

İÇİNDEKİLER (devam)

4.1.1.5. Toprağın mil+kil yüzdesi (DY) üzerine etkileri	52
7.1.1.6. Toprağın Strüktür Stabilite İndeksi (SSİ) üzerine etkileri	53
4.1.2. TOPRAĞIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	55
4.1.2.1. Organik madde (%) üzerine etkileri.....	55
4.1.2.2. pH içeriği üzerine etkileri	57
4.1.2.3. Kireç (%) İçeriği Üzerine Etkileri.....	59
4.1.2.4. Elektriki geçirgenlik (EC) değeri üzerine etkileri.....	60
4.1.2.5. Toplam Azot (N) değeri üzerine etkileri.....	61
4.1.2.6. Alınabilir Fosfor (P) üzerine etkileri.....	63
4.1.2.7. Alınabilir Potasyum (K) içeriği üzerine etkileri	65
4.1.2.8. Alınabilir Sodyum (Na) içeriği üzerine etkileri	65
4.1.2.9. Alınabilir Magnezyum (Mg) içeriği üzerine etkileri	67
4.1.2.10. Alınabilir Demir (Fe) içeriği üzerine etkileri.....	68
4.1.2.11. Alınabilir Bakır (Cu) içeriği üzerine etkileri	70
4.1.2.12. Alınabilir Çinko (Zn) içeriği üzerine etkileri.....	71
4.1.2.13. Alınabilir Mangan (Mn) içeriği üzerine etkileri	73
4.1.3. ARITMA ÇAMURU KOMPOSTU VE AT GÜBRESİ KOMPOSTU UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN DEMİR, BAKIR, ÇİNKO VE MANGAN İÇERİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ	74
4.1.3.1. Demir (Fe) içeriği üzerine etkileri	74
4.1.3.2. Bakır (Cu) içeriği üzerine etkileri	75
4.1.3.3. Çinko (Zn) içeriği üzerine etkileri	76
4.1.3.4. Mangan (Mn) içeriği etkileri.....	77

İÇİNDEKİLER (devam)

4.2. ARITMA ÇAMURU KOMPOSTU VE AT GÜBRESİ KOMPOSTU UYGULAMASININ KUMLU TIN BÜNYELİ (MENEMEN) BİR TOPRAK ÜZERİNE ETKİLERİ	80
4.2.1. TOPRAĞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	80
4.2.1.1 Tarla kapasitesi ve Solma noktasındaki % nem değerleri üzerine etkileri	80
4.2.1.2 Hacım ağırlığı (HA) üzerine etkileri.....	81
4.2.1.3. Dispersiyon oranı (DO) üzerine etkileri	82
4.2.1.4. Süspansiyon Yüzdesi (SY) değeri üzerine etkileri	83
4.2.1.5. Toplam mil+kil yüzdesi (DY) değeri üzerine etkileri	84
4.2.1.6. Strüktür Stabilite İndeksi (SSI) değeri üzerine etkileri.....	85
4.2.2. TOPRAK KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ.....	87
4.2.2.1.Organik Madde (OM) içeriği üzerine etkileri.....	87
4.2.2.2. pH değeri üzerine etkileri.....	87
4.2.2.3. Kireç (CaCO_3) değeri üzerine etkileri.....	89
4.2.2.4. Elektriksel iletkenlik (EC) değeri üzerine etkileri	90
4.2.2.5. Azot (N) toplam Azot değerleri üzerine etkileri.....	92
4.2.2.6. Alınabilir Forsfor (P) içeriği üzerine etkileri	92
4.2.2.7. Alınabilir Potasyum (K) içeriği üzerine etkileri	94
4.2.2.8. Alınabilir Sodyum (Na) içeriği üzerine etkileri.....	95
4.2.2.9. Alınabilir Mg içeriği üzerine etkileri	96
4.2.2.10. Alınabilir Fe (Demir) içeriği üzerine etkileri.....	97
4.2.2.11. Alınabilir Bakır (Cu) içeriği üzerine etkileri	99
4.2.2.12. Alınabilir Çinko (Zn) içeriği üzerine etkileri.....	100
4.2.2.13. Alınabilir Mn içeriği üzerine etkileri	102

İÇİNDEKİLER (devam)

4.2.3. ARITMA ÇAMUR KOMPOSTU, AT GÜBRESİ KOMPOSTU VE MİNERAL GÜBRE UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN BAZI MİKRO ELEMENT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ	104
4.2.3.1. Demir Fe (Gövde ve Yaprak) içeriği üzerine etkileri	104
4.2.3.2. Çinko Zn (Yaprak ve Gövde) içeriği üzerine etkileri	105
4.2.3.4. Mn (Gövde ve Yaprak) içeriği ve verimi üzerine etkileri.....	107
4.2.3.5. Arıtma Çamuru Kompostu ve At Gübresi Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bazı Verim Parametreleri (Yaprak sayısı, koçan uzunluğu, koçan tane sayısı, koçan çapı) Üzerine etkileri	108
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	110
KAYNAKLAR DİZİNİ	113
TEŞEKKÜR	132
ÖZGEÇMİŞ	133

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayıfa</u>
2. 1 . At gübresi ve gübre yatağının ortalama azot, fosfor ve potasyum içeriği (NPK) (kuru ağırlık bazında) , (Marc ve ark (2003).....	7
2. 2 : Bazı ülkelerin arıtma çamurundaki ortalama makro besin içeriği (Banegas ve ark, 2007 ; Leblanc ve ark, 2008).	11
2. 3. Dünyada ve ülkemizde tarımsal amaçlı kullanılacak arıtma çamurları için sınır değerler (Ümmügülsüm ve Şükrü ; 2018)	12
2. 4. Avrupa Birliği’nde arıtma çamurlarının arazide kullanım esasları (Anonim, 2000)	13
3. 1: Araştırmada kullanılan arıtma çamuru ve at gübresi kompostuna ait bazı kimyasal özellikler	30
3. 2 : İzmir ili 2018 ve 1938 – 2018 yıllar arasında, aylık ortalama yağış,sıcaklık değerleri (Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018).....	32
3. 3: Birinci Yıl Deneme Alanı (Menemen) toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	34
3. 4 : Birinci Yıl Deneme Alanı (Menemen) toprağının su ilişkileri ile ilgili fiziksel özellikleri	34
3. 5 : İkinci Yıl Deneme Alanı (Bornova) toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	35
3. 6 : İkinci Yıl Deneme Alanı (Bornova) toprağının su ilişkileri ile ilgili fiziksel özellikleri	35

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

3. 7: Birincil Yıl (Menemen) ve İkincil Yıl (Bornova) Deneme Alanlarında kullanılan sulama sulanının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	36
3. 8: Deneme konuları ve kısaltmaları aşağıdaki gibidir	37
4. 1: Arıtma çamuru kompostu (açk) ve at gübresi kompostu (agk) uygulamasının killi tın bünyeli (bornova ovasında) toprağın tarla kapasitesi (%) ve solma noktası üzerine olan etkileri.....	47
4. 2: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli (bornova ovasında) toprağın hacim ağırlığı (g.cm^{-3}) ve dispersiyon oranı (%) üzerine olan etkileri.....	49
4. 3 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli (Bornova ovasında) toprakların Süspansiyon Yüzdesi (%) ve Toplam mil+kil yüzdesi (%) üzerine olan etkileri.	53
4. 4: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli (Bornova ovasında) toprağın Strüktür Stabilite İndeksi (%) üzerine olan etkileri	55
4. 5 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) organik madde (%) içeriği ve pH değeri üzerine olan etkileri.....	58
4. 6 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) kireç (%) ve EC ($\mu\text{mho/cm}$) değerleri üzerine olan etkileri.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

4. 7 Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) toplam N (%) ve alınabilir P (mg. kg ⁻¹) içeriği üzerine olan etkileri.....	64
4. 8: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir K (mg. kg ⁻¹) ve Na (mg. kg ⁻¹) değerleri üzerine olan etkileri	67
4. 9 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarını killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir Mg (mg. kg ⁻¹) ve Fe (mg. kg ⁻¹) içerikleri üzerine olan etkileri.....	70
4. 10: Arıtma çamuru ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir Cu (mg. kg ⁻¹) ve Zn (mg.kg ⁻¹) içerikleri üzerine olan etkileri.....	72
4. 11: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir Mn (mg. kg ⁻¹) içeriği üzerine olan etkileri	74
4. 12 : Arıtma çamuru ve at gübresi kompostu uygulamaların mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Fe (mg.kg ⁻¹) ve Bakır (mg.kg ⁻¹) içerikleri üzerine etkileri	76
4. 13 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Çinko (mg.kg ⁻¹) ve Mangan (mg.kg ⁻¹) ve içerikleri üzerine etkileri.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

4. 14 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin verim parametrelerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Ducanan grupları.....	79
4. 15 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Tarla Kapasitesi (%) ve Solma Noktası (%) nem değerleri üzerine olan etkileri.....	81
4. 16 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Hacim Ağırlığı (g.cm^{-3}) ve Dispersyon Oranı (%) değerleri üzerine olan etkileri.....	83
4. 17: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Dispersiyon (%) ve Süspansiyon yüzdesi (%) üzerine olan etkileri.....	85
4. 18 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Strüktür Stabilitate İndeksi (%) üzerine olan etkileri	86
4. 19 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bir toprağın (Menemen ovasında) Organik Madde (%) ve pH değerleri üzerine olan etkileri	89
4. 20 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) EC ($\mu\text{mho/cm}$) ve Kireç (%) değerleri üzerine olan etkileri	914.

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

21 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) toplam N (%) ve alınabilir P (%) değerleri üzerine olan etkileri	94
4. 22 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir K (mg/kg) ve Na (mg/kg) değerleri üzerine olan etkileri	96
4. 23: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir Mg (m/kg) ve Fe (mg/kg) içerikleri üzerine olan etkileri	98
4. 24 :Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir Cu (mg.kg ⁻¹) ve Zn (mg.kg ⁻¹) içerikleri üzerine olann etkileri	101
4. 25 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir Mn (mg/kg) içerikleri üzerine olan etkileri.....	103
4. 26 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesinki Demir (mg/kg) ve Çinko (mg/kg) içerikleri üzerine etkileri	106
4. 27: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Bakır (mg/kg) ve Çinko (mg/kg) içerikleri üzerine etkileri	108

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

4. 28 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin verim parametrelerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Ducanan grupları.....	109
---	-----



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
3 . 1: Çiğli Atıksu Arıtma Tesisinin Genel Görünümü.....	29
3 . 2: Kullandığımız At gübresi Kompostu.....	30
3 . 3: Kullandığımız Arıtma Çamuru kompostu	30
3 . 4: Her 2 alanın ait Deneme desenlerinin planı.....	38
3 . 5: Deneme parselleri belirlenmesi	39
3 . 6 : Kompost uygulanmış deneme parselleri.....	40
3 . 7: Mısır ekimi sonrası görünüm.....	41
3 . 8: Tarla Kapasitesi analiz Aleti.....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
C	Karbon
Cu	Bakır
ha	Hektar
da	Dekar
kg	Kilogram
Mg	Megagram
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
K	Potasyum
P	Fosfor
N	Azot
Ca	Kalsiyum
Fe	Demir

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
Mn	Mangan
Zn	Çinko
OM	Organik Madde
SSI	Strüktür Stabilité İndeksi
EC	Elektriksel geçirgenlik
DO	Dispersiyon Oranı
SY	Süspansiyon Yüzdesi
DY	Dispersiyon Yüzdesi
TK	Tarla Kapasitesi
SN	Solma Noktası
AÇK	Aritma Çamuru Kompostu
AGK	At gübre Kompostu

1.GİRİŞ

2050 yılında yaklaşık 9 milyar olması beklenen insan nüfusunun gıda üretimi ihtiyacını sürdürülebilir bir şekilde karşılaması için çevreyi koruyarak toprak verimliliğini artırmak büyük önem taşımaktadır. Yüksek ve sürdürülebilir bir toprak verimliliği için ise topraktaki organik madde miktarı çok önemlidir. Organik madde içeriği ve niteliği toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli etkiler göstermektedir. Toprakların organik madde içeriğinin azalması ve erozyon tarım topraklarını tehdit eden ana unsurlardır. Kurak ve yarı-kurak bölgelerde toprakların organik madde içeriklerinin sürekli azalması, tarım topraklarının bozunumuna yol açabilmektedir. Bu nedenle çeşitli şekillerde ortaya çıkan organik atıkların tarım topraklarında organik madde kaynağı olarak değerlendirilmesi son derece önemli bir konudur. Lewandowski ve Zumwinkle (1999), verimli bir toprak denildiğinde organik madde ve biyolojik aktivitesi yüksek düzeyde olan ayrıca stabil agregatlara, bitki köklerinin kolay hareket edebildiği bir ortama ve suyun kolay infiltre olabildiği bir toprak yapısına sahip olmasının akla geldiğini bildirmişlerdir.

Tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan çeşitli hasat artıkları, çiftlik artıkları, hayvan gübreleri, kentsel ve sanayi atıkları ve benzeri materyaller doğrudan veya kompostlaştırıldıktan sonra toprakların organik madde miktarını artırmak amaçlı kullanılabilir. Toprakların sürdürülebilir kullanımını sağlama, çevre kirliliğini azaltma ve dünyada organik tarıma olan artan talebi göz önüne alarak, sentetik kimyasal gübrelerin kullanımını en aza indirerek organik gübrelerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Fakat hayvan gübrelerinin hem ortaya çıkan miktarları yetersiz ve hem de temini ve kullanımı açısından maliyeti yüksek girdilerdir. Bu nedenle bu açığı kapatabilmek için çeşitli tarımsal, kentsel veya endüstriyel aktiviteler sonucu ortaya çıkan atıkların, bitkisel üretimi arttırıcı düşük maliyetli bir girdi olarak üretim yelpazesinin içerisine dahil edilebilme olanaklarının artırılması gereklidir (Kayıkçıoğlu, 2009).

Bu atıklardan birisi, besin elementi içeriği yüksek fakat bazı çevresel riskler sebebiyle sürekli kullanımı çeşitli sorunlara yol açabilecek arıtma çamurları ile bir diğeri de yine haralarda önemli miktarlarda ortaya çıkan ve depolanması açısından

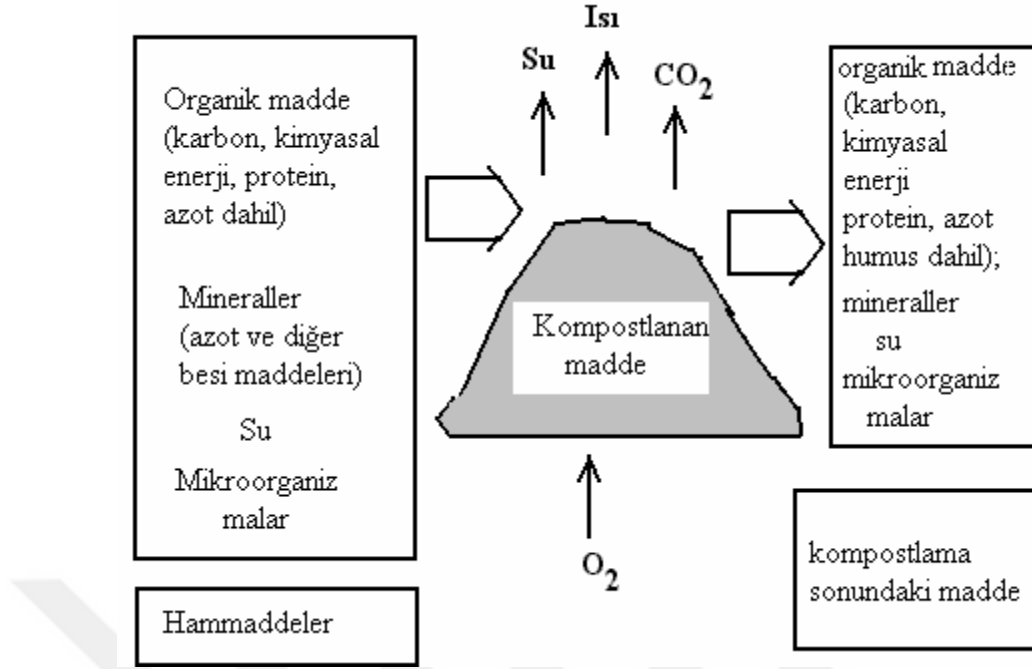
sorunlu olan at gübresidir. Bu atıkların farklı ve birbirini tamamlayıcı özellikleri biraraya getirilerek topraklara organik madde kaynağı olarak uygulanması ve bitkisel üretimde kullanımı, arazi bozunumu ile ilgili sorunların çözülmesi için bir çare olabilir. Bitki besin elementi içeriği bakımından fakir toprakların, besin elementi kapsamının artırılması adına özellikle azot ve fosfor bakımından zengin bir içeriğe sahip arıtma çamuru uygulamalarının gerçekleştirildiği birçok araştırma bulunmakla birlikte bu zengin besin elementi yükünün üst toprak tabakasında korunumuna yönelik çalışmalar çok fazla bulunmamaktadır. Bu anlamda arıtma çamuruna kıyasla birkaç kat daha yüksek C/N oranına sahip kompostlaştırılmış at gübresi gibi bir başka toprak düzenleyicisinin kullanımı bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Besin elementi içeriği yanında toprakların ekstrakte edilebilir ağır metal içeriklerinin azaltılmasında da kullanılabilen (Perez ve ark., 2012) at gübresinin, görece yüksek adsorbsiyon yeteneğiyle besin elementlerinin üst toprak tabakasında daha uzun süre ile korunumunu sağlayabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla, tekse ve farklı oranlarda birlikte uygulanacak at gübresi kompostu ve anaerobik koşullarda stabilizasyonu sağlanan arıtma çamuru uygulamaları altındaki topraklarda mısır bitkisi yetiştirilmiştir. İki senelik bir tarla denemesi şeklinde gerçekleştirilen çalışmada, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimi ile besin elementi hareketleri, farklı derinliklerden (0-20 ve 20-40 cm) alınan toprak örnekleri ile izlenmiştir. Çalışmada test edilen birincil hipotez, yüksek C/N oranına ve adsorbsiyon kapasitesine sahip at gübresi kompostunun, arıtma çamuru kaynaklı besin elementi girdisinin üst toprak katmanında tutulmasına nasıl bir katkı sağlayacağını belirlenmesi olmuştur. Bunun yanında bitki verimi ve bitkilerin besin elementi yanında ağır metal içeriklerinin de (kök, gövde, yaprak ve tane olmak üzere) gerçekleştirilen uygulamalar ile nasıl değişimler gösterdiği ortaya konmuştur.

İzmir Büyükşehir Belediyesi İZSU Arıtma tesislerinden ortaya çıkan arıtma çamurunun tarımsal alanlarda kullanılması söz konusu belediyenin de en önemli amaçları arasındadır. Yine aynı belediyenin at haralarında ortaya çıkan at gübresi kompostunun depolanması da ayrı bir sorun olarak gündemdedir. Bu sorunlara da çözüm önerileri bulabilecek olması tezin önemini daha da arttırmakta ve pratiğe de katkı sağlama niteliğini gerçekleştirmektedir.

2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

2.1. Organik atıkların kompostlanması

ABD Kompostlama Konseyi, kompostu “ısı üretimi ile sterilize edilmiş ve bitki büyümesine fayda sağlayacak şekilde stabilize edilmiş organik maddenin kontrollü biyolojik parçalanmasından kaynaklanan ürün” olarak tanımlamıştır (Sarah, 2008). Kompostlama, anaerobik veya aerobik koşullar altında yapılabilmektedir (Şekil 2.1). Anaerobik kompostlamada ayrışma, oksijen bulunmadığında veya sınırlı miktarda olduğunda oluşmaktadır. Bu yöntemi kullanarak, anaerobik mikroorganizmalar metan, organik asitler, hidrojen sülfid ve diğer maddeler dahil olmak üzere gaz halindeki bileşikler domine edip geliştirmektedir. Oksijen yokluğunda, bu gazlar birikmekte ve artık metabolize olamamaktadırlar. Bu gazların çoğu güçlü kokulardır ve bazıları da fitotoksisteye sahiptirler (Sarah C., 2008, Mata-Alvarez, et al., 2000). Aerobik kompostlama ise, oksijen varlığında gerçekleşmektedir. Bu işlem sırasında aerobik mikroorganizmalar organik maddeyi parçalayıp karbon dioksit, amonyak, su, ısı ve kompost üretirler. Üretilen kompost nispeten stabil bir son organik üründür (Haug, 1993). Aerobik ayrışma sırasında üretilen ısı, proteinlerin, yağların ve selüloz ve hemiselüloz gibi kompleks karbonhidratların parçalanmasını hızlandırmaktadır. Üstelik, bu işlem, yeterince yüksek sıcaklığa maruz kalması koşuluyla, insanlar ve bitkiler için patojenler gibi birçok mikroorganizmayı yıkmaktadır (Shiralipour ve McConnell, 1991). Her ne kadar aerobik kompostlama ile organik materyallerden yeterince besin ortaya çıkarsa da, tarımsal üretim için anaerobik kompostlama kadar etkili ve faydalıdır.



Resim 2. 1: Kompostlaştırma mekanizması (Yıldız ve Demir., 2010)

2.2. Kompostun toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Kompost uygulamalarına bağlı olarak toprağın fiziksel özelliklerinde bir iyileşme, su iletkenliğinde bir artış ve toprak yoğunluğunda bir azalma meydana gelebilmektedir (Wong ve ark., 1999). Pagliai ve ark. (2004) kompost uygulamasının toprağın gözenekliliğini ve yapısını iyileştirdiğini ileri sürmüşlerdir. Kompost uygulaması genellikle düşük yoğunluklu organik maddenin mineral toprak fraksiyonuna katılması nedeniyle toprak yoğunluğunu düşürerek toprak yapısını yararlı bir şekilde etkilemektedir. Bu olumlu etki çoğu durumda tespit edilmiştir ve tipik olarak organik ve inorganik fraksiyonlar arasındaki etkileşimler nedeniyle toprak gözenek miktarındaki artışla ilişkilidir (Amlinger ve ark., 2007). Brown ve Cotton (2011), artan kompost dozlarına bağlı olarak toprak hacim ağırlığı azaldığını bildirmiştir. Düşük hacim ağırlık, gözenek büyüklüğünde bir artışı ve toprak durumunda bir iyileşmeyi belirtir. Bu bakımdan, kompost, çeşitli toprak organizmaları tarafından önemli ölçüde başlatılan toprak agregasyonu ve stabilizasyonu nedeniyle mezopor ve makropor oranlarını arttırmaktadır. (Liu ve ark., 2007).

Kompostun toprağa ilave edilmesi agregat stabilitesini killi ve kumlu topraklarda daha etkili bir şekilde arttırmaktadır (Getinet , 2016). Kompost uygulaması genel olarak kısa bir sürede agregatların stabilitesinde olumlu etkilere sahip olmaktadır. Ancak, bu etkiler tekrarlanan uygulamalar için çok daha önemlidir. Olgun kompostların kullanımı, agregatların stabilitesini genç kompostlara göre önemli ölçüde geliştirir (Hartmann, 2003). Chausson (1999), güney batı İsviçre'deki beş bölgeye dokuz yıl boyunca kompost uyguladıktan sonra, toprak havalandırmasında kontrole göre % 15'lik ortalama bir artış gözlemlemiştir. Agregat stabilitesi ve gözenekliliğin artırılması suyun toprağa daha iyi sızmasını sağlamaktadır (Landes ve ak., 2002 ; Amlinger ve ak., 2007 ; Brown et Cotton 2011).

Tarla kapasitesi ve mevcut su tutma kapasitesi genellikle organik maddenin partikül büyüklüğü, yapısı ve içeriğinden etkilenmektedir. Bununla birlikte, daha yüksek matriks potansiyeli ve daha küçük gözenek boyutları nedeniyle killi topraklar genellikle kumlu topraklara göre ağırlıkça önemli ölçüde daha fazla su tutmaktadırlar. Bu konuda Brown ve Cotton (2011), tekstürün genel olarak su tutma kapasitesini etkileyen temel faktör olmasına rağmen, organik karbonun arttırılmasının toprak suyu tutma kapasitesini iyileştirmede önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Ayrıca kompost uygulamasının daha ince tekstür topraklarda su tutma kapasitesi üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu doğrulamışlar, daha kaba dokulu topraklar üzerinde ise az değişiklik veya hiç değişiklik göstermediğini gözlemlemiştirler. Kompostun yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir ve zamanla bitkilere su sağlayabilir (Crogger, 2005). Logsdon ve Ark (2017), toprağa kompost uygulandığında 5-10 cm derinlikte toprak su içeriğinin arttığını göstermişlerdir. Aggelidis ve Landra (2000), killi ve tınlı bir toprakta 15 cm derinlikte farklı oranlarda karışımlarla uygulanan kompostun su tutma oranlarını karşılaştırmışlardır. Hem kil hem de balçık toprağında daha yüksek kompost oranlarıyla su tutma kapasitesinin arttığını buldular. Kompost, büyük gözenekleri, özellikle de su tutma için yaklaşık 5 kPa gerginlikte su tutan gözenekleri arttırmıştır. Schmid ve Ark (2017) yaptıkları çalışmalarda, toprağa 1.52 cm kompost ilave edildiğinde su içeriğinin % 6 arttığını, 6.04 cm kompost ilave edildiğinde ise su içeriğinin % 9 arttığını göstermişlerdir.

2.3. Kompostun toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kompost, N, P, K, Ca, Mg ve S de dahil olmak üzere bitkiler için faydalı olan önemli miktarda besin ve çeşitli temel iz elementleri içermektedir (Agegehu ve ark, 2014; Madeleine ve ark, 2005). Dolayısıyla, kompost, organik çok besinli bir gübre olarak tanımlanabilmektedir (Amlinger ve ark, 2007). Bouajila ve Sanaa (2011), gübre ve evsel atık kompost uygulamasının önemli miktarda organik karbon artışı ile sonuçlandığını bildirmiştir. Soheil ve ark (2012) kompost uygulaması sonucunda toprakta bulunan N, P ve K ile mikro elementlerin ve ağır metal miktarlarının arttığını tespit etmişlerdir. Brown ve Cotton (2011), kompost uygulanmış toprakların, kontrol toprağa ve geleneksel olarak gübrelenmiş topraklara göre daha yüksek yarayışlı bitki besin maddesi konsantrasyonları içerdiğini saptamışlardır. Katyon değişim kapasitesi, toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde, özellikle de besinlerin tutulması için en önemli göstergelerden biridir . Agegehu ve ark. (2014); Jamal (2009) ve Mohammad ve ark. (2004), kompostun toprağa uygulanmasının, fonksiyonel gruplar açısından zengin stabilize organik materyalin katkısı nedeniyle KDK'da artışa yol açtığını saptamışlardır. Kompost uygulamaları, organik maddenin mineralizasyonu sırasında serbest kalan Ca, Mg ve K gibi alkali katyonlar nedeniyle toprağın pH'ını yükseltir (Agegehu ve ark, 2014 ; Daniel ve Bruno, 2012).

2.4. At gübresi ve kompostu

Değerlendirilmesi zor bir gübre olan at gübresi, atın yaşadığı çevresel koşulların homojen olmaması ve her ata özgü fizyolojinin ve hayvan tarafından boşaltılan miktarların aynı olmaması nedeniyle özellikleri de değişebilmektedir. Gübre, hem katı hem de sıvı atıkları içermektedir. At yetiştiriciliğinde gübrenin yaklaşık % 60 katı ve % 40' idrardan oluşmaktadır. Ortalama olarak, bir at her gün vücut ağırlığı başına yaklaşık 14,17 kg dışkı ve 9 L sıvı idrar üretmektedir. 1000 kiloluk bir at, günde yaklaşık olarak 51 kg organik atık tüketirken, yaklaşık olarak da 31 kg dışkı ve 9,8 kg idrar üretmektedir. 1000 kiloluk bir at yılda yaklaşık olarak 12 ton atık üretmekte ve bu atığın yaklaşık 8,5 tonu da gübre olabilmektedir (ASAE,

2005). İdrar ve dışkıyı absorbe etmek için genellikle yaşam alanlarına çeşitli atıklar eklenmektedir. Yatak malzemeleri arasında saman, odun talaşı, ot samanı, yer fıstığı kabuğu ve kıyılmış kağıttan ve yerel olarak temin edilebilen diğer ürünlerden geniş ölçüde yararlanılmaktadır (Cotton vd., 2006). Ancak genellikle odun talaşı kullanılmaktadır. Odun talaşı, yüksek organik madde içeriği, hacimli doğası, yüksek emme kabiliyeti ve düşük azot içeriği ile karakterize edilmiştir (Ott ve ark, 2000).

At gübresi uzun yıllardır toprak iyileştiricisi olarak kullanılmıştır ve bitki gelişimi için değerli bir besin kaynağı olarak bilinmektedir. Bu atıkların bileşimi, kullanılan altlığın türüne ve miktarına, hayvanın yaşına ve işlevine, yem türüne ve gübrenin nasıl depolandığına bağlı olarak değişmektedir (Marc ve ark, 2003). Diyetle ilgili olarak, ortalama at gübresi 8.6 kg toplam azot (N), 6.4 kg kullanılabilir fosfor (P_2O_5) ve 16.3 kg potasyum (K_2O) içermektedir (ASAE, 2005). Dolayısıyla bir at yılda ortalama 77.5 kg N, 57.1 kg P_2O_5 ve 147 kg K_2O üretmektedir. Atlarda, magnezyum ve mikro elementler (Fe, Cu, Mn ve Zn) esas olarak dışkıda salgılanırken, kalsiyum, potasyum ve daha az miktarda sodyum çoğunlukla idrar ile atılmaktadır. Azot, fosfor ve kükürt hem dışkı hem de idrarla atılmaktadır (Mathews ve ark, 1996, Hainze ve ark, 2004) (Çizelge 2.1)

Çizelge 2. 1 . At gübresi ve gübre yatağının ortalama azot, fosfor ve potasyum içeriği (NPK) (kuru ağırlık bazında) , (Marc ve ark (2003)

BESİN	GÜBRE	YATAK
	%	Kg/ T Kuru Madde
Azot (N)	0,95	8,61
Fosfor (P)	0,30	2,72
Potasyum (K)	1,50	13,60

Toprak düzenleyici olarak az kullanılan at gübresi toprakta organik rezerv olarak birikerek, tutulan su miktarını, infiltrasyonu artırmakta ve toprak yapısını geliştirmektedir (**Marc ve ark, 2003**). At gübresi genellikle yüksek C/N oranına sahiptir. Bu durum at gübresinin ayrışması sırasında mikroorganizmaların büyüme

gereksinimlerini karşılamak için topraktaki inorganik azotu kullanılabileceği (N-immobilizasyonu) anlamına gelmektedir (Chen ve ark., 2014). Bitkiler için son derece önemli bu azot rezervinin azalması nedeniyle at gübresi tarım topraklarında çok kullanılan bir gübre değildir. Bununla birlikte, toprak yapısı ve C içeriği üzerindeki yararlı etkileri nedeniyle, değerli bir toprak düzenleyicisi olarak kabul edilmektedir (Sweeten ve Mathers, 1985). At gübresi; doğrudan uygulama, kompostlama, yakma, metan üretimi (biyogaz) ve vermikompostlama gibi yöntemlerle değerlendirilmektedir. Yöntem seçimi C / N oranına bağlı olarak yapılmaktadır. Doğrudan uygulama, işlenmemiş at gübrelerinin belirli bir depolama süresinden sonra bir alana yayılması işlemidir. Yapılan çalışmalar doğrudan uygulamanın at gübresinin etkili bir şekilde değerlendirilmesine izin vermediğini göstermiştir. Diğer yandan böyle bir uygulama patojenik etkiler yaratabilmektedir. At gübresinin yakılarak değerlendirilmesinde amaç ısı üretimidir. Biyogaz üretiminde de kullanılan at gübresi, kullanım sonrası gübre olarak değerlendirilebilir. Vermikompostlamada solucanlar, kompostlamada ise mikroorganizmalar vasıtasıyla at gübresi süreç sonunda koku, sinek, yabancı ot tohumu ve iç parazitlerinden neredeyse tamamen arınmış ve topraklara uygulanabilir değerli bir gübre haline gelmiş olmaktadır (Richard, 2015). At gübresi kompostu, toprakların su ve besin tutma kapasitelerini arttırmak için kullanılabilmektedir. Kompostlama, besin maddelerinin konsantrasyonunu arttırdığı ve organik maddenin ayrışmasından dolayı C/N oranını azalttığı için at gübresinin değerini artırmaktadır (Bernal ve ark. 2009) (Şekil 2.2).



Resim 2. 2 : At gübre kompostu (<https://www.redwormcomposting.com/worm-farming/how-harmful-are-vermicides-in-manure/>)

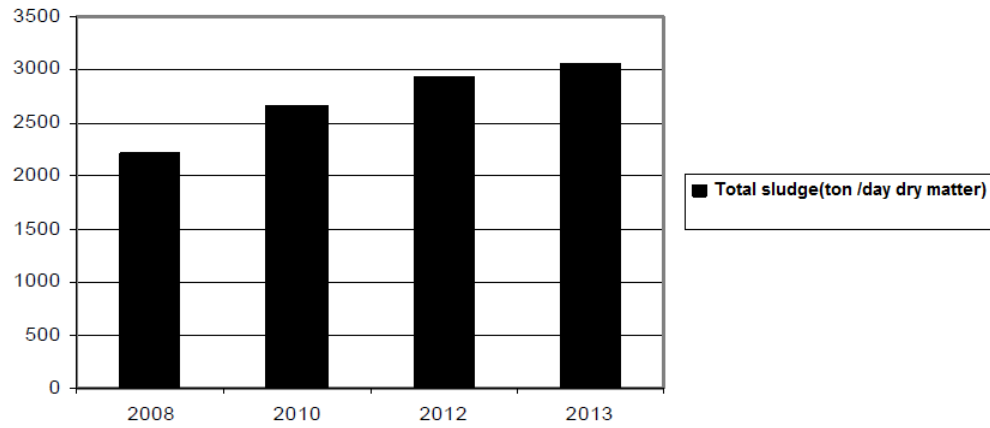
2.5. Arıtma çamuru

Arıtma çamuru, endüstriyel ya da belediye atık sularının arıtımında yan ürün olarak üretilen yarı kalıntı madde olarak tanımlanmaktadır (Kumar ve Chopra, 2017). Daha spesifik olarak, arıtma çamuru, evsel atık suyun farklı arıtma aşamalarının yan ürününü oluşturmaktadır ve bazen endüstriyel ve ticari atıkları da içermektedir (Williams, 2005). Atık su tesislerinden (Atık su Arıtma Tesisi) iki atık çıkmaktadır: Akarsulara boşaltılacak arıtılmış atık su ve ayrıştırılmış katı atık. Arıtma tesislerinden üretilen ve düzgün bir şekilde işlem görmüş olan arıtma çamuru, besin maddesi ve organik madde açısından zengin biyo-katılar haline gelmektedir (Kumar ve Chopra, 2013 ; Kumar et ark., 2016). Bu özelliklerinden dolayı biyo-katılar verimli toprakları iyileştirmek ve korumak ve bitki büyümesini teşvik etmek için gübre olarak kullanılabilir. İyi bir atık çamur yönetimi ile nehir, göl, akarsu gibi su kaynaklarına deşarj önlenerek değerlendirilmesi sağlanmış olur (Spinosa, 2008; Rogers, 2012). Arıtma çamuru genellikle farklı özelliklere sahiptir ve organik ve inorganik kimyasallar, toksik metaller ve patojenler içermektedir. Toprak iyileştirmesi, enerji üretimi vb gibi kullanım alanları bulunmaktadır. Homojen olmaması ve bileşenlerinin

konsantrasyonlarındaki önemli farklılıklar nedeniyle, temel olarak organik maddelerden oluşan arıtma çamuru için standart bir kompozisyon belirlemek veya tanımlamak zor olmaktadır. Arıtma çamuru azot ve fosfor gibi besinlerin yanı sıra patojenler ve ağır metaller gibi zararlı maddeler içerebilir. Arıtma çamurunun inorganik kısmı temel olarak demir, fosfor, kalsiyum, alüminyum ve kükürt bileşiklerini içermektedir. Ayrıca çinko, krom, cıva, kurşun, nikel, kadmiyum gibi ağır metalleri de içermektedir. Çinko, bakır ve kurşun büyük miktarlarda bulunur, ancak diğer ağır metaller eser miktarda bulunmaktadır (Karvelas ve ark., 2003; Marrero ve ark., 2004; Cai ve ark., 2007; Fuentes ve ark., 2008; Li ve ark., 2012). Arıtma çamurunu içerdği organik maddelerin kuru maddedeki konsantrasyonları % 45 ila % 90 arasında değişebilir. Bu maddelerin çoğu esas olarak karbon, hidrojen, oksijen, azot ve sülfitten oluşan bir bakteri kütlesini içermektedir. Atık su çamuru ayrıca birçok organik kirleticiden kaynaklanan yabancı maddeleri de içermektedir. Arıtma çamurunun ortalama makro besin bileşimi Çizelge 2.2’de verilmektedir. Veriler, arıtma çamurunun kayda değer miktarda fosfor, potasyum ve azot içerdiğini göstermektedir. Arıtma çamurundaki besin içeriği, farklı kaynaklar arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Nguyen, 2017).

