



**İĞDIR YÖRESİ ALKALİ TOPRAKLARINA
UYGULANAN FARKLI ORGANİK ATIKLARIN
TOPRAKLARIN FİZİKSEL ve KİMYASAL
ÖZELLİKLERİ İLE MISIR BİTKİSİNİN VERİM ve
VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Faruk TOHUMCU

Doktora Tezi

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bitki Besleme Bilim Dalı

2020

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI
BİTKİ BESLEME BİLİM DALI

**IĞDIR YÖRESİ ALKALİ TOPRAKLARINA UYGULANAN FARKLI
ORGANİK ATIKLARIN TOPRAKLARIN FİZİKSEL ve KİMYASAL
ÖZELLİKLERİ İLE MISIR BİTKİSİNİN VERİM ve VERİM
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

(Effect of Different Organic Waste Applications on Physical and Chemical Soil Properties
and Yield and Yield Parameters of Corn Plant in Alkaline Soils of Iğdır)

DOKTORA TEZİ

Faruk TOHUMCU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Adil AYDIN

Erzurum
Eylül, 2020

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Iğdır Yöresi Alkali Topraklarına Uygulanan Farklı Organik Atıkların Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Mısır Bitkisinin Verim ve Verim Parametreleri Üzerine Etkisi

Dr. Öğretim Üyesi Adil AYDIN danışmanlığında, Faruk TOHUMCU tarafından hazırlanan bu çalışma, 23/09/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Bitki Besleme Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği (5/0)** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Danışman:	Dr. Öğretim Üyesi Adil AYDIN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Abdurrahman HANAY <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Metin TURAN <i>Yeditepe Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN <i>Bingöl Üniversitesi</i>	

Enstitü Yönetim
Kurulunun/.../.... tarih
ve sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Iğdır Üniversitesi BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2014-FBE-B06

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak Dr. Öğr. Üyesi Adil AYDIN danışmanlığında sunulan “İğdır Yöresi Alkali Topraklarına Uygulanan Farklı Organik Atıkların Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Mısır Bitkisinin Verim ve Verim Parametreleri Üzerine Etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	3	30
Kuramsal Temeller	2	30
Materyal ve Yöntem	16	35
Bulgular ve Tartışma	11	20
Tezin Geneli	10	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Faruk TOHUMCU	Dr. Öğretim Üyesi Adil AYDIN
12.10.2020	12.10.2020
İmza:	İmza:

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayımlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir

TEŞEKKÜR

Çalışmanın planlanmasında ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini gördüğüm, bilgi ve birikimlerinden faydalandığım değerli hocam ve tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Adil AYDIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitesi öğretim üyeleri Sayın Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ ve Prof. Dr. Abdurrahman HANAY'a, tez savunması jüri üyeleri Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN ve Prof. Dr. Metin TURAN'a bilimsel katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sürecinde maddi ve manevi yardımlarından dolayı Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK'e, her zaman ve her konuda bilgi birikiminden faydalandığım Doç. Dr. Adem GÜNEŞ'e, arazi ve laboratuvar çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Dr. Öğretim Üyesi Serdar SARI'ya, Arş. Gör. Dr. Erhan ERDEL'e, öğrenim hayatım boyunca manevi ve maddi desteğini esirgemeyen aileme, hayatımın ve çalışmalarımın her aşamasındaki desteğini benden esirgemeyen sevgili eşim Arş. Gör. Seda AKBAY TOHUMCU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

“İğdır Yöresi Tuzlu-Alkali Topraklarına Uygulanan Farklı Organik Atıkların Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Mısır Bitkisinin Verim ve Verim Parametreleri Üzerine Etkisi” isimli ve 2014-FBE-B06 numaralı projeyi destekleyen, tezin yürütülmesine maddi destek sağlayan İğdır Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Faruk TOHUMCU

ÖZET

DOKTORA TEZİ

İĞDIR YÖRESİ ALKALİ TOPRAKLARINA UYGULANAN FARKLI ORGANİK ATIKLARIN TOPRAKLARIN FİZİKSEL ve KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ile MISIR BİTKİSİNİN VERİM VE VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Faruk TOHUMCU

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Adil AYDIN

Amaç: Bu çalışmada; Iğdır yöresi alkali topraklarına arıtma çamuru (AÇ), çiftlik gübresi (ÇG) ve çöp kompostu (ÇK) uygulanarak, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi, verimlilik ve üretkenliklerinin artırılması, silajlık mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin yetiştirilebilirliği ve alkaliliğin olumsuz etkileriyle azalan ürün miktarını arttırmak amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışma; tam şansa bağlı deneme desenine göre 3 farklı organik atık, 5 uygulama dozu, 3 tekerrür ve 3 kontrol parseli olmak üzere 48 parselde arazi şartlarında iki yıl yürütülmüştür. Atıklar araştırmanın birinci yılında uygulanmış ve silajlık mısır yetiştirilmiştir. Her iki yıl üretim sezonu sonunda bitkiler hasat edilmiş, toprak ve bitki analizleri yapılmıştır.

Bulgular: Uygulamalar sonucunda elde edilen verilere göre organik atık uygulamalarının toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir. Başlangıçta pH (8,60) ve ESP (%18,44) değerleri ile alkali özellik gösteren toprağın pH (8,10) ve ESP (%6,59) değerleri düşürülmüş ve alkalilik problemi giderilmiştir. Toprağın ve mısır bitkisinin besin elementi ile ağır metal içerikleri ise atıkların içerikleri ve dozları oranında artış göstermiştir. Ağır metal içeriklerinde meydana gelen artışlar toksik seviyelere ulaşmamıştır. Atıkların dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin gelişimi artmış, bu artış ikinci yıl daha fazla gerçekleşmiştir. En yüksek yaş ot verimi (9862,33 kg/da) ve bitki boyu (281,33 cm) AÇ 12,5 ton/da dozundan elde edilmiştir.

Sonuç: Alkali topraklara yüksek organik madde içeriğine sahip materyallerin uygulanmasının bitkisel üretimi arttıracak, toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştireceği ve Na'un olumsuz etkilerini giderilebileceği söylenebilmektedir. Toprak ve bitki üzerine arıtma çamurunun diğer atıklara göre daha etkili olması sebebiyle tercih edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, çöp kompostu, çiftlik gübresi, alkali toprak, Iğdır.

Eylül 2020, 154 sayfa

ABSTRACT

DOCTORAL DISSERTATION

EFFECT OF DIFFERENT ORGANIC WASTE APPLICATIONS on PHYSICAL and CHEMICAL SOIL PROPERTIES and YIELD and YIELD PARAMETERS of CORN PLANT in ALKALINE SOILS of IGDİR

Faruk TOHUMCU

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Adil AYDIN

Purpose: In this study; it was aimed to improve physical and chemical properties of soils, increase soil fertility, grow the silage corn plant (*Zea mays* L.) and increase production of reducity of alkalinity by applying sewage sludge (SS), farmyard manure (FM) and municipal solid waste compost (MSWC) to the alkaline soils of Iğdir region

Method: This study was carried out in 48 parcels with at 3 different organic wastes, 5 application doses, 3 replications and 3 control parcels according to completed randomized design for two years in field conditions. Wastes were applied in the first year of the study and silage corn was grown. Plants were harvested, soil and plant analyzes were carried out at the end of the production season in both years.

Findings: As a result of the application, it was determined that organic waste applications improve physical and chemical properties of soil. pH (8,10) and ESP (6,59%) values of the soil, which initially showed alkaline properties (pH; 8,60 ESP; 18,44%), were decreased and the problem of alkalinity was eliminated. The nutrient and heavy metal contents of soil and corn plant increased in proportion to the contents and doses of the wastes, but these increases did not reach toxic levels for heavy metals. Depending on the doses of the wastes, the growth of the corn plant increased, and this increase was up more in the second year. The highest green herbage yield (9862,33 kg/da) and plant height (281,33 cm) were obtained from the SS 12,5 tons/da dose.

Results: It can be said that the application of materials with high organic matter content to alkaline soils will increase crop production and that the negative effects of Na can be eliminated. The sewage sludge is thought to be preferred since it is more effective than other wastes on plant and soil.

Keywords: Sewage sludge, municipal solid waste compost, farmyard manure, alkaline soil, Iğdir.