2.6. Türkiye’de arıtma çamur üretimi

Atık su arıtması sırasında üretilen çamur miktarı, iklim, kültür, tüketim alışkanlıkları ve arıtma teknolojileri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (EPA, 2002). Türkiye'nin kentleşmesinin artmasıyla birlikte, atık su sistemleri ve atık su arıtma tesisleri artmaktadır. ENVEST raporuna göre, Türkiye’de 2008 yılında , üretilen toplam çamur miktarı 1.075.000 ton/ yıl kuru çamurdur (ENVEST, 2010) . Aşağıdaki şekil, 2008'den 2013'e kadar Türkiye tarafından üretilen çamur miktarını göstermektedir.



Resim 2. 3: Türkiye’de üretilen tahmini toplam çamur miktarı (ton / gün) (ENVEST, 2010)

Çizelge 2. 2 : Bazı ülkelerin arıtma çamurundaki ortalama makro besin içeriği (Banegas ve ark, 2007 ; Leblanc ve ark, 2008).

ÜLKE	Toplam N (g/kg)	Toplam P (g/kg)	Toplam K (g/kg)
Standart çamur	35.0	15.3	1.7
Avustralya	75.0	7.9	8.1
Brezilya	58.0	7.9	3.0
Kanada	21.0	2.2	0.8
İngiltere	12.0	6.0	3.0
İtalya	52.0	6.1	–
japonya	73.0	25.0	4.6
Malezya	21.4	7.1	0.8
Ispanya	75.8	18.9	4.6
Tayland	34.3	1.1	0.9
Türkiye	17.0	3.0	4.1
ABD	58.0	19.0	3.6
Vietnam	22.4	7.6	–

2.7. Arıtma Çamurlarının Arazide Kullanım Esasları

2012 yılında Avrupa Birliği'nde, 10 milyon tonun üzerinde kuru katı atık çamur üretilmiştir. Arıtma çamurlarının yaklaşık % 40'ı tarımsal kullanım için arazide kullanılmıştır. Arıtma çamurunun bitkisel üretimde kullanılması

durumunda biyolojik ve kimyasal güvenliğine büyük önem verilmesi gerekmektedir (Roig ve ark., 2012). Toprağa veya yeraltı suyuna karışabilecek kontrol edilemeyen potansiyel olarak zararlı kimyasal madde miktarlarının dikkate alınması gerekir (Houillon ve Jolliet, 2005). Ağır metaller, gres, fenolik bileşikler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi bileşikler, toprağın florasında ve faunasında önemli zararlar verebilir ve diğer toprak özelliklerini değiştirebilir. Çamurları kullanmadan önce bu zararlı potansiyelinin azaltılması, yasal düzenlemelere uyulması ve istenen son kullanımlara adapte edilmesi mümkündür (Suthar, 2010).

Bu çamurları tarımsal açıdan değerlendirebilmek için öncelikle besin elementi içeriği, tuzluluk, pH, ağır metal içerikleri, elektriksel iletkenliği arttırıcı madde bulundurması, tuz fazlalığı bakımından detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca uygulama alanının topografik ve iklimsel parametreleri ve bitki çeşidi de dikkate alınmalıdır. Tarımda arıtma çamuru kullanımı için sınır değerler aşağıdaki Çizelge 2.3’de sunulmuştur.

Çizelge 2. 3. Dünyada ve ülkemizde tarımsal amaçlı kullanılacak arıtma çamurları için sınır değerler (Ümmügülsüm ve Şükrü ; 2018)

Kirletici	ABD	Kanada	AB	İsveç	Danimarka	Almanya	Türkiye
Arsenik	75	75	-	-	-	-	-
Kadmiyum	85	20	20-40	2	0.5	1.5	20
Krom	3000	-	1000-1750	100	-	-	1200
Bakır	4300	-	1000-1750	600	40	60	1200
Kurşun	840	500	750-1200	100	40	100	1200
Cıva	57	5	16-25	2.5	-	-	25
Molibden	75	20	-	-	-	-	-
Nikel	420	180	300-400	50	15	50	1200
Selenyum	100	14	-	-	-	-	-
Çinko	7500	1850	2500-4000	100	100	200	3000
PCB	8.6	-	-	-	-	-	-

Türkiye'de arıtma çamurlarının kullanımına ait kriterler ve sınırlandırmalar ise 3 Ağustos 2010 tarih ve 27661 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren " Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik " ile belirlenmektedir. Bu yönetmeliğe göre, stabilize edilmemiş çamurların kullanımı kesinlikle yasaktır. Arıtma çamurlarının toprakla temas eden ve çiğ olarak tüketilen sebze ve meyvelerin yetiştirilmesi haricinde kullanılabileceği ifade edilmektedir.

Hayvan otlatma ya da hayvan yemlerinin hasadının yapılacağı alanlarda ise arıtma çamuru uygulamasından sonra en az 4 haftalık bir sürenin geçmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunun haricindeki bütün kullanımlar yasaklanmıştır (Anonim, 2001). Avrupa Birliği'nde arıtma çamurlarının arazide kullanım esasları Çizelge 2.4 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 4. Avrupa Birliği'nde arıtma çamurlarının arazide kullanım esasları (Anonim, 2000)

Kullanım Alanları	Yüksek Standart	Geleneksel Standart
Mer'a alanları	Kullanılır	Kullanılır ancak derine enjekte edilmeli ve arıtma çamuru uygulaması ile otlatma arasında en az 6 haftalık bir süre olmalıdır.
Yem bitkilerinin yetiştirildiği alanlar	Kullanılır	Kullanılır ancak uygulamadan sonra 6 hafta geçmeden hasat yapılmamalıdır.
İşlenebilir tarım alanları	Kullanılır	Kullanılır ancak derine enjekte edilmeli veya derhal sürülerek toprakla karıştırılmalıdır.
Toprakla temas eden sebze ve meyvelerin yetiştirildiği alanlar	Kullanılır	Kullanılamaz. Uygulamadan sonra 12 ay geçmeden hasat yapılmamalıdır.
Toprakla temas eden ve çiğ olarak tüketilen sebze ve meyvelerin yetiştirildiği alanlar	Kullanılır	Kullanılamaz. Arıtma çamuru uygulamasından sonra 30 ay geçmeden hasat yapılmamalıdır.
Meyve ağaçları, bağlar, ağaçlandırma alanları ve ormanların yeniden ağaçlandırılması	Kullanılır	Kullanılır ancak derine enjekte edilmeli ve uygulamadan sonraki 10 ay boyunca halkla temas olmamalıdır.
Halka temasın yüksek olduğu yeşil alanlar	Kullanılır ancak iyi stabilize olmalı ve koku oluşturmamalıdır	Kullanılamaz
Doğal ormanlar	Kullanılamaz	Kullanılamaz
Arazi ıslahı	Kullanılır	Kullanılır ancak uygulamadan sonraki 10 ay boyunca halkla temas olmamalıdır.

2.8. Arıtma çamurunun kompost olarak kullanımı

Sürekli artan enerji maliyetleri ve atıksu arıtma tesislerine karşılık olarak ülkelerin büyük miktarda çamur üretimi nedeniyle kompostlama; düzenli depolama, okyanuslarda bertaraf ve yakmaya önemli bir alternatif olmaktadır. Kaynakların korunması ve arıtma çamuru bertarafı açısından günümüzde birçok şehirden çıkan arıtma çamurları kompostlaştırılmaktadır. Arıtma çamuru kompostunun tarım ve orman topraklarına uygulanması, toprak ve su kalitesini koruma ile tarımsal faydaları maksimize etmek arasında bir dengeye sahip olması gerekmektedir. Kompostlu çamur, bitkilere besin sağlamak, fiziksel özelliklerini iyileştirmek ve organik madde miktarını arttırmak için toprak ıslah maddesi olarak kullanılabilir (Warman ve Termeer 2005, Pedra ve ark. 2007), ancak bitki-toprak sistemlerindeki ağır metal birikimi ve fitotoksisite ile ilişkili olumsuz etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir (Alvarenga ve ark, 2015). Ot yemleri ve mısır yetiştiriciliğinde arıtma çamuru kompostu kullanılarak yapılan iki yıllık bir denemede Warman ve Termeer (2005), arıtma çamuru kompostunun mısır verimi üzerindeki etkinliğinin kimyasal azotlu gübreye benzer olduğunu bildirmiştir. Ek olarak, arıtma çamuru kompostunun tarımsal topraklara uygulanmasının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri de arttırdığı bildirilmiştir.

Mondal ve ark. (2015), belediye arıtma çamuru kompostunun kısa süreli uygulamasının ardından toprak kalitesinde değişiklikler olduğunu gözlemlemiştir. Toprağın kütle yoğunluğu yaklaşık % 21 azalmış, gözeneklilik, mikrobiyal biyokütle karbonu arttırılmıştır. Kompostun tarım toprağına uygulanmasının parazitik nematod sayısını azalttığı ve hem mikro eklembacaklıların hem de solucanların sayısını arttırdığı gösterilmiştir (Leroy ve ark., 2007). Ek olarak, Melero ve ark. (2007), atık su çamuru kompostunun uygulanmasının ardından mikrobiyal biyokütle ve enzimatik aktivitelerde bir artış olduğunu saptamıştır.

Arıtma çamuru kompostu, çamurun kaynağına bağlı olarak çeşitli konsantrasyonlarda bulunabilecek bazı kirletici maddeler (toksik iz elementler gibi) de içerebilmektedir. Arıtma çamuru kompostunun toprağına uygulaması sırasında yüzeye yakın birikme, bitkilerden alım veya yeraltı suyuna uzun süreli etkileri söz

konusu olabilmektedir (Wang ve ark., 2016).

Arıtma çamur kullanımındaki en büyük endişe, ağır metallerle ilgilidir. Çünkü sürekli uygulanması halinde toprakta ağır metal birikimi olabilir (Kumazawa,1997). Arıtma çamuru kompostu uygulanmasını takiben bitki-toprak sistemlerinde ağır metallerin birikimi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Tan (2000), 20 yıl boyunca yıllık 20 ton ha⁻¹ arıtma çamuru uygulamasının 8 mg / kg Co, 180 mg / kg Cu, 270 mg / kg Pb ve 890 mg / kg Zn birikimlerine neden olduğunu tespit etmiştir. Udom ve ark (2004) 40 yıllık bir çalışma sonucunda, arıtma çamuru kompostunun toprağa uygulandıktan sonra kurşun ve bakırın daha derin toprak tabakalarına göç etme eğiliminde olduğunu göstermiştir.

2.9. Arıtma çamuru ve at gübresi ile yapılan çalışmalar

Bir başka çalışmada, arıtma çamuru uygulanmasından sonra gypsisollerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Tuzluluktaki artışın ve pH'daki düşüşün büyük düzeyi çamurun uygulama oranına bağlı olarak değişmiştir. Toprağın organik madde, organik karbon ve azot içeriği ile toprak nemi ve gözenekliliği artmıştır. Ayrıca, ağır metallerin konsantrasyonlarda arıtma çamuru uygulandıktan sonra artmıştır (Navas ve ark, 1998).

Aggelides ve ark (2000), kentsel atıklardan ve arıtma çamurundan üretilen kompostları (0, 75, 150 ve 300 m³ ha⁻¹) toprakların fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için tın ve kil bünyeli topraklara uygulamışlardır. Denemeler, yarı kurak bir iklim ile karakterize edilen alanlarda yapılmıştır. Uygulamalardan sonra doymuş ve doymamış hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi, kütle yoğunluğu, toplam gözeneklilik, gözenek büyüklüğü dağılımı, penetrasyon direnci, agregasyon ve agregat stabilitesinin iyileştiği saptanmıştır. Bu değerlerdeki iyileşmeler çoğu durumda kompost uygulama oranlarıyla doğru orantılı olarak ortaya çıkmış tın bünyeli topraklarda kil bünyeli topraklara göre daha yüksek değerler göstermiştir.

Korboulewsky ve ark (2001), arıtma çamuru kompostunun güney Fransa'daki üzüm bağları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, arıtma çamuru kompostunun 10, 30 ve 90 t ha⁻¹ dozları üzüm bağlarında uygulamıştır. Arıtma çamuru kompostunun, toprağı organik karbon, azot ve özellikle azotun asimile edilebilir formları olan (NO₃-N ve NH₄-N) açısından önemli ölçüde zenginleştirdiğı göstermiştir. Değişebilir kation (Ca, Mg, K) içeriğinin dozlara bağılı olarak arttığı saptanmış, ancak 90 t / ha kompost uygulamış olan parseller kontrollerden önemli düzeyde olarak etkili olmuştur. Deneme sonucunda hiçbir metal ve ağır element zenginleşmesi görülmemiş ve toprağın fiziksel özelliklerinde de herhangi bir gelişme olmamıştır. Üzüm üretimindeki verim de değişmemiş, ancak yüksek miktarda arıtma çamuru kompostu kullanılan parsellerde şarap kalitesinde düşüş belirlenmiştir. Bununla beraber arıtma çamuru kompostunun ortalama bir dozda uygulandığı parsellerde tatmin edici düzeyde bir şarap kalitesi elde edilmiştir.

Warman ve Termeer, 2004 Kanada'da yaptıkları bir araştırmada arıtma çamurlarının topraklara uygulanması ile yetiştirilen mısır ve yem bitkilerinin verimi ile bitkilerin ve toprakların N,P ve K içeriklerini incelemişlerdir. İki yıl süren çalışma sonucunda en yüksek ekstrakte edilebilir element miktarları kompost ilave edilen topraklarda saptanmıştır. Atık çamur ve kompostun beraber uygulandığı topraklarda ise N, P ve K elementleri bitkisel üretimde daha fazla desteklemiş ve üretimi olumlu yönde etkilemiştir. Denemenin başlangıcında klasik suni gübrelemenin daha fazla olumlu etkileri olmuş olsa da atık çamur daha sonraları komposta ve klasik gübrelemeye göre toprağı daha fazla besin elementi sağlamıştır. Atık çamur ve kompostlaştırılmış atık çamurun N, P ve K bakımından daha etkili bir kaynak olduğu ve dolayısı ile verimde daha yüksek artışlar sağlayabileceğı vurgulanmıştır.

Wei ve Liu (2005) 3 yıllık bir çalışmada; arıtma çamuru kompostu uygulamasının tarımsal topraklarda ağır metal birikimi, kolza tohumu çimlenmesi, erik gelişimi, arpa ve çin lahanası verimi üzerindeki etkilerini belirlemek için araştırma yapmıştır. Deneme sonunda, arıtma çamuru kompostunun, kolza tohumu

çimlenmesi üzerinde çok az etkisi olduğunu ve kolza tohumu tüycüğünün gelişimini daha düşük uygulama oranlarında uyardığını göstermiştir (<150 ton/ ha).

Warman ve ark (2005), arıtma çamuru, septik havuzlardaki çamur ve arıtma çamuru kompostu uygulamalarının toprak ve mısır verimi üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Bu amaçla bitki verimi, bitki dokuları ve ekstrakte edilebilir toprağın besin maddeleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucuna göre, gübrenin çamur ve komposttan daha fazla yemlik ot verimini arttırdığını, ancak çamurdaki mısır verimine eşdeğer olduğunu göstermiştir. Kontrollere göre en fazla ekstrakte edilebilir besin maddelerine sahip olan toprakların kompost uygulanan topraklar olduğu görülmüştür. Bitkisel üretim için etkili olan N, P ve K kaynağı olarak çamur ve arıtma çamuru kompostunun kullanılabileceği rapor edilmiştir.

Paolo ve ark (2005); uzun süreli arıtma çamuru kompost uygulamasının, toprak özellikleri (milli tın) ve bitki gelişimi (kışlık buğday-mısır-şeker pancarı) üzerine etkilerini incelemiştir. Çamur kompostu, topraklara 5 ve 10 t (kuru madde) / ha oranında uygulanmıştır. Biyokatılar; organik madde (OM), toplam azot ve topraktaki mevcut fosforu arttırıp toprak alkalinitesini azaltmıştır. Biyokatıların uygulanması, toprak verimliliği üzerinde önemli derecede faydalı etkiler göstermiştir. Ancak fosfor ve Zn birikiminden dolayı su kalitesi üzerinde bazı olumsuz etkileri saptanmıştır.

Bir başka çalışmada brokoli (*Brassica oleracea* var *Botryti* cv Maratonu) için büyüme ortamı olarak arıtma çamuru ve turba kompost karışımının kullanımı değerlendirilmiştir. Arıtma çamuru kompostu ve turba artan miktarda (% 0,% 15,% 30 ve% 50, v / v) dört uygulama şeklinde yapılmıştır. Bitki büyümesi, biyokütle üretimi, makro besinler (N, P, K, Ca, Mg), mikro besinler (Fe, Cu, Mn, Zn) ve ağır metallerin (Pb, Ni, Cd, Cr) düzeylerinin belirlenmiştir. Arıtma çamur kompostunun turbaya eklenmesi, bitkilerin besin ve ağır metal seviyelerinin yanı sıra, substratların elektriksel iletkenlik ve kütle yoğunluğu değerlerini de arttırmıştır. Arıtma çamuru kompostunun kullanılması,% 50 kompostta bile çimlenme oranını etkilememiştir (Perez ve ark , 2005) .

Westerman ve Bicudo, (2005) yaptıkları bir araştırmada organik atıkların tarımda kullanımının yönetimini araştırmışlardır. Organik atıkları; bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, gıda işletme atıkları, evsel kentsel katı atıklar ve diğer endüstrilerden gelen atıklar olarak sınıflamışlardır. Bu atıkların gübre, toprak iyileştirici, enerji kaynağı veya alkol, organik asit vb. kimyasalların üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Tarımda çiftlik atıklarının genellikle gübre, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirici olarak kullanıldığını evsel ve endüstriyel atıkların ise bunlara oranla daha dikkatli ve daha az oranda kullanıldığını vurgulamışlardır. Özellikle evsel ve endüstriyel atıkların kullanımında iyi bir organizasyon ve işbirliğinin gerektiğini bunların uygulama zamanları ve dozlarının çok iyi belirlenmesi gerektiğini açıklamışlardır. Daha fazla analiz ile çevrenin ve toprakların korunması gerekliliği öne çıkmıştır.

Cuevas ve ark (2006) arıtma çamuru kompostunun toprak ve mısır taneleri kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Arıtma çamur kompostu ve mineral gübre N, P, K (8,15,15) farklı dozlarda toprağa uygulanmıştır. Sonuçlar, mısır tanesi veriminin ve elde edilen toprakta toplanan mısır tanesinin kalitesinin, geleneksel mineral gübre ile elde edilen sonuçlara benzer olduğunu göstermiştir. Çalışmanın iki yılı boyunca uygulamalar arasında önemli fark bulunmamıştır.

Laura ve ark (2006); evsel katı atıklardan elde edilen vermikompost (HSW) ; at gübresi ve tavşan (HRM) ve tavuk gübresini (CM) 10 ve 20 t /ha dozlarında bahçe toprağına uygulamışlardır. Sonuçları, suya dayanıklı toprak agregatlarının oranı, 20 t / ha'da HSW, HRM ve CM'de önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca uygulama yapılmış parsellerde organik karbondaki bir artış olduğu fark edilmiştir.

Bir başka çalışmada; arıtma çamuru kompostu uygulama dozlarının bahçe toprakları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Arıtma çamur kompostu 0, 1, 2, 3 ve 4 kg / m² dozlarda toprağına uygulanmıştır. Sonuçlar; 2 kg kompost / m² uygulamasının toprağın fiziksel ve biyolojik özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermiştir. Kompostlar karnabahar bitkisinin gelişimi için önemli bir besin girişi sağlamıştır (Casado ve ark ; 2007)

Casedo ve ark (2007) tarafından arıtma çamuru kompostunun toprak özellikleri ve tatlı biber üretimi üzerindeki etkilerine dair bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çamur kompostu 3, 6, ve 9 kg / m² dozları olarak açık havada ve serada kireççe zengin toprağa uygulanmıştır. Sonuç olarak, çamur kompostunun topraktaki organik madde, azot ve fosfor seviyelerini iyileştirdiği görülmüştür.

Belediye katı atık kompostu ve arıtma çamuru uygulamalarının, Podzol ve Vertisol topraklardaki organik maddenin mineralizasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, katı atıklar ve arıtma çamurundan gelen kompostun topraklardaki organik maddeyi arttırdığı saptanmıştır (Filipe ve ark ; 2007)

Küçükhemek ve ark (2008); topraklara arıtma çamuru ve ahır gübresi ile bunların karışımlarını uygulayarak çim bitkisinin verimi ve bitki besin maddeleri içeriği üzerine etkilerini inceledikleri çalışma 2 yıl sürmüştür. Arazi çalışması, evsel karakterli arıtma çamurunun (AÇ), ahır gübresi (AG) ve AÇ+AG'nin üç farklı karışımlarının ($\frac{1}{4}$ AÇ+ $\frac{3}{4}$ AG, $\frac{1}{2}$ AÇ+ $\frac{1}{2}$ AG ve $\frac{3}{4}$ AÇ+ $\frac{1}{4}$ AG), çim bitkisinde bazı makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Zn, Cu, Mn, Pb, Cd) element içerikleri ile verim üzerine etkilerini belirlenmek amacıyla yapılmış ve materyaller toprağa dört farklı dozda (0, 40, 80 ve 120 t/ha) uygulanmıştır. Deneme sonunda, arıtma çamuru uygulamasının çim bitkisinin verim ve bazı besin element içeriğini kontrol ve diğer organik materyal uygulamalarına göre artırdığı saptanmıştır. Çim bitkisinin taze ağırlığı çamur uygulamasında ahır gübresine oranla 3.3 kez arttığı görülmüştür. Çamur uygulamaları çim bitkisinin N ve K içeriğini kontrol uygulamasına göre artırmıştır. P, Ca, ve Mg bakımından da uygulamalar arasındaki fark önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Deneme sonunda sonuçlar, verim ve bazı besin elementleri içeriklerinin ahır gübresi uygulamasına göre, arıtma çamuru uygulamasında artışlar olduğunu göstermiştir. Diğer uygulamalar ise çim bitkisinin taze ağırlığını önemli ölçüde artırmıştır. Benzer şekilde, çim bitkisinin bazı besin elementi içeriği hektara 40 ve 80 ton uygulamaları ile artmıştır.

Fernandez ve ark (2009), arıtma çamuru kompostu ve termal olarak kurutulmuş arıtma çamurunun bir toprağın kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini

üç yıl boyunca incelemiştir. Çalışma, kumlu tın bünyeli topraklarda gerçekleştirilmiş ve 2002 - 2004 yılları arasında 80 ton ha⁻¹ düzeyinde uygulamalar yapılmıştır. 0-15 cm derinliğe kadar alınan toprak örneklerinin analizi sonucu, pH, elektriksel iletkenlik, toplam organik C, toplam azot ve mevcut P'de bir artış saptanmıştır.

Uhram ve Eun, (2010), arıtma çamuru kompostunun toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ağaçların büyümesine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, işlenmiş toprakların nem, organik madde ve azot içeriğinde bir gelişme olduğunu göstermektedir. Ağaçların yaprak biyokütlesi de artmıştır. Çamur kompostunun uygulanması toprakta ağır metal birikimini de azaltmıştır.

Vaca ve ark (2011) yapmış oldukları bir çalışmada; arıtma çamuru , arıtma çamuru kompostu ve mineral gübre NPK (150-75-30)'nin toprak özellikleri ve mısır bitkisi verimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 18 t ha⁻¹ arıtma çamuru ve arıtma çamuru kompostu toprağa uygulanmıştır. Mineral gübre ise 150-75-30 olarak verilmiştir. 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin analizinden sonra; arıtma çamuru, arıtma çamuru kompostu ve mineral gübre ilavesinin toprakların organik madde, fosfor ve çinko oranları üzerine önemli bir etki sağladığı saptanmıştır. Bakır konsantrasyonu, çamur kompostu uygulamış toprakta önemli ölçüde yükselmiştir. Arıtma çamuru ve arıtma çamuru kompostu uygulanan parsellerde, mısır verimi mineral gübre uygulanan parsellere göre daha yüksek çıkmıştır.

Özyazıcı ve ark (2012); arıtma çamuru uygulamalarının topraktaki bazı mikro elementler üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir. Çalışmada, arıtma çamurunun 0, 10, 20, 30, 40 ve 50 t ha⁻¹ dozları ile optimum kimyasal gübreleme (NP) uygulaması yapılmıştır. Analizlerden sonra çıkan sonuçlara göre, artan dozlardaki arıtma çamuru uygulaması ile toprağın pH değerlerinde azalma, organik madde, EC, toplam N ve alınabilir P değerlerinde artış, kireç ve alınabilir K değerlerinde ise herhangi bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir.

Perez ve ark (2012), koyun gübresi, at gübresi ve çam kabuğu uygulamasının kirlenmiş maden topraklarının kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla at gübresi, koyun gübresi ve çam kompostu; bakır ve çinkonun biyoyararlılığı ve toprağın verimliliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek için toprağa uygulanmıştır. Çalışmada uygulamalar 0, 30 ve 60 t ha⁻¹ dozlarında toprağa uygulanmıştır. Belirli dönemlerde araziden 0-20 cm derinlikten toprak örneği alınıp analiz edilmiştir. Sonuç olarak gübre kompostunun (at ve koyun gübresi kompostu), toprak pH'ını ve kation değişim kapasitesini arttırdığını ve bu topraklarda besin seviyesinin arttığını göstermiştir.

Mehmet ve Gülen (2012) arıtma çamurunun bazı toprak verimliliği parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Buğday, beyaz lahana ve domates bitkilerinin bir ürün rotasyon sistemi altında ekildiği bir toprağa uygulamalar yapılmıştır. 10, 20, 30, 40 ve 50 t ha⁻¹ arıtma çamur dozları ve önerilen optimum oranlarda kimyasal gübre Azot (N) ve Fosfor (P) oranları uygulanmıştır. Sonuç olarak araştırmada uygulamalara bağlı olarak, toprak pH değerinin azaldığı; EC, organik madde, toplam azot ve izin verilen P değerlerinin, artan arıtma çamuru dozlarına paralel olarak arttığı saptanmıştır. Ancak, toprağın potasyum ve kireç içeriği değişmemiştir.

Fang ve ark (2012) at gübresi ve kimyasal gübrelerin siyah toprakların mikro besin içeriği (Fe, Mn, Cu ve Zn) üzerindeki etkilerini ve ürünlerdeki içeriklerini incelemişlerdir. Bu amaçla at gübresi ve kimyasal gübreleri 30 yıl boyunca toprağa uygulanmıştır. Denemede 7 farklı deneme konusu planlanmıştır. İlk üç uygulama olarak mineral gübre NP, at gübresi (M) ve at gübresi ile mineral gübre karışımı (NPM) kullanılmıştır. Dört, beş ve altıncı uygulamalarda ise ilk üç uygulamada kullanılan miktarların iki katı olarak; duble mineral gübresi (N2P2), duble at gübresi (M2) ve duble at gübresi ile mineral gübresi karışımı (N2P2M2) kullanılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesi sonucu, 30 yıl boyunca at gübresi ve kimyasal gübre uygulamasının kara topraklarda Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonlarında önemli bir artışa yol açtığını ortaya konmuştur.

Eulalia ve ark (2013) yaptıkları çalışmada, arıtma çamuru kompostunun zeytin topraklarının kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, arıtma çamur kompostu, üre + arıtma çamuru kompostu ve sadece üre, kumlu tın ve kumlu kil bünyeli topraklara uygulanmıştır. Analiz sonuçları arıtma çamuru kompostunun olduğu parsellerde azot içeriği, pH değerleri ve fosfor oranlarının diğerlerine göre daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Pingping ve ark (2013) tarafından yapılmış çalışmada, topraklara uygulanan atık çamur kompostu ile muamele görmüş toprağın fiziko kimyasal özellikleri ve *Festuca arundinacea* büyümesi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, NO₃-N konsantrasyonunun arıtma çamuru kompostunun uygulandığı topraklarda kontrollere göre önemli bir artış gösterdiği kaydedilmiştir. Arıtma çamuru kompostu uygulanmış parsellerde pH değerleri değişmezken, EC değerleri; besin maddelerinin mineralizasyonu ve immobilizasyonuna bağlı olarak ortaya çıkan organik madde değişimlerinden dolayı değişmiştir. İlk 100 gün'deki yavaş bir fosfor salınım sonrasında, modifiye eden topraktaki toplam fosfor konsantrasyonunda keskin bir azalma olmuştur. Bu azalma, fosfor içeren organik bileşiklerin hızla mineralleşmesinden kaynaklanmıştır.

Dong ve Huang (2013); arıtma çamuru kompostunun şakayık - toprak ekosistemleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu çalışmanın sonuçları, arıtma çamur kompostunun toprağın mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklerini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Aynı şekilde, şakayık süs değeri kompost tarafından iyileştirilmiştir. Üstelik, şakayık sarı yapraklarının hastalıkları kompost çamuru uygulanmasından sonra engellenmiştir.

Latare ve ark (2014); arıtma çamurunun toprakta uygulanması, bertaraf edilmesi ve yönetimi için alternatif bir teknik sunmuşlardır. Bu çalışma, arıtma çamurunun pirinç verimi, toprak verimliliği ve tahıl ve samanlarda ağır metal birikimi üzerindeki etkisini bir serada değerlendirmek için yapılmıştır. Çalışmada arıtma çamuru uygulamaları 0, 10, 20, 30 et 40 t /ha dozlarda toprağa uygulanmıştır. Sonuç olarak, çamur uygulamasıyla saman ve tahıl verimliliğinde önemli bir artış olduğu görülmüştür. Toprak pH değeri arıtma çamur uygulamasıyla artmıştır.

Ancak çamur uygulama oranları yüksek olduğunda toprak pH değeri azalmıştır. Arıtma çamur uygulaması toprak ve bitkilerde ağır metal içeriğini arttırmıştır.

César ve ark (2014), arıtma çamur kompostu ve arıtma çamurunu tek dozda (120 t/ha) uyguladıktan 5 yıl sonra, yarı kurak bölge toprağın agregasyonunu incelemişlerdir. Bu amaçla, topraklar ıslak eleme ile dört partikül büyüklüğüne (8000-2000, 2000-250, 250-53 ve <53 μ m) ayrılmıştır. Makro agregalar daha sonra kaba partiküllü organik maddeye (> 250 250m), makro agrega içindeki mikro agregalara (250-53 m) ve mil ile kile (<53 μ m) ayrılmıştır. Sonuçlara göre , arıtılmış çamur ilavesinin 5 yıllık uygulamadan sonra agregasyonda bir artışa yol açtığı görülmüştür. Arıtma çamuru kompostu, makro agregaların kaba organik parçacıklarının organik karbonunu arttırmıştır. Kompostlanmayan arıtma çamuru, makro agregalarda mikro agregaların organik karbonunu iyileştirmiştir.

Bouriouğ ve ark (2014), çamur uygulamasının, karaçamda besin absorpsiyonu ve büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada arıtma çamuru 0, 30 ve 60 t DW (DW = kuru ılık) ha-1 dozlarında orman toprak içeren saksılara uygulanmıştır. Analizler için toprak örnekleri 20 cm derinlikten alınmıştır. Analiz sonuçları, arıtma çamuru alan toprakların üst kısmında azot ve fosfor seviyelerinin belirgin bir şekilde arttığını ortaya koymuştur. Ancak, alt topraklarda hiçbir değişiklik gözlemlenmemiştir. Aynı şekilde Cu ve Zn konsantrasyonları artmıştır. Toprağa arıtma çamur ilave edildikten sonra infiltrasyon testleri; azot, fosfor ve diğer makro besinlerinin alt tabakalara yikanmasının kontrol toprağına göre çok az olduğunu göstermiştir.

Alvarenga ve ark (2015), dokuz adet organik materyali karakterize etmişlerdir. Bunlar belediye arıtma çamuru (SS1 ve SS2), tarımsal sanayi çamuru (AIS), belediye arıtma çamuru (MSS), karma belediye katı atık kompostu (MMSWC), tarımsal atık kompostu (AWC), tarımsal atık ve lağım çamuru (AWSSC), domuz bulamacı sindirim ürünü (PSD) ve kağıt fabrikası atıklarından (PMW) üretilen komposttur. Çalışmaları sırasında fizikokimyasal parametreler, toplam ve biyoyararlı ağır metaller, organik kirleticiler, patojenik mikroorganizmalar, stabilite göstergeleri ve fitotoksisite göstergeleri incelenmiştir.

Organik materyallerin toprağa uygulanmasından sonra yapılan analizler sonucu; arıtma çamurundan ve tarımsal atıktan üretilen kompostun (AWSSC) diğerlerinden daha iyi özelliklere sahip olduğu ve diğerlerinden daha düşük ağır metal içeriğine sahip olduğu kanıtlamıştır.

Kabil ve ark (2015); arıtma çamuru kompostunu 0 , 2.5 , 5.0 , 7.5 dozlarında killi tın bir toprağa uygulayıp 0-20 cm derinlikte uygulamaların etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar genel olarak en az 5 t / ha arıtma çamuru kompostu uygulamasının, toprak organik maddesinin yanı sıra C , N, P ve K gibi diğer mineral besin maddelerinin seviyelerini arttırdığını göstermiştir. Bu yararlı etki, 7.5 t / ha olan en yüksek dozda tam tersine dönmüştür.

İsveç'te at gübresi kompostunun mineral (siltli kum ve tınlı) ve tarıma elverişli topraklara uygulandıktan sonra besinlerin toprağa tutunması ve yıkanması incelenmiştir. At gübre kompostu 18 ve 36 t / ha dozlarında topraklara uygulanmıştır. Sonuçlara göre, at gübre kompostu uygulandıktan sonra, 36 t /ha yüksek doz uygulamasında mineral topraklardaki besin kayıpları önemli ölçüde artmıştır. At gübre kompostu uygulandığında organik toprakta P, N ve C kaybı azalmıştır. Bu da toprak yıkanması potansiyelinden daha yüksek bir tutunma potansiyeline işaret etmektedir (Mohammed ve ark , 2015). Bu nedenle, hayvan gübre kompostu uygulaması, taze gübreleme uygulamasından daha düşük yıkanma sağladığı için toprak verimliliğini arttırabilmektedir.

Vanessa ve ark (2016) arıtma çamuru kompostunun, *Raphanus sativus* L' nin (turp) büyümesi ve toprağın özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 0, 25, 50 ve 75 t /ha arıtma çamuru dozları orta bünyeli bir toprağa uygulanmıştır. 25 ve 50 t / ha dozlarda; pH, elektrik iletkenliği (EC) ve toprak organik madde seviyesinde ve turp veriminde önemli artışlar kaydedilmiştir.

Zygmunt ve ark (2016); ağır metallerin (Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn) kompost uygulanan topraklarda hareketlerini incelemişlerdir. Çalışma, yüksek oranda kirlenmiş kumlu killi topraklarda. farklı olgunlaşma sürelerindeki (3, 6, 12 ay) arıtma çamur kompostu uygulamalarının, metallerin biyolojik olarak

kullanılabilirliği, fraksiyonlanması ve dağılımı (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) üzerindeki etkilerine odaklanmıştır. Tüm kompostlar Cd, Ni ve Zn'in biyoyararışlılığını 24 ay içinde azaltmıştır. Kurşun ve bakırın biyoyararışlılığı arıtma çamur kompostlarından etkilenmemiştir.

Attila ve ark (2016) arıtma çamur kompostunun bitki verimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneme 2006, 2009, 2012 ve 2015 sonbaharında küçük parseller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uygulanan arıtma çamur kompostunun % 40'ı çamur, % 25'i saman,% 30'u riyolit ve % 5'i de betonit içermiştir. Arıtma çamur kompostunu 0, 9, 18 ve 27 t/ha dozlarında toprağa uygulamışlardır. Tritikale, mısır ve yeşil bezelye bu topraklarda yıllık olarak rotasyon halinde yetiştirilmiştir. Sonuçlar, uygulanan dozların etkilerinin türlere ve zamana bağlı olduğunu göstermiştir. Muamele görmüş parsellerin Tritikale ve mısır verimi, kontrol parsellerine göre daha yüksek olmuştur.

Arıtma çamuru kompostunun (SSC) arazi uygulamasını takiben ağır metal yıkanması ve birikiminin önemi irdelenmiştir. Arıtma çamur kompostu milli tınl bünyeli topraklara uygulanıp, toprak örnekleri 0-25 cm derinlikten alınmıştır. Sonuçlar, organik maddenin hem en büyük kaba kısmının (POM) hem de çözünmüş kısmının (DOM), arıtma çamur kompostu ve toprak tarafından ağır metal yıknamasının bir belirleyicisi olduğunu göstermişlerdir. Çözünmüş organik madde içeriğindeki artış, kompost uygulanmış topraklarda ağır metallerin yıkanmasını biraz artırmıştır (Wen ve ark ; 2016).

Ma ve ark (2016); arıtma çamurun kompostunun toprak özelliklerine ve sebze kalitesine etkilerini incelemişlerdir. Uygulamalar topraklara 3, 15 ve 30 t / ha dozlarında yapılmıştır. Sonuçlar, net sebze üretiminin 3 ve 15 t / ha'lık dozlarla arttığını, net üretimin 30 t / ha'lık uygulama oranıyla düştüğünü göstermiştir.

Outhman (2016), arıtma çamurunun toprak fiziksel özelliklerine etkisini incelemiştir. Bu topraklarda arpa ve buğday bitkileri yetiştirilmiştir. Çalışma 2 yıl sürmüştür ve arıtma çamurları 0, 4, 8 ve 12 kg / ha doz olarak toprağa uygulanmıştır. Sonuçlar toprağa arıtma çamuru ilavesinin önemli bir etkisi

olduğunu göstermiştir. Volüm ağırlık, özgül ağırlık ve porozite 0-15 cm ve 15 ila 30 cm derinlikte iyileştirilmiştir.

Eftihia ve ark, (2017); çelik cürufu ile dengelenen arıtma çamurunun toprağın kimyasal özellikleri ile verimliliği ve buğday gelişimi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Arıtma çamurları 0, 10, 30 g kg⁻¹ dozlarında uygulanarak saksılarda kışlık buğday, farklı pH değerlerine sahip (5.4; 7.2; 7.9) üç toprakta yetiştirilmiştir. Saksılara ayrıca 120 kg N ha⁻¹ inorganik azot gübresi uygulanmıştır. Arıtma çamurunun uygulandığı saksılarda, toprağın pH değeri, elektriksel iletkenliği (EC), alınabilir NO₃-N ve fosfor seviyelerinde inorganik gübreye göre önemli bir artış gözlemlenmiştir. Tüm topraklarda, arıtma çamur uygulamaları (10 ve 30 kg) buğdayın büyümesini iyileştirip çelik cürufu ile stabilize edilmiş, arıtma çamurunun tarım topraklarında kullanılabileceği önerilmiştir.

Bai ve ark (2017); arıtma çamuru ve yeşil gübre uygulamalarının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ve mısır verimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Arıtma çamuru 0, 30, 75, 150 et 300 t ha⁻¹ dozlarında toprağa uygulanmış ve 0 -20 cm derinliğe kadar karıştırılmıştır. Çalışma tuzlu bir toprakta yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre toprağın agregat stabilitesinde, katyon değişim kapasitesinde ve azot ile fosfor konsantrasyonunda bir artış gözlemlenmiştir. Öte yandan toprağın pH değerinde, EC ve değişebilir sodyum oranında azalma görülmüştür. Sonuç olarak, artan arıtma çamur oranları ile mısır verimi arttırılmıştır.

Magdalena ve ark (2017), arıtma çamuru uygulamasının toprak özellikleri ve söğüt kültürü üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Arıtma çamurları 3 ve 9 t ha⁻¹ dozlarında kumlu bir toprağa uygulanmıştır. Analizden sonra elde edilen sonuçlara göre topraktaki humus ve organik maddelerde dikkate değer artışlar gözlenmiştir. Arıtma çamur uygulaması söğüt verimi üzerinde de olumlu bir etki yaratmıştır.

Tziachris ve arkadaşları (2017), arıtma çamuru uygulamasının toprak özellikleri üzerindeki etkileri ve Selanik Ovası'ndaki (Yunanistan) ağır metallerin mevcudiyeti üzerine çalışmışlardır. Çalışmada, Selanik Çamur Tesisinden (Yunanistan) gelen kireç ile stabilize edilmiş arıtma çamuru tek doz olarak (13t/ha)

200 tarlaya uygulanmıştır. Deneme asit topraklarda yapılmıştır. Arıtma çamuru uygulandıktan sonra yapılan analizlere göre; CaCO_3 , Magnezyum, pH, Kalsiyum (Ca) ve elektrik iletkenliğinde önemli bir artış olduğu ortaya çıkmıştır. DTPA'dan ekstrakte edilebilen çoğu ağır metallerin konsantrasyonu toprakta azalmıştır. Öte yandan topraktaki çinko konsantrasyonu hafifçe yükselmiştir.

Artan çamur uygulamasının ve bunun N ve P mineral gübrelerle etkileşiminin ağaçlarda odun miktarı üzerine etkilerini araştırmak için 44 aylık bir arazi çalışması yapılmıştır. Dört doz arıtma çamuru (0, 8, 15 ve 23 t / ha, kuru baz), mineral azotlu gübre (0, 47, 95 ve 142 kg / ha) ve mineral fosforlu gübre (0, 28, 56 ve 84 kg / ha P_2O_5) tarlalara uygulanmıştır. Sonuçlar, ekimden 8 ila 44 ay sonra, çamur uygulamasının (N ve P ile ya da P olmadan), ağaç uygulamasına kıyasla, istatistiksel olarak daha büyük bir odun miktarı ($P < 0.05$) ürettiğini göstermiştir. Genel olarak, atık su çamurunun verimsiz tropik topraklarda kereste üretiminde mükemmel bir N ve P gübresi kaynağı olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir (Cassio ve ark ; 2017) .

Tomasz et al (2018) mısır samanı kompostu (MS), arıtma çamuru ile mısır samanı kompostu (MS + SS), mısır samanı, arıtma çamuru ve biochar karışımı kompostunu (MS + SS + BC) kum bünyeli bir toprağın hidrolojik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, kumlu toprağın fiziksel özellikleri arıtma çamuru kompostu uygulamasıyla önemli ölçüde geliştirilmiştir. Üstelik artan miktarlarda arıtma çamuru kompostu uygulamasının toprak gözenek miktarını artırdığı da belirtilmiştir.

Oueriemmi ve ark (2018); arıtma çamuru kompostu uygulamasının bazı kumlu toprakların kimyasal özellikleri üzerinde kısa dönemdeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında, toprağa 0, 20, 40 et 60 t/ha düzeyinde arıtma çamuru kompostu uygulamışlardır. Analizler 0–20, 20–40 ve 40–60 cm derinliklerden alınan toprak örnekleri üzerinde yapılmıştır. Analizlerin sonunda, arıtma çamuru kompostu uygulamalarının tarımsal kullanımda kısa dönemde toprağın kimyasal özelliklerinin değişmesine katkısı olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, çamur uygulaması toprak ve besin maddelerinin organik değerlerini arttırmıştır.

Arif ve ark (2018), taze endüstriyel çamur ve kompost arıtma çamuru kullanarak bozulmuş kumlu tınlı toprakların restorasyonu üzerine bir çalışma yürütmüştür. Analizler için toprak örnekleri 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerden alınmıştır. Sonuçlar, toprağa uygulanan organik maddelerin toplam organik karbonu, mevcut azotu, mevcut fosforu ve toprağın mevcut potasyumunu 0 ila 15 cm derinlikte arttırdığını göstermiştir.

Cherfouh ve ark (2018) Cezayir'de yaptıkları araştırmada; arıtma çamuru uygulamalarının Akdeniz bölgesi killi tın bünyeli topraklarının agronomik kalitesi üzerindeki etkisinin incelenmişlerdir. 10 yıl süren çalışma sonucunda, arıtma çamuru ilave edilen topraklardaki agronomik kalitenin düşmediği ortaya çıkarılmıştır. Üstelik topraklardaki pH ve katyon değişim kapasitesini hafif bir şekilde arttırdığı da saptanmıştır. Toprakların organik madde miktarı da arıtma çamuru ilavesi ile artmıştır.

Helmi ve ark (2019) kentsel arıtma çamurunun tekrarlanmış uygulamasının kumlu tın ve kumlu topraklardaki etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla, arıtma çamuru 0, 40, 80 ve 120 t/ha dozlarında uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, tüm uygulamalar arasında önemli farklar olduğu görülmüştür. Arıtma çamuru uygulaması, 120 t/ha ile muamele edilen topraklarda organik madde, N, P ve K içeriğini düzenli olarak geliştirmiştir. Çamur uygulamaları, toprağın beslenme durumu; mikrobiyal biyokütle ve toprak enzim aktiviteleri dahil olmak üzere biyolojik özellikler üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada, Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi'nde (Şekil 3.1) alınan çürütülmüş, kompostlanmış ve kurutulmuş (kuruluk oranı % 90) arıtma çamuru ile İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne ait Altı Spor Klubu'ndan alınmıştır, at gübresi kompostu organik materyal olarak kullanılmıştır .

3.1.1. Arıtma çamuru kompostu

Denemede kullanılan arıtma çamurunun (Şekil 3.3) organik madde içeriğinin yüksek, ağır metal içeriğinin ise Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Resim 3 . 1: Çiğli Atıksu Arıtma Tesisinin Genel Görünümü



3.1.2. At Gübresi kompostu

Topraklara uygulanan at gübresi kompostu (resim 3.2) organik madde ve karbon bakımından zengindir ve toprakları etkileyebilecek ağır metaller

içermemektedir (Çizelge 3.1).

Resim 3 . 2: Kullandığımız At gübresi Kompostu



Resim 3 . 3: Kullandığımız Arıtma Çamuru kompostu



Çizelge 3. 1: Araştırmada kullanılan arıtma çamuru kompostu (AÇK) ve At gübresi kompostuna (AGK) ait bazı kimyasal özellikler

			AÇK	AGK
pH (1/10)			7.18	8.04
EC (1/10)		µS/cm	1945	1514
Organik madde		%	51.2	45
Organik C		%	29.66	26.1
Kireç		%	5.35	4.94
Toplam	N	%	2.99	0.42
	P	%	0.2275	0.1309
	K	%	0.34	0.34
	C/N		9.89	62.14
	Ca	%	6,36	0.94
	Mg	%	2.04	0.15
	Na	mg/kg	1390.5	987
	Fe	mg/kg	12754.96	243
	Cu	mg/kg	176.5	2.3
	Zn	mg/kg	1376.59	15.6
	Mn	mg/kg	350	74
	Ni	mg/kg	69.73	-
	Pb	mg/kg	17.44	-
	Cr	mg/kg	112.53	-
	Cd	mg/kg	2.83	-
	B	mg/kg	16.1	-

3.1. 3. Araştırma alanının toprak özellikleri

Tez çalışmasındaki arazi çalışmaları iki farklı lokasyonda yapılmış ve tamamlanmıştır. Denemenin birinci yılı (5/2017- 10/2017) , E.Ü. Ziraat Fakültesi Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliği'ndeki deneme alanlarında yapılmıştır. Menemen ovası, Emiralem Boğazından denize doğru açılan bir yelpaze şeklindedir. Büyük kısmını Gediz alüviyumu ve ikinci derecede yan dere alüviyum ana materyali üzerinde oluşmuş alüviyal topraklar oluşturmaktadır. Ovayı çevreleyen yamaçların eteklerinde ince koluviyum ana materyali şeridi üzerinde oluşmuş kolüviyal topraklar yer almaktadır. Ova güney-kuzey yönünde 30 km, batı-doğu yönünde ise yaklaşık 20 km'dir. Ovayı doğu ve kuzeyden dik eğimli dağ ve tepeler kuşatır. Gediz alüviyal tabanı 0-6 metre, yan alüviyaller ve koluviyaller ise 6 ile 30 metre yükseltidedir. Çevre dağları ise 1100 metreye yaklaşır (Anonim, 1971).

Araştırma alanının da içinde yer aldığı Menemen Ovası'nda Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Çok yıllık (55 yıl) iklim verilerine göre; ortalama toplam yıllık yağış 525.3 mm' dir. Yağışın yaklaşık % 50' si kış, % 25' i ilkbahar, % 23' ü sonbahar ve % 2' si yaz aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklık 16.9 °C; ortalama nispi nem % 57.5; ortalama yıllık buharlaşma 1532.1 mm' dir (Anonim, 2009).

Denemenin İkinci yılı (5/2018-10/2018) ise deneme, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait Bornova'daki deneme alanları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bölge, Akdeniz iklim özelliklerine sahip denizden yaklaşık 20 mm yüksekte yer almaktadır. Kışları ılık yazları sıcaktır (Hakan, 2015).

İzmir içinde sıcak ve ılıman iklim görülmektedir. Kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. İzmir'de yağış dağılımında aylara ve mevsimlere göre farklılıklar bulunmaktadır (Çizelge 3.2). İzmir ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 700 mm ve yıllık yağışların % 50'sinden fazlası kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde % 40-45, yaz mevsiminde ise % 2-4 oranı düşmektedir (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2019)

İzmir şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 16.6'dır. Yıllık ortalama yağış miktarı 665 mm dir. Temmuz ayı 27.2 sıcaklıkla yılın en sıcak ayıdır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 6.6 olup yılın en düşük ortalamasıdır (Çizelge 3.3) (Climate data, 2019).

Çizelge 3. 2 : İzmir ili 2018 ve 1938 – 2018 yıllar arasında, aylık ortalama yağış,sıcaklık değerleri (Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018)

Ay	Sıcaklık (° C)		Yağış (mm)	
	2018	1938-2017 uzun yıllar ortalaması	2018	1938-2017 uzun yıllar ortalaması
Mayıs	23.30	20.7	67.6	31.2
Haziran	26.8	25.5	29.8	9.9
Temmuz	29.7	28.0	0.3	1.7
Ağustos	29.5	27.6	5.8	2.9
Eylül	25.4	23.60	1.9	13.7
Ekim	19.4	18.7	40.4	43.8

Menemen ve Bornova deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri sırasıyla Çizelge 3.3, 3.4 ,3.5 ve 3,6 ‘da verilmiştir.

Çizelge 3. 3: Birinci Yıl Deneme Alanı (Menemen) toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

			0-20 cm	20-40 cm
pH (1/10)			7.56	7.6
EC (1/10)		$\mu\text{S/cm}$	370.3	285.6
Kireç		%	7.4	7.75
Organik madde		%	1.1	0.65
Bünye			Kumlu tın	Kumlu tın
Alınabilir	N	%	0.079	0.065
	P	mg kg^{-1}	17.65	12.13
	K	mg kg^{-1}	361.97	212.7
	Mg	mg kg^{-1}	270.,3	295.1
	Na	mg kg^{-1}	30.49	40.5
	Fe	mg kg^{-1}	3.75	4.8
	Zn	mg kg^{-1}	1.25	0.987
	Cu	mg kg^{-1}	0.95	1.35
	Mn	mg kg^{-1}	1.23	0.9

Çizelge 3. 4 : Birinci Yıl Deneme Alanı (Menemen) toprağının su ilişkileri ile ilgili fiziksel özellikleri

Tarla Kapasitesi %	13.5881
Solma Noktası %	5.170
Yarayışlı Su Miktarı (Pw) %	8.4181
Hacim Ağırlık (g.cm^{-1})	1.7637
Dispersiyon %	36.11
Süspansiyon%	15.44

Çizelge 3. 5 : İkinci Yıl Deneme Alanı (Bornova) toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

			0-20 cm	20-40 cm
pH (1/10)			7.5	7.4
EC (1/10)		$\mu\text{S}/\text{cm}$	978	825
Kireç		%	5.25	4.76
Organik madde		%	1.75	1.151
Bünye			Killi tın	Killi tın
Alınabilir	N	%	0.123	0.101
	P	mg kg^{-1}	11.72	6.7
	K	mg kg^{-1}	50.95	44.45
	Mg	mg kg^{-1}	560.75	510.23
	Na	mg kg^{-1}	5.36	3.94
	Fe	mg kg^{-1}	8.75	10.95
	Zn	mg kg^{-1}	2.85	2.19
	Cu	mg kg^{-1}	2.75	2.43
	Mn	mg kg^{-1}	19.5	16.45

Çizelge 3. 6 : İkinci Yıl Deneme Alanı (Bornova) toprağının su ilişkileri ile ilgili fiziksel özellikleri

Tarla Kapasitesi %	36.2459
Solma Noktası %	24.3018
Yarayışlı Su Miktarı %	11.9441
Hacim Ağırlık (g.cm^{-1})	1.4903
Dispersiyon %	76.88
süspansiyon %	16.88

Denemelerde kullanılan sulama suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3. 7: Deneme Alanlarında kullanılan sulama suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

pH	6,68
ECx10 ⁶	950
	µmhos/cm
KATYONLAR (me/l)	
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	5,3
K ⁺	0,1
Na ⁺	4,1
Katyonlar Toplamı	9,50
ANYONLAR (me/l)	
CO ₃ ²⁻	0
HCO ₃ ⁻	5,60
SO ₄ ²⁻	0,63
Cl ⁻	3,17
Anyonlar Toplamı	9,40
SAR	2,53
Sulama Suyu Sınıfı	C3S1

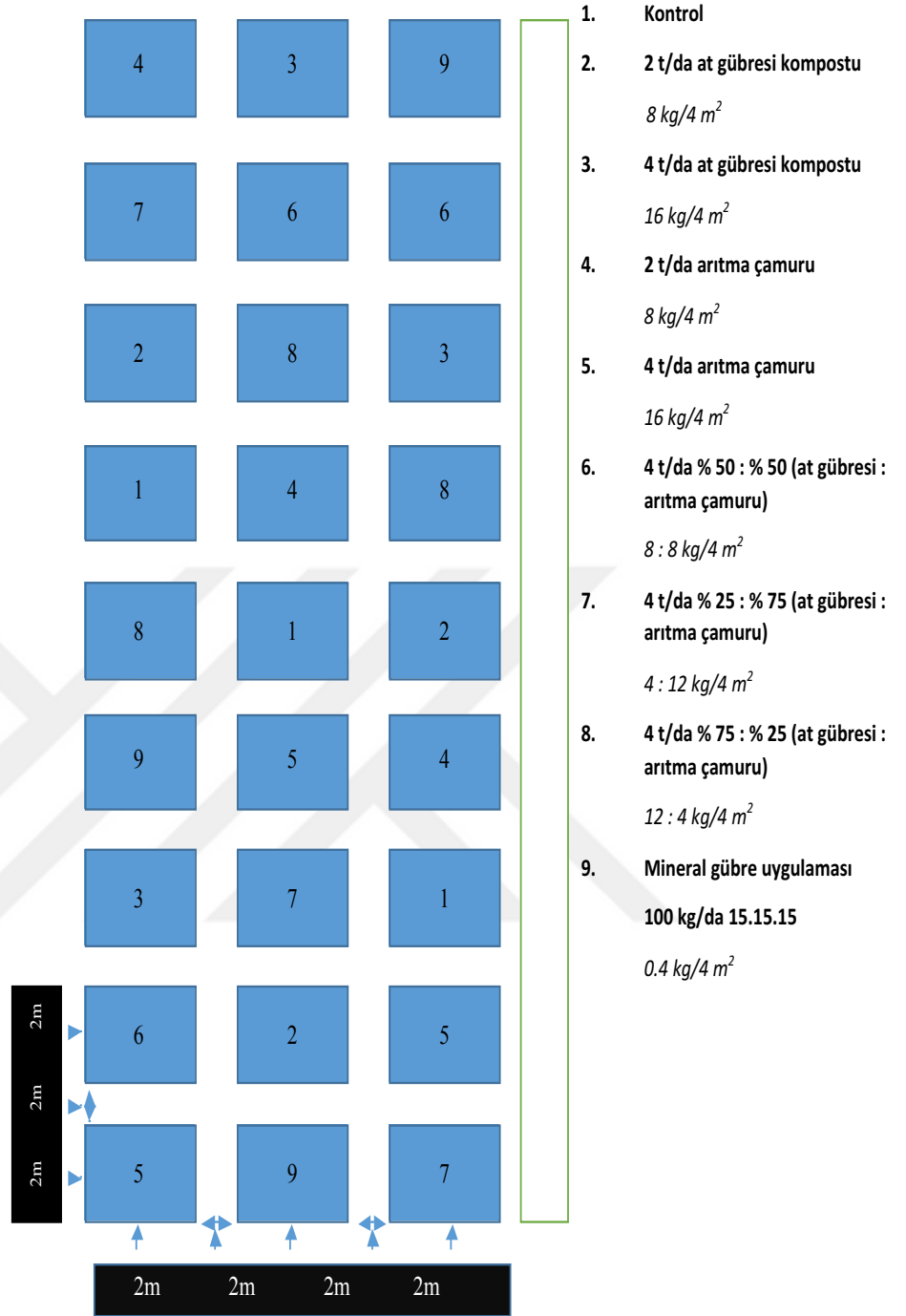
Su analizleri incelendiğinde, sulama suyu olarak kullanılan suyun bitkileri ve toprağa uygulandığında sakıncalı olmadığı ve sulama suyu olarak kullanılabileceği söylenilebilir.

3.2. YÖNTEM

Her iki lokasyondaki denemeler, tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur (Çizelge 3.8). Denemelerde 9 farklı konu ve 3 tekerrür (Çizelge 3.8) olmak üzere toplam 27 uygulama yapılmıştır. Parseller 4 m² boyutlarında, aralarında 2'şer metre boşluk olacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 3.4, 3.5). Denemelerde mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) KWS Kayras Hibrit Mısır çeşidi yetiştirilmiştir. Mısırın bu çeşidi; Menemen ovasında en fazla kullanılan, yüksek verim potansiyeline sahip, yatmaya karşı dayanıklı, adaptasyon yeteneği yüksek, kısa süreli stres şartlarına toleranslı, ve görülen sap hastalıklarına karşı dayanıklı bir çeşittir (Şahar, 2006).

Çizelge 3. 8: Deneme konuları ve kısaltmaları

1	Kontrol	K
2	At gübresi kompostu (2 t/da)	AGK-2
3	At gübresi kompostu (4 t/da)	AGK-4
4	Aritma çamuru kompostu (2 t/da)	AÇK-2
5	Aritma çamuru kompostu (4 t/da)	AÇK-4
6	% 50 At gübresi kompostu +% 50 Aritma çamuru kompostu (4 t/da)	% 50 AGK+% 50 AÇK
7	% 25 At gübresi kompostu +% 75 Aritma çamuru kompostu (4 t/da)	% 25 AGK+% 75 AÇK
8	% 75 At gübresi kompostu +% 25 Aritma çamuru kompostu (4 t/da)	% 75 AGK+% 25 AÇK
9	Mineral Gübresi Uygulaması (100kg/da)	NPK



Resim 3 . 4: Her iki alana ait Deneme desenlerinin planı

Deneme alanının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla deneme kurulmadan önce usulüne uygun olarak toprak örnekleri alınıp analiz edilmiştir. Denemede sulama suyu olarak artezyen suyu kullanılmıştır. Sulama öncesi sulama suyunun analizleri de yapılmıştır. Mısır ekimi, tüm deneme parsellerine arıtma çamuru, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulanmasını

takiben aynı gün yapılmıştır (Resim 3.6 ve 3.7). Bitki ekiminden sonra hasat dönemine kadar bitkinin gelişimi izlenip, sulama, çapalama, gibi kültürel işlemleri yapılmıştır. Belirli dönemlerde araziden 0-20 ve 20-40 cm derinliklerde olmak üzere toprak örnekleri alınıp analiz edilmiştir. Kimyasal parametreler için ekimden ve 15 gün ve 6 ay sonra olmak üzere iki defa toprak örnekleme yapılmıştır . Fiziksel parametreler için ise toprak örnekleri ekimden 6 ay sonra tek sefer olarak alınmıştır. Bitki örnekleri hasattan bir hafta önce alınarak, gövde-yaprak ve koçan olmak üzere ayrılmış, besin elementi ve ağır metal içerikleri belirlenmek üzere analize hazırlanmıştır .



Resim 3 . 5: Deneme parselleri belirlenmesi



Resim 3 . 6 : Kompost uygulanmış deneme parselleri





Resim 3 . 7: Mısır ekimi sonrası görünüm

3.2.1. Toprak, bitki ve kompost örneklerinin analize hazırlanması

Denemelerden usulüne uygun olarak alınan toprak örnekleri önce hava kurusu duruma getirilmiş daha sonra analizler için 2 mm'lik elekten elenmiştir. Toprak örnekleri 0-20 ve 20-40 cm derinlikten olmak üzere her parsel için iki derinlik olarak şekilde değerlendirme yapılmıştır.

Kompost örnekleri ise usulüne uygun şekilde alınarak 65-70 °C'de etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.

Her parselde, ortadaki sıralardan 5 farklı bitkiden yaprak ve gövde örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler etüvde 105 C° de 5 gün boyunca kurutulup analizler için öğütülmüştür. Bitki örneklerindeki mineral maddeler, yapısında bulunan organik maddenin yakılmasından sonra belirlenmiş ve kuru madde bazında değerlendirilmiştir.

3.2.2. Toprak, mısır bitkisi ve kompost örneklerinin analizinde kullanılan yöntemler:

3.2.2.1. Toprak analizleri

Toprak Bünyesi: Bouyoucous silindiri ve hidrometre ile saptanmıştır (Bouyoucous, 1951). Her fraksiyon için bulunan veriler bünye üçgenine uygulanarak toprak örneklerinin bünyeleri belirlenmiştir (Black, 1965).

Suda Çözünebilir Toplam Tuz (%) ve saturasyon çamurunda toprak pH'sı : Saf su ile doymun hale getirilmiş örnekler, elektriksel direnç, doymun örnek ısısı ($^{\circ}\text{F}$) ve doymunluk %' sine göre hazırlanmış çizelge kullanılarak belirlenmiştir (US Soil Survey Staff, 1951). Bu doymunluk çamurundan pH metre ile direkt olarak ölçüm yapılmıştır (Jackson, 1967) .

Toplam Organik Madde (%): Potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ile yaş yakılarak organik karbon değeri bulunuş (Rauterberg und Kremkus, 1951) ve bu değeri Van Benmelen Faktörü olan 1,724 ile çarpılarak hesaplanmıştır (Black, 1965).

Toprak Kireç içeriği (%) : Scheibler kalsimetresinde HCl ile tepkimeye giren CaCO_3 'dan çıkan CO_2 hacminin ölçülmesi ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

Toplam Azot (%N) : Toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemi ile yapılmıştır (Kacar, 1972).

Kasyon Değişim Kapasitesi (KDK, me/100g): Örneklerin sodyum ile doyurulması, amonyum asetat ile ekstrakte edilmesi ve sodyum iyonunun alev fotometresinde okunması ile me/100g olarak saptanmıştır (Jackson, 1967).

Alınabilir Fosfor (P) : Olsen (1982) metoduna göre kolorimetrik olarak tayin edilmiştir.

Alınabilir Kasyonlar : Toprak örneklerinde alınabilir Na, K, Ca, Mg değerleri 1 N Amonyum asetat yöntemine göre (NH_4OAc) ile çalkalanarak elde edilen

süzüklerde Na, K değerleri Alev fotometresinde, Mg değerleri ise AAS’de tayin edilmiştir (Pratt, 1965).

Alınabilir Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Mangan (Mn), ve ağır metal içerikleri : Analiz için hazırlanmış 20 g. toprak örneği 40 ml. DTPA ile çalkalanmış ve süzükten alınan örneğin AAS’de okunması sonucu belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

Tarla kapasitesi ve solma noktası: Tarla kapasitesindeki % su $1/3$ atmosfer basınç altında, solma noktasındaki % su ise 15 atmosfer basınç altında “Plate Extractor” aleti ile saptanmıştır (US Soil Survey Staff, 1951) (Resim 6.9). Faydalı su miktarı, tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki farktan bulunmuştur.



Resim 3 . 8: Tarla Kapasitesi analiz Aleti

Toprağın Hacim Ağırlığı : 100 cm^3 hacim kapları ile alınan yapısı bozulmamış toprak örnekleri etüvde 105°C ’de kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları tartıldı ve kapları hacmine oranlanarak bulundu (Hunt ve Gilkes 1992).

Toplam mil + kil yüzdesi (%): Toprak örneğinin, disperse edilmesinden sonra yapılan 40’ıncı saniyedeki hidrometre okumalarından hesaplanmıştır (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954; Yeşilsoy, 1968).

Süspansiyon yüzdesi : Disperse edilmemiş toprak örneğinin hidrometre silindiri içinde 20 kez alt üst edilmesinden sonra yapılan 40' ıncı saniyedeki hidrometre okumalarından elde edilen ve düzeltilen değerlerin, örnek ağırlığına (50g) bölünmesi sonucu % olarak hesaplandı (U.S Salinity Lab.Staff. 1954; Yeşilsoy, 1968).

Strüktür Stabilite İndeksi : Toplam mil+kil yüzdesi değerlerinden süspansiyon yüzdesi değerleri çıkarılarak hesaplanmıştır (U.S. Soil Survey Staff, 1951).

Dispersiyon Oranı: değerlerinin, dispersiyon değerlerine bölünmesiyle hesaplandı (Middleton,1930; US Salinity Lab. Staff, 1954).

3.2.2.2. Bitki Örneklerinin Analizi

Fizyolojik gelişim parametreleri : Hasat sırasında ve sonrasında koçan boyu, koçanda tane sayısı , koçan çapı, bitki yaprak sayısı, analizleri yapılmıştır.

Koçan Boyu (cm): Deneme parsellerini temsilen seçilen 10 adet koçan dip kısmından ucuna kadar ölçülerek, ortalaması alınıp koçan boyu elde edilmiştir.

Koçanda tane sayısı (adet/koçan): Deneme parsellerini temsilen seçilen 10 adet koçan tanelenerek elde edilen taneler sayılmış ve ortalaması alınmıştır

Sap çapı (cm): Hasat başlangıcından hemen önce her bir hasat parselinden alınan 10 bitki örneğinin sap kalınlıkları 2. ve 3. boğumların arasında kalan kısımda ölçülmüştür.

Bitkide yaprak sayısı (adet): Bitki boyunun belirlendiği 10 bitkide yapraklar sayılarak ortalaması alınmıştır.

Bitki örneklerindeki mineral maddeler, bitki örneklerinde bulunan organik maddenin yakılmasından sonra belirlenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi usulüne göre kuru ya da yaş yakma sonrası, element analizleri, kök-gövde-yaprak ve danede gerçekleştirilmiştir.

Mikro elementler; Yaş yakma yapılmış örneklerde AAS ve alev fotometresi yardımıyla belirlenmiştir (Slawin 1968; Hanlon, 1992).

3.2.2.3. At gübresi ve arıtma çamuru kompostu analizleri

pH: Kompostlar 1:10 oranında saf su ile sulandırılmış ve 1 saat çalkalandıktan sonra pH metre ile ölçülmüştür (Jackson, 1967).

Suda çözünabilir toplam tuz yüzdesi : Saf su ile doymun hale getirilmiş örnekler, elektriksel direnç, doymun örnek ısısı (°F) ve doymunluk yüzdesine göre hazırlanmış çizelge kullanılarak saptanmıştır (US Soil Survey Staff, 1951) .

Toplam Organik Madde yüzdesi : Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ile yaş yakılarak organik karbon değeri bulunmuş (Rauterberg und Kremkus, 1951) ve bu değer Van Benmelen Faktörü olan 1,724 ile çarpılarak hesaplanmıştır (Black, 1965).

Kasyon Değişim Kapasitesi (KDK, me/100g): Örneklerin sodyum ile doyurulması, amonyum asetat ile ekstrakte edilmesi ve sodyum iyonunun alev fotometresinde okunması ile belirlenmiştir (Jackson, 1967).

Toplam Azot (%N): Kompost örneklerinde toplam azot modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemi ile yapılmıştır (Kacar, 1972).

Toplam Fosfor (P), Potasyum(K), Kalsiyum(Ca), Magnezyum(Mg), Sodyum(Na), Demir (Fe), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Bakır (Cu) ve Ağır Metal Analizleri : Analize hazırlanan kompost örneklerinden 1 gram tartılarak konsantre nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakma yapılarak 100 ml'lik balonlara filtre edilmiştir. Yaş yakma ile elde edilen ekstrakttan alınan örneklerde fosfor vanadamolibdofosforik sarı renk yöntemi ile kolorimetrik olarak analiz edilmiştir. Kompostlarda potasyum, kalsiyum ve sodyum analizleri alev fotometresinde tayin edilmiştir. Örneklerde magnezyum, demir, çinko, mangan ve bakır miktarları ile ağır metaller yaş yakma ile elde edilen süzükte Atomik Absorbsiyon

Spektrofotometresinde (AAS) tayin edilmiştir (Kacar, 1972).

Alınabilir Katyonlar : Kompost örneklerinde alınabilir Na, K, Mg değerleri 1 N Amonyum asetat yöntemine göre (NH_4OAc) ile çalkalanarak elde edilen süzüklerde Na, K değerlerini Alev fotometresinde, Mg değerleri ise AAS'de tayin edilmiştir (Pratt, 1965).