September 2020, 154 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
GİRİŞ.....	1
KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
Çiftlik Gübresinin Tarımda Kullanımı ile İlgili Yapılan Çalışmalar	7
Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanımı ile İlgili Araştırmalar	16
Çöp Kompostunun Tarımda Kullanımı ile İlgili Araştırmalar.....	30
MATERYAL VE YÖNTEM	39
Materyal	39
Araştırma alanının coğrafi konumu ve özellikleri.	39
Araştırma alanının iklim özellikleri.	40
Araştırma alanının toprak özellikleri.	40
Araştırmada kullanılan atıkların özellikleri.	41
Araştırmada kullanılan bitki özellikleri.	43
Yöntem.....	43
Denemenin kurulması ve yürütülmesi.	43
Bitki ve toprak örneklerinin alınması.....	48
Bitki verim parametrelerinin belirlenmesi.	51
Toprak fiziksel analizleri.....	51
Toprak kimyasal analizleri.....	53
Bitki analizleri.....	54
Organik atık analizleri.....	55
İstatistiksel analizler.....	55
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	56
Organik Atık Uygulamalarının Toprak Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri.....	56
Organik atık uygulamalarının toprak pH'sı üzerine etkisi.	56

Organik atık uygulamalarının toprağın elektriksel iletkenliği (EC) üzerine etkisi.	58
Organik atık uygulamalarının toprak organik madde (OM) içeriği üzerine etkisi.....	59
Organik atık uygulamalarının toprak toplam azot (TN) içeriği üzerine etkisi.....	60
Organik atık uygulamalarının toprağın değişebilir Ca, K, Mg ve Na içeriği üzerine etkisi.	61
Organik atık uygulamalarının toprağın kation değişim kapasitesi (KDK) üzerine etkisi.	66
Organik atık uygulamalarının toprağın değişebilir Na yüzdesi (ESP) üzerine etkisi.	67
Organik atık uygulamalarının toprağın elverişli P içeriği üzerine etkisi.	69
Organik atık uygulamalarının toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir mikroelement içerikleri üzerine etkisi.	70
Organik atık uygulamalarının toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir ağırmetal (Pb, Cd, Ni) içerikleri üzerine etkisi.....	75
Organik Atık Uygulamalarının Toprak Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri	77
Organik atık uygulamalarının toprağın hacim ağırlığı (HA) üzerine etkisi.	77
Organik atık uygulamalarının toprağın agregat stabilitesi (AS) üzerine etkisi.....	79
Organik atık uygulamalarının toprağın porozitesi üzerine etkisi.	80
Organik atık uygulamalarının toprağın hidrolik iletkenliği üzerine etkisi.....	81
Organik atık uygulamalarının toprağın hava geçirgenliği üzerine etkisi.	83
Organik atık uygulamalarının toprağın tarla kapasitesi, solma noktası ve yarıyışlı nem içeriği üzerine etkisi.	84
Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Verim ve Verim Parametreleri Üzerine Etkileri.....	87
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin yaş ot verimi üzerine etkisi.....	87
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kuru ot verimi üzerine etkisi.....	89
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu üzerine etkisi.	90
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin sap kalınlığı üzerine etkisi.	91
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök gelişimi üzerine etkisi.	93
Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök, Gövde ve Yaprak Aksamlarının Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriklerine Etkisi	95
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamlarının toplam N içeriklerine etkisi.	96
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamlarının P içeriklerine etkisi.	99

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Ca içeriklerine etkisi.....	103
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Mg içeriklerine etkisi.....	106
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının K içeriklerine etkisi.....	110
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Na içeriklerine etkisi.....	113
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Fe içeriklerine etkisi.....	116
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Zn içeriklerine etkisi.....	120
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Cu içeriklerine etkisi.....	123
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Mn içeriklerine etkisi.....	127
Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Pb, Ni ve Cd içeriklerine etkisi.	130
SONUÇ ve ÖNERİLER	137
KAYNAKLAR.....	139
ÖZGEÇMİŞ.....	155

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Avrupa Birliği Arıtma Çamuru Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonim 1986)	17
Tablo 2. ABD’de Arıtma Çamuru Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonim 1993)	17
Tablo 3. Ülkemizde Toprak ve Arıtma Çamuru Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonim 2010).17	
Tablo 4. Iğdır İli Uzun Yıllara Ait Meteorolojik Verileri (Anonim 2019).....	40
Tablo 5. Deneme Yürütüldüğü 2014-2015 Yıllarına Ait Sıcaklık ve Yağış Verileri (Anonim 2016)	40
Tablo 6. Deneme Alanının Başlangıç Toprak Analiz Sonuçları.....	41
Tablo 7. Araştırmada Kullanılan Organik Atıkların Bazı Özellikleri	43
Tablo 8. Deneme Öncesi ve Sonrası Toprak Analiz Sonuçları	56
Tablo 9. Organik Atık Uygulamalarının Toprakların pH’sı Üzerine Etkileri	57
Tablo 10. Organik Atık Uygulamalarının Toprakların EC’si Üzerine Etkileri	58
Tablo 11. Organik Atık Uygulamalarının Toprak OM İçeriği Üzerine Etkileri.....	59
Tablo 12. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Toplam Azot İçeriği Üzerine Etkileri....	61
Tablo 13. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir Ca İçeriği Üzerine Etkileri..	62
Tablo 14. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir K İçeriği Üzerine Etkileri ...	63
Tablo 15. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir Mg İçeriği Üzerine Etkileri.	64
Tablo 16. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir Na İçeriği Üzerine Etkileri..	65
Tablo 17. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın KDK’sı Üzerine Etkileri.....	66
Tablo 18. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın ESP’si Üzerine Etkileri.....	68
Tablo 19. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Elverişli P İçeriği Üzerine Etkileri	69
Tablo 20. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Zn İçeriği Üzerine Etkileri	71
Tablo 21. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Cu İçeriği Üzerine Etkileri	72
Tablo 22. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Mn İçeriği Üzerine Etkileri	73
Tablo 23. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Fe İçeriği Üzerine Etkileri	74
Tablo 24. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Pb İçeriği Üzerine Etkileri	75
Tablo 25. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Cd İçeriği Üzerine Etkileri	76
Tablo 26. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Hacim Ağırlığı Üzerine Etkileri	78

Tablo 27. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın AS Üzerine Etkileri	79
Tablo 28. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Porozitesi Üzerine Etkileri.....	81
Tablo 29. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Hidrolik İletkenliği Üzerine Etkileri	82
Tablo 30. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkileri	83
Tablo 31. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Tarla Kapasitesi Üzerine Etkileri	84
Tablo 32. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Solma Noktası Üzerine Etkileri.....	85
Tablo 33. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Yarayışlı Nem Kapasitesi Üzerine Etkileri.....	86
Tablo 34. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaş Ot Verimi Üzerine Etkisi.....	88
Tablo 35. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kuru Ot Verimi Üzerine Etkisi...	89
Tablo 36. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bitki Boyu Üzerine Etkisi.....	91
Tablo 37. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Sap Kalınlığı Üzerine Etkisi	92
Tablo 38. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi	93
Tablo 39. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	94
Tablo 40. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Toplam N İçerikleri Üzerine Etkisi	96
Tablo 41. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Toplam N İçerikleri Üzerine Etkisi	97
Tablo 42. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Toplam N İçerikleri Üzerine Etkisi.....	98
Tablo 43. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök P İçerikleri Üzerine Etkisi...	99
Tablo 44. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde P İçerikleri Üzerine Etkisi	100
Tablo 45. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak P İçerikleri Üzerine Etkisi	101
Tablo 46. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Ca İçerikleri Üzerine Etkisi	103
Tablo 47. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Ca İçerikleri Üzerine Etkisi	104
Tablo 48. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Ca İçerikleri Üzerine Etkisi	105
Tablo 49. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Mg İçerikleri Üzerine Etkisi	107