Alınabilir Demir (Fe), Bakır (Cu) , Çinko (Zn), Mangan (Mn) ve ağır metal içerikleri : analiz için hazırlanmış 20 g kompost örneği 40 ml. DTPA ile çalkalanması ve süzükten alınan örneğin AAS'de okunması sonucu saptanmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

3.2.3. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Uygulanan İstatistiksel Yöntemler

İstatistiksel analizler SPSS v.23.0 programı kullanılarak General Linear Model Multivaiate yapılmış ve sonuçlar ortalama değerler olarak ifade edilmiştir. Araştırmada uygulama düzeyi muameleler arası ana faktör, derinlik faktörü ise muamele içi alt faktör olarak değerlendirilmiştir. Önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklar 0,05 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir ($P < 0.05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Aritma çamuru ve at gübresi kompostunun toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mısır verimine olan etkilerini incelemek amacıyla yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, denemenin yürütüldüğü deneme alanlarının sahip olduğu 2 farklı toprak bünyesine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.1. Arıtma Çamuru ve At Gübresi Kompostu Uygulamasının Killi Tın (Bornova) Bünyeli Bir Toprak Üzerine Etkileri

4.1.1. Toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkileri

4.1.1.1 Tarla kapasitesi (TK) ve Solma Noktası (SN)' nde % Nem

Toprağın tarla kapasitesi, fazla suyun aşağı doğru hareket etmesinin ardından toprak tarafından tutulan toprak nemi veya toprağın içerdiği su miktarıdır. Solma noktası ise, bitkinin artık topraktan su alamadığı ve bu nedenle solduğu anda toprakta tutulan su miktarıdır. Toprağın bünyesi ve organik maddesi, toprağın tarla kapasitesini etkileyebilecek faktörlerdir. Arıtma çamuru kompostu, at gübre kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın TK ve SN % nem içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Denemenin 6.ayından sonra alınan toprak örneklerinde TK ve SN'daki % nem değerleri her iki derinlikte de kompost uygulamalarına bağlı olarak istatistiki anlamda önemli farklılıklar ortaya koymamıştır. Bununla beraber artan arıtma çamuru ve at gübresi kompostu dozlarına bağlı olarak tarla kapasitesi ve solma noktasındaki % nem değerleri kontrole göre artmıştır. En yüksek artışlar genellikle AÇK-4 uygulamasında ortaya çıkmış ve bu uygulamada TK'daki % nem 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikte yaklaşık % 8, SN'daki % nem ise 0-20 cm derinlikte % 13 , 20-40 cm derinlikte % 10 oranlarında artışlar göstermiştir. Üst toprak katmanındaki tarla kapasitesi ve solma noktasındaki % nem değerlerinin, alt katmanına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1). Bu artışlar büyük olasılıkla, arıtma çamuru kompostun uygulandığı parsellerdeki organik maddenin artmasından kaynaklanmaktadır. Demir ve Gülser (2015) toprağa farklı dozlarda (% 0, 3, 6 ve 9) uyguladıkları

kompostların 0-20 cm derinlikteki toprağın su tutma kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su değerlerinin kontrole göre arttığını bulmuşlardır. Çercioglu ve ark, (2014) da; 4 t / ha, 10 t / ha ve 50 t / ha dozlarında uyguladıkları tütün atığı kompostu, tavuk gübresi ve biohumusun üç yıl boyunca kaba bünyeli topraklar (tipik Xerofluent) üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, organik atıkların toprağın su tutma kapasitesi , solma noktası ve yarayışlı su miktarlarını artırdıklarını saptamışlardır. Topraktaki organik madde miktarı arttıkça tarla kapasitesi ve solma noktasındaki tutulan su miktarı da artmaktadır (Karahana vd., 2014).

Çizelge 4. 1: Arıtma çamuru kompostu (AÇK) ve at gübresi kompostu (AGK) uygulamasının killi tın bünyeli (Bornova ovasında) toprağın tarla kapasitesi (%) ve solma noktası üzerine olan etkileri

Uygulama	TK (0-20 cm)	TK(20-40 cm)	SN(0-20 cm)	SN (20-40 cm)
K	37.17	36.66	23.20	21.76
AGK-2	38.67	37.58	23.92	22.13
AGK-4	38.31	38.38	24.17	23.35
AÇK-2	39.10	38.12	25.60	23.56
AÇK-4	40.25	39.67	26.20	25.22
% 50 AGK+% 50 AÇK	37.85	37.10	23.29	22.66
% 25 AGK+% 75 AÇK	39.42	39.78	25.17	23.85
% 75 AGK+% 25 AÇK	39.57	39.18	24.51	24.25
NPK	39.84	38.16	25.18	23.38

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.1.2. Toprağın Hacim Ağırlığı değeri (HA g. cm⁻³)

Hacim ağırlığı toprağın sıkışmasını bir göstergesidir. İnfiltrasyonu , köklenme derinliği, mevcut su kapasitesi, toprak gözenekliliği ve toprağın havalandırması ve mikroorganizmalarının aktivitesini üzerine etkiler.

Arıtma çamur kompostu, at gübre kompostu ve mineral gübre uygulamasından 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde, uygulamaların toprak hacim ağırlığında meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.2’de görülmektedir. Hacim ağırlığı (HA) hem 0-20 cm hem de 20-40 cm toprak derinliğinde uygulanan arıtma çamuru ve at gübre kompostunun düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. Artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu dozlarına bağlı olarak toprağın hacim ağırlığı ortalaması kontrole göre azalmıştır. 0-20 cm toprak derinliğinde en düşük toprağın HA değeri AÇK-2 (1,36 g/cm³), AÇK-4 (1,35 g/cm³), % 25 AGK+% 75 AÇK (1,36 g/cm³) ve % 75 AGK+% 25 AÇK (1,38 g/cm³) uygulamalarında elde edilmiştir. Aynı şekilde 20- 40 cm toprak derinliğinde de, en düşük toprağın HA değeri AÇK-4 (1,41 g cm⁻³) uygulamasında saptanmıştır. Bu düşüşler toprağın üst tabakasında AÇK-4, % 25 AGK +% 75 AÇK ve % 75 AGK +% 25 AÇK uygulamalarında sırasıyla % 15, % 14 ve % 13 oranlarındadır. Toprağın alt tabakasında ise AÇK-4 uygulamasıyla HA %11 düşmektedir. Ayrıca, toprağın hacim ağırlığı üst toprak tabakasında (0-20 cm) alt toprak tabakasına (20-40 cm) oranla daha düşük çıkmıştır. Arıtma çamuru kompostu uygulamalarının teksele ya da at gübresi kompostu ile birlikte gerçekleştirildiği durumlarda toprağın hacim ağırlığı iyileştirdiği saptanmıştır. Bu, arıtma çamuru kompostunun topraktaki at gübresinin kompostunun ayrışmasına yardımcı olmasıyla açıklanmaktadır. Bu durum, arıtma çamuru kompostu uygulanan toprakların organik madde içeriğinde meydana gelen değişimle açıklanabilir. Organik atıkları, toprağa ilave ettikten sonra toprağın gözenekliliği artmaktadır (Aggelides ve ark, 2000). Hacim ağırlığındaki azalması, toprağın daha az yoğun organik maddeleri ile karıştırılması, daha iyi agregasyon ve bunun sonucunda mikrogözeneklerin hacmindeki artış ve ayrıca organik gübrelerle değiştirilen topraktaki parçacık yoğunluğunun azalması ile ilgili olmaktadır (Blanco-Canqui ve ark, 2006). Civeira (2010), katı atık kompost uygulaması ile hacim ağırlığında azalmanın elde edilebileceğini göstermiştir. Hemmat ve ark, (2010) kireçli toprağa üç farklı dozda (25, 50,100 t/ha) belediyenin katı atıkları, arıtma çamuru ve ahır gübreleri uygulamalarının toprağın hacim ağırlığı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kireçli toprakta arıtma çamuru uygulaması ile toprağın hacim ağırlığı azalmıştır.

4.1.1.3. Toprağın Dispersiyon oranı (DO) üzerine etkileri

Dispersiyon oranı değeri, toprakların erozyona karşı direncini değerlendirmek için kullanılan bir parametredir ve % 15'ten daha az olması halinde toprakların erozyona karşı dayanıklı olduğu düşünülmektedir (Özdemir, 2015).

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprak dispersiyon oranı üzerine etkileri Çizelge 4.2 'de verilmiştir. Uygulamalardan sonra, toprağın üst ve alt tabakasında DO açısından istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur. Toprağın hem 0-20 cm hem de 20-40 cm derinliğinde toprak dispersiyon oranı (DO), artan arıtma çamuru kompostu (AÇK-4) uygulama düzeylerine bağlı olarak azalmıştır. Toprağın 0-20 cm derinliğinde, en yüksek DO ortalama % 21,39 ile kontrol uygulamasında bulunurken, en düşük DO ise ortalama % 14,10 ile AÇK-4 uygulamasında saptanmıştır. Toprağın alt (20-40 cm) derinliğinde de benzer şekilde en yüksek DO değeri kontrolde (% 21,95), en düşük DO değeri de AÇK-4 uygulamasında (% 14,15) belirlenmiştir. Bu düşüşler toprağın hem üst tabakasında hem de alt tabakasında AÇK-4 uygulamasında sırasıyla % 34, ve % 35 oranlarındadır. Bu azalış, arıtma çamuru kompostunun, toprak agregasyonunu üzerine oluşan olumlu üzerine etkiden kaynaklanmış olabilir. Toprakta organik maddenin yüksek olması nedeniyle dispersiyon oranı düşüktür (Hati ve ark. 2007) . Bu değerlendirmeye göre 0-20 cm toprak derinliğinde AÇK-4 ve % 50 AGK+% 50 AÇK uygulaması yapılan parsellerin erozyona karşı diğerlerinden daha dayanıklı olduğu anlaşılmaktadır. Turgut ve ark (2010) da benzer şekilde, farklı dozlarda ve farklı oranlarda topraklara uyguladıkları organik atıkları (Hayvan gübresi ve sorgum atıkları) toprağı erozyona karşı daha dayanıklı hale getirdiğini saptamışlardır.

Çizelge 4. 2: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli (Bornova ovasında) toprağın Hacim Ağırlığı (g.cm^{-3}) ve Dispersiyon Oranı (%) üzerine olan etkileri.

Uygulama	H A (0-20 cm)	H A (20-40 cm)	DO (0-20cm)	DO (20-40 cm)
K	1.59 a	1.60 a	21.39 a	21.95 a
AGK-2	1.45 b	1.59 a	16.32 bc	14.53 c
AGK-4	1.48 b	1.49 c	18.86 ab	14.53 c
AÇK-2	1.36 c	1.52 bc	19.35 ab	18.17 b
AÇK-4	1.35 c	1.41 d	14.10 d	14.15 c
% 50 AGK+% 50 AÇK	1.56 a	1.60 a	14.52 cd	14.93 c
% 25 AGK+% 75 AÇK	1.36 c	1.46 cd	14.94 cd	17.69 b
% 75 AGK+% 25 AÇK	1.38 c	1.46 cd	17.35 bc	16.75 bc
NPK	1.49 b	1.56 ab	18.37 ab	16.75 bc

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/da AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.1.4. Toprağın Süspansiyon yüzdesi (SY) Üzerine Olan Etkileri

Süspansiyon toprakların erozyona karşı dayanaklığı değerlendirmesi için önemli bir parametredir. Süspansiyon yüzdesi disperse edilmemiş toprak taneciklerinin değerlendirmesini sağlamaktadır.

Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere, toprağın süspansiyon yüzdesi 0-20 cm ve 20-40 cm derinliğinde uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. Uygulandığı bütün pasellerde , arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostunun, yüzeyde (0-20 cm) veya alt toprak tabakasında (20-40 cm) toprağın süspansiyon yüzdesini önemli ölçüde azaltmıştır. 0-20 cm toprak derinliğinde , toprak agregatların AÇK-4, % 50 AGK+% 50 AÇK ve % 25 AGK+% 75 AÇK parsellerinde toprakların agregatları su basıncına daha dayanıklıdır. 20-40 cm

toprak derinliğinde, toprak agregatların sadece kontrol ve mineral gübre parsellerinde su basıncına dayanıksız oldukları görülmüştür. Toprağın SY, kontrole göre AÇK-4 uygulanan parselleri düzeylerinde üst ve alt toprak tabakalarında sırasıyla % 48 ve % 55 azalmıştır. Arıtma çamur kompostunun yalnız uygulaması ile at gübresi kompostu ile birlikte uygulamalarının agregatları su basıncına daha dayanıklı hale getirdiği ortaya çıkmıştır. Su basıncına bu dayanıklı, arıtma çamuru kompostundaki organik madde ile stabilize edilen agregatların artışı ile ilişkili olabilmektedir. Agregatların stabilitesi ve bu nedenle toprak tekstür iyileştirilmesi mikrobiyal aktivitelerden kaynaklanmaktadır. Sonuçlarımız çiftlik gübresi ve çöp kompostunun killi toprakların iyileştirilmesi üzerindeki etkisini inceleyen Jemai ve ark (2011)'nin bulgularına benzerlik göstermiştir. Araştırmacılar, çiftlik gübresi ve çöp kompostu uygulamasının toprakta oluşan agregatları suya daha dayanıklı getirdiğini saptamışlardır.

4.1.1.5. Toprağın mil+kil yüzdesi (DY) üzerine etkileri

Suda disperse edilmemiş parçacıklardan hesaplanmaktadır. Ayrıca toprağın erozyona karşı dayanıklılığı değerlendirmek için kullanılmaktadır.

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın toplam mil+kil yüzdesi üzerine etkileri Çizelge 4.3 'de verilmiştir. Toprağın 0-20 cm ve 20- 40 cm derinliğinde toplam mil+kil yüzdesi, uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. Toprağın 0-20 cm toprak derinliğinde kontrole göre (% 80,88) en düşük toplam mil+kil yüzdesi (% 72,88) AÇK-4 uygulamasında elde edilmiştir. 20- 40 cm derinliğinde de en düşük DY, AÇK-4 (%70,88) ile saptanmıştır. Toprağın mil-kil yüzdesi değerleri toprağın üst tabakasında, AÇK-4 düzeyinde kontrole göre % 8 değişmiş ve alt tabakasında % 7 değişmektedir. Arıtma çamur kompostu ile at gübresi kompostu birlikte (% 50:% 50 ve % 25:% 75) uygulanmış parsellerde oluşturulan agregatların diğerlerine göre daha dayanıklı olduğu fark edilmiştir. Bu durum uygulanan kompostlardaki içeriğin organik madde miktarının daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Ojeda ve ark (2003) , arıtma çamuru kompostuyla modifiye edilmiş toprakların

erozyona bağılı olarak toprak kayıpları üzerine etkileri incelemişlerdir. Çalışmada 1 yıl boyunca, arıtma çamuru kompostu tınlı ve kumlu topraklara 13,8t/ha uygulanmıştır. 0-20 cm alınan örneklerin analizleri arıtma çamuru uygulanan parsellerde toprak kaybı diğer parsellere göre daha az olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 4. 3 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli (Bornova ovasında) toprakların Süspansiyon Yüzdesi (%) ve Toplam mil+kıl yüzdesi (%) üzerine olan etkileri.

Uygulama	SY(0-20 cm)	SY(20-40 cm)	DY(0-20 cm)	DY(20-40 cm)
K	20.88 a	16.88 a	80.88 a	76.88 a
AGK-2	12.88 c	12.88 b	78.88 b	74.88 b
AGK-4	14.88 b	10.88 b	78.88 b	74.88 b
AÇK-2	14.88 b	10.88 b	76.88 c	76.88 a
AÇK-4	10.88 d	10.88 b	72.88 e	70.88 d
% 50 AGK+% 50 AÇK	10.88 d	10.88 b	74.88 d	72.88 c
% 25 AGK+% 75 AÇK	10.88 d	12.88 b	76.88 c	72.88 c
% 75 AGK+% 25 AÇK	13.66 bc	12.88 b	78.7 b	76.88 a
NPK	14.88 b	16.88 a	78.88 b	76.88 a

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

7.1.1.6. Toprağın Strüktür Stabilite İndeksi (SSİ) üzerine etkileri

Toprağın Strüktür Stabilite İndeksi , agregaların stabilitesi ve erozyona karşı dayanıklılığı hakkında bilgi veren çok önemli bir toprak göstergesidir.

Arıtma çamur kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın strüktür stabilite indeksi üzerine olan etkileri Çizelge 4.4 'de verilmiştir . Toprağın 0-20 cm ve 20-40 cm toprak derinliğinde, strüktür stabilite indeksi değerleri istatistiksel olarak önemi farklılıklar göstermiştir . Toprağın 0- 20 cm derinliğinde, kontrol parselinde en düşük SSİ (% 60) bulunurken, en yüksek SSİ ise sırasıyla AÇK-4, % 25 AGK+% 75 AÇK ve % 25

AGK+% 75 AÇK uygulamalarında saptanmıştır. Toprağın 20-40 cm derinliğinde ise kontrole göre en yüksek strüktür stabilite indeksi AÇK-4 (%66) uygulaması ile saptanmıştır. Bu artışlar , toprağın üst tabakasında AÇK-4 ve % 25 AGK+ %75 AÇK uygulamalarında % 10 ve alt tabakasında ise %75AGK + %25 AÇK uygulamasında % 8 oranlarındadır. Bu parsellerin yüzeylerinde toprağın agregatları organik madde ile iyi bağlanmış ve erozyona karşı daha dayanıklı hale gelmiştir. Topraklarda genellikle SSİ arttıkça toprağın erozyona karşı duyarlılığı artmaktadır. Arıtma çamuru kompostu ve arıtma çamuru kompostu ile at gübresi kompostu karışım kompostları, diğer uygulamalara oranla toprağın erozyona karşı daha dayanıklı olmasını sağlamıştır. Organik madde, topraklarda çimentolayıcı bir görev yaptığından dolayı, toprak tanelerinin flokülasyonunu teşvik etmekte ve stabil agregat oluşumuna katkı sağlamaktadır (Spaccini ve ark., 2004). Arıtma çamuru kompostu hümit ve fulvik asitler ve çok değerlikli katyonlar (Ca, Mg, Cu, , Zn ...) bakımından zengin olup yüksek oranda uygulandığında, bu unsurları toprağa sağlayarak daha iyi agregasyona neden olmuştur. Toprağın bu fiziksel özelliklerinde meydana gelen iyileşme, toprağın organik karbon içeriğindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Toprak agregatları, toprağın organik maddesi ve toprağın mineral parçacıklarının kombinasyonundan oluşmaktadır. Organik madde bakımından zengin çamurla muamele edilmiş toprakta mikrobiyolojik ayrışma sonucu karbonhidratların ve organik karbonun salınımı ile toprak organik maddesi ve toprak mineral parçacıkları yeni toprak agregatları oluşturarak agregatların stabilite yüzdesini artırabilmektedir (Bai ve ark 2017).

Çizelge 4. 4: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli (Bornova ovasında) toprağın Strüktür Stabilite İndeksi (%) üzerine olan etkileri

uygulama	SSİ (0-20 cm)	SSİ (20-40 cm)
K	60 c	60 cd
AGK-2	62 b	62 bc
AGK-4	62 b	64 ab
AÇK-2	64 ab	60 cd
AÇK-4	66 a	66 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	64 ab	62 bc
% 25 AGK+% 75 AÇK	66 a	60 cd
% 75 AGK+% 25 AÇK	65 a	64 ab
NPK	64 ab	60 cd

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral

4.1.2. Toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisi

4.1.2.1. Organik madde (%) üzerine etkileri

Toprak organik maddesi canlı organizmalar, bitki ve hayvan kalıntıları ve çürüyen ürünlerden oluşmaktadır. Toprak organik maddesi toprağın en dinamik özelliğidir ve toprak oluşumu ve kalitesi için en önemli parametrelerden birisidir.

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın organik madde üzerine olan etkisi Çizelge 4.5 'de verilmiştir. Uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra toprağın 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınan örneklerin organik madde değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir. 15 gün sonra, toprağın 0-20 cm derinliğinde elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, tüm uygulamalar kontrol

parseline göre önemli düzeyde organik madde bakımından en yüksek etki AÇK-4, en düşük etki ise kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Bu değişim arıtma çamuru kompostundaki organik maddeden kaynaklanmaktadır . Çünkü 15 gün sonra toprağa uygulanan materyaller henüz ayrışmamıştır. Toprağın 20-40 cm derinliğinde de kontrole göre (% 0,97) en yüksek etki AÇK-4 uygulamasından elde edilmiştir. Aynı şekilde 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde de toprağın hem 0-20 cm ve hem de 20-40 cm toprak derinliğinde, en yüksek organik madde içeriği AÇK-4 uygulaması ile belirlenmiştir. Üst toprak katmanlarında organik madde değerleri % 1.14 (kontrol) ile % 2.47 (AÇK-4) arasında ve alt toprak katmanlarında ise % 0.61 ila % 1.72 arasında değişmiştir. Genel olarak, 4t / da arıtma çamuru kompostu uygulanan parsellerin organik madde yüzdesi daha yüksek çıkmıştır. Sadece arıtma çamuru kompostu uygulanan parsellerdeki organik madde yüzdesinin, yine at gübresi kompostu uygulanan parsellere göre daha yüksek olduğu fark edilmiştir. Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu karışımı uygulanan parsellerdeki organik madde içeriği, teksele at gübresi kompostu uygulananlardan biraz daha yüksek çıkmıştır. Bu durumun at gübresi kompostunun yüksek C/N oranının bir sonucu olarak ortaya çıktığı tahmin edilmektedir. Arıtma çamurun kompostundaki organik madde içeriğinin yüksek olması nedeniyle, arıtma çamuru kompostu toprağa ilave edildikten sonra toprağın organik madde içeriği de artmaktadır (José ve ark 2007) . Doğal olarak organik madde yüzdesi toprağın derinliği ile azalmıştır. Bu durum, uygulanan organik materyallerin topraktaki mikroorganizmalar tarafından hızla ayrıştırılması ve mineralize olmasının sonucudur. Arıtma çamuru kompostu yapısı bozulmuş ortamlarda biyolojik aktiviteyi destekleyerek topraklardaki organik maddeyi arttırmaktadır (García-Orenes ve ark. 2002) . Çalışmamıza ait sonuçlarda Oueriemmi ve ark (2018) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. Bu araştırmacılar organik madde içeriği gibi toprak verimliliği parametrelerinin, kısa süreli arıtma çamuru kompostu uygulamasından sonra iyileştiğini belirtmişlerdir. Ricio ve ark (2011); çamur, arıtma çamuru kompostu ve mineral gübrenin toprağın kimyasal özelliklerine etkilerini incelemişler ve arıtma çamuru kompostu toprağa ilave edikten sonra toprakta organik madde içeriğinin arttığını belirlemişlerdir. Helmi ve ark (2019) 120 t/ha arıtma çamuru uygulaması ile topraklarda organik madde içeriğini düzenli olarak geliştirmiştir. Magdalena ve ark (2017), arıtma çamuru kompostu

uygulamasının toprak özellikleri ve söğüt ağacının gelişimi üzerindeki etkilerini belirledikleri çalışmalarında topraktaki humus ve organik maddelerde dikkate değer artışlar gözlemişlerdir.

4.1.2.2. pH içeriği üzerine etkileri

Toprak pH değeri tarımsal toprakların kalitesinin ve verimliliğinin iyi bir göstergesidir. Toprak çözeltisindeki kirleticilerin yanı sıra besinlerin adsorpsiyonunu, hareketliliğini ve biyoyararlılığını kontrol eden en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.5’de görüldüğü üzere, uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra toprağın pH değerleri 0-20 cm derinliğinde uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. Toprakların pH değerleri arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamaları ile düşüş göstermiştir. Üst toprak katmanlarında en düşük pH değeri % 75 AGK+% 25 AÇK uygulamasında, en yüksek pH değeri ise kontrolde saptanmıştır. Bu düşüş arıtma çamuru kompostunun toprak içerisinde dekompozisyonu sırasında ortaya çıkan organik asitlerin etkisiyle gerçekleşebilmektedir (Henisy ve ark., 1982). Alt toprak katmanlarında ise istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. Uygulamalardan 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde en düşük pH değeri, AÇK-4 uygulamasında, en yüksek pH değeri ise kontrol parselinde belirlenmiştir. At gübresi kompostunun teksele uygulaması toprakların pH değeri üzerinde kontrole göre önemli bir değişime sebep olmamıştır. Arıtma çamuru kompostunun toprak pH’sı üzerindeki etkisi, hem kendi pH’sı ve hem de kompostun substrat kaynaklarının kalitesine bağlıdır (Shahzad ve ark., 2017). Arıtma çamuru kompostunun C/N oranı düşüktür, bu nedenle toprakta ayrışması hızlıdır. Arıtma çamuru kompostu uygulanmasından sonra toprak pH’sındaki azalma, mikrobiyal aktivite ve organik madde ayrışması sırasında salınan organik asitlerden kaynaklanmaktadır (Abujabhah vd, 2016). Sonuçlarımız arıtma çamur kompostunun 0-15 cm derinliğindeki toprağın pH’sını düşürdüğünü gösteren Arif ve ark (2018)’nin bulguları ile uyumludur. Aynı şekilde sonuçlarımız, arıtma

çamuru kompostu toprakların iyileştirilmesi üzerindeki etkisini inceleyen Hamdi ve ark (2007)'nın bulgularına benzerlik göstermiştir. Araştırmacılar, 15 ay boyunca ve 40t/ha arıtma çamuru kompostu saksı toprağa ilave ettikten sonra toprağın pH'sı azalması gözlemişlerdir.

Çizelge 4. 5 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) organik madde (%) içeriği ve pH değeri üzerine olan etkileri.

Uygulama	OM (0-20 cm)	OM (20-40cm)	pH (0-20 cm)	pH (20-40cm)
15 Gün sonra				
K	1.64 bc	0.97 b	7.56 a	7.54
AGK-2	1.77 ab	1.37 ab	7.54 ab	7.53
AGK-4	1.93 ab	1.61 ab	7.52ab	7.53
AÇK-2	2.11 ab	1.60 ab	7.50 ab	7.4
AÇK-4	2.46 a	1.68 a	7.48 ab	7.38
% 50 AGK+% 50 AÇK	1.71 b	1.41 ab	7.44 ab	7.43
% 25 AGK+% 75 AÇK	2.08 ab	1.56 ab	7.52 ab	7.48
% 75 AGK+% 25 AÇK	2.33 ab	1.79 a	7.39 b	7.47
NPK	1.77ab	1.16 ab	7.52 ab	7.4
6 Ay sonra				
K	1.14 b	0.61 c	7.78 a	7.76
AGK-2	1.64 ab	1.10 abc	7.71 ab	7.64
AGK-4	1.8 ab	1.52 ab	7.77 a	7.7
AÇK-2	2.25 a	1.71 a	7.65 ab	7.73
AÇK-4	2.47 a	1.72 a	7.60 b	7.64
% 50 AGK+% 50 AÇK	1.69 ab	0.98 abc	7.75 a	7.68
% 25 AGK+% 75 AÇK	1.97 ab	1.63 ab	7.76 a	7.71
% 75 AGK+% 25 AÇK	1.81 ab	0.74 bc	7.71 ab	7.58
NPK	1.71 ab	0.85 abc	7.77 a	7.75

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir ;K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/da AÇK ; NPK : Mineral Gübresi.

4.1.2.3. Kireç (%) İçeriği Üzerine Etkileri

Kireç, kimyasal tanıma göre kalsiyum oksittir (CaO). Tarımda ise, kireç genellikle toprak asitliğini nötralize ederek ve toprak pH'ını yükselterek, asit toprağın zararlı etkilerini azaltabilen kalsiyum veya kalsiyum-magnezyum içeren bileşikler olarak tanımlanmaktadır.

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın kireç miktarı üzerine olan etkisi Çizelge 4.6 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra alınan hem üst hem de alt toprak katmanlarına ait örneklerdeki kireç miktarı uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli bir değişiklikler göstermezken, 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde ise her iki toprak tabakasında da uygulamalara bağlı olarak toprağın kireç miktarında istatistiki anlamda bir farklılık ortaya çıkmıştır. Toprak kireç içeriği, artan uygulamaları düzeylerine bağlı olarak artış göstermiştir. Bu topraklarda en düşük kireç değeri kontrol parsellerinde ortaya çıkarken diğer tüm uygulamalarda kireç içeriği açısından aralarında belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır. Bu değişim uygulanan materyallerin kireç içeriğinin yüksek olmasından (arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu) kaynaklanabilir. Tüm uygulamalar toprakların kireç içeriğini bir miktar artırmıştır. Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu ilavesi toprak kireç içeriğinde istatistiksel olarak bir değişime neden olmasına rağmen, kireç içeriğindeki bu artış toprakta herhangi bir değişikliğe olmamıştır (Kaçar , 2006). Benzer bulgular Tziachris ve ark (2017) tarafından da bulunmuş ve asit topraklara 1 yıl boyunca arıtma çamuru uygulamasından sonra toprağın kireç miktarının arttığını bildirmişlerdir. Sonuçlarımız , Ünal ve Katkat (2003)'ın bulguları ile farklılık göstermiştir. Arıtma çamuru miktarı arttıkça toprağın kireç miktarının azaldığı söylemişlerdir.

4.1.2.4. Elektriki geçirgenlik (EC) değeri üzerine etkileri

Toprakta EC řu anda bilimsel literatürde toprak tuzluluğunun göstergesi olarak kabul edilmektedir. Toprak tuzlanması bitki gelişimini ve verimi sınırlandırabilen ve kurak ve yarı kurak bölgelerde toprak kalitesinin bozulmasına neden olabilecek önemli bir edafik faktördür.

Arıtma amur kompostu, at gübre kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın elektriki geçirgenliği (EC) zerine olan etkisi izelge 4.6 'de verilmiştir. Uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklardaki EC değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir. Her iki derinlikte ve zamanda da arıtma çamurunun tekssel uygulandığı topraklarda EC değerleri en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu değişime kullanılan çamur kompostundaki tuz içeriğinin at gübresi kompostundan daha yüksek olması neden olmuştur . Arıtma amuru kompostu uygulanan parsellerde arıtma çamuru kompostu ile at gbesi kompostu uygulanan parsellere göre EC içeriği daha fazla olmuştur. Bu durum arıtma çamuru kompostu ile birlikte at gübresi kompostu toprağa uygulandığında daha az iyon yıkanmasına neden olabilmektedir (Suad ve ark 2017). Sonuçlarımız, nal ve ark (2011)'ın yaptıkları çalışmalarda benzerlik göstermiştir. Bu aratırıcılar, saksılarına 0, 30, 60, 90 ve 180 t ha⁻¹ dozlarındaki arıtma çamuru uygulandığında toprağın tuzluğun arttığı göstermişlerdir. zyazıcı ve ark (2012); 0, 10, 20, 30 , 50 t ha⁻¹ dozlarında uyguladıkları arıtma çamurunun toprağın EC değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir. Bu sonuç, Muhammed ve Athamneh (2004) arıtma çamur ilavesi ile toprakta EC'nin artışı arasında pozitif bir ilişki olduğunu gösteren gibi bazı araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarla uyumludur. alışmalarına göre, 160 t/ha arıtma çamuru toprağa uygulandıktan sonra toprağın EC 'si 508 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den 4955 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'e yükselmiştir.

Çizelge 4. 6 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) kireç (%) ve EC ($\mu\text{mho/cm}$) değerleri üzerine olan etkileri.

Uygulama	Kireç (0-20 cm)	Kireç (20-40 cm)	EC (0-20 cm)	EC (20-40 cm)
15 Gün sonra				
K	4.76	4.49	928.66 b	795.00 b
AGK-2	4.92	4.77	1052.66 ab	884.00 b
AGK-4	5.28	4.64	990.33 ab	916.33 b
AÇK-2	5.07	4.78	1168.33 ab	1162.00 b
AÇK-4	5.17	4.89	1265.66 a	1531.00 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	5.07	4.73	1123.00 ab	1142.33 b
% 25 AGK+% 75 AÇK	4.87	4.91	1129.00 ab	1149.66 b
% 75 AGK+% 25 AÇK	5.20	4.77	1143.66 ab	1049.00 b
NPK	4.55	4.65	1125.66 ab	1013.00 b
6 Ay sonra				
K	4.05 b	3.52 c	825 b	841.33 b
AGK-2	5.01 a	4.88 ab	878.33 ab	830.66 b
AGK-4	4.77 a	4.78 ab	911 ab	929.66 ab
AÇK-2	4.88 a	4.89 ab	1251.33 a	1176.33 a
AÇK-4	4.98 a	4.82 ab	1256.33 a	1197 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	5.01 a	4.98 ab	1025 ab	977 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	4.90 a	4.51 b	1109 ab	957.33 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	4.87 a	4.72 ab	978.33 ab	856 b
NPK	4.90 a	5.13 a	955.66 ab	973.66 ab

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.2.5. Toplam Azot (N) değeri üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın toplam N üzerine etkileri Çizelge 4.7 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra her iki derinlikten alınan toprak örneklerinde, 6 ay

sonra ise sadece 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki toplam N değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir. 0-20 cm toprak derinliğinde toplam N miktarları AÇK-4 ve % 25 AGK+% 75 AÇK uygulamalarında daha yüksek olup, en düşük toplam N içeriği K, AGK-4, % 75AGK+%25AÇK ve NPK uygulamalarında elde edilmiştir. Toprağın 20-40 cm’de ise N içeriği bakımından en yüksek N değeri sadece AÇK-4 uygulamasında, en düşük N içeriği de kontrol parsellerinde bulunmuştur. 6 ay sonra 0-20 cm toprak derinliğinde uygulamaya yapılan tüm parsellerde toplam azot (N) içeriği kontrole göre artmıştır. Azot içeriği (%0,13) arıtma çamuru kompostu (AÇK-4) uygulanan parsellerinde daha fazla çıkmıştır. Diğer taraftan toprağın 20-40 cm derinliğinde, toplam N içeriği açıdan istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Arıtma çamuru kompostunun uygulanması, tüm derinliklerde toprağın toplam N içeriğini arttırmış ve en önemli etki AÇK-4 dozu ile üst toprak katmanında gözlenmiştir. Toprağın toplam azot içeriği derinlikle azalmıştır. Topraktaki organik maddenin ayrışması, toprağın üst tabakları düzeylerinde olup bu nedenle, bu azot içeriği üst tabaklarında fazla olabilmektedir Nogueirol ve ark (2018). Arıtma çamuru kompostu uygulanmış parsellerde toplam azottaki bu artış, arıtma çamuru kompostunun genellikle fazla miktarda besin maddesi içermesi ve düşük C / N oranı nedeniyle at gübresine oranla daha hızlı ayrışarak toprağın azot bilançosuna katkı vermesinden kaynaklanmıştır. Sonuçlarımız, Eulalia ve ark (2013)’nın yaptığı çalışmalarına benzer çıkmıştır. Bu araştırmacılar killi mil ve kumlu tın bünyeli topraklara arıtma çamuru kompostu ve mineral üre gübresi uyguladıktan sonra 0-15 ve 15-30 cm derinliklerden toprak örnekleri almışlar ve arıtma çamur kompostunun uygulandığı toprakların üst tabakasındaki toplam azot içeriğinin, üre ve kontrol uygulamalarından daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Vejetasyon sonunda at gübresi kompostu ile birlikte arıtma çamuru kompostu (% 50 AGK % 50 AÇK ve % 50 AGK % 50 AÇK) uygulamasının, aynı oranda teksele arıtma çamuru uygulamasına göre daha az N yıkanmasına neden olduğunu fark edilmiştir. Nyamangara ve ark (2014), tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir. Bu araştırmacılar hayvan gübresi kompostuyla birlikte mineral azot gübresini toprağa uyguladıklarında, toprakta daha az NO₃ yıkanmasının meydana geldiğini göstermişlerdir.