Tablo 50. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Mg İçerikleri Üzerine Etkisi	108
Tablo 51. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Mg İçerikleri Üzerine Etkisi	109
Tablo 52. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök K İçerikleri Üzerine Etkisi	110
Tablo 53. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde K İçerikleri Üzerine Etkisi	111
Tablo 54. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak K İçerikleri Üzerine Etkisi	112
Tablo 55. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Na İçerikleri Üzerine Etkisi	114
Tablo 56. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Na İçerikleri Üzerine Etkisi	115
Tablo 57. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Na İçerikleri Üzerine Etkisi	115
Tablo 58. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Fe İçerikleri Üzerine Etkisi	117
Tablo 59. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Fe İçerikleri Üzerine Etkisi	118
Tablo 60. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Fe İçerikleri Üzerine Etkisi	119
Tablo 61. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Zn İçerikleri Üzerine Etkisi	120
Tablo 62. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Zn İçerikleri Üzerine Etkisi	121
Tablo 63. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Zn İçerikleri Üzerine Etkisi	122
Tablo 64. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Cu İçerikleri Üzerine Etkisi	124
Tablo 65. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Cu İçerikleri Üzerine Etkisi	125
Tablo 66. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Cu İçerikleri Üzerine Etkisi	126
Tablo 67. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Mn İçerikleri Üzerine Etkisi	127

Tablo 68. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Mn İçerikleri Üzerine Etkisi	128
Tablo 69. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Mn İçerikleri Üzerine Etkisi	129
Tablo 70. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Pb İçerikleri Üzerine Etkisi	131
Tablo 71. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Pb İçerikleri Üzerine Etkisi	131
Tablo 72. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Pb İçerikleri Üzerine Etkisi	132
Tablo 73. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Ni İçerikleri Üzerine Etkisi	134
Tablo 74. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Ni İçerikleri Üzerine Etkisi	135
Tablo 75. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Ni İçerikleri Üzerine Etkisi	136

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Deneme alanının görünümü.	39
Şekil 2. Araştırmada kullanılan arıtma çamuru.	42
Şekil 3. Araştırmada kullanılan çöp kompostu.	42
Şekil 4. Deneme deseni.	44
Şekil 5. Organik atıkların toprağa uygulanması.	45
Şekil 6. Ekim öncesi sulama.	45
Şekil 7. Ekim aşaması.	46
Şekil 8. Ekim sonrası sulama.	46
Şekil 9. Tekleme ve çapalama sonrası denemenin görüntüsü.	47
Şekil 10. Tepe püskülü oluşumu ve koçan taslakları.	47
Şekil 11. İkinci üretim sezonuna ait görüntüler.	48
Şekil 12. Hasat edilen bitkiler ile köklerin kurutulması.	49
Şekil 13. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin alınması.	49
Şekil 14. Bozulmuş toprak örneklerinin kurutulması.	50
Şekil 15. İkinci üretim sezonda alınan toprak, kök, bitki örnekleri.	50

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AÇ	: Arıtma çamuru
AS	: Agregat stabilitesi
BA	: Balıkthane atığı
BK	: Biyokömür
ÇG	: Çiftlik gübresi
ÇK	: Çöp kompostu
ÇSK	: Çeltik samanı kompostu
DAP	: Diamonyum fosfat gübresi
DK	: Değişebilir katyonlar
ESP	: Değişebilir sodyum yüzdesi
HA	: Hacim ağırlığı
HG	: Hava geçirgenliği
Hİ	: Hidrokil iletkenlik
KDK	: Katyon değişim kapasitesi
KG	: Kimyasal gübre
KMM	: Kuru madde miktarı
MA	: Mebahane atığı
OAC	: Olgunlaştırılmış arıtma çamuru
OM	: Organik madde
SAC	: Sulu arıtma çamuru
SÇG	: Sulu çiftlik gübresi
SN	: Solma noktası
STK	: Su tutma kapasitesi
ŞP	: Şeker kamışı posası
TAUM	: Tarımsal araştırma ve uygulama merkezi
TK	: Tarla kapasitesi
TOK	: Toplam organik karbon
TSİ	: Toplam su içeriği
TSP	: Triple süper fosfat gübresi
YN	: Yarayışlı nem kapasitesi
ZnT	: Topraktan çinko uygulaması
ZnY	: Yapraktan çinko uygulaması