4.1.2.6. Alınabilir Fosfor (P) üzerine etkileri

Çizelge 4.7’de görüldüğü üzere, uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra toprağın alınabilir P içeriği 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. 0-20 cm toprak derinliğinde, toprağın alınabilir P içeriği AÇK-2, AÇK-4 ve NPK uygulanan parsellerinde daha fazla çıkmıştır. Toprağın 20-40 cm derinliğinde , alınabilir toprağın P içeriği NPK uygulanan parselinde daha fazla çıkmıştır. Bu durum, kullanılan mineral gübre (NPK) bileşiminde bulunan yüksek P içeriğinden kaynaklanmaktadır. Denemenin 6. ayından sonra toprak üst ve alt katmanlarında (0-20 cm ve 20-40 cm) P içeriği bakımından istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar bulunmuştur. P içeriği tüm uygulamalar düzeyinde kontrole göre artmıştır. En yüksek P içeriği % 75 AGK+% 25 AÇK uygulaması ile elde edilirken en düşük P içeriği ise kontrol uygulamalarında elde edilmiştir. Toprak üst katmanındaki P içeriği, arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu karışımı uygulanan parsellerde genellikle daha yüksek çıkmıştır. % 75 AGK+% 25 AÇK uygulanan parsellerde gözlenen yüksek P içeriği, at gübresi kompostu ile arıtma çamuru kompostu karışımına bağlı olmuştur. Yüksek C / N oranına sahip at gübresi kompostunun toprakta ayrışması çok yavaştır. Ancak, arıtma çamuru ile karıştırılması at gübresinin topraktaki ayrışmasını hızlandırmış olabilir. Sonuçlarımız Luis ve ark (2012) tarafından elde edilen sonuçlarda benzerlik göstermiştir. Bu araştırmacılar at gübresi kompostu ve kireç karışımını asidik bir toprağa uyguladıklarında , toprak ve bitkilerde P, K ve N içeriklerinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Çizelge 4. 7 Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) toplam N (%) ve alınabilir P (mg. kg⁻¹) içeriği üzerine olan etkileri

Uygulama	N (0-20 cm)	N (20-40 cm)	P (0-20 cm)	P (20-40 cm)
15 Gün Sonra				
K	0.1008 c	0.0863 b	10.67 b	5.22 d
AGK-2	0.1083 bc	0.0919 ab	11.22 b	6.44 d
AGK-4	0.1064 c	0.0915 ab	12.95 ab	8.45 cd
AÇK-2	0.1176 ab	0.0979 ab	30.57 a	10.67 bcd
AÇK-4	0.1261 a	0.0991 a	30.23 a	15.51 ab
% 50 AGK+% 50 AÇK	0.1101 bc	0.0889 ab	15.17 ab	9.67 bcd
% 25 AGK+% 75 AÇK	0.1251 a	0.0933 ab	26.91 ab	15.95 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	0.1045 c	0.088 ab	21.51 ab	14.50 abc
NPK	0.1008 c	0.0915 ab	31.07 a	19.06 a
6 Ay sonra				
K	0.0952 d	0,0896	12.49 b	12.66 b
AGK-2	0.1139 ab	0,0933	16.10 ab	15.71 ab
AGK-4	0.1157 b	0,1027	28.09 ab	24.59 ab
AÇK-2	0.1157 b	0,1027	33.54 ab	26.93 ab
AÇK-4	0.1344 a	0,1027	38.42 ab	30.98 ab
% 50 AGK+% 50 AÇK	0.1139 ab	0,0933	67.96 ab	33.65 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	0.1176 b	0,0971	52.19 ab	26.98 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	0.1195 b	0,1064	70.41 a	47.36 a
NPK	0.0989 cd	0,0933	15.82 ab	28.43 ab

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir. K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.2.7. Alınabilir Potasyum (K) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir K elementinde meydana getirdiği değişim Çizelge 4.8 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra alınan toprak örneklerinde; artan düzeyde arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompost uygulamaları ile toprağın K içeriği 0-20 cm derinliğinde istatistiki olarak % 5 önem düzeyinde olumlu yönde etkilenirken 20-40 cm 'de bu etki önemsiz olmuştur. Benzer sonuçlar 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde de çıkmıştır. İlk örneklerde en yüksek yarayışlı K değeri NPK, uygulamasında en düşük yarayışlı K değeri ise kontrol parsellerinde saptanmıştır. 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde ise en yüksek yarayışlı K değeri AGK-4 uygulamasında elde edilmiştir . Yarayışlı K değerlerindeki bu farklılıklar, uygulanan at gübresi kompostunun alınabilir K içeriğinden kaynaklanmış olabilir (Çizelge 3.1). Yüksek C / N oranı nedeniyle at gübresi kompostunun topraktaki ayrışması yavaştır. Arıtma çamuru kompostundaki düşük K içeriği, arıtma çamurunun arıtma işlemleri sırasında K kaybı ile doğrulanabilir. Böylece formı literatürlere göre, arıtma çamurunun az miktarda K içermesi beklenmektedir, çünkü K yüksek oranda çözülebilirdir ve çok miktarda çamurun ayırması işlemi sırasında atık su içinde kalmaktadır (Castro ve ark., 2009). Bizim bulgularımızdan farklı olarak Soheil ve ark (2012) ise arıtma çamuru ile topraktaki yarayışlı K miktarının arttığını tespit etmişlerdir .

4.1.2.8. Alınabilir Sodyum (Na) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının alınabilir Na elementi üzerine etkileri Çizelge 4.8 'de verilmiştir. Uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki alınabilir Na değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir. Toprağın 0-20 cm derinliğinde, kompostların uygulama dozlarına bağlı olarak toprakların Na içeriği üzerine etkili olduğu söylenebilir. En yüksek Na içeriği (6,224 mg.kg⁻¹) AÇK-4 uygulama dozunda, en düşük Na içeriği ise (4,0693 mg.kg⁻¹) kontrol parseli uygulamasında elde edilmiş ve bu değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli şekilde ifade edilmiştir. 20-40 cm

toprak derinliğinde ise en yüksek Na içeriği AÇK-2, AÇK-4 ve % 75 AGK+% 25 AÇK uygulama dozlarında, en düşük Na içeriği ise ($3,5307 \text{ mg.kg}^{-1}$) yine kontrol uygulamasına ait parsellerde elde edilmiştir. Arıtma çamuru kompostu, at gübresi ve mineral gübre uygulamalarının toprağa ilavesinden 6 ay sonra, 0-20 cm derinliğinde en yüksek Na içeriği ($7,1169 \text{ mg.kg}^{-1}$) AGK-4 uygulama dozunda, en düşük Na içeriği ise ($4,9252 \text{ mg.kg}^{-1}$) kontrol uygulamasına ait parsellerde elde edilmiş ve bu değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli şeklinde ifade edilmiştir. 20-40 cm toprak derinliğinde ise en yüksek Na içeriği % 25 AGK+% 75 AÇK uygulama dozunda (6.778 mg.kg^{-1}), en düşük Na içeriği ise ($4,4168 \text{ mg.kg}^{-1}$) yine kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Denemenin başında elde edilen istatistiksel fark, kullanılan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostunun Na içeriklerinin yüksek oluşu ile açıklanabilir. Sonuçlarımız Filipe ve ark (2007) tarafından elde edilen sonuçlarda benzerlik göstermiştir. Katı atık kompostu ve arıtma çamuru uygulamalarının, Podzol ve Vertisol topraklardaki organik maddenin mineralizasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, katı atıklar ve arıtma çamurundan gelen kompostun topraklardaki organik maddeyi ve bazı elementleri Na gibi içeriği arttırdığı saptanmıştır .

Çizelge 4. 8: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir K (mg. kg⁻¹) ve Na (mg. kg⁻¹) değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	K (0-20 cm)	K (20 -40 cm)	Na (0-20 cm)	Na (20-40 cm)
15 Gün Sonra		mg/kg		
K	44.93 c	41,45	4.06 c	3.53 c
AGK-2	48.89 abc	43,06	5.08 ab	4.06 bc
AGK-4	49.54 ab	42,09	4.91 bc	4.06 bc
AÇK-2	45.66 bc	41,45	5.92 ab	5.08 a
AÇK-4	47.60 abc	43,71	6.22 a	5.41 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	48.89 abc	42,74	4.91 bc	4.74 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	49.22 abc	42,42	5.58 ab	4.91 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	49.87 ab	43,06	5.58 ab	5.24 a
NPK	50.51 a	43,39	4.91 bc	4.57 ab
6 Ay sonra				
K	42.33 b	42,16	4.92 b	4.41 c
AGK-2	51.41 ab	46,27	5.08 ab	4.91 bc
AGK-4	62.04 a	46,52	7.11 a	5.42 abc
AÇK-2	47.30 b	43,87	6.44 ab	5.93 abc
AÇK-4	47.58 b	45,1	6.60 ab	6.10 ab
% 50 AGK+% 50 AÇK	48.33 b	42,84	5.59 ab	5.25 abc
% 25 AGK+% 75 AÇK	42.50 b	42,5	5.59 ab	6.77 a
% 75 AGK+% 25 AÇK	48.67 b	42,84	5.62 ab	5.25 abc
NPK	50.38 ab	44,55	5.25 ab	5.08 bc

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.2.9. Alınabilir Magnezyum (Mg) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir Mg elementinde meydana getirdiği değişim Çizelge 4.9 'de verilmiştir. İlk günlerde hem 0-20 cm hem de 20-40 cm derinliğinde uygulanan uygulamalar (arıtma çamuru kompostu ve at gübresi

kompostu ve mineral gübre) için Mg içeriği açısından istatistiksel olarak önemi farklılıklar bulunmuştur. Toprağın 0-20 cm'de en düşük Mg içeriği kontrol parseli ile elde edilmiştir. En yüksek Mg içeriği ise AÇK-4 ve %25AGK+%75AÇK uygulamalar düzeyinde belirlenmiştir. Toprağın 20 -40 cm 'de Mg içeriği 499, 63 mg/kg (Kontrol)- 557,93 mg/kg (AÇK-4) arasında değişmiştir. Gözlenen artış, uygulamalardaki yüksek Mg içeriğinden kaynaklanmaktadır, çünkü sadece 15 günlük uygulamalar sonrasında kompost henüz toprakta yeterince ayrıışmamıştır. Diğer taraftan, 6 ay sonra uygulama materyalleri toprağa ilave edikten sonra , hem 0-20 cm hem de 20-40 cm toprak derinliğinde, topraktaki Mg içeriği açısından istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur. Toprağın Mg içeriği , kompost materyalleri uygulandıktan sonra kontrole göre artmıştır. Toprağın 0-20 cm derinliğinde, Mg içeriği bakımından, K (kontrol) , AGK-2, AÇK-2 ve NPK uygulamaları Duncan grubunda aynı yer almış ve arasında önemli bir fark yoktur. Ayrıca, arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu karışımı uygulanan parseller arasında da önemli Mg içeriği yönü ile bir fark yoktur. En yüksek Mg içeriği AÇK-4 ile elde edilirken ($686,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) en düşük Mg içeriği ($564,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) Kontrol parselinde bulunmuştur. Toprağın 20-40 cm'de en yüksek (597 mg.kg^{-1}) Mg içeriği % 25 AGK+% 75 AÇK ile bulunup en düşük ise K (kontrol) parselinde saptanmıştır. Ewa, (2013), yanma atıklarının ve arıtma çamuru kompostu toprak kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyerek aynı sonuçları bulmuştur. Toprağın Mg içeriğinin, arıtma çamuru kompostu uygulanmış topraklarda , üç yıl sonra bir artış olduğunu göstermiştir.

4.1.2.10. Alınabilir Demir (Fe) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın demir (Fe) içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.9 'da verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra toprağın 0-20 cm derinlikten alınan örneklerde ve uygulamalardan 6 ay sonra 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinde, uygulamaların topraktaki alınabilir Fe içeriği üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli olmuştur. Uygulamalardan 15 gün sonra 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin alınabilir Fe içeriği $7,99 - 14,15 \text{ mg.kg}^{-1}$ arasında değişmiş ve artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu

dozlarına bağılı olarak toprakların Fe içeriği de artmıştır. Diğer taraftan bu örneklerde, özellikle toprağın alt tabakasında (20-40 cm) uygulamalara bağılı olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Uygulamalardan 6 ay sonra 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin alanabilir Fe içeriği ise $9.63 - 12.66 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmiştir. Bu topraklarda en düşük Fe değeri kontrol parselinde ve mineral gübre uygulanan parsellerde gözlenirken en yüksek demir içeriği ise AÇK-4 uygulamasının yapıldığı parsellerde saptanmıştır. Toprağın 20-40 cm derinliğinde ise, demir içeriği açısından tüm uygulamalar kontrolden önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Ancak, uygulamaları arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır. En yüksek Fe değeri yine AÇK-4 uygulamasında gözlenmiştir. Demir içeriği, toprak üst katmanlarında alt katmanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu değişimler Khaliq ve ark. (2017) toprağa uygulanan 2 farklı dozda arıtma çamuru kompostu (22 kg) ve mineral gübre (0.5 kg) uygulamasının turp ve fasulye bitkilerinin verimi ile toprak özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. 0-10 cm toprak derinliğinde arıtma çamuru kompostu uygulaması ile toprak Fe içeriği hafif yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 9 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarını killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir Mg (mg. kg⁻¹) ve Fe (mg. kg⁻¹) içerikleri üzerine olan etkileri

Uygulama	Mg(0-20 cm)	Mg(20-40 cm)	Fe 0-20 cm)	Fe (20-40 cm)
15 Gün Sonra				
K	547.13 d	499.63 b	7.99 c	10,74
AGK-2	580.8 ab	513 ab	8.74 c	11,91
AGK-4	555.7 bcd	505.83 ab	10.30 bc	11,4
AÇK-2	569.26 abcd	516.86 ab	12 ab	12,85
AÇK-4	588.83 a	557.93 a	14.15 a	12,94
% 50 AGK+% 50 AÇK	555.26 bcd	527.1 ab	11.75 ab	11,32
% 25 AGK+% 75 AÇK	591.2 a	532.26 ab	12.46 ab	12,46
% 75 AGK+% 25 AÇK	578.76 abc	522.16 ab	13.23 ab	13,88
NPK	548.1 cd	526.46 ab	10.35 bc	12,71
6 Ay sonra				
K	564.9 b	531.63 b	9.63 e	8.94 b
AGK-2	588.5 b	550 ab	11.24 bcd	12.24 a
AGK-4	652.53 ab	544.03 b	10.26 de	11.00 a
AÇK-2	571.13 b	555 ab	11.92 ab	10.99 a
AÇK-4	686.2 a	579.36 ab	12.66 a	12.74 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	621.2 ab	542.53 b	10.62 cde	11.13 a
% 25 AGK+% 75 AÇK	625.66 ab	597 a	11.84 ab	11.64 a
% 75 AGK+% 25 AÇK	628.9 ab	540.03 b	11.36 bc	12.25 a
NPK	578.4 b	550.4 ab	10.03 e	10.99 a

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir, K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.2.11. Alınabilir Bakır (Cu) içeriği üzerine etkileri

Deneme topraklarına uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübrenin toprakların alınabilir (Cu) içeriklerine etkileri ile bunlara ait istatistik değerlendirmeler Çizelge 4.10 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra her iki derinlikten alınan toprak örneklerinde ve uygulamalardan 6 ay sonra ise sadece 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde, uygulamaların

topraktaki alınabilir Cu kapsamı üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli olmuştur. Toprağa artan dozda yapılan uygulamalar etkisiyle, toprağın ortalama Cu içeriklerinde bir artış gözlenmiştir. 0-20 cm toprak derinliğinde alınabilir Cu içeriği 2,11 -3,15 mg.kg⁻¹ değerleri arasından değişirken, 20-40 cm derinliğinde bu elementin miktarları 1,87-3,06 mg.kg⁻¹ arasında belirlemiştir. Uygulamalardan 6 ay sonra ise, 0-20 cm toprak derinliğinde en düşük alınabilir Cu miktarı 2, mg.kg⁻¹ ile kontrol uygulamasından elde edilirken, en yüksek değeri 3,53 mg.kg⁻¹ ile arıtma çamur kompostu uygulamaları vermiştir. Organik madde ilavelerinin topraklarda alınabilir Cu içeriğini arttırdığı birçok araştırmada ortaya konulmuştur. Vaca ve ark (2011) , yapmış oldukları bir çalışmada; arıtma çamuru ve arıtma çamuru kompostu (18 Mg/ha) uygulamalarının 0-20 cm toprak tabakasındaki alınabilir Cu oranları üzerine önemli bir etki sağladığını bildirmişlerdir. Hefa ve ark (2007), arıtma çamuru kompostu uygulaması sonucu Cu'nın toprakta hafifçe biriktiğini belirlemiştir.

4.1.2.12. Alınabilir Çinko (Zn) içeriği üzerine etkileri

Deneme topraklarına uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre toprağın alınabilir Zn içeriği etkileri ile bunlara ait istatistik değerlendirmeler Çizelge 4.10' de verilmiştir. Uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki alınabilir Zn değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir. Uygulamalardan 6 ay sonra, üst ve alt toprak katmanlarında Zn içeriği kontrole göre artmıştır. AÇK-4 uygulaması her iki derinlikte de en yüksek Zn değerlerini ortaya çıkarmıştır. Bu elde edilen değerleri , Türkiye'de toprağın Zn içeriği bakımından önerilen sınır değerlerinin altındadır (300 mg.kg⁻¹ , pH>6). Toprağın üst katmanlarındaki Zn içeriği, alt katmanlarına göre daha yüksek olmuştur. Bu fark, topraktaki arıtma çamuru kompostunun hızlı mineralleşmesinden kaynaklanmaktadır. Artan dozlarda arıtma çamuru kompostu uygulamasının teksel ya da at gübresi kompostu ile birlikte gerçekleştirilmesi durumunda tespit edilen yüksek mikro element miktarları, önceki çalışmalar ile tutarlılık göstermektedir. Toprağa uygulanan arıtma çamuru kompostu yüksek Zn konsantrasyonlarına sahiptir (Çizelge 3.1). Bununla birlikte, organik madde bu

etkinin azalmasına yardımcı olur, çünkü organik madde bu metalin mevcudiyetini azaltan kararlı kompleksler oluşturur. Bu durum, tespit edilen düşük Zn içeriğinin nedenini açıklayabilir. Farklı çalışmalarda arıtma çamuru ilavesinin toprakların ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerini arttırdığı bildirilmektedir (Özdemir, 2007). Cherfouh ve ark (2018) Cezayir'de yaptıkları araştırmada; arıtma çamuru uygulamalarının Akdeniz bölgesi killi tın bünyeli topraklarının agronomik kalitesi üzerindeki etkisinin incelenmişlerdir. 10 yıl süren çalışma sonucunda, arıtma çamuru ilave edilen topraklardaki Zn içeriği hafif bir şekilde arttırdığı ortaya çıkarılmıştır.

Çizelge 4. 10: Arıtma çamuru ve at gübresi kompostu uygulamasının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir Cu (mg. kg^{-1}) ve Zn (mg. kg^{-1}) içerikleri üzerine olan etkileri.

Uygulama	Cu (0-20 cm)	Cu (20-40 cm)	Zn (0-20 cm)	Zn (20-40 cm)
15 Gün sonra				
K	2.11 c	1.87 b	2.97 c	2.19 c
AGK-2	2.24 bc	2.45 ab	3.23 c	3.34 bc
AGK-4	2.36 abc	2.40 ab	4.55 abc	2.70 bc
AÇK-2	2.93 ab	2.56 ab	6.62 ab	4.94 ab
AÇK-4	2.94 ab	3.06 a	7.22 a	6.28 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	2.62 abc	2.36 ab	5.66 abc	4.03 abc
% 25 AGK+% 75 AÇK	3.15 a	2.56 ab	7.08 ab	4.93 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	2.97 ab	2.58 ab	7.62 a	4.33 abc
NPK	2.70 abc	2.51 ab	3.98 bc	2.31 bc
6 Ay sonra				
K	2.17 e	2.14	4.01 d	3.82 b
AGK-2	2.39 de	2.21	4.40 d	3.97 b
AGK-4	2.32 de	2.34	4.93 cd	4.17 b
AÇK-2	3.06 b	2.57	8.14 b	5.53 ab
AÇK-4	3.53 a	2.71	11.84 a	6.70 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	2.64 cd	2.39	6.65 bcd	4.54 b
% 25 AGK+% 75 AÇK	3.06 b	2.43	8.85 b	4.86 b
% 75 AGK+% 25 AÇK	2.82 bc	2.57	7.35 bc	4.40 b
NPK	2.39 de	2.33	4.12 d	3.82 b

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.2.13. Alınabilir Mangan (Mn) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübre kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir Mn içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra her iki derinlikten alınan toprak örneklerinde ve uygulamalardan 6 ay sonra ise sadece 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde, uygulamaların (arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu ve mineral gübre) topraktaki alınabilir Mn içeriği üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli olmuştur. Çizelge 4.9 incelendiğinde uygulamalardan 15 gün sonra alınan toprak örneklerinde, artan kompost dozlarına bağlı olarak toprağın ortalama Mn içeriklerinde bir artış gözlenmiştir. 0-20 cm derinliğinde Mn 'nin içeriği 19,1333 -26,9733 mg.kg⁻¹ değerleri arasından değişirken, toprağın 20-40 cm derinliğinde 16,0267 – 22,54 mg.kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. En yüksek yarayışlı Mn değeri 0-20 cm toprak derinliğinde % 25 AGK+% 75 AÇK ve % 75 AGK+% 25 AÇK uygulamalarında, 20-40 cm toprak derinliğinde ise % 75 AGK+% 25 AÇK uygulamasında ortaya çıkarken, en düşük değer ise kontrol uygulamasında kaydedilmiştir. İstatistiki analizler, toprak üst katmanında uygulamalar yapıldıktan 6 ay sonra Mn içeriği ile ilgili önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Alınabilir Mn değeri içeriği 12.8 mg.kg⁻¹’den (kontrol) 18.16 mg.kg⁻¹’a (AGK-4) yükselmiştir. Bununla birlikte, alt toprak katmanında Mn içeriği ile ilgili istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. Çakır ve Çimrin (2018) , arıtma çamur uygulamalarından sonra toprağın mikroelement miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Çalışmamıza ait sonuçlarda Demir ve Çimrin (2011) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. Bu araştırmacılar toprağın Mn içeriği gibi toprak besin elementleri , kısa süreli toprağa arıtma çamuru uygulamasından sonra arttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4. 11: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının killi tın bünyeli bir toprağın (Bornova ovasında) alınabilir Mn (mg. kg⁻¹) içeriği üzerine olan etkileri

Uygulama	Mn (0-20 cm)	Mn (20-40 cm)
15 Gün sonra		
K	19.13 b	16.02 b
AGK-2	19.90 b	19.3 ab
AGK-4	22.42 ab	18.10 ab
AÇK-2	21.85 ab	18 ab
AÇK-4	24.93 ab	20.86 ab
% 50 AGK+% 50 AÇK	21.62 ab	19.63 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	26.34 a	21.19 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	26.97 a	22.54 a
NPK	23.63 ab	19.79 ab
6 Ay sonra		
K	12.8 d	13,1
AGK-2	15.63 abcd	13,48
AGK-4	18.16 a	16,91
AÇK-2	15.10 bcd	15,81
AÇK-4	17.04 ab	16,98
% 50 AGK+% 50 AÇK	14.85 bcd	14,81
% 25 AGK+% 75 AÇK	14.53 bcd	14,68
% 75 AGK+% 25 AÇK	16.36 abc	15,94
NPK	14.10 cd	13,54

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir, K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.3. Arıtma Çamuru kompostu ve At Gübresi kompostu Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Demir, Bakır, Çinko ve Mangan içerikleri Üzerine Etkileri

4.1.3.1. Demir (Fe) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Fe içeriklerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Duncan grupları çizelge 4.12 'de verilmiştir. Mısır yapraklarında, en yüksek Fe içeriği 41,88 mg.kg⁻¹ ile AÇK-4 uygulamasından elde edilirken, kontrol parselinde bu değer 23,38 mg.kg⁻¹ 'a

düşmüştür. Bu artış, kullanılan arıtma çamuru kompostundaki Fe içeriği yüksek olduğundan kaynaklanmaktadır. Mısır gövdesinde Fe içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir. Çalışmamızda, arıtma çamuru kompostu uygulanan parseller düzeylerinde mısır bitkisindeki Fe içeriği, FAO tarafından önerilen bitkilerdeki Fe içeriğinden (30 mg.kg^{-1}) daha yüksek olduğu fark etmiştir. Bitkiler için önemli bir besin maddesi olarak kabul edilen Fe elementi, az bir farkla üst sınırın üzerinde olması halinde bile sorun teşkil etmeyecektir (Özkan ,2017). Al-Busaidi (2014), bitki yapraklarındaki Fe, Zn ve Ni gibi bazı metallerin konsantrasyonlarının, arıtma çamuru kompostu veya organik gübre uygulamaları ile arttığını bildirmiştir. Akat ve ark (2015), Limonium sinuatum çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru doz uygulamaları bitki kök Fe içeriklerine önemli etki yaptığını belirlemişlerdir.

4.1.3.2. Bakır (Cu) içeriği üzerine etkileri

Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübresi uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Cu içerikleri üzerine olan etkileri Çizelge 4.12’ de verilmiştir. Denemede , toprağa farklı dozlarda yapılan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının ; mısır bitkisinin yaprak ve gövdelerindeki Cu içeriğini kontrole göre arttırdığı ve mısır yaprak ve gövdelerindeki toplam Cu içeriklerindeki bu artışın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Yapraklardaki ortalama toplam Cu içeriğinin $2.18\text{-}5.01 \text{ mg.kg}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır . En fazla Cu miktarı 5.01 mg.kg^{-1} ile AÇK-4 (5.01 mg.kg^{-1}) ve NPK (4.99 mg.kg^{-1}) uygulamalarında, en düşük miktarda (2.18 mg.kg^{-1}) kontrol parsellerinde saptanmıştır. Mısır gövdesindeki ise , ortalama toplam Cu içeriği $2.14\text{-}4.28 \text{ mg.kg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek Cu içeriği AÇK-4 (4.28 mg.kg^{-1}) ve NPK (4.24 mg.kg^{-1}) ile elde edilirken en düşük Cu içeriği ise ($2. \text{mg.kg}^{-1}$) kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Söz konusu etkiler, arıtma çamuru kompostunun Cu içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Çalışmamızda bitki örneklerinin Cu değerleri , müsaade edilen Cu (5 mg.kg^{-1}) genel olarak normal sınırlar içerisinde olduğu gözlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular birçok araştırmacının bu yönde bulduğu sonuçlarla benzerlik göstermiştir.

Moretti ve ark (2016) arıtma çamuru ve arıtma çamuru kompostu toprak ve şeker kamışı ağır metal konsantrasyonları üzerine etkileri incelemişlerdir. Arıtma çamur (0 ;12.5 ; 25 ; 50 t/ha) ve arıtma çamuru kompostu (0 ; 21 ; 42 ; 84 t/ha) toprağa uygulandıklarında şeker kamışının yapraklarında Cu içeriğini arttırdığını saptamışlardır. Topçuoğlu ve ark. (2003) sera altında, saksı denemelerinde kentsel arıtma çamuru domates bitkileri üzerinde etkileri değerlendirmişlerdir. İki senelik yaptıkları deneme kentsel arıtma çamuru uygulandıktan sonra domates yapraklarındaki Cu içeriği arttığı belirlemişlerdir.

Çizelge 4. 12 : Arıtma çamuru ve at gübresi kompostu uygulamaların mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Fe (mg.kg⁻¹) ve Bakır (mg.kg⁻¹) içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Fe yaprak	Fe gövde	Cu yaprak	Cu gövde
K	23,38 b	14,83	2.18 b	2.14 b
AGK-2	27,11 ab	35,58	2.87 b	2.90 ab
AGK-4	24,68 b	29,98	2.33 b	3.47 ab
AÇK-2	37,87 ab	17,79	2.33 b	3.74 ab
AÇK-4	41,88 a	20,57	5.01 a	4.28 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	29,23 ab	41,73	2.03 b	2.96 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	35,18 ab	28,54	3.31 b	3.66 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	28,18 ab	21,84	2.08 b	2.38 ab
NPK	37,08 ab	38,63	4.99 a	4.24 a

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/da AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.3.3. Çinko (Zn) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Zn içeriklerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Duncan grupları çizelge 4.13 'de verilmiştir. Uygulamaların mısır bitkisinin hem yaprak ve hem de gövdesindeki Zn içeriği üzerine istatistiki anlamda bir etkisi olmamıştır. Yapraklardaki ortalama toplam Zn içerikleri 14,32-58,20 mg.kg⁻¹ arasında değişmiştir . Gövdesindeki ortalama toplam Zn içerikleri ise 81,74 -141,2 mg.kg⁻¹ arasında değişmiştir. Arıtma

çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulanan parseller düzeylerinde bitkileri Zn içeriği önemli fark olmamasına rağmen , arıtma çamuru kompostu uygulanan parsellerde mısır bitkilerindeki Zn içeriği fazla çıkmıştır. Bu değişim, kullanılan arıtma çamuru kompostundan kaynaklanmaktadır. Toprağında Zn içeriği artış ve bu elementin bitkiler tarafından daha fazla alınmasına neden olmuş olabilir. Bitkilerde elde edilen Zn değerleri fao tarafından önerilen ağır metal sınır değerleri (30 mg.kg⁻¹) üzerindedir. Bitkiler için önemli bir besin maddesi olduğu için bu çinko derğerleri her hangi bir sorun yaratmamaktadır. Diğer araştırmacılar, arıtma çamuru kullanımından sonra bitkileri yapraklarındaki Zn konsantrasyonlarında artışlar bulmuşlardır. Nogueira ve ark (2013) 'ın arıtma çamur ve mineral gübre uyguladıkları şeker kamışının gelişimi ve ağır metal içerikleri araştırdıkları çalışmada , artan dozlarda uygulanan arıtma çamuruyla şeker kamışının yaprak Zn içeriklerinin arttığını saptamışlardır.

4.1.3.4. Mangan (Mn) içeriği etkleri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövde Mn içeriklerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Duncan grupları çizelge 4.13 'de verilmiştir. Denemede toprağa farklı dozlarda arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının ; mısır bitkisinin Mn içeriğini kontrole göre arttırdığı ve bu artışın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Yapraklardaki ortalama toplam Mn içeriğinin 28,42-55,5 mg.kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır . En yüksek Mn içeriği (55,5 mg.kg⁻¹) mineral gübre ve AÇK-4 uygulaması ile elde edilirken, en düşük Mn içeriği ise (28,42 mg.kg⁻¹) ile kontrolde parsellerinde elde edilmiştir. Uygulamaların mısır bitkisinin gövdesindeki Mn içerikleri üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir. Mangan elementinin sadece arıtma çamuru kompostunu uygulanmış parsellerden alınan yapraklarda daha yüksek çıkması, kullanılan çamur kompostunun mikro element bakımından zengin olmasından kaynaklanmaktadır. Okur ve Yağmur (2017) kompost ve ahır gübresi kombinasyonlarının kireçli saksı topraklara uygulamaları sonucu, uygulamaların fasulye bitki yapraklarının toplam N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriği arttırdığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4. 13 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Çinko (mg.kg^{-1}) ve Mangan (mg.kg^{-1}) ve içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Zn yaprak	Zn gövde	Mn yaprak	Mn gövde
K	14,32	134,25	28.42 b	3.06
AGK-2	16,21	115,29	40.43 b	4.4
AGK-4	16,94	141,2	30.93 b	4.98
AÇK-2	21,28	119,39	36.63 ab	4.3
AÇK-4	58,20	81,74	55.50 a	5.06
% 50 AGK+% 50 AÇK	16,2	130,35	29.81 b	4.24
% 25 AGK+% 75 AÇK	22,27	121,75	44.39 ab	4.86
% 75 AGK+% 25 AÇK	34,03	118,55	35.35 ab	3.28
NPK	35,06	82,60	54.16 a	5.14

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.1.4. Arıtma Çamuru ve At Gübresi kompostu Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bazı Verim parametreleri (Koçan uzunluğu, Tane sayısı, yaprak sayısı, koçan çapı) Üzerine Etkileri

Çalışma kullanılan kompost uygulamalarının mısır bitkisinin koçan boyu , yaprak sayısı , koçan tane sayısı ve koçan çapı üzerine etkileri Çizelge 4.14’de sunulmuştur. Uygulamaların bu bitki parametreleri üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli olmuştur. En yüksek koçan boyu AÇK-2 , AÇK-4 , % 50 AGK+% 50 AÇK ve % 25 AGK+% 75 AÇK uygulamaları ile belirlenmiştir. Bütün uygulamalar arasında en fazla mısır tane sayısı AÇK-4 ve NPK uygulamış olan parsellerdir. Kontrol hariç diğer uygulamaların aynı Duncan grubu içerisinde yer aldığı görülmektedir. En fazla yaprak sayısı ise AÇK-4 ve % 50 AGK+% 50 AÇK uygulamaları ile elde edilmiştir. Toprağa yapılan kompost uygulamaları, kontrole göre mısır bitkilerinin verimini artırmıştır. Arıtma çamuru kompostu uygulanan topraklardaki mısır verimi diğer uygulamalara oranla daha yüksek olmuştur. Mısır verimindeki bu artış, toprağa organik maddenin eklenmesi ve NPK ve mikro besin

maddelerinin arıtma çamur kompostlarından salınmasından kaynaklanmış olabilir. Pirdashti ve ark. (2010), soya fasulyesine 40 mg / ha arıtma çamuru uygulanmasının, kimyasal gübre ve diğer organik gübre uygulamalarına göre yaprak klorofil içeriğini arttırdığını ; Khan ve ark (2007) arıtma çamur uygulanmasının tahıl veriminde, bitkinin toplam kuru maddesinde ve 1000 buğday tanesinin ağırlığında bir artışa neden olduğunu , Jamil ve ark. (2006) da arıtma çamurunun tahıl verimini ve buğday samanı üretimini arttırdığını bildirmiştir. Hülya ve ark (2017) atık çamurunun toprağa farklı dozlarda (D0: % 0, D1: % 20,D2: % 40, D3: % 60) uygulanmasının gül gelişimini, verim ve kalite kriterleri üzerine etkileri incelenmişlerdir. Araştırma sonucunda, atık çamuru toprağa uygulandıktan sonra kök uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı, çiçek uzunluğu ve gonca boyu gibi morfoloji özelliklerini iyileştirdiği saptanmıştır.

Çizelge 4. 14 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin verim parametrelerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulama	Koçan U (cm)	Yaprak S	Koçan T S	Koçan Ç (cm)
K	70.8 b	13.37 b	524.3 b	2,29 b
AGK-2	72.26 ab	13.37 b	612.33 ab	2,67 ab
AGK-4	76.13 b	13.52 ab	631.8 ab	2,57 ab
AÇK-2	87.02 a	13.72 ab	669.66 ab	2,74 a
AÇK-4	85.63 a	14.26 a	710.06 a	2,99 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	86.83 a	14.16 a	643.66 ab	2,86 a
% 25 AGK+% 75 AÇK	84.66 a	13.76 ab	595.33 ab	2,71 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	77.23 ab	13.57 ab	669 ab	2,64 ab
NPK	82.38 ab	14.03 ab	711.33 a	2,86 a

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi, Koçan u: koçan uzunluğu ; yaprak s: yaprak sayısı, koçan TS: koçan Tane Sayısı; koçan Ç: koçan Çapı

4.2. Arıtma Çamuru Kompostu ve At Gübresi Kompostu Uygulamasının Kumlu tın Bünyeli (Menemen) Bir Toprak Üzerine Etkileri

4.2.1. Toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkisi

4.2.1.1 Tarla kapasitesi ve Solma noktasındaki % nem değerleri üzerine etkileri

Deneme topraklarına uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübrenin tarlakapasitesi ve solma noktasındaki % nem içeriklerine etkileri ile bunlara ait istatistik değerlendirmeler Çizelge 4.15 'de verilmiştir. Denemenin 6.ayından sonra alınan toprak örneklerinde kompost uygulamalarına bağlı olarak her iki derinlikte de TK'deki % nem değerleri arasında istatistiki olarak anlamlı önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Fakat uygulamaların SN'daki % nem değerleri üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu olmamıştır. Artan uygulama dozlarına bağlı olarak tarla kapasitesindeki % nem değerleri kontrole göre artmıştır. En yüksek artışlar genellikle AÇK-4 ,% 25 AGK+% 75 AÇK, % 75 AGK+% 25 AÇK uygulamalarında ortaya çıkmış ve bu uygulamalarında TK'daki % nem 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikte sırasıyla yaklaşık % 31, 28 , % 28, 43 , % 28, 80 ve % 34,02 oranlarında artışlar göstermiştir. Elde edilen istatistiksel farklılıkların , arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostlarının organik madde içeriklerinden olduğu düşünülmektedir . Toprakta organik madde miktarı arttıkça tarla kapasitesi ve solma noktasındaki tutulan su miktarı artmaktadır (Gülser 2006). Arıtma çamuru kompostu uygulamasının sonucu olarak tarla kapasitesinin artması, gübre bileşenlerinin toprak parçacıkları arasına eşit bir şekilde dağılmasından dolayı olabilir. Ayrıca mikroorganizmalar tarafından yapılan ayrıştırma birçok önemli çimentolama materyali üretir ki, bu materyaller toprak parçacıklarını bağlarlar ve stabil agregatlar üretirler. Arıtma çamuru kompostu teksele ve at gübresi kompostu ile birlikte uygulanan parsellerinde organik materyallerin hızlı bir şekilde parçalandığı söylenebilir. Yapılan bazı araştırmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Hefa ve ark (2007), arıtma çamuru kompostu uygulamasının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ve çim büyümesi üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve topraktaki su tutma kapasitesinin arıtma çamuru kompostu tarafından

iyileştirildiğini saptamışlardır . Candemir ve ark (2011) tarafından gübre, fındık kabuğu, çay atığı ve tütün atıklarının bazı toprak kalite endeksleri üzerindeki etkilerini kil ve tınlı kum toprağa 2 yıl boyunca incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre uygulanan organik atıklar toprağın tarla kapasitesi arttırmıştır.