GİRİŞ

Günümüzde, dünya nüfusunun hızlı artışıyla birlikte insanoğlunun artan gıda, barınma, giyim gibi ihtiyaçlarını karşılamak için tarımsal üretimde birçok doğal ve yapay yöntemler geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Bu ihtiyaçlardan en gerekli olanı elbette gıda ihtiyaçları olup, gıda ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla tarımsal üretimin desteklenmesi gerekir. Tarımsal üretim denildiğinde bitkisel ve hayvansal üretim anlaşılmaktadır. Bitkisel üretim doğrudan, hayvansal üretim ise dolaylı olarak toprağa bağımlıdır. Her ne kadar birçok bitki çeşidi için çeşitli yetiştirme yöntemleri (topraksız tarım teknikleri) kullanılıyor olsa da bu üretim tekniğiyle insanoğlunun ihtiyacını karşılamak olası görünmemektedir. Dolayısı ile toprak yetiştirme ortamı olarak kullanım açısından tarımın olmazsa olmazıdır. Toprak tarımsal açıdan, bitkiler için durak yeri olması, bitkilere mutlak gerekli olan hava, su ve bitki besin elementlerini içermesi yönünden büyük önem arz etmektedir.

Dünyanın 2/3'ü denizlerle çevrili olup, tarımsal üretim için kullanabileceğimiz karasal alanlar geriye kalan 1/3'lük kısmın az bir kısmını kapsamaktadır. Çünkü karasal alanların büyük çoğunluğu yer şekilleri, toprak yapısı ve iklim özelliklerinin etkisi ile tarımsal faaliyetlerde kullanılamamaktadır. Dünyada işlenebilir tarım arazisi 4,8 milyar ha'dır. Tarım arazisi olarak kullanabileceğimiz arazinin azlığının yanı sıra amaç dışı kullanımlar nedeniyle bu alan günden güne azalmaktadır. Ayrıca kullanım faaliyetleri ile toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri bozularak tarım dışı kalmakta veya toprakların verimlilik düzeyleri azalmaktadır. Tüm bunların sonucu olarak günümüzde kişi başına düşen tarımsal alan, gelişmiş ülkelerde %14,3, gelişmekte olan ülkelerde ise %40 civarında azalmıştır. BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'ne göre 2000 yılında kişi başına düşen tarım alanı 0,23 ha'dır. Bu alan 2050'de yaklaşık 0,15 ha olacaktır (Anonymous 2000). Yapılan hesaplama ve tahminler, yeryüzünde her bir dakikada işlenen tarım arazilerinin 10 ha'nın kaybolduğunu göstermektedir. Bu 10 ha'lık alanın 5 ha'ı erozyon, 3 ha'ı tuzluluk, 2 ha'ı diğer bozulma süreçleri ve tarımsal alanların amacı dışında kullanılmasının ile kaybolmaktadır (Abrol *et al.* 1988). Bu nedenle mevcut alanlarının verimlilik ve üretkenliklerinin korunması, bununla birlikte elde edilen ürün ve çeşitlerinin artırılması gerekmektedir.

Tarım alanlarında üretkenliği ya da verimi artırmak için yapılan uygulamaların başında gübreleme gelmektedir. Fakat aşırı dozda uygulanan kimyasal gübreler, bunun yanında pestisit gibi diğer kimyasallar sebebiyle doğa, çevre ve insan sağlığı olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bu sebeple tarımda bilinçlenerek hem toprağın verimliliğini arttırmak, toprağı ıslah etmek yani sürdürülebilir bir tarım sistemi geliştirmek dolayısıyla da sağlıklı bir neslin devam etmesi için organik gübreleme veya entegre besin yönetimi uygulamalarına daha fazla önem verilmelidir. Bu konunun gündeme geldiği son yıllarda daha çevreci bir düşünce ile alternatif bir üretim şekli olarak organik tarıma verilen önem, doğal ve organik gübreler ile gübreleme yapmayı daha fazla ön plana çıkarmıştır. Konvansiyonel tarımda yoğun olarak kullanılan toprağa, yeterli organik madde ilavesinin yapılmadığı için toprak yorgunluğu meydana gelmektedir. Organik tarımda ise toprak verimliliği için geleneksel yaklaşımların aksine biyolojik özelliklere öncelik verilmekte, organik gübre ilaveleriyle toprağın mikroorganizma popülasyonu ve aktivitesi artırılmaktadır.

Toprak-su yönetiminde toprak tuzluluğu, kurak ve yarı kurak iklim koşullarında, drenajı bozuk kapalı havzalarda ve bilinçsiz sulama yapılan tarım alanları bitkisel üretimi sınırlayan en önemli problemdir. Dünyada toplam arazi yüzeyinin %11,5'ini, işlenen arazilerin %35'ini (Shannon 1984; El-Hendawy *et al.* 2005), ülkemizde ise %2 ve %5,5'ini çorak veya çoraklaşma eğilimindeki topraklar oluşturmaktadır (Akalan 1982).

83211 ha'lık yüzölçüme sahip Iğdır Ovası topraklarının 36476 ha'ı (%43,8) tuz ve bordan etkilenmiş alanlardır (Anonim 2006).

Türkiye'de sulanan arazilerde bilinçsizce sulama yapılması ve sulamada kullanılan bilhassa yer altı sularının tuz içeriğinin yüksek olması toprak tuzluluğunun ortaya çıkmasında etkili olmaktadır. Bunun sonucu yaklaşık 1,5 milyon ha arazide tuzluluk problemi söz konusudur (Anonim 1980). Bu alanlardan ıslah edilmeden optimum düzeyde yararlanabilmek için ya tuza dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, kullanılması veya bitkilerin tuz stresine karşı dayanıklılığını artırıcı farklı organik ve inorganik girdilerin uygulanması gerekir.

Çorak topraklardan daha etkin bir şekilde yararlanmak amacıyla son yıllarda çorak toprakların ıslahı, çoraklığın bitki fizyolojisi ve biyokimyası üzerindeki olumsuz etkilerine ait mekanizmaların araştırılması, bitkilerde tuz toleransının artırılması ile çoraklık koşullarına toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi üzerinde yoğun araştırmalar (Ashraf and McNeilly 1989; Akhtar *et al.* 1994; Madan *et al.* 1995) yapılmaktadır. Çorak toprakların ıslahında kullanılan yöntemler ile tuza dayanıklı bitki çeşitlerin geliştirilmesinin oldukça zaman alıcı ve pahalı olması nedeniyle son yıllarda çorak topraklardan yararlanmada, toprakta çoraklığın oluşumunu azaltıcı maddelerin kullanımı ön plana çıkmış ve araştırmalar bir takım organik ve inorganik kökenli bileşikler kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır (Shannon 1978; Epstein 1985; Ashraf and Wu 1994; Turan and Aydın 2005; Aydın *et al.* 2012).

Toprakların üretkenlik ve verimlilik durumlarını etkileyen en önemli özelliklerden biri organik madde içeriğidir. Toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin geliştirilmesinde organik madde çok önemli bir rol oynar. Türkiye topraklarının organik madde içeriklerine göre değerlendirildiklerinde %21'inde çok az (<1), %54,6'sında az ($1-2$), %18,3'ünde orta ($2-3$), %6'sında ise yeterli ve fazla düzeyde (≥ 3) organik madde bulunmaktadır (Ergene 1993).

Toprakta organik madde miktarını artırmanın veya yeterli olan organik madde miktarını sürekli kılmanın pek çok yönetsel yolu vardır. Azaltılmış toprak işleme veya sıfır toprak işleme, bitki artıklı tarım, yeşil gübre bitkilerinin ekilmesi, bitki rotasyonu uygulamak ve doğrudan organik gübreleme yapmak başlıca yöntemlerdir. Bu yöntemler çevre şartlarına ve ekonomik faktörlere bağlı olarak tek başına veya değişik kombinasyonlarla uygulanabilir.