Çizelge 4. 15 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Tarla Kapasitesi (%) ve Solma Noktası (%) nem diğerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	TK 0-20	TK 20-40	SN 0-20	Sn 20-40
K	13.33 b	15.46 f	5.61	4.41
AGK-2	14.17 ab	16.40 e	5.63	5.13
AGK-4	13.62 b	17.47 d	5.97	5.54
AÇK-2	14.06 b	18.34 c	5.68	5.73
AÇK-4	17.50 a	20.75 a	6.19	5.18
% 50 AGK+% 50 AÇK	13.50 b	18.23 c	6.09	5.43
% 25 AGK+% 75 AÇK	17.12 a	19.64 b	6.17	5.89
% 75 AGK+% 25 AÇK	17.17 a	18.09 cd	6.05	5.55
NPK	13.47 b	16.19 e	6.11	5.29

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/da AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.1.2 Hacim ağırlığı (HA) üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın Hacim ağırlığı üzerine etkileri çizelge 4.16'da verilmiştir. Hacim ağırlığı (HA) hem 0-20 cm hem de 20-40 cm toprak derinliğinde uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermemiştir. Bununla beraber artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu dozlarına bağlı olarak hacim ağırlığı değerleri kontrole göre azalmıştır. En düşük HA değeri 1.59 g /cm³ ile AÇK-4 uygulamasında saptanmıştır. En yüksek HA değeri ortalama 1.79 g /cm³ ile

NPK uygulama dozunda elde edilmiştir. Aynı şekilde 20-40 cm toprak derinliğinde de, en yüksek HA değeri ($1,84 \text{ g/cm}^3$) kontrol parselinde, en düşük HA değeri ise AÇK-4 (1.65 g/cm^3) uygulamasında saptanmıştır. Toprakta organik madde miktarı arttıkça toprağın toplam porozite oranı artmakta ve toprak hacim ağırlığı azalmaktadır. Benzer şekilde Çelik ve ark., (2004) yaptıkları kompost ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, 0-15 cm toprak derinliğinde kompost ve ahır gübresi uygulamasının toprak hacim ağırlığını önemli oranda azalttığını bildirmişlerdir.

4.2.1.3. Dispersiyon oranı (DO) üzerine etkileri

Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın dispersiyon oranı (DO) üzerine olan etkileri Çizelge 4.16' de verilmiştir. Uygulamalardan sonra, toprağın üst tabakasında DO açısından istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur. Fakat uygulamaların toprağın alt tabakasındaki DO değerleri üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu olmamıştır. 0-20 cm derinliğindeki toprağın dispersiyon oranı (DO), artan arıtma çamuru ve at gübre kompostu uygulama düzeyine bağlı olarak azalmıştır. Toprak dispersiyon oranı (DO) değeri % 36,01 (AÇK-4) - % 47,43 (K) arasında değişmiştir. En yüksek DO kontrol (K) parsellerinde belirlenmiştir. En Düşük DO ise AÇK-4 ; % 25 AGK+% 75 AÇK ve % 75 AGK+%25AÇK uygulamaları ile elde edilmiştir. Bu düşüşler toprağın üst tabakasında kontrole göre AÇK-4 uygulamasında % 34 oranındadır. Arıtma çamuru kompostu veya arıtma çamur kompostu ve at gübre kompostu karşımı uygulanan parsellerin erozyona karşı, diğerlerinden daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Organik madde bakımından zengin olan arıtma çamuru, diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında erozyona dayanıklı agregat oluşumuna katkıda bulunmuştur. Özdemir ve ark (2015) çeşitli organik ve inorganik maddelerin uyguladıkları toprağın erozyona dayanıklılığı üzerine etkileri incelemişlerdir. 0-20 cm'de alınan ve materyallerle işlenmiş toprak örneklerinin inkübasyonundan on hafta sonra elde edilen sonuçlara göre, toprak agregatları su erozyonuna karşı dayanıklı olduğunu göstermişlerdir.

Çizelge 4. 16 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Hacim Ağırlığı (g.cm^{-3}) ve Dispersyon Oranı (%) değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	HA 0-20	HA 20-40	DO 0-20	DO 20-40
K	1.76	1.84	47.43 a	40,25
AGK-2	1.64	1.82	42.29 ab	39,42
AGK-4	1.66	1.77	41.68 ab	43,59
AÇK-2	1.68	1.68	44.45 ab	38,22
AÇK-4	1.59	1.65	36.01 b	43,26
% 50 AGK+% 50 AÇK	1.62	1.77	42.55 ab	41,31
% 25 AGK+% 75 AÇK	1.68	1.80	37.14 b	41,23
% 75 AGK+% 25 AÇK	1.65	1.74	37.34 b	39,82
NPK	1.79	1.80	39.17 ab	43,67

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir, K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/da AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.1.4. Süspansiyon Yüzdesi (SY) değeri üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübresi uygulamalarının toprağın süspansiyon yüzdesi üzerine etkisi, Çizelge 4.17 'de verilmiştir. Toprağın 0-20 cm derinliğinde SY, uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. Fakat toprağın 20-40 cm derinliğinde ise SY değerleri üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu olmamıştır. Toprağın 0-20 cm derinliğindeki toprak süspansiyon yüzdesi (SY), artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu dozlarına bağlı olarak kontrole göre azalmaktadır.

En yüksek SY ortalama değeri 17,44 % ile kontrol parsellerinde saptamıştır. En düşük SY değeri ise sırasıyla AÇK-4 (% 12.77) , NPK (% 12.77) , AÇK-2 (% 13.44) , % 25 AGK+% 75 AÇK (% 13.44) ve AGK-2 (% 14.10) uygulamalarında elde edilmiştir. Bu düşüşler toprağın üst tabakasında kontrole göre AÇK-4 , % 25 AGK+% 75 AÇK ve NPK uygulamalarında sırasıyla % 26, % 23 , % 27 oranlardadır.

Arıtma çamuru kompostundaki organik madde, toprak parçacıklarını agregatlar halinde bağlayarak toprak yapısının iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayan toprak bakterileri ve mantarları için iyi bir besin kaynağıdır. Sonuçlarımız arıtma çamur kompostu kum bünyeli toprakların fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen József ve ark (2017)'nin bulgularına benzerlik göstermiştir. Araştırmacılar, arıtma çamuru kompostu uygulamasının toprakta oluşan agregatları suya daha dayanıklı hale getirdiğini saptamışlardır.

4.2.1.5. Toplam mil+kil yüzdesi (DY) değeri üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübresi uygulamalarının toprağın toplam mil+kil yüzdesi üzerine etkileri, Çizelge 4.17 'de verilmiştir. Toprağın 0-20 cm derinliğinde, DY uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. Fakat toprağın 20-40 cm derinliğinde ise DY değerleri üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu olmamıştır. Toprağın 0-20 cm derinliğindeki toplam mil+kil yüzdesi (DY), artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulama düzeylerine bağlı olarak azalmıştır. En düşük DY ortalama değeri % 32.77 ile AÇK-4 uygulamasında belirlenmiştir. Ces diminutions sont de 10% en application LOVE-4 selon le contrôle de la couche supérieure du sol. En yüksek DY ortalama değerleri ise sırasıyla % 25 AGK+% 75 AÇK (% 36.10), % 75 AGK+% 25 AÇK (% 36.10) ve K (% 36.77) uygulamaları ile elde edilmiştir. Sonuçlarımız rüzgar erozyonundan etkilenen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki arıtma çamurunun etkisini inceleyen Angin ve Yağanoğlu (2011)'nin bulgularına benzerlik göstermiştir. Araştırmacılar arıtma çamuru uygulamasının toprakta oluşan agregatları rüzgar erozyonuna karşı daha dayanıklı hale getirdiğini saptamışlardır.

Çizelge 4. 17: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Dispersiyon (%) ve Süspansiyon yüzdesi (%) üzerine olan etkileri

Uygulama	SY (0-20 cm)	SY (20-40 cm)	DY(0-20 cm)	DY(20-40 cm)
K	17.44 a	16.10	36.77 a	40.1
AGK-2	14.10 b	16.10	33.44 bc	41.44
AGK-4	14.77 ab	16.10	35.44 ab	36.77
AÇK-2	13.44 b	16.10	34.77 abc	42.1
AÇK-4	12.77 b	15.44	32.77 c	36.1
% 50 AGK+% 50 AÇK	14.77 ab	14.77	34.77 abc	36.1
% 25 AGK+% 75 AÇK	13.44 b	15.44	36.10 a	37.44
% 75 AGK+% 25 AÇK	15.44 ab	14.77	36.10 a	37.44
NPK	12.77 b	16.77	35.44 ab	38.77

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.1.6. Strüktür Stabilite İndeksi (SSİ) değeri üzerine etkileri

Deneme topraklarına uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübresi toprağın SSİ değeri üzerine etkileri ile bunlara ait istatistik değerlendirmeler Çizelge 4.18' de verilmiştir. Strüktür stabilite indeksi hem 0-20 cm hem de 20-40 cm toprak derinliğinde uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermemiştir. Bununla beraber artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu dozlarına bağlı olarak strüktür stabilite indeksi değerleri kontrole göre artmıştır. Toprağın 0-20 cm derinliğinde, %25 AGK+% 75 AÇK , % 75 AGK+% 25 AÇK ve NPK uygulandığı parsellerinde oluşan agregatlar erozyona karşı daha stabil olmuştur. Diğer taraftan 20-40 cm toprak derinliğine, AÇK-4 uygulandığı parsellerinde oluşan agregatlar erozyona karşı daha dayanıklı olmuştur. Toprağın organik madde ve toprağın strüktür stabilite indeksi arasında çok sayıda pozitif korelasyon vardır (Mbagwu and Piccolo 1989; and Fortun et al.

1989). Delibacak ve ark (2009) işlenmiş arıtma çamurunun Xerofluvent bir toprağın bazı özelliklerinin zamansal değişimlerinin düzeyleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. İşlenmiş arıtma çamurunun 0 , 30 , 60 ve 90 t/ha dozlara bağlı olarak topağa uygulandıktan sonra toprağın strüktür stabilite indeksinin arttırdığını fark etmişlerdir

Çizelge 4. 18 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) Strüktür Stabilite İndeksi (%) üzerine olan etkileri

Uygulama	SSI (0-20)	SSI (20-40)
K	19.33	22
AGK-2	19.33	25.33
AGK-4	20.66	20.66
AÇK-2	19.33	24
AÇK-4	22	24.66
% 50 AGK+% 50 AÇK	20	21.33
% 25 AGK+% 75 AÇK	22.66	22
% 75 AGK+% 25 AÇK	22.66	22.66
NPK	22.66	22

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.2. Toprak kimyasal özellikleri üzerine etkisi

4.2.2.1. Organik Madde (OM) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın organik madde içeriğinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.19 'de verilmiştir. Yapılan uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki organik madde değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermemiştir. 15 gün sonra, 0-20 cm toprak derinliğinde, OM değerleri % 1.07 (Kontrol parseli) – % 1.42 (AÇK-4) arasında değişmiştir . 20-40 cm toprak derinliğinde ise OM değerleri % 0.38- % 0.78 arasında değişmiştir. Aynı şekilde 6 ay sonra, 0-20 cm toprak derinliğinde OM değerleri % 0.88 (Kontrol parseli) - % 1.62 (AÇK-4) arasında değişmiştir. Toprağın 20-40 cm derinliğinde ise OM değerleri % 0,56 (Kontrol parseli) - % 0.80 (AÇK-4) arasında değişmiştir. Toprakta artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu istatistiksel anlamda önemli farklılıklar olmamasına rağmen tüm parsellerde organik madde içeriği kontrol parseli göre daha fazla olmuştur.

Sonuçlarımız Pingping ve ark (2013) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermemiştir. Çalışmalarında, topraklara uygulanan arıtma çamuru kompostu ile muamele görmüş toprağın fiziko kimyasal özellikleri ve *Festuca arundinacea* büyümesi incelenmiştir. Arıtma çamuru kompostu toprağa uygulandıktan 60 gün sonra organik maddede artış olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.2.2. pH değeri üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın pH değeri üzerine olan etkileri Çizelge 4.19 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra sadece 0-20 cm derinlikten alınan topraklardaki pH değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir. Toprakların pH değerleri arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamaları ile düşüş göstermiştir. Bu değişim deneme arazisindeki farklılıktan kaynaklanmış olabilir (Tükmen 2004). En yüksek pH değeri kontrol parseli, AGK-2, AGK-4, AÇK-2, % 50 AGK+% 50 AÇK ve % 25 AGK+% 75 AÇK

uygulamalarında saptanmıştır. En düşük pH değeri ise AÇK-4 , % 75 AGK+% 25 AÇK ve NPK uygulamaları ile elde edilmiştir. Fakat uygulamalardan 15 gün sonra 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde ve uygulamalardan 6 ay sonra her iki derinlikten alınan toprak örneklerinde , uygulamaların topraktaki pH değerleri üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli olmamıştır. Kompostların (arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu) uygulanmasından 6ay sonra toprağın pH'sında önemli ölçüde değişiklik gözlenmemiştir. Toprağın pH değerleri çok önemli olmayan bu değişimlerde toprak bünyesinin yanı sıra deneme süresinin çok uzun olmaması ile de yakından ilişkilidir. Bununla beraber 6 ay sonra artan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu dozlarına bağlı olarak pH değerleri kontrole göre hafifçe azalmıştır. Bu azalış , arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostunun microorganizmalar tarafından parçalanma ve ayrışması ile açığa çıkan organik asitlerden kaynaklanmış olabilir. Samaras ve ark (2008) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, 0-25 cm ve 25 -50 cm toprak derinliğinde , kentsel arıtma çamuru uygulamalarının toprak verimliliği, pamuk verimi ve nitrat yıkanmasını üzerine etkileri araştırmışlardır. Kentsel arıtma çamuru uygulamasına (0,10, 30,50 t/ha) paralel olarak toprak pH'sının azaldığını vurgulamışlardır.

Çizelge 4. 19 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bir toprağın (Menemen ovasında) Organik Madde (%) ve pH değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	OM (0-20 cm)	OM (20-40 cm)	pH (0-20 cm)	pH (20-40 cm)
15 Gün sonra				
K	1.07	0.38	7.61 a	7.73
AGK-2	1.13	0.43	7.57 a	7.70
AGK-4	1.08	0.60	7.58 a	7.70
AÇK-2	1.06	0.68	7.56 a	7.71
AÇK-4	1.42	0.43	7.46 b	7.63
% 50 AGK+% 50 AÇK	1.25	0.78	7.56 a	7.68
% 25 AGK+% 75 AÇK	1.10	0.46	7.58 a	7.70
% 75 AGK+% 25 AÇK	1.25	0.56	7.48 b	7.67
NPK	1.22	0.57	7.43 b	7.64
6 Ay sonra				
K	0.88	0.56	7.63	7.62
AGK-2	1.17	0.71	7.58	7.58
AGK-4	1.38	0.71	7.53	7.54
AÇK-2	1.30	0.78	7.55	7.56
AÇK-4	1.62	0.80	7.47	7.48
% 50 AGK+% 50 AÇK	1.16	0.56	7.48	7.56
% 25 AGK+% 75 AÇK	1.22	0.76	7.55	7.48
% 75 AGK+% 25 AÇK	1.21	0.58	7.51	7.58
NPK	1.17	0.75	7.53	7.58

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.2.3. Kireç (CaCO_3) değeri üzerine etkileri

Arıtma çamur kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın kireç (CaCO_3) içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.20 'de verilmiştir. Uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerden alınan toprak örneklerindeki kireç değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir. 15 gün sonra 0-20 cm toprak derinliğinde , kireç değerleri % 6.33- % 7.00 arasında değişmiştir. Toprağın 20-40 cm

derinliğinde ise kireç değerleri % 6.80- % 7.80 arasında değişmiştir. 6. ay sonra 0-20 cm toprak derinliğinde kireç değerleri kontrole göre azalmıştır. En yüksek kireç değerleri kontrol (% 5.63) uygulaması ile elde edilirken en düşük kireç değeri ise AÇK-4 (% 4.14) uygulanan parselde elde edilmiştir. Toprağın 20-40 cm derinliğinde en yüksek kireç değerleri % 75 AGK+% 25 AÇK uygulaması ile elde edilirken en düşük değerleri ise kontrol, AGK-2, AÇK-2, AÇK-4 ve NPK uygulamaları ile elde edilmiştir. Sonuçlarımız Mehmet ve Gülen (2012) tarafından elde edilen sonuçlara göre farklılık göstermiştir. Araştırmada, arıtma çamurun toprağın bazı temel verimlik parametreleri üzerinde etkileri incelemiştir. Arıtma Çamurun farklı 0, 10, 20, 40 ve 50 t/ha dozları toprağa uygulaması yapılmıştır ve elde edilen sonuçlara göre toprak kireç içeriği istatistiksel olarak farklılık bulamamışlardır.

4.2.2.4. Elektriksel iletkenlik (EC) değeri üzerine etkileri

Çizelge 4.20’de görüldüğü üzere, uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra toprağın EC değerleri 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. Artan uygulama dozlarına bağlı olarak EC değerleri kontrole göre artmıştır. 15 gün sonra 0-20 cm derinliğinde, uygulama dozları dikkate alındığında, en yüksek EC değerleri NPK uygulamasında , en düşük EC değerleri kontrol, AGK-2, AGK-4, AÇK-2, % 50 AGK+% 50 AÇK ve % 25 AGK+% 75 AÇK uygulamaları ile elde edilmiştir. Toprağın 20-40 cm derinliğinde alınan toprak örneklerinde EC değerleri bakımından en yüksek EC değeri AÇK-4 uygulaması ile elde edilmiştir. 6 ay sonra 0-20 cm ‘de , en yüksek EC değeri AGK-4 uygulaması ile elde edilmiştir. En düşük EC değeri ise % 50 AGK+% 50 AÇK uygulamasında saptanmıştır. Toprağın 20-40 cm derinliğinde en yüksek EC değeri % AÇK-4 uygulaması ile elde edilirken en düşük değerleri ise % 25 AGK+% 75 AÇK uygulaması ile elde edilmiştir. Arıtma çamur (1945 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve at gübresi kompostlarındaki (1514 $\mu\text{S}/\text{cm}$) EC değerleri yüksek olmasına rağmen, elde edilen sonuçlardaki elektriksel iletkenlik değerleri genellikle düşüktür ve bu nedenle toprak tuzluluğuna neden olamamıştır. Bu EC değerlerindeki azalmanın , tuzların profil boyunca yıkanmasından kaynaklandığı

düşünülmektedir (Aoyama et al. 2006) . Vejetasyon sonunda at gübresi kompostu ile birlikte arıtma çamuru kompostu (% 25 AGK % 75 AÇK) uygulamasının, aynı oranda (4t/da) teksel arıtma çamuru kompostu uygulamasına göre daha az iyonların (Na^+ , Ca^{2+} , Cl^-) yıkanmasına neden olduğu fark edilmiştir. Fernandez ve ark (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, arıtma çamuru kompostu ve termal olarak kurutulmuş arıtma çamurunun kumlu tın bünyeli topraklarda kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini üç yıl boyunca incelenmiştir. Arıtma çamuru kompostu uygulandıktan sonra 0-15 cm toprak derinlikte alınan örneklerin analizine göre toprağın pH ve EC değerlerinde bir artış saptanmıştır.

Çizelge 4. 20 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) EC ($\mu\text{mho/cm}$) ve Kireç (%) değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	Kireç (0-20 cm)	Kireç (20-40 cm)	EC (0-20 cm)	EC (20-40 cm)
15 Gün sonra				
K	6.33 b	7.73 ab	358.44 c	274.33 ab
AGK-2	6.93 ab	7.46 ab	361.33 c	266.00 ab
AGK-4	5.83 ab	7.00 ab	337.67 c	278.00 ab
AÇK-2	6.43 ab	6.80 b	387.33 c	317.67 ab
AÇK-4	6.33 b	7.20 ab	622.33 ab	345.33 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	6.70 ab	7.13 ab	411.67 c	286.33 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	6.50 ab	7.46 ab	392.00 c	295.67 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	7.00 a	7.00 ab	580.00 b	309.00 ab
NPK	6.33 b	7.80 a	674.00 a	333.67 ab
6 Ay sonra				
K	5.63 a	4.92 c	548 bc	456 cd
AGK-2	4.87 ab	4.82 c	636 ab	462 cd
AGK-4	4.38 ab	5.24 bc	733 a	510 bc
AÇK-2	4.87 ab	4.90 c	395 de	452 cd
AÇK-4	4.14 b	4.90 c	377 de	800 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	5.36 ab	5.70 ab	327 e	426 cd
% 25 AGK+% 75 AÇK	4.74 ab	5.30 bc	491 cd	337 d
% 75 AGK+% 25 AÇK	4.87 ab	6.27 a	375 de	394 cd
NPK	4.82 ab	4.66 c	405 de	618 b

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.2.5. Toplam Azot değerleri üzerine etkileri

Arıtma amuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın toplam N zerine etkileri izelge 4.21 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra hem st hem de alt toprak derinliklerde alınan örneklerdeki toplam N değerleri uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler gsteriken, 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde her iki toprak tabakasında da uygulamalara bağlı olarak toprağın toplam N değerleri bakımından istatistiki anlamda bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Artan uygulama dozlarına bağlı olarak toprağın toplam N içeriği kontrole göre artmıştır. Uygulamalardan 15 gün sonra 0-20 cm toprak derinliğinde toplam N miktarları AK-4 ve % 50 AGK+% 50 AK uygulamalarında daha yüksek olup, en düşük toplam N içeriği K, AK-2 ve % 75AGK+%25AK'te elde edilmiştir. 20-40 cm'de ise toplam N içeriği bakımından en yüksek değeri AK-4 ve % 25 AGK+% 75 AK uygulamalarında, en düşük N içeriği de kontrol parsellerinde bulunmuştur. Uygulamalardan 6 ay sonra alınan 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerdeki toprak toprak örnekleri tüm parsellerde toplam azot (N) içeriği bakımından önemli bir farklılık göstermemesine rağmen kontrole göre artmıştır. Arıtma amuruyla uygulanan azot dinamikleri karmaşıktır ve toprağa uygulanacak çamur miktarını ve uygulama sıklığını değerlendirmek için çalışmalar yapılmasını gerektirmektedir (Vieira ve ark 2014). Sonuçlarımız Veronica ve ark (2017) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir. alışmalarında 5 farklı doz (0, 100 kgN/ha , 200 kg N/ha , 300 kg N/ ha , 400 kg N/ ha) arıtma çamuru kompostu ve 3 farklı doz (0 , N₅₀P₅₀, N₁₀₀P₁₀₀) mineral gübresi 2 yıl boyunca toprağa uygulanıp toprağın toplam N içeriği istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmadığını göstermişlerdir.

4.2.2.6. Alınabilir Forsfor (P) içeriği üzerine etkileri

Deneme topraklarına uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre toprağın alınabilir P içeriği etkileri ile bunlara ait istatistik değerlendirmeler izelge 4.18' de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra alınan 0-20 cm toprak örneklerindeki alınabilir P içeriği uygulanan arıtma

çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli bir değişiklikler gösterirken, 20-40 cm'den alınan toprak örneklerinde, uygulamalara bağlı olarak toprağın alınabilir P içeriğinde istatistiki anlamda bir farklılık ortaya çıkmamıştır. 0-20 cm toprak derinliğinde uygulama dozları dikkate alındığında, en yüksek alınabilir P içeriği AÇK-4 ve NPK uygulamalarında, en düşük alınabilir P içeriği ise kontrol uygulamasında saptamıştır. Uygulamalardan 6.ay sonra 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki alınabilir P içeriği uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermezken, 20-40 cm'den alınan toprak örneklerindeki uygulamalara bağlı olarak toprağın alınabilir P içeriği istatistiki anlamda farklılık ortaya çıkmıştır. 20-40 cm toprak derinliğinde en yüksek alınabilir P içeriği AGK-2, AÇK-2, AÇK-4 , % 25 AGK+% 75 AÇK ve NPK uygulamaları ile elde edilmiştir. Tüm parsellerde artan uygulama dozlarına bağlı olarak toprağın alınabilir P içeriği kontrole göre artmıştır. Toprak üst katmanındaki P içeriği arıtma çamuru ve at gübresi kompost karışımı uygulanan parsellerde genellikle daha yüksek çıkmıştır. Vejetasyon sonunda at gübresiyle birlikte arıtma çamuru kompostu (% 75 AGK+% 25 AÇK) uygulamasının, aynı oranda teksele arıtma çamuru uygulamasına göre daha az P yıkanmasına neden olduğunu fark edilmiştir. Organik madde, amorf hidroksitlerin oluşumu ile P'nin toprakta tutulmasını teşvik eder. Bu nedenle, düşük C / N içeren arıtma çamuru kompostuna yüksek C / N içeren kompostlanan at gübresi kompostu eklenmesi organik maddenin mikrobiyal ayrışmasını kolaylaştırabilir. Mohammed ve ark, (2015) bizim çalışmamıza benzer sonuçlar bulmuştur. İsveç'te at gübresi kompostunun mineral (siltli kum ve tınlı) ve tarıma elverişli topraklara uygulandıktan sonra besinlerin toprağa tutunması ve yıkanması incelenip at gübre kompostu 18 ve 36 t / ha dozlarında topraklara uygulanmıştır. Çalışma sonucu, at gübre kompostu uygulandığında organik toprakta P, N ve C kaybı azalmıştır. Bu da toprak yıkanması potansiyelinden daha yüksek bir tutunma potansiyeline işaret etmektedir.

Çizelge 4. 21 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) toplam N (%) ve alınabilir P (%) değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	N 0-20	N 20-40	P 0-20	P 20-40
15 Gün Sonra				
K	0.069 b	0.050 b	15.6 c	9.4
AGK-2	0.073 ab	0.053 ab	18.6 bc	9.7
AGK-4	0.078 ab	0.055 ab	18.9 bc	10.9
AÇK-2	0.069 b	0.063 a	17.3 bc	13.1
AÇK-4	0.081 a	0.056 ab	24.5 a	14.3
% 50 AGK+% 50 AÇK	0.074 a	0.057 ab	20.7ab	9.3
% 25 AGK+% 75 AÇK	0.078 ab	0.057 a	20.6 ab	11.4
% 75 AGK+% 25 AÇK	0.070 b	0.056 ab	18.9 bc	12.1
NPK	0.073 ab	0.054 ab	23.8 a	12.3
6 Ay sonra				
K	0.065	0.053	10.84	2.81 c
AGK-2	0.067	0.054	13.32	7.63 a
AGK-4	0.068	0.054	13.56	3.20 bc
AÇK-2	0.070	0.057	14.43	7.24 a
AÇK-4	0.073	0.058	12.68	7.82 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	0.070	0.052	11.91	6.27 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	0.069	0.05	9.52	6.75 a
% 75 AGK+% 25 AÇK	0.069	0.052	13.71	2.96 c
NPK	0.068	0.057	10.89	7.43 a

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/da AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.2.7. Alınabilir Potasyum (K) içeriği üzerine etkileri

Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir K içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.22' de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra alınan toprak örneklerinde; artan düzeyde kompost uygulamaları ile toprağın alınabilir K içeriği 0-20 cm derinliğinde istatistiki olarak % 5 düzeyinde önemli artışlar gösterirken toprağın 20-40 cm'de önemsiz olmuştur. Diğer taraftan uygulamalardan

6 ay sonra 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki alınabilir K içeriği istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermemiştir. Sonuçlarımız Kabil ve ark (2015) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermemiştir. Arıtma çamuru kompostunun kil tın bünyeli bir toprağın üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında arıtma çamuru kompostu 0 ; 2.5 ; 5.0 ve 7.5 t/ha dozları topraklara uygulanıp 0-20 cm derinlikte toprağın alınan örnekleri analiz ettikten sonra elde edilen sonuçlara göre en az 5 t / ha arıtma çamuru kompostu uygulamasının, toprak organik maddesinin yanı sıra K gibi diğer mineral besin maddesinin seviyelerini arttırdığını göstermiştir.

4.2.2.8. Alınabilir Sodyum (Na) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre toprağın alınabilir Na içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.22 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra alınan toprak örneklerinde; artan düzeyde kompost uygulamaları ile toprağın alınabilir Na içeriği 0-20 cm derinliğinde istatistiki olarak % 5 düzeyinde önemli etkilenirken 20-40 cm 'de önemsiz olmuştur. 15 gün sonra 0-20 cm toprak derinliğinde en yüksek alınabilir Na içeriği AÇK-4 uygulaması ile elde edilirken en düşük alınabilir Na içeriği AGK-2 uygulaması ile elde edilmiştir. Bu artış toprağa uygulanan materyalleri henüz yeterince ayrıştırılmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Uygulamalardan 6 ay sonra ise 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklardaki alınabilir Na içeriği istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermemiştir. Toprağın alınabilir Na içeriği önemli olmamasına rağmen, arıtma çamuru kompostu ve arıtma çamuru kompostu at gübresi kompostu ile birlikte uygulanan parsellerinde kontrol parseline göre Na içeriği daha az olmuştur. Bu düşüş ,toprakta infiltrasyon oranı yüksek olması nedeniyle Na'un yıkanmasından kaynaklanmaktadır (Lax ve ark 1994). Çalışmamıza ait sonuçlarda Yachao Bai ve ark (2017) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. Arıtma çamuru yeşil gübreyle birlikte uygulamalarının tuzlu toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ve mısır verimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu karışım 0 -20 cm derinlikte (arıtma çamur ve yeşil gübre) 0, 30, 75, 150 et 300 t ha-1 dozlarında toprağa uygulanıp çalışma sonucu toprağın değişebilir sodyum oranında azalma görülmüştür.

Çizelge 4. 22 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın büyüli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir K (mg/kg) ve Na (mg/kg) değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	K 0-20	K 20-40	Na 0-20	Na 20-40
15 Gün Sonra				
K	233.2 ab	157.7	25.5 ab	33.5
AGK-2	241.4 ab	154.4	19.1 b	30.3
AGK-4	236.5 ab	156	22.3 ab	25.5
AÇK-2	205.3 b	151.1	28.7 ab	31.9
AÇK-4	259.5 a	160.9	38.3 a	20.7
% 50 AGK+% 50 AÇK	266.1 a	177.4	25.5 ab	25.5
% 25 AGK+% 75 AÇK	244.7 a	162.6	30.3 ab	19.1
% 75 AGK+% 25 AÇK	241.4 ab	147.8	20.7 ab	25.5
NPK	257.9 a	162.6	22.3 ab	20.7
6 Ay sonra				
K	213.67	174.22	89.43	116.58
AGK-2	221.89	203.81	89.43	103.8
AGK-4	218.6	170.94	83.04	86.23
AÇK-2	197.23	182.44	86.63	105.4
AÇK-4	210.38	185.73	84.64	99.01
% 50 AGK+% 50 AÇK	210.38	184.08	83.04	86.23
% 25 AGK+% 75 AÇK	203.81	174.22	84.64	84.64
% 75 AGK+% 25 AÇK	223.53	174.22	94.22	95.82
NPK	233.39	193.95	92.62	97.41

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.2.9. Alınabilir Mg içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir Mg üzerine olan etkileri Çizelge 4.23 'de verilmiştir. Uygulamalardan hem 15 gün ve hem de 6 ay sonra 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklardaki alınabilir Mg içeriği istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermemiştir. İlk günlerde 0-20 cm 'de alınabilir Mg içeriği 218.1 mg.kg⁻¹ (AGK-2) -260.1 mg.kg⁻¹ (AÇK-4) arasında değişmiştir. Toprağın 20 -40

cm'de alınabilir Mg içeriği 176.7 mg.kg^{-1} (% 75 AGK+% 25 AÇK) – 254.3 mg.kg^{-1} (NPK) değerleri arasında , 6 ay sonra ise 0-20 cm'de alınabilir Mg içeriği $448,83 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Kontrol) – 495 mg.kg^{-1} (AÇK-4) arasında değişirken 20-40 cm ise Mg içeriği $429,23 \text{ mg.kg}^{-1}$ (kontrol)- $475.56 \text{ mg.kg}^{-1}$ (AÇK2) arasında değişmiştir. Deneme sonunda (6.ay sonra) toprağın Mg içeriği açısından önemli farklılık olmamasına rağmen, tüm uygulamalarda kontrole göre Mg değerleri artmıştır. Sonuçlarımız Korboulewsky ve ark (2001) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir . Yapmış oldukları bir çalışmada arıtma çamuru kompostu (10, 30, 90 t/ha) uygulamalarının 0-20 cm toprak tabakasındaki değiştirilebilir Mg içeriği üzerine önemli bir etki sağladığını bildirmişlerdir. Ancak 90 t / ha kompost uygulanmış olan parseller kontrollerden önemli düzeyde olarak etkili olmuştur.

4.2.2.10. Alınabilir Fe (Demir) içeriği üzerine etkileri

Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir Fe içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.23' de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra hem üst hem de alt toprak tabakalarından alınan örneklerdeki alınabilir Fe içeriği uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler gösterirken, 6 ay sonra alınan toprak örneklerinde ise her iki toprak tabakasında da uygulamalara bağlı olarak alınabilir Fe içeriği istatistiki anlamda bir farklılık ortaya koymamıştır. 15 gün sonra toprağın 0-20 cm derinliğinde , % 25 AGK+% 75 AÇK 'un uygulandığı parsellerde alınabilir Fe içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış arıtma çamur kompostunda Fe içeriğinin fazla kaynaklanmaktadır. 6 ay sonra alınan toprak örneklerindeki Fe içeriği, uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeyine bağlı olarak istatistiki anlamda önemsiz olmamasına rağmen büyük miktarda arıtma çamuru kompostunun uygulandığı parsellerde Fe içeriği daha yüksektir. Bu artışlara rağmen, topraktaki Fe içeriği Anonim (2005) tarafından bildirilen kritik değerleri aşmamıştır (4, 5 mg/ha , pH > 6) . Sonuçlarımız Angın ve ark (2011)'ın bulgularıyla uyumlu olup bu araştırmacılar arıtma çamurunun rüzgar erozyonundan etkilenen toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi 2004-2007 yılları arasında incelenmişlerdir. 3 yıl boyunca arıtma çamuru 0 , 40 , ve 120 t/ha

toprağa uygulanması toprağın mikro elementleri Fe, Cu, zn ve Mn içerikleri arttığı ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 23: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir Mg (m.kg^{-1}) ve Fe (mg.kg^{-1}) içerikleri üzerine olan etkileri

Uygulama	Mg (0-20 cm)	Mg (20-40cm)	Fe (0-20 cm)	Fe (20-40cm)
15 Gün Sonra				
K	234.7	242.2	3.44 b	6.18 a
AGK-2	218.1	201.4	4.02 ab	4.09 b
AGK-4	221	211.7	3.78 b	4.91 ab
AÇK-2	223	219.1	3.82 ab	5.26 ab
AÇK-4	260.1	215.6	3.63 b	4.17 ab
% 50 AGK+% 50 AÇK	231.1	200.8	4.63 ab	5.11 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	228.2	202.1	5.10 a	4.64 ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	229.4	176.7	4.07 ab	5.22 ab
NPK	231.2	254.3	4.14 ab	5.33 ab
6 Ay sonra				
K	448.86	429.23	1,27	0,86
AGK-2	457.96	453.16	1,44	1,12
AGK-4	471.93	465.3	1,33	0,98
AÇK-2	453.76	475.56	1,51	0,93
AÇK-4	495	449.46	2,87	1,16
% 50 AGK+% 50 AÇK	465.9	453.76	1,36	1,03
% 25 AGK+% 75 AÇK	482.63	442	2,68	0,84
% 75 AGK+% 25 AÇK	482.63	440.3	1,19	0,97
NPK	436.36	440.26	1,36	0,95

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.2.11. Alınabilir Bakır (Cu) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir Cu içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.24 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra alınan üst toprak örneklerindeki alınabilir Cu içeriği uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler gösterirken, alt toprak tabakasından alınan örneklerde uygulamalara bağlı olarak alınabilir Cu içeriği istatistiki anlamda bir farklılık ortaya koymamıştır. Toprağın 0-20 cm derinliğinde en düşük alınabilir Cu içeriği AGK-2 uygulamasında , en yüksek alınabilir Cu içeriğine ise Kontrol , AGK-4 , AÇK-2, AÇK-4, % 50 AGK+% 50 AÇK , % 25 AGK+% 75 AÇK , % 75 AGK+% 25 AÇK ve NPK uygulamalarında saptanmıştır. Diğer taraftan, uygulamalardan 6.ay sonra alınan hem üst hem de alt toprak örneklerindeki alınabilir Cu içeriği uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli değişiklikler göstermiştir. 0-20 cm 'de en yüksek alınabilir Cu içeriği % 25 AGK+% 75 AÇK uygulamasında , en düşük alınabilir Cu içeriği ise % 75 AGK+% 25 AÇK uygulamasında saptanmıştır. Toprağın 20 -40 cm derinliğinde en yüksek alınabilir Cu içeriği AÇK-2 ve % 75 AGK+% 25 AÇK uygulamaları ile elde edilirken en düşük alınabilir Cu içeriği ise AGK-2 uygulamasında saptanmıştır. Büyük miktarda arıtma çamuru kompostunun uygulandığı parsellerde bakır içeriği daha yüksektir. Bu artış arıtma çamur kompostunda Cu içeriği fazla olduğundan kaynaklanmaktadır. Elde edilen topraktaki Cu içeriği Türkiye tarafından bildirilen kritik değerleri (140 mg/ha , pH > 6) aşmamıştır (Anonim, 2005). Sonuçlarımız Bowszys ve ark (2015)'ın bulgularıyla uyumlu olmuştur. Bu aratırıcılar, arıtma çamuru kompostu tarımsal toprakların özellikleri üzerine etkisi incelemişlerdir. 0-20 cm toprağın derinlikte arıtma çamuru kompostu 5 ve 10 t/ ha uygulamalarında toprağın alınabilir Cu ve Zn içeriklerinin kontrole parseline göre arttığı gözlemlenmiştir. Üstelik toprağın Cu ve Zn içerikleri toprakta ağır metaller sınır değerlerini geçmemiştir.

4.2.2.12. Alınabilir Çinko (Zn) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir Zn içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.24 'de verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra alınan toprak örneklerinde; artan düzeyde kompost uygulamaları ile toprağın alınabilir Zn içeriği 0-20 cm derinliğinde istatistiki olarak % 5 düzeyinde önemli saptanırken 20-40 cm 'de bu etki önemsiz bulunmuştur. Uygulamalardan 6 ay sonra toprağın 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerdeki alınabilir Zn içeriği istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermemiştir. Deneme sonunda toprağın Zn içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli olmamasına rağmen, toprağın Zn içeriği arıtma çamuru kompostu yüksek oranda uygulandığı parsellerde kontrole göre daha fazla olmuştur. Elde edilen topraktaki Zn içeriği Türkiye tarafından bildirilen kritik değerleri (300 mg/ha , pH > 6) aşmamıştır (Anonim , 2005). Sonuçlarımız Bouriouğ ve ark (2014) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir. Bu araştırmacılar arıtma çamurunun toprak özellikleri ve karaçam fidesi büyümesi üzerinde etkileri araştırmışlardır. Çalışmada 0, 30 ve 60 t/ha dozlarında arıtma çamuru uygulanmış ve 0-20 cm derinlikten alınan örneklerin analizleri incelediğinde toprağın alınabilir Zn içeriğinin kontrole göre yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 4. 24 :Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir Cu (mg.kg^{-1}) ve Zn (mg.kg^{-1}) içerikleri üzerine olann etkileri

Uygulama	Cu (0-20 cm)	Cu (20-40 cm)	Zn (0-20 cm)	Zn (20-40 cm)
15 Gün Sonra				
K	0,69	0.92 ab	1.16 b	0,91
AGK-2	0,71	0.81 b	1.03 b	0,86
AGK-4	0,72	0.87 ab	1.21 ab	0,95
AÇK-2	0,69	0.89 ab	1.04 b	1,01
AÇK-4	0,73	0.87 ab	1.38 ab	1,13
% 50 AGK+% 50 AÇK	0,81	0.87 ab	1.14 b	0,89
% 25 AGK+% 75 AÇK	0,93	0.83 ab	1.54 a	1,12
% 75 AGK+% 25 AÇK	0,72	0.87 ab	1.18 b	0,97
NPK	0,76	0.94 ab	1.12 b	0,95
6 Ay sonra				
K	0.70 ab	0.83 ab	1,17	0,86
AGK-2	0.76 ab	0.55 b	1,44	1,12
AGK-4	0.69 ab	0.63 ab	1,33	0,98
AÇK-2	0.82 ab	0.85 a	1,51	1,16
AÇK-4	0.84 ab	0.63 ab	2,68	0,93
% 50 AGK+% 50 AÇK	0.66 ab	0.77 ab	1,36	1,03
% 25 AGK+% 75 AÇK	0.87 a	0.61 ab	2,87	0,84
% 75 AGK+% 25 AÇK	0.59 b	0.85 a	1,29	0,97
NPK	0.82 ab	0.71 ab	1,36	0,95

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.2.13. Alınabilir Mn içeriği üzerine etkileri

Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu , at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın alınabilir Mn içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.25’ de verilmiştir. Uygulamalardan hem 15 gün hem 6 ay sonra alınan 0-20 cm toprak örneklerindeki alınabilir Mn içeriği uygulanan arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli bir değişiklikler gösterirken, 20-40 cm’den alınan toprak örneklerindeki uygulamalara bağlı olarak toprağın alınabilir Mn içeriği istatistiki anlamda bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Uygulamalardan 15 gün sonra 0-20 cm derinliğinde , en yüksek alınabilir Mn içeriği % 25 AGK+% 75 AÇK uygulamasında, en düşük ise kontrol ve AGK-2 uygulamalarında saptanmıştır. Öte yanda , 0-20 cm toprağın derinliğinde 6 ay sonra alınan örneklerde en düşük Mn içeriği kontrol uygulamasında elde edilirken en yüksek Mn içeriği ise % 25 AGK+% 75 AÇK uygulamasında elde edilmiştir. Toprak üst katmanındaki Mn içeriği, arıtma çamuru ve at gübresi kompost karışımı uygulanan parsellerde genellikle daha yüksek çıkmıştır. Sonuçlarımız Hussein (2009)’ın bulgularıyla uyumlu olmuştur. Arıtma çamuru kumlu ve kumlu tın toprakların özellikleri üzerinde etkileri araştırmıştır. Çalışmada , arıtma çamuru 0 , 25, 50 , 100 ve 125 t/ha dozlarında topraklara uygulanmıştır ve 0 -30 cm alınan toprağın örnekleri incelendiğinde , toprağın Mn içeriği kontrole göre yüksek olduğunu fark etmiştir.

Çizelge 4. 25 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının kumlu tın bünyeli bir toprağın (Menemen ovasında) alınabilir Mn (mg.kg^{-1}) içerikleri üzerine olan etkileri

Uygulama	Mn (0-20 cm)	Mn (20-40 cm)
15 Gün sonra		
K	4.47 b	5.05
AGK-2	4.59 b	4.89
AGK-4	5.06 ab	4.51
AÇK-2	4.31 b	4.71
AÇK-4	6.54 a	4.64
% 50 AGK+% 50 AÇK	5.33 ab	4.62
% 25 AGK+% 75 AÇK	5.15 ab	4.9
% 75 AGK+% 25 AÇK	4.96 ab	4.8
NPK	5.37 ab	5.2
6 Ay sonra		
K	2.64 b	3.05
AGK-2	3.26 ab	2.89
AGK-4	3.06 ab	2.17
AÇK-2	2.81b	2.71
AÇK-4	3.81 ab	2.97
% 50 AGK+% 50 AÇK	3.66 ab	2.62
% 25 AGK+% 75 AÇK	4.21 a	3.01
% 75 AGK+% 25 AÇK	3.29 ab	2.47
NPK	3.03 ab	3.2

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.3. Arıtma Çamur Kompostu, At Gübresi kompostu ve Mineral gübre Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bazı Mikro element Özellikleri Üzerine Etkileri

4.2.3.1. Demir Fe (Gövde ve Yaprak) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının mısır bitkisi yaprak ve gövdesindeki Fe içeriklerine ait ortalama değerler arasındaki farkı gösteren Duncan grupları çizelge 4.26 'de verilmiştir. Denemede, toprağa farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının ; mısır bitkisinin Fe içeriğini kontrole göre arttırdığını mısır gövdelerdeki toplam Fe içeriklerindeki bu artışın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Gövdelerdeki, ortalama toplam Fe içeriğinin 10-96 -50.03 mg.kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. En fazla Fe miktarı NPK (50.03 mg.kg⁻¹) uygulamasında , en düşük miktarı ise 10.96 mg.kg⁻¹ ile AÇK-4 uygulamasında saptanmıştır. Uygulamaların yapraklardaki Fe içerikleri üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir. Elde edilen bu değerler genel olarak sınır değerlerinde üzerindedir (30 mg/kg , pH > 6) (Anonim , 2005). Sonuçlarımız Najla ve ark (2013) tarafından yapılan çalışmalara benzerlik göstermiştir. Bu araştırmacılar kentsel ve sanayi arıtma çamuru toprağa uygulanmasının, kanolanın ağır metal içeriği üzerinde etkileri belirlemişlerdir. Çalışmada arıtma çamuru dört farklı dozda (5 , 25, 50 ve 100 t/ha) toprağa uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar kanolanın yaprak Fe içeriğinin kontrole göre azaldığı göstermiştir. Bunun nedeni olarak, bir veya daha fazla belirli elementlerin özellikle Zn'nun Fe ile rekabetine bağlı olabileceğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan sonuçlarımız Yağmur ve ark (2018)'ın bulgularıyla farklılık göstermiştir. Bu araştırmacılar arıtma çamuru ve mineral demir içerikli gübre uygulamasının mısır bitkisinin Fe içeriği üzerinde etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada arıtma çamurunun Fe içeriği dikkat alınarak üç farklı düzeyde saksılara uygulanmıştır (5 mg/kg Fe ; 10 mg/kg fe ve 15 mg/kg Fe). Elde edilen verilere göre, arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin demir içeriğini kontrole göre arttırdığını göstermişlerdir.

4.2.3.2. Çinko Zn (Yaprak ve Gövde) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Zn içeriklerine ait ortalama değerler arasındaki farkı gösteren Duncan grupları çizelge 4.26 'de verilmiştir. Çalışmada toprağa farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının ; mısır bitkisinin Zn içeriğini kontrole göre arttırdığı ve mısır yapraklardaki toplam Zn içeriklerindeki bu artışın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Yapraklardaki ortalama toplam Zn içeriğinin 7.41-12.52 mg/ kg arasında değiştiği saptanmıştır . En fazla Zn miktarı AÇK-4 (12,54 mg/ kg) ve NPK (12.24 mg. Kg⁻¹) uygulamalarında , en düşük miktarı ise 7.41 mg kg⁻¹ ile AGK-2 ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. Uygulamaların mısır gövdesindeki Zn içerikleri üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir. Çinkonun sadece arıtma çamuru kompostunu almış yapraklarda yüksek çıkması, kullanılan çamur kompostunun mikro element bakımından zengin olmasından kaynaklanmaktadır. Elde edilen bu değerler sınır değerlerinin altındadır (50 mg/kg , pH > 6). Sonuçlarımız Küçükhemek ve ark (2006)'ın bulgularıyla uyumlu olmuştur. Bu araştırmacılar, evsel arıtma çamurlarının iki yıl boyunca Çim bitkisinin ağır metal (Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Cd) içerikleri üzerinde etkilerini incelenmişlerdir . Çalışmada arıtma çamuru, dört farklı dozda uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; arıtma çamuru uygulamalarının kontrole göre çim bitkisinin Zn ve Cu içeriğinin arttırdığını, Mn içeriğinde ise düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir. Güven ve ark , (2015) deri arıtma çamuru kompostu Cr, Cu, Zn ve Ni gibi metallerin funda toprağında yetiştirilen çimlere transferi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada , deri arıtma çamuru kompostunun 0, % 5, %10, % 25 ve % 50 dozlarda topraklara uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre , Çim bitkisinde Cu ve Zn içerikleri deri arıtma çamuru kompostu uygulanmış parsellerde daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4. 26 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Demir (mg/kg) ve Çinko (mg/kg) içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Fe gövde	Fe yaprak	Zn yaprak	Zn gövde
K	29.72 ab	109.8	8.45 ab	9.75
AGK-2	45.44 ab	86.2	7.41 b	8.52
AGK-4	18.47 ab	89.6	10.99 ab	11.72
AÇK-2	14.61 ab	83.23	9.47 ab	10.7
AÇK-4	10.96 b	78.6	12.52 a	13.32
% 50 AGK+% 50 AÇK	24.16 ab	78.13	9.05 ab	9.84
% 25 AGK+% 75 AÇK	43.43 ab	105.3	9.95 ab	10.31
% 75 AGK+% 25 AÇK	18.77 ab	93.56	8.18 ab	8.52
NPK	53.03 a	74.5	12.24 a	12.54

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/da AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.3.3. Bakır Cu (Yaprak ve Gövde) içeriği üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Cu içeriklerine ait ortalama değerler arasındaki farkı gösteren Duncan grupları çizelge 4.27 'de verilmiştir. Denemede, toprağa farklı dozlarda yapılan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının ; mısır bitkisinin Cu içeriğini kontrole göre arttırdığını, mısır yaprak ve gövdelerdeki toplam Cu içeriklerindeki bu artışın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Gövdelerdeki ortalama toplam Cu içeriğinin 2.86-5.61 mg. kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır . En fazla Cu miktarı 5.61 mg kg⁻¹ ile AÇK-4 uygulamasında , en düşük Cu miktarı ise 2.86 mg. Kg⁻¹ ile AGK-4 ve 2.97 mg. kg⁻¹ ile kontrol uygulamalarında saptanmıştır. Yapraklarda ise , ortalama toplam Cu içeriği 2.48- 3.95 mg. kg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek Cu içeriği NPK uygulaması ile elde edilirken en düşük Cu içeriği ise diğer uygulamalarında elde edilmiştir. Elde edilen bu değerleri, önerilen sınır değerinin altındadır (5 mg/kg , pH > 6).

Zaho ve ark (2012), tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir. Çalışmada arıtma çamur kompostu teksele ve mineral gübre (NPK) ile birlikte uygulanmaları marulun gelişimi ve içinde ağır metaller birikimi üzerinde etkileri incelemiştir. Çalışmada , arıtma çamuru kompostu 27,54 ; 82,62 ve 165,24t/hm⁻² dozlarında uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar arıtma çamurunun marul bitkisinin Cu içeriğini arttırdığını göstermiştir.

4.2.3.4. Mn (Gövde ve Yaprak) içeriği ve verimi üzerine etkileri

Arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının mısır bitkisi yaprak ve gövdesindeki Mn içeriklerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Duncan grupları çizelge 4.27 'de verilmiştir. Denemede, toprağa farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru kompostu, at gübresi kompostu ve mineral gübre uygulamalarının ; mısır bitkisinin Mn içeriğini kontrole göre arttırdığı ve mısırın yaprak ve gövdelerindeki toplam Mn içeriklerinde meydana gelen bu artışın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Yapraklardaki ortalama toplam Mn içeriğinin 2.86-5.61 mg. kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır . En düşük Mn miktarı % 75 AGK+% 25 AÇK, K ve AGK-2 uygulamalarında , en yüksek Mn miktarı ise NPK ve AÇK-4 uygulamalarında saptanmıştır. Mısır bitkisinin gövdesindeki toplam Mn içeriği 8.14 – 23.45 mg.kg⁻¹ arasında değişmiştir. En düşük Mn miktarı AÇK-2 ve AÇK-4 uygulamalarında saptanmıştır. Diğer uygulamaları Duncan grubuna göre benzer bulunmuştur. Elde edilen bu değerler, öğrenilen sınır değerlerden küçüktür (70 mg/kg , pH > 6). Sonuçlarımız Reyhan ve ark (2011) tarafından yapılan çalışmalara benzerlik göstermiştir. Çalışmalarında, arıtma çamur kompostu (çamur + diatomit) toprağa uygulanmasının süs bitkilerinde (yaprak ve gövde) Mn içeriğini arttırdığını gözlemlemiştir.

Çizelge 4. 27: Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak ve gövdesindeki Bakır (mg/kg) ve Çinko (mg/kg) içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Cu gövde	Cu yaprak	Mn yaprak	Mn gövde
K	2.97 b	2.65 b	46.43 b	11.54 ab
AGK-2	3.52 ab	2.50 b	46.74 b	17.06 ab
AGK-4	2.86 b	2.60 b	51.54 bc	15.97 ab
AÇK-2	3.63 ab	2.88 b	53.64 bc	9.53 b
AÇK-4	5.61 a	3.02 b	76.21 a	8.14 b
% 50 AGK+% 50 AÇK	3.63 ab	2.48 b	49.63 bc	16.61 ab
% 25 AGK+% 75 AÇK	4.62 ab	3.09 b	51.87 bc	19.97ab
% 75 AGK+% 25 AÇK	4.26 ab	2.73 b	43.36 b	12.42 ab
NPK	4.02 ab	4.95 a	70.34 a	23.45 ab

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir; K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi

4.2.3.5. Arıtma Çamuru Kompostu ve At Gübresi Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bazı Verim Parametreleri (Yaprak sayısı, koçan uzunluğu, koçan tane sayısı, koçan çapı) Üzerine etkileri

Yapılan farklı uygulamaların bitkinin koçan uzunluğu, koçan tane sayısı, koçan çapı ve yaprak sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.28’de sunulmuştur. Uygulamaların, mısırın verim parametreleri üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli olmuştur. En fazla koçan uzunluğu AÇK-4 (18.66 cm) , % 25 AGK+% 75 AÇK (17.33 cm) ve NPK (17.72 cm) uygulamaları ile elde edilmiştir. En az koçan uzunluğu sırasıyla kontrol (11.49 cm) , AGK-2 (12.61 cm) , AGK-4 (11.49 cm) , AÇK-2 (14.17 cm), % 50 AGK+% 50 AÇK (13.96 cm) ve % 75 AGK+% 25 AÇK (14 cm) uygulamaları ile elde edilmiştir. Bütün uygulamalar arasında en fazla yaprak sayısı AGK-2 , AÇK-2, AÇK-4, % 50 AGK+% 50 AÇK , % 25 AGK+% 75 AÇK , % 75 AGK+% 25 AÇK ve NPK uygulanmış olan parsellerde saptanmıştır. En düşük yaprak sayısı ise Kontrol ve AGK-4 uygulamaları ile elde edilmiştir. En fazla mısır tane sayısı AÇK-4 (631,30 tane) uygulaması ile elde edilirken en az mısır tane sayısı ise kontrol (263,80 tane) uygulaması ile elde

edilmiştir. Mısır, bitki koçan çapı bakımından en fazla koçan çapı AÇK-4 (4.43 cm) ile elde edilirken, en az koçan çapı (3.38 cm) boyu AÇK-4 ile elde edilmiştir . Toprağa yapılan kompost uygulamaları, kontrole göre mısır bitkilerinin verimini artırmıştır. Arıtma çamuru kompostu ve arıtma çamuru ile birlikte at gübresi kompostu (AÇK-4 ve % 25 AGK+% 75 AÇK) uygulanan topraklardaki mısır verimi diğer uygulamalara oranla daha yüksek olmuştur. Mısır verimindeki bu artış, toprağa organik maddenin eklenmesi ve NPK ve mikro besin maddelerinin arıtma çamur kompostlardan salınmasından kaynaklanmış olabilir. Akat ve ark (2017) , arıtma çamuru uygulamalarının deniz lavantası çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine etkileri incelemişlerdir. Arıtma çamurunun farklı dozları ((% 0, % 25, % 50, % 75, % 100) toprağa uyguladıktan sonra , çiçek sayısı, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek kalınlığı artmıştır. Qasim ve ark (2001) tarafından arıtma çamuru mısır bitkisinin gelişimi üzerinde etkileri araştırmışlardır. Çalışmada 1 yıl boyunca 5 farklı doz (0 ; 10 ; 20; 30 ; 40 ve 50 t/ha) arıtma çamuru toprağa uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar mısır bitkisinin yaprak sayısı ve boyunun arttırdığını göstermişlerdir.

Çizelge 4. 28 : Arıtma çamuru kompostu ve at gübresi kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin verim parametrelerine ait ortalama değerleri arasındaki farkı gösteren Duncan grupları

Uygulama	Koçan U (cm)	Yaprak S	Koçan T S	Koçan Ç (cm)
K	11.49 b	6.39 b	263.80 d	3.38 d
AGK-2	12.61 b	11.60 a	312 cd	3.62 cd
AGK-4	11.49 b	10.53 ab	385.46 abc	3.80 bc
AÇK-2	14.17 b	13.70 a	429.43 bc	3.95 bc
AÇK-4	18.66 a	13.60 a	631.30 a	4.43 a
% 50 AGK+% 50 AÇK	13.96 b	10.73 a	344.86 cd	3.58 cd
% 25 AGK+% 75 AÇK	17.33 a	12.00 a	479.90 b	3.73 bcd
% 75 AGK+% 25 AÇK	14 b	11.75 a	267.80 d	4.08 b
NPK	17.72 a	11.96 a	506.40 b	3.92 bc

Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir;K: Kontrol; AGK: At gübresi Kompostu; AÇK: Arıtma Çamuru Kompostu; AGK-2 : 2t/da AGK ; AGK-4 : 4t/da AGK ; AÇK-2: 2t/da AÇK ; AÇK-4 : 4t/da AÇK ; %50 AGK+%50 AÇK : 4t/da %50 AGK + 4t/da %50 AÇK ; %25 AGK+ % 75 AÇK : 4t/da %25 AGK + % 75 4t/da AÇK ; %75 AGK+%25 AÇK : 4t/da %75 AGK + % 25 4t/AÇK ; NPK : Mineral Gübresi, Koçan u: koçan uzunluğu ; yaprak s: yaprak sayısı, koçan TS: koçan Tane Sayısı; koçan Ç: koçan Çapı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, arıtma çamur kompostu, at gübresi ve mineral gübre ile topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki tek ve birleşik etkilerini araştırıp bu topraklarının içindeki ağır metaller yanı sıra yetiştirilen mısır verimi değerlendirilmiştir. Çalışma kısa süreli olarak iki farklı bölgede gerçekleştirilmiştir. Her bölümde sunulan sonuçlar, kompost (arıtma çamur kompostu ve at gübresi kompostu) uygulamasının uygulanmayan topraklara kıyasla killi ve kumlu toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir. Uygulamaların etkileri, denemenin toprak türlerine ve seçilen uygulama seviyelerine göre değişmektedir. Bu nedenle, uygulamaların etkileri, killi topraklarda kumlu topraklara oranla daha fazla ortaya çıkmıştır. Killi topraklarda, HA, TK, SN, SSI, DO ve SY gibi toprağın temel fiziksel parametreleri, tüm uygulamalar, özellikle de arıtma çamur kompost uygulamalarında (AÇK-4) iyileşmeler göstermiştir. Aynı durum arıtma çamur ve at gübresi kompostu karışımının uygulandığı parseller için de geçerlidir. Ayrıca toprak derinlikleri dikkate alındığında, toprak üst tabaklarında alt tabaklarına göre etkileri daha fazla ortaya çıkmıştır.

Toprağın kimyasal özellikleri dikkate alındığında da, benzer sonuçlar elde edilmiştir. Toprağın pH'ı, kontrole göre uygulamalara bağlı olarak hafifçe azalmıştır. Toprağın organik maddesi, tüm uygulamalarda kontrole göre artmıştır. Arıtma çamur kompostu (AÇK-4) uygulanan parsellerde organik madde miktarı daha yüksek çıkmıştır. Arıtma çamurundaki yüksek organik madde seviyelerine ek olarak, çamur kompostu ve at gübresi karışımı uygulanan parsellerde de organik maddenin yüksek olduğu bulunmuştur. Kompost uygulamaları, toprağın makro ve mikro element içeriğini de arttırmıştır. Özellikle 4t / da arıtma çamuru kompostu uygulanmış parsellerde N, P ve K miktarları artmıştır. Mikro element açısından da uygulamalara bağlı olarak bir artış ortaya çıkmış ve 4t / da çamur kompostu uygulanana topraklarda daha fazla Fe, Zn, Cu Mg ve Mn saptanmıştır. Kompost uygulamalarıyla mısır bitkisi yaprak ve gövdelerinde Fe, Zn, Cu ve Mn miktarları artmıştır. Bu elementler 4t/da AÇK uygulanan parsellerdeki yaprak ve gövdelerde daha fazla çıkmıştır. Ancak konsantrasyonları sınır değerlerin altındadır ve bu

nedenle topraklar ve bitkilere zarar veremez. Kompost uygulamaları mısır bitkisinin verimi üzerinde kontrole göre olumlu etkiler yapmıştır. Kontrole göre verim parametrelerinde özellikle arıtma çamuru ve NPK uygulamalarında önemli artışlar sağlanmıştır.

Kumlu topraklarda ise toprağın fiziksel özellikleri açısından , arıtma çamuru uygulamalarının teksele ya da at gübresi kompostu ile birlikte toprağın TK değerlerini istatistiksel olarak yükseltmiştir. Öte yanda toprakların üst tabaklarında , arıtma çamuru uygulamaları teksele ya da at gübresi kompostu ile birlikte DO, DY değerlerini istatistiksel olarak azaltmıştır. Teksele arıtma çamuru kompostu uygulaması toprağın SY değerlerini istatistiksel olarak azaltmıştır. Toprağın SSI, HA , SN değerlerinde değişim olmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kompostlar özellikle AÇK-4 uygulamasıyla, toprağın hacim ağırlığı, SSI değerleri azalmıştır. SN değerleri ise yükselmiştir. Toprağın kimyasal özellikleri bakımından artan dozlarda uygulanan kompostlar özellikle AÇK-4 toprağın organik madde içeriğini, pH, toplam azot, alınabilir Na, Mg, Fe, Zn, P, K ve Mn değerlerini arttırmış ancak, bu artışlar istatistiksel olarak önemli değişim bulunmamıştır. Arıtma çamuru uygulamalarının teksele ya da at gübresi kompostu ile birlikte gerçekleştirildiği durumlarda toprakların özellikle Kireç , EC ve alınabilir Cu kapsamalarında artış sağladığı saptanmıştır. Kompost uygulamalarıyla mısır bitkisi yaprak ve gövdelerinde Fe, Zn, Cu ve Mn miktarları artmıştır. Bu elementler AÇK-4 ve NPK uygulanan parsellerdeki yaprak ve gövdelerde daha fazla çıkmıştır. Mısır verimi açısından , en yüksek koçan boyu ve en fazla yaprak sayısı arıtma çamuru uygulamalarının teksele ya da at gübresi kompostu ile birlikte uygulanmasıyla elde edilmiştir . En yüksek koçan tane sayısı ve en yüksek koçan çapı sadece arıtma çamur kompostu uygulamaları ile elde edilmiştir. Toprak analizleri sırasında yapılan ağır metal analizlerinde iz miktarda ağır metal elementlerine rastlanılmıştır ve bu nedenle ayrı bir başlık altında incelenmesine gerek duyulmamıştır. Ancak uzun süreli yapılacak olan denemelerde mutlak koşulla ağır metal analizleri tekrarlanmalıdır.

At gübresi genellikle toprakta ayrışmasını yavaşlatan yüksek bir karbon oranına (C) / N (C: N) sahiptir. Ayrışması sırasında, azot toprakta hareketsizleşir ve azotun bu hareketsizleşmesi nedeniyle, at gübresi istenilen bir gübre değildir. Bununla

birlikte, toprak yapısı ve C içeriği üzerindeki olumlu etkiler nedeniyle, değerli bir toprak düzenleyici olarak kabul edilebilir. Üstelik at gübresinin çok fazla stabil karbonhidrat içermesi sebebiyle daha inert, fakat hacimsel büyüme ile su tutma kabiliyetine sahip bir organik materyal olduğundan bahsedilmiştir. (Airaksinen ve ark 2001) .

Arıtma çamuru ise düşük C / N oranına sahip olması nedeniyle toprakta hızlı ayrışmaktadır. Bu nedenle arıtma çamurunda bulunan azot ve diğer elementler toprak çözeltisine hızlı bir şekilde geçebilir. At gübre kompostu, arıtma çamur kompostunun hızlı ayrışmasından ortaya çıkan elementlerin toprakta tutulmasına yardımcı olabilir. Böylece , bu çalışma sonucunda EC, P ve N değerleri incelenirse vejetasyon sonunda at gübresiyle birlikte arıtma çamuru uygulamasının, aynı oranda tekssel arıtma çamuru kompostu uygulamasına göre daha az iyon yıkanmasına neden olduğu görülmüş olur. Bu sonuç ise at gübresi kompostunun yüksek su tutma kapasitesi ve yüksen C/N oranı ile açıklanabilir. Bu çalışmada kullanılan at gübresi kompostu kısmen talaştan oluşan bir materyaldir, suyu ve dolayısıyla belirli alınabilir iyonları toprağın üst tabakası seviyesinde tutma kapasitesine sahip olabilir. Yukarıda tanımlandığı şekilde bu özellikleri nedeniyle, arıtma çamur kompostu ve at gübresi kompostu karıştırılarak uygulandığında tarım topraklarının iyileştirilmesi için karlı bir strateji elde edilebilir. Besin elementleri için depo görevi görebilir ve toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirebilir. Bununla birlikte, bu karışımın toprağa fayda sağlayacağından emin olmak için, daha uzun bir süren, daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abujabhah, I.S., Bound, S.A., Doyle, R., Bowman, J.P.,** 2016, Effects of biochar and compost amendments on soil physico-chemical properties and the total community within a temperate agricultural soil. *Appl. Soil Ecol.* 98, 243–253.
- Agegnehu, G., vanBeek, C. and Bird, M.,** 2014, Influence of integrated soil fertility management in wheat and tef productivity and soil chemical properties in the highland tropical environment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*,
- Aggelides, S.M., Londra, P.A.,** 2000, Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil . *Bioresource Technology* 71 253-259
- Al-Busaidi, A.,** 2014, Usage of treated wastewater for bio-fuel production. In: *Proceeding of the 5th Joint GCC-Japan environment symposium, sustainable GCC environment: challenge for our future*, March 3–5, Dhahran.
- Alvarenga, P., Mourinha C., Farto, M., Santos, T., Palma, P., Sengo, T., Marie-Christine M., Cristina C-Q.,** 2015, Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors . *Waste Management* 40 (2015) 44–52
- Amlinger, F., Peyr, S., Geszti, J., Dreher, P., Karlheinz, W. and Nortcliff, S.,** 2007, Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. *Literature Study*, Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Envi. and Water Management, Austria.
- Angın, L., Aslantaş, R., Köse, M., Karakurt, H., Ozkan, G.,** 2012, Changes in chemical properties of soil and sour cherry as a result of sewage sludge application, *Hort. Sci.*, Vol 39, No. 2:61-66.

- Angin, İ. ve Yağanoğlu, A.V.**, 2011, Effects of sewage sludge application on some physical and chemical properties of a soil affected by wind erosion. *J. Agr. Sci. Tech.*, 13:757-768.
- Anonim.**, 2000, Working document on sludge (3rd draft). 27 April 2000, EEC,
- Arif, M. S., Muhammad, R., Sher, M. S., Tahira, Y., Muhammad, A., Muhammad, S., Muhammad, S.M., Luca, B., Alexandre, B.**, 2018, Fresh and composted industrial sludge restore soil functions in surface soil of degraded agricultural land . *Science of the Total Environment* 619–620 517–527.
- Asik, B.B., Katkat, A.V.**, 2004, Gıda sanayi arıtma tesisi atığının tarımsal alanlarda kullanım olanakları (Possibilities of the usage of food industry sludge for agricultural purposes). *Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18: 59–71.
- Attila, T., József, T. A., Marianna, M., József, M. and Lajos, B.**, 2016, Changes in physical properties of sandy soil after long-term compost treatment ., 2016, 30, 269-274
- Bai, Y., Zuo, W., Yan, Y., Gu, C., Guan, Y., Mei, L., Xue, W., Shan, Y. and Feng, K.**, 2017, Sewage Sludge Amendment Combined with Green Manuring to a Coastal Mudflat Salt-Soil in Eastern China: Effects on Soil Physicochemical Properties and Maize Yield . *Hindawi* ID 8526598, 10 pages
- Banegas, V., Moreno, J.L., Moreno, J.I., Garcia, C., Leon, G., Hernandez, T.**, 2007, “Composting anaerobic and aerobic sewage sludges using two proportions of sawdust”, *Waste Management*, 27, 1317- 1327.
- Bernal, M., Albuquerque, J. & Moral, R.**, 2009, Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027> ;
- Black, C.A.**, 1965, *Methods of Soil Analysis. Part I.* Amer. Soc. of Aagro., inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA .
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., Post, W.M., Izaurralde, R.C., Shipitalo, M.J.**,

2006, Organic carbon influences on soil particle density and rheological properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 1407–1414.

Bouajila, K. and Sanaa, M., 2011, Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological properties. *J. Mater. Environ. Sci.* 2 (S1) 485- 490.

Bourioug, M., Alaoui-Sosse, L., Laffray, X., Raouf, N., Benbrahim, M., Badot, P.M., Alaoui- Sosse, B., 2014, Evaluation of sewage sludge effects on soil properties, plant growth, mineral nutrition state, and heavy metal distribution in European larch seedlings *Arab J. Sci Eng* 39:5325-5335.

Bremner, R. 1965. Total nitrogen, Editor C.A. Black. *Methods of Soil Analysis*. Part. 2. Amer. Soc. of Agronomy Inc. Wisconsin, USA, 1149-1178

Brown, S. and Cotton. M., 2011, Changes in Soil Properties and Carbon Content Following Compost Application: Results of On-farm Sampling. *Compost Science and Utilization*, Vol. 19, No. 1,

Okur, B., Yağmur, B., 2017, Kompost Ahır Gübresi ve Kükürt Uygulamalarının Kireçli Alkalın Toprakta Yetiştirilen Fasulye Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı: (13-25).*

Candemir, F., Gülser, C., 2011, Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes at clay and loamy sand fields. *Communication in Soil Science and Plant Analyses* 42 (1):13-28.

Cai, Q.Y., Mo, C.H., Wu, Q.T., Zeng, Q.Y. & Katsoyiannis, A., 2007, Contentration and speciation of heavy metals in six differ- ent sewage sludge-composts. *J. Hazard Mat.* 147: 1063–1072. DOI. 10.1016/j.jhazmet.2007.01.142

Casado, J., Selles, S., Diaz-Crespo, C., Navarro-Pedreno, J., Mataix-Beneyto, J., Gomez, I., 2007, Effect of composted sewage sludge application to soil on sweet pepper crop grown under two exploitation regimes. *Waste Management* 27 1509–1518

Cassio, H. A., Lucia, P. F., Carlos, A.B.M., Sebastiao, P.M.N., Marcelo, C.A., Takashi, M., Antonio, E.B., Jose, L.G., Zhenli, H., Thiago, A.R.N., Gian,

- F.C.**, 2017, Fertilization using sewage sludge in unfertile tropical soils increased wood production in Eucalyptus plantations. *Journal of Environmental Management* 203 (2017) 51-58.
- Castro, E., Manas, P., De las Heras, J.**, 2009 , A comparison of the application of different waste products to a lettuce crop: effects on plant and soil properties. *Sci Hort* 123:148–155
- César, N., Jennifer, N. K., Hernández, T., Carlos, G., Johan, S.**, 2014, Soil aggregation in a semiarid soil amended with composted and non-composted sewage sludge—A field experiment . *Geoderma* 219–220 (2014) 24–31
- Cerçioğlu, M., Okur, B., Delibacak, S., Ongun, A.R.**, 2014, hanges in physical conditions of a coarse textured soil by addition of organic wastes
- Chausson, P.**, 1999, Utilisation des composts en agriculture : Synthèse des essais-vitrines 1989-1998. Compost-Diffusion, SESA, et Sol-Conseil, pp 27.
- Chen, B., Liu, E., Tian, Q., Yan, C. & Zhang, Y.**, 2014, Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review: *Agronomy for Sustainable Development* 34: 429–442. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0207-8>
- Cherfouh, R. and Lucas, Y. and A Derridj, A. and Merdy, P.**, 2018, Long-term, low technicality sewage sludge amendment and irrigation with treated wastewater under Mediterranean climate: impact on agronomical soil quality. 10.1007/s11356-018-3463-3
- Celik, I., Ortas, I., Kilic, S.**, 2004, Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. *Soil Tillage Res.* 78, 59–67.
- Civeira, G.**, 2010, Influence of municipal solid waste compost on soil properties and plant reestablishment in Peri-Urban environments. *Chilean J. Agric. Res.*, 70(3), 447-453.
- Crogger, C.G.**, 2005, Potential compost benefits for restoration of soils disturbed by urban development. *Compost Sci. Util.* 13, 243–251.
- Cuevas. G., Martínez , F. and Walter, I.**, 2006. Field-grown maize (*Zea mays* L.) with composted sewage sludge. Effects on soil and grain quality.

- Cotton, D.L.**, 2006, Nutrient composition of stall waste produced by Florida horse operations. *J. Anim. Sci. Suppl.* 84:330
- Daniel, F. and Bruno, G.**, 2012, Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration, *Management of Organic Waste*, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-307-925-7. [Online] Available: <http://www.intechopen.com>
- Demir, E., Çimrin, K.M.**, 2011, Arıtma Çamuru ve humik Asit Uygulamalarının Mısırın Gelişimi, Besin Elementi ve Ağır Metal İçerikleri ile Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17: 204-216.
- Demir, Z. Ve Gülser, C.**, 2015, Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions
- Dong, X., Xiangdong, H.**, 2013, The impact of sewage sludge compost on tree peony growth and soil microbiological, and biochemical properties . *Chemosphere* 93 583–589 .
- Eftihia, S., Theodora, M., Athanasios, B.**, 2017, Soil application of sewage sludge stabilized with steelmaking slag and its effect on soil properties and wheat growth . <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.06.016> .
- Eulalia, M., Beltrán, Rosario, M. D. I., Miguel, A., Porcel, M., Luisa, B., José, V. M., Rosa, C. & Mar, D.M.**, 2013, Impact of Sewage Sludge Compost Utilization on Chemical Properties of Olive Grove Soils 14:4, 260-266, DOI: 10.1080/1065657X.2006.10702294 .
- Ewa, K.G.**, 2013, Effect of combustion wastes and sewage sludge compost on the chemical properties of soil.
- Feng, L., Luo, J., Chen, Y.**, 2015, Dilemma of sewage sludge treatment and disposal in China. *Environ. Sci. Technol.* 49(8), 4781-4782.
- Fericelli, P.D., Florida, C., States, U., Omposition, S.L.C. and Haracteristics, C.**, 2011, Comparison of Sludge Treatment by Gasification vs. Incineration. Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development. pp 1–10

- Fernández, J.M., William, C. H., César, P., Alfredo, P., Patrick, G.H.,** 2009, Effects of long-term soil amendment with sewage sludges on soil humic acid thermal and molecular properties.
- Filibeli, A.,** 1996, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, DEÜ, İZMİR
- Filipe, P., Alfredo, P., Alexandra, R., Herminia, D.,** 2007, Effects of municipal solid waste compost and sewage sludge on mineralization of soil organic matter. *Soil Biology & Biochemistry* 39 (2007) 1375–1382
- Fitzpatrick, G.E., Worden, E.C. and Vendrame, W.A.,** 2005, Historical development of composting technology during the 20th century. *Hort Technology* 15(1): 48-51.
- Fuentes, A., Lloréns, M., Sáez, J., Aguilar, M.I., Ortuño, J.F., Meseguer, V.F.,** 2008, Comparative study of different sludges by sequential speciation of heavy metals. *Bioresource Technology* 99, 517–525
- Gascó G., Lobo M.C., Guerrero F.,** 2005, Land application of sewage sludge: a soil columns study. *Water SA*, 31: 309–318.
- Getinet, A.,** (2016), A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. Article in *Agricultural Science Research Journal*. Vol. 4(3), pp. 93-104, March 2016. DOI: 10.14662/ARJASR2016.010
- Guyen, T.B.,** 2017, A Study of Sewage Sludge Composting, Utilization of Compost and Nitrogen Dynamics in Plant–Soil System .
- García-Orenes, S., Gómez, I., Moral, R., Mataix-Solera, J. and Marco-Terol B.,** 2002 , Influence of sewage sludge amendment on aggregation of degraded soil. In: Ed. A. Faz, R. Ortiz, A.R. Mermut. *Sustainable use and management of soils in arid and semiarid regions*. Murcia. II:157-158
- Graham-Thiers, P.M. & Bowen, L.K.,** 2011, Effect of protein source on nitrogen balance and plasma amino acids in exercising horses. *Journal of Animal Science* 89: 729–735. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3081>

- Güven, E.D., Akıncı, G., Gök, G.,** 2015, Deri arıtma çamuru kompostu ilavesiye gerçekleştirilen çim yetiştiriciliğinde Cr, Cu, Zn ve Ni metallerinin kimyasal dağılımı ve bitkiye transferi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 31 :3 589-596
- Chen, H. & Yan, S-H. & Ye, Z-L. & Meng, H-J. & Zhu, Y-G.,** 2012, Utilization of urban sewage sludge: Chinese perspectives. *Environ Sci Pollut Res* 19:1454–1463
- Hainze, M.T.M., Muntifering, R.B., Wood, C.W., McCall, C.A. and Wood, B.H.,** 2004. Faecal phosphorus excretion from horses fed typical diets with and without added phytase. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117:265-279.
- Hanlon, E.A.,** 1992, Determination of total manganese, iron, copper and zinc in plants by atomic absorption techniques. In: C. Oven Plank (Ed.). *Plant Analysis Reference Procedures for the Southern Region of the United States.* Southern Cooperative Series Bulletin 368.
- Hartmann, R.,** 2003, Studies on site-specific compost application on three pedologically different, agricultural areas of the Wildesauer Geest, Lower Saxony
- Haug, R.T.,** 1993, Biological fundamentals. p. 121-140 In: *The practical handbook of compost engineering.* Lewis Publishers, Boca Raton, F
- Helmi, H., Sarra, H., Mohamed, N. K., Inès, R.Z., Saoussen, B., Sonia, M.T., Abdennaceur, H., Naceur, J.,** 2019, Repetitive land application of urban sewage sludge: Effect of amendment rates and soil texture on fertility and degradation parameters. *Catena* 172 11–20.
- Hemmat, A., Aghilinategh, N., Rezainejad, Y. and Sadeghi, M.,** 2010, Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil Till. Res.*, 108, 43-50.
- Hesham, Agrama., Choudri, B. S.,** 2017, The effect of municipal sewage sludge on the quality of soil and crops *Int J Recycl Org Waste Agricult*

6:289–299

- Houillon, G. & Joliet, O.**, 2005, Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis. *Journal of Cleaner Production*, Volume 13, pp. 287-299.
- Hussein, A.H.A.**, 2009. Impact of sewage sludge as organic manure on some soil properties, growth, yield and nutrient contents of cucumber crop. *J. Appl. Sci.* 9, 1401–1411.
- Çakır, H. N., Çimrin, K.M.**, 2018, Kentsel Arıtma Çamuru Uygulamalarının Etkisi; II. Mısır Bitkisi ve Toprağın Mikro Besin Element ve Ağır Metal İçerikleri Üzerine Etkisi. *KSU J. Agric Nat* 21(6):891-901 .
- Huybrechts.**, 2001, Best available techniques for the treatment and disposal of sewage sludge in Flanders. In: Ravindra K.D, Mukesh C.L., and Michael J.M, editors. *Recycling and reuse of sewage sludge*.
- Jemai, I., Guirat, S.B., Aissa, N.B., Jedidi, N. et Gallali,T.**, 2011, Effet de l'amendement par fumier de ferme et par compost d'ordures ménagères sur la restauration d'un sol argileux de plaine sous climat semi-aride tunisien. *Étude et Gestion des Sols*, Volume 18, 4, 2011 - pages 271 à 285 .
- Iannotti, D.A., Pang, T., Toth, B.L., Elwell, D.L., Keener, H.M. and Hoitink, H.A.**, 1993, A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. *Compost Sci. and Util.* 1:52-65.
- Jackson, M.L.**, 1967, *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jacek, A., Robert, P.**, 2014, Fractions of heavy metals in soil after the application of municipal sewage sludge, peat, and furnace ash . 10.1515/ssa-2015-0003
- Jamali, M.K., Kazi, T.G., Arain, M.B., Afrid, H.I., Jalbani, N., Kandhro, G.A., Shah, A.Q., Baig, J.A.**, 2009, Heavy metal accumulation in different varieties of wheat (*Triticum aestivum L.*) grown in soil amended with domestic sewage sludge. *J. Hazard. Mater.* 164, 1386–1391.
- Jeris, J.S. and Regan, R.W.**, 1973, Controlling environmental parameters for optimal composting. Part III. *Compost Sci.* 14(3):16-22.

- Jianling, F., Weixin, D., Zengming, C., Noura, Z.,** 2012, Thirty-year amendment of horse manure and chemical fertilizer on the availability of micronutrients at the aggregate scale in black soil. *Environ Sci Pollut Res* 19:2745–2754.
- Jimenez, E.I. and Garcia, V.P.,** 1989, Evaluation of city refuse compost maturity: review. *Biol. Wastes* 27:115-142
- Junliang, L., Hefa, C., Weipu, X., Zhao,Q., Yanqing, H., Chen, G.,** 2007, Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth
- Kabil, E.M., Faize, M., Makroum, K., Assobhei, O., Rafrafi, M., Loizidou M. and Aajjane, A.,** 2015, Effect of Compost Made with Sludge and Organic Residues on Soil and Sugar Beet Crop in Morocco *J. Agron.*, 14 (4): 264-271
- Kacar, Burhan. and Kütük, C.,** 2010, Gübre analizleri. Nobel Yayın Dağıtım
- Kacar, B.,** 1972, "Chemical analysis of plant and soil. II." *Plant Analysis. AUFA* 453
- Khaliq, S. J. A., Al-Busaidi, A., Ahmed, M., Al-Wardy, M., Mosquera-Losada, M.R., Muñoz-Ferreiro, N., Rigueiro-Rodríguez, A.,** 2010, Agronomic characterisation of different types of sewage sludge: Policy implications. *Waste Management* 30 (2010) 492–503
- Logsdon, S.D., Sauer, P.A., Shipitalo, M.J.,** 2017, Compost improves urban soil and water quality. *J. Water Resour. Protect.* 9, 345–357.
- Kalderis, D., Aivalioti, M., Gidarakos, E.,** 2010, Options for sustainable sewage sludge management in small wastewater treatment plants on islands: The case of Crete. *260*, 211–217.
- Kandeler, E., Gerber, H.,** 1988, Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils* 6, 68–72.

- Karvelas, M., Katsoyiannis, A., Samara, C.,** 2003, Occurrence and fate of heavy metals in the wastewater treatment process. *Chemosphere*, 53, 1201-1210
- Karahan, G., Erşahin, S. ve Öztürk H.S.,** 2014, Toprak Koşullarına Bağlı Olarak Tarla Kapasitesi Dinamiği, *JAFAG*, 31 (1):1-11.
- Khan, M.A., Kazi, T.G., Ansari, R., Mujtaba, S.M., Khanzada, B., Khan, M.A., Shirazi, M.U., Mumtaz, S.,** 2007. Effect of untreated sewage sludge on wheat yield, metal uptake by grain and accumulation in the soil. *Pak. J. Bot.* 39 (7), 2511–2517.
- Kumar, M., Ou, Y.L., Lin, J.G.,** 2010, Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Manag.* 30(4), 602-609.
- Kumar. V., Chopra , A.K. and Kumar, A.,** 2017, A review on sewage sludge (Biosolids) a resource for sustainable agriculture . *Archives of Agriculture and Environmental Science* 2(4): 340-347
- Kumazawa, K.,** 1997, Use of sewage sludge for agriculture in Japan. *Proceedings of consultants meetings on sewage sludge and wastewater for use in agriculture.* Oct. 1997. 199 pp. 111-127. Joint FAO/IAEA Div. of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, ViennaAustria, Intern.
- Küçükhemek, M., Gür, K., Uyanöz, R.,** 2008, Toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahir gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makro-mikro besin elementleri ve verimi üzerine etkisi , *Ziraat Fakültesi Dergisi* 22 (45)
- Küçükhemek, M., Gür , K., Berktaş, A.,** 2006, Evsel karakterli atıksu arıtma çamurlarının çim bitkisi ağır metal (Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Cd) içeriği üzerine etkisi
- Korboulewsky N., Masson G., Bonin G., Massiani C. et Prone A.,** 2001, Effets d'un apport de compost de boues de station d'épuration dans un sol d'un vignoble du Sud de la France üzerine etkisi, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.21, s.3 -4
- Landes, E., F. Timmermann, W. Grosskopf, and W. Ziegler.,** 2002, VerbundForschungsprojekt Kompostverwertung in der Landwirtschaft-

Zwischenbericht.

- Latare, A.M., Kumar, O., Singh, S.K., Archana, G.,** 2014, Direct and residual effect of sewage sludge on yield, heavy metals content and soil fertility under rice–wheat system. *Ecological Engineering* 69 17–24
- Laura ,F., Elena, G., Silvia, T., Ines, F., Rossana, R.,** 2006, Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology* 97 635–640
- Lewandowski, A. M., Mark, Z. and Alison, F.,** 1999, Assessing the soil system , review of soil quality literature
- LeBlanc, R., Matthews, P., Roland, P.,** 2008, Global atlas of excreta, wastewater sludge, and bio solids management: moving forward the sustainable and welcome uses of a global resource. Nairobi: United Nations Humans Settlements Program.
- Leroy, B.L.M.M., Bommele, L., Reheul, D., Moens, M. and De Neve, S.,** 2007, The application of vegetable , fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture : Effects on soil fauna and yield. *Eur. J. Soil Biol.* 43: 91–100.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell.,** 1978, Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 42: 421-428
- Li, H. T. and Zhao, K.,** 2011, Effect of Sludge Composted on Lettuce and Heavy Metal Morphology, *Agricultural Science & Technology and Equipment*, Vol. 24, No. 6, 2011, pp. 9–11. In Chinese
- Luis, M. B., Rui, P., Isabel, M., Coutinho, J.,** 2012, Organic lettuce, rye/vetch, and Swiss chard growth and nutrient uptake response to lime and horse manure compost . *Org.* 2:163–171 .
- Ma, J., Zhang, L., Li, A.,** 2016, Energy-efficient co-biodrying of dewatered sludge and food waste: Synergistic enhancement and variables investigation. *Waste Manag.* 56, 411-422.
- Madeleine, I., Peter, S., Tim, T and Tom, V.,** 2005, The preparation and use of cmpost. Agromisa Foundation, Wagenningen. Agrodok no. 8

- Magdalena, U., Anna, W., Wojciech, T., Liliana, S., Marek, Z.,** 2017, The effect of sewage sludge application on soil properties and willow (*Salix* sp.) cultivation . <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.012> .
- Mata-Alvarez, J., Mace, S. and Llabres, P.,** 2000, Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Biores. Tech.* 74:3-16.
- Marc, B.,** 2003, Horse manure management . A Guide for Bay Area Horse Keepers
- Marrero, T., McAuley, B., Sutterlin, W., Morris, S., Manahan, S.,** 2004, Fate of heavy metals and radioactive metals in gasification of sewage sludge. *Waste Manage* ; p 193–8.
- Martin, D.L. and Gershuny, G.,** 1992, *The Rodale Book of Composting*. Rodale Press, Emmaus, PA
- Mathews, B.W., Sollenberger, L.E. and Tritschler, J.P.,** 1996, Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures – soil considerations. p. 213-229. In R.E. Joost and C.A. Roberts (ed.). *Nutrient cycling in forage systems*. PPI/FAR, Columbia, MO.
- Melero, S., Madejón, E., Herencia, J.F. and Ruiz, J.C.,** 2007, Biochemical properties of two different textured soils (loam and clay) after the addition of two different composts during conversion to organic farming. *Spanish J. Agric. Res.* 5(4): 593–604.
- Ministry of Housing, Spatial. Planning and the Environment (VROM),** 2000, Ministerial Circular on Target and Intervention Values for Soil Remediation. Reference DBO/1999226863. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Bilthoven, The Netherlands
- Mohammad, H.G., Denney, M. J. and Iyekar, C.,** 2004, Use Composted Organic Wastes as Alternative to Synthetic Fertilizers for Enhancing Crop Productivity and Agricultural Sustainability on the Tropical Island of Guam. 13th International Soil Conservation Organization Conference – Brisbane, July 2004

- Mehmet, A. Ö., Gülen, Ö.,** 2012 , Arıtma çamurunun toprağın bazı temel verimlilik parametreleri üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 27(2):101-109
- Moretti, S.M.L. & Bertoncini, E.I. & Vitti, A.C. & Alleoni, L.R.F. & Cassio Hamilton Abreu-Junior, C.H.,** 2016, Concentration of Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, and Pb in soil, sugarcane leaf and juice: residual effect of sewage sludge and organic compost application, Environ Monit Assess 188:163 DOI 10.1007/s10661-016-5170-1
- Nanthi, S. B., Domy, C. A., and Denis, C.,** 2003, Soil acidification and liming interactions with nutrient and heavy metal transformation and bioavailability.
- Navas, A., Bermudez, F., Machin, J.,** 1998, Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols .
- Nogueirol, R.C., De Melo, W.J., Bertoncini, E.I., Alleoni, L.R.F.,** 2013, Concentrations of Cu, Fe, Mn, and Zn in tropical soils amended with sewage sludge and composted sewage sludge. Environ Monitor Assess 185:2929–2938
- Nogueira, T.A.R., Franco, A., He, Z., Braga,V.S., Firme, L.P., Abreu-Junior, C.H.,** 2012, Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination. Journal of Environmental Management 114, 168- 177.
- Onwudiwe, N., Bennedict, O.U., Ogbonna, P.E., Ejiofor, E.E.,** 2014, Municipal solid waste and NPK fertilizer effect on soil physical properties and maize performance in Nsukka, Southeast Nigeria. Afr J Biotechnol 13(1):68–75
- Oueriemmi H., Ardhaoui, K. And Moussa, M.,** 2019. Short-Term Effects of Sewage Sludge Compost Application on Some Chemical Properties of Sandy Soil Springer Nature Switzerland AG 2019 https://doi.org/10.1007/978-3-030-01665-4_27
- Ott, E.A., Johnson, E.L. and Nordstedt, R.A.,** 2000, Composting horse manure. SS- ANS-001. Department of Animal Sciences, Florida Cooperative

Extension Service, IFAS,UF. <http://edis.ifas.ufl.edu/AN040> .

- Özdemir, N., Öztürk, E., Durmuş Ö.T.K. ve Ekberli, I.,** 2015, Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility, *Eurasian J Soil Sci* , 4 (4):266-271.
- Ögren, G.,** 2013, Phosphorus to horses and cows. Licenciate thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 33 p .
- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S.,** 2004, Soil structure and the effect of management practices. *Soil & Tillage Research* 79 :131–143
- Paolo, M., Baldoni, G., Toderi, G.,** 2005, Reuse of liquid, dewatered, and composted sewage sludge on agricultural land: effects of long-term application on soil and crop. *Water Research* 39 - 289–296
- Tziachris, T., Lekakis, E., Zambetoglou , K., Metaxa , I., Papadopoulos, F.,** 2017, A Case Study of the Effects of Sewage Sludge Application on Soil Properties and Heavy Metal Availability in the Thessaloniki Plain (Greece) . *Waste Biomass Valor* 8:1803–1811.
- Passuello, A., Cadiach, O., Perez, Y., Schuhmacher, M.,** 2012, A spatial multicriteria decision making tool to define the best agricultural areas for sewage sludge amendment. *Environ. Int.* 38, 1–9.
- Parvage, M.M., Barbro, U., Holger, K.,** 2015, Nutrient leaching from manure-amended topsoils (Cambisols and Histosols) in Sweden. *Geoderma Regional* 5 , 209–214
- Perez-Murcia, M.D., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Perez-Espinosa ,A., Paredes, C.,** 2006, Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresource Technology*, 97: 123– 130.
- Perez-esteban, J., Escolastico, C., Masaguer, A., Moliner, A.,** 2012, Effects of sheep and horse manure and pine bark amendments on metal distribution and chemical properties of contaminated mine soils . 10.1111/j.1365-2389.2012.01468.x
- Pingping, Li., Xiang C., Xue, B., Zhang, L., Sun, D.,** 2013, Evaluation of composted Sewage Sludge Application to Soil. *IERI Procedia* 5 , 202-208

- Pirdashti, H., Motaghian, A., Bahmanyar, M.A.,** 2010, Effect of organic amendments application on grain yield, leaf chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultivars. *J. Pl. Nutr.* 33, 485–495.
- Pratt, P. F., 1965,** "Digestion with hydrofluoric and perchloric acids for total." *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties* methods of soil 1019- 1021.
- Qasim, M .N., Javed, H. & Subhan, M.,** 2001, Effect of sewage sludge on the growth of maize crop. *Online Journal of Biological Sciences* 1(2): 52-54
- Rauterberg, E., Und Kremkus, F.,** 1951, Bestimmung von Gesamt Humus und Alkalischen Humusstoffen in Boden. *Z. für Pflanzenernaehrung, Düngung und Bodenkunde*, Verlag Chemie, GmbH, Weinheim.
- Richards, L.A., 1954,** *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils.* United States Salinity Laboratory Staff. Agricultural Handbook No 60. United States Department of Agriculture, 160p. [The most important handbook handling the problems of salt-affected soils, their characterization, description and improvement. The classification presented is a simple system based on the soil salinity and the sodium percentage.
- Richard C., 2015.,** Rapport de fin d'étude BTSA productions animales
- Vaca, R., Lugo, J., Martínez, R., María, V., Estelle, R. and Zavaleta, H.,** 2011, Effects of sewage sludge and sewage sludge compost amendment on soil properties and *Zea Mays L.* plants (heavy metals, quality and productivity) . *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27(4) 303-311;
- Rogers, H., 2012,** Perspectives for biogas in Europe. UK, Oxford .Institute for Energy Studies
- Roig, N., Sierra, J., Marti, E., Nadal, M., Schuhmacher M., Domingo, J.L.,** 2012, Long-term amendment of Spanish soils with sewage sludge: Effects on soil functioning. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 158, 41-48.
- Rynk, R., Van de Kamp, M., Wilson, G.G., Singley, M.E., Richard, T.L., Kolega, J.J., Gouin, F.R., Laliberty, L. Jr., Kay, D., Murphy, D.W., Hoitink, H.J. and Brinton, W.F.,** 1992, *On-Farm Composting Handbook.*

Northeast Regional Agric. Eng. Serv., Ithaca, NY

- Samaras, V., Tsadilas, C.D., Stamatiadis, S., 2008** , Effects of repeated application of municipal sewage sludge on soil fertility, Cotton Yield, and Nitrate Leaching. *Agronomy Journal*, Volume 100, 3:477-483
- Sarah, C. D., 2008**, On farm composting of horse manure and its use as a fertilizer for common forages in north florida. A dissertation presented to the graduate school of the university of florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy, 213 : 43-44
- Scharpf, H.C. und Wehrmann, J., 1976**, Die Bedeutung des Mineralstickstoffvorrats des Bodens zu Vegetationsbeginn für die Bemessung des N-Düngung zu Winterweizen. *Landw. Forsch*, 32: 100 – 114
- Schlichting, E. and Hans-Peter, B., 1966**, *Bodenkundliches praktikum*. Parey,
- Shaheen, S.M., Shams, M.S., İbrahim, S.M., Elbehiry, F.A., Antoniadis, V., Hooda, P.S., 2014**, Stabilization of sewage sludge by using various by-products: Effects on soil properties, biomass production, and bioavailability of copper and zinc. *Water Air Soil Pollut.*, 225:2014.
- Shahzad, S.M., Arif, M.S., Riaz, M., Ashraf, M., Yasmeen, T., Zaheer, A., Bragazza, L., Buttler, A., Robroek, B.J.M., 2017**. Interaction of compost additives with phosphate solubilizing rhizobacteria improved maize production and soil biochemical properties under dryland agriculture. *Soil Tillage Res.* 174, 70–80.
- Şahar, A.K., Zorer, Ş., Çelebd, R., Çelen, A.E., 2005**, Farklı Azotlu Gübre Form ve Dozlarının Mısırın (*Zea mays L.*) Silaj Verimi Üzerine Etkisi. VI. Tarla Bitkileri Kongresi II:1001-1004.
- Shiralipour, A., and McConnell, D.B., 1991**, Influence of yard trash composting on weed tree seed germination. *Proc Env. Sound Agric. Conf.*, Vol. 2. Orlando, FL.
- Singh, R.P., Agrawal, M., 2008**, Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Manag.* 28, 347–358.

- Singh, R. P., Agrawal, M.,** 2010, Effect of different sewage sludge applications on growth and yield of *Vigna radiata* L. field crop: element uptake by plant. *Ecological Engineering*, 969–972.
- Slawin, W.,** 1968, Atomic absorption spectroscopy. Interscience Publishers, New York – London- Sydney Soil Survey Staff, 1951. Soil Survey Manual. USDA Agric. Handbk. 18. US Govt. Printing Office, Washington, DC, 503 pp
- Soheil, R., Hossien, M. H., Gholamreza, S., Leila, H., Mozhddeh, J. and Hassan. E.,** 2012, Effects of Composted municipal waste and its Leachate on Some Soil Chemical Properties and Corn Plant Responses. *Int. Journal of Agriculture: Research and Review*. Vol., 2 (6), 801-814.
- Spaccini, R., Mbagwu, J.S.C., Igwe, C.A., Conte, P., Piccolo, A.,** 2004, Carbohydrates and aggregation in lowland soils of Nigeria as influenced by organic inputs. *Soil Till. Res.* 75, 161–172.
- Surajit M., Singh, R.D., Patra, A.K., Dwivedi, B.S.,** 2015, Changes in soil quality in response to short-term application of municipal sewage sludge in a typic haplustept under cowpea-wheat cropping system . *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* (4) 37–41
- Suthar, S.,** 2010, Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: Comparison with small-scale vermireactors. *Ecological Engineering*, Volume 36, pp. 703-712
- Spinosa, L.,** 2008, Status and perspectives of sludge management. UK, CNR.
- Sweeten, J.M., Mathers, A.C.,** 1985, Improving soils with livestock manure. *Journal of Soil and Water Conservation* 40: 206–210
- Tan, K.H.,** 2000, *Environmental Soil Science*, Third Edition. CRC Press, UK.
- Tapia Y., Cala, V., Eymar, E., Frutos, I., Gárate, A., Masaguer, A.,** 2010. Chemical characterization and evaluation of composts as organic amendments for immobilizing cadmium. *Bioresour. Technol.* 101, pp. 5437–5443.

- Tomasz, G., Andrzej, Ż., Sadowska, U., Gondek, K., Michał, Kc., Mierzwa-Hersztek, M., Tabo, S.,** 2018, Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. *Geoderma* 315 , 27–35
- Tsadilas, C. D., Shaheen, S. M.,** 2013, Utilization of biosolids in production of bioenergy crops. II: impact of application rate on bioavailability and uptake of heavy metals by canola. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44, 259–274.
- Turgut, B. ve Aksakal, L.,** 2010, Fiğ Samanı ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprak Aşınım Parametreleri Üzerine Etkileri, *Artvin Çoruh University Faculty of Forestry Journal*, 11 (1):1-10
- Udom, B.E., Mbagwu, J.S.C., Adesodun, J.K., Agbim, N.N.,** 2004, Distributions of zinc, copper, cadmium and lead in a tropical ultisol after long term disposal of sewage sludge. *Environ. Int.* 30, 467–470.
- Uhran S., Lee, E. J.,** 2010, Environmental and economical assessment of sewage sludge compost application on soil and plants in a landfill. *Resources, Conservation and Recycling* 54 ,1109–1116
- Vanessa, N. L., Ricardo, V.T.O.S., Patrícia, N., Paulo, H. D., Kyriale, M., Rosileide, F.S.A., Aline, E.N., Galba, M.C., Arminda, S.M.,** 2016, The Cumulative Effects of Sewage Sludge Compost on *Raphanus sativus* L: Growth and Soil Properties. *Green and Sustainable Chemistry*, 6, 1-10
- Veeresh, H., Tripathy, S., Chaudhuri, D., Ghosh, B.C., Hart, B.R., Powell, M.A.,** 2003, Changes in physical and chemical properties of three soil types in India as a result of amendment with fly ash and sewage sludge. *Environmental Geology*, 43: 513–520
- Wang, X., Li, C., Zhang, B., Lin, J., Chi, Q., Wang, Y.,** 2016, Migration and risk assessment of TTEs in sewage sludge during hydrothermal treatment combined with pyrolysis. *Bioresour. Technol.* 221, 560e567
- Wang, X., Chen, T., Ge, Y., Jia, Y.,** 2008, Studies on land application of sewage sludge and its limiting factors. *Journal of Hazardous Materials*, 160, 554–558.

- Warman, .P.R., Termeer, W.C.**, 2005, Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B content of crops and soils. *Bioresource Technology* 96 , 1029–1038
- Fang,W., Wei, Y., Liu, J.**, 2016, Comparative characterization of sewage sludge compost and soil: Heavy metal leaching characteristics. *Journal of Hazardous Materials* 310 ,1–10
- Wei, Y., Liu, Y.**, 2005, Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study. *Chemosphere* 59 (2005) 1257–1265
- Williams, P.T.**, 2005 , Waste treatment and disposal. UK, John Wiley & Sons
- Wong, J.W.C., Huang, G.F., Fang, M., Wu, Q.T., Zhou, L.X., Liao, X.D.**, 2001, Co-composting of pig manure with leaves. *Environ. Technol.* 22:1203-1212.
- Wong, J.W.C., Ma, K.K. and Fang, M.W.**, 1999, Co-composting of sewage sludge and coal fly ash: Nutrient transformations. *Bioresour. Technol.* 67: 19–24.
- Yanez, R., Alonso, J.L., Diaz, M.J.**, 2009. Influence of bulking agent on sewage sludge composting process. *Bioresour. Technol.* 100(23), 5827-5833.
- Yilmaz, D.D., Temizgül, A.**, 2014, Determination of heavy-metal concentration with chlorophyll contents of wheat (*Triticum aestivum*) exposed to municipal sewage sludge doses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45:21, 2754-2766.
- Yuan, J., Chadwick, D., Zhang, D., Li, G., Chen, S., Luo, W., Du, L., He, S., Peng, S.**, 2016, Effects of aeration rate on maturity and gaseous emissions during sewage sludge composting
- Zhao, X. L., Mu, Z. J., Cao, C. M., & Wang, D. Y.**, 2012, Growth and heavy metal uptake by lettuce grown in soils applied sewage sludge compost. *Journal of Plant Nutrition*, 43(11), 1532–1541.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusunun belirlenmesinden başlayarak, daha sonraki aşamalarda çok değerli katkıları ve bilgi paylaşımıyla her zaman yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. İhsan Bülent OKUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitemde konunun saptanmasından itibaren yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Prof.Dr. Nur OKUR ve Öğ.Görev.Dr. Hüseyin YENER'e de en içten teşekkürlerimi iletirim. Laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı hocam Sayın Doç. Dr. Ali Rıza ONGUN'a teşekkür ederim.

Bir de tezin hazırlanmasında her zaman tavsiye ve destekleriyle yanımda olan Ege Üniversitesi İktisat bölümün doktora öğrencisi Patrick BABATOUNDE, Dr Kassiffa Rock ve aileme de teşekkür ederim.

22 / 07 / 2020

Saliou ALADJI

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad
Cep Telefonu

: Saliou ALADJI
: +905550218644



E-Posta

: saladji76@gmail.com

Medeni Durum

: Bekar

Doğum Tarihi

: 14.06.1983

Uyruk

: BENİN

Doğum Yeri

: Bante (BENİN)

Doktora : 2014-2020

Ege Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme

Yüksek Lisans : 2010-2012 Parakou Üniversitesi (BENİN)

Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği

Lisans : 2006-2010 Parakou Üniversitesi

Ziraat Fakültesi

Yabancı Dil

İngilizce [Okuma: iyi Yazma: iyi Konuşma: iyi]

Fransızca [Okuma: çok iyi Yazma: çok iyi
Konuşma: çok iyi]

Türkçe

[Okuma: iyi Yazma: iyi Konuşma: iyi]

Bilgisayar Bilgileri

Microsoft Ofis Programları, R, SPSS, Munitab

İş Deneyimleri

Pamuk ve Elyaf Araştırma Merkezi - Cra-Cf |

Cotonou : Stajyer Mühendisi : 2011-2012

Cersif Benin | Cotonou, Benin

Kırsal alanlardaki tüm zirai faaliyetleri koordine
Etmek : 2012-2014

▪ BİLİMSEL YAYINLAR

**“Farklı Dozlardaki Gübreler Altında Test Edilmiş
Çeşitli Pamuklar Üzerinde Pamuk Haşerelerinin
Davranışları ve Hastalıkları”, Uluslararası
Biyolojik ve Kimyasal Bilimler Dergisi (2015)**
<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.19>