Şüphesiz organik gübreler veya organik madde içeriği yüksek sanayi, evsel ve tarımsal atıklar toprak organik madde düzeyini artırmada çok önemli bir yer tutmaktadır. Zira yıllardır kullanılan kimyasal gübreler tarım alanlarında kirlilik unsurları oluşturmuş ve ürünlerde kalite azalmıştır. Bunun sonucu olarak organik kaynaklı gübreler önem kazanmıştır. Çiftlik gübresi (ÇG) ülkemizin hemen hemen her bölgesinde bol miktarda bulunması ve uygulama kolaylığı sebebiyle başlıca organik gübre materyali olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çiftlik gübresi, büyükbaş-küçükbaş hayvancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan hayvan dışkılarının oluşturduğu artığa denilmektedir. Çiftlik gübresi içerisinde bulunan organik madde içeriği ve mikroorganizmalar yardımıyla toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesini sağlar, dolayısıyla verimlilik ve üretkenlik özelliklerini geliştirir.

Nüfus artışıyla birlikte artan kentsel, sanayi ve endüstri faaliyetleri sonucu, çeşitli atık ve atık maddeler ortaya çıkmaktadır. Bu maddeler çeşitli çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Son yıllarda atık ve artıkların değerlendirilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Çeşitli faaliyetler sonucu oluşan organik atıkların tarım alanlarına uygulanması konusu ağırlık kazanmış ve kanalizasyon suları, çöp gibi atıkların arıtılmak suretiyle organik gübre olarak kullanılması fikrinin gelişmesine ve kabul görmesine neden olmuştur.

Kanalizasyon sularının çeşitli yöntemlerle arıtılması sonucunda oluşan materyale arıtma çamuru (AÇ) denilmektedir. Arıtma çamurlarının içerikleri incelendiğinde organik madde içeriğinin yüksek ve bitki besin elementlerince zengin olduğu görülmektedir. Bu özelliklerinden dolayı arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılabilirliği konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre arıtma çamurlarının toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkileri görülmüş ve organik gübre olarak kullanımı yaygınlaşmıştır. Ancak arıtma çamurlarının içeriğinde bulunan çeşitli ağır metallerin toprakta birikimi sonucu çeşitli olumsuz etkilerin oluşabileceği konusu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle

lkeler arıtma amurlarının kullanımı ile ilgili çeşitli kriterler getirmiş ve bu kriterlere uygun arıtma amurlarının tarım alanlarında kullanılmasına izin vermişlerdir.

Arıtma amurlarının tarımsal amaçlı kullanımına yönelik yapılmış çalışmalar, çamurun orijini ve içermiş olduğu ağır metal miktarı (Soumare *et al.* 2002), uygulama düzeyi (Gasco and Lobo 2007), uygulanan toprak özellikleri ve bitki türü (Nouri *et al.* 2009) gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymuştur.

Kentsel atıklardan bir diğeri ise çöp atıklarıdır. Çöpler biriktirildiği alan ve çevresinde önemli çevresel sorunlarına sebep olmaktadır. Bu sorunlar, bulaşıcı hastalıkların atmosfer olayları ve hayvanlar tarafından yayılması, çevreye kötü kokuların yayılması, yağışlar sonrasında akarsuları ve yeraltı sularının kirlenmesine yol aması şeklinde izah edilebilmektedir. Söz konusu sorunların çözümü için arıtma çamurunda olduğu gibi çöplerin kompost yapılarak tarımsal üretimde kullanılması önem arz etmektedir. p kompostlarının (K) tarımsal uygulamalarda kullanılması ile ilgili çalışmalarda;

- Agregat oluşumu, toprak havalanması gibi fiziksel özelliklerini geliştirdiği (Naeini and Cook 2000),
- Bitki besin elementi kaynağı olması sebebiyle kimyasal özelliklerini geliştirdiği (Zinati *et al.* 2004),
- Mikroorganizma aktivitesi ve popülasyonunu arttırarak toprağın biyolojik özelliklerini desteklediği (Montemurro *et al.* 2005) görülmektedir.

Ülkemizde kompost üretimi için çöpler belediyeler aracılığı ile toplanmakta ve yığılarak depolanmaktadır. Günümüzde sayısı çok fazla olmayan birkaç belediye (İzmir, Giresun, Mersin, Antalya, İstanbul) kompost tesisi kurmuş ve tesiste ürettikleri kompostu tarımda kullanıma sunmuştur. Kentsel katı atıklar yaygın olarak mutfak ve bahesel atıklarından üretilmektedir ve kompostlama işlemi çoğu belediyelerce yapılmaktadır (Otten 2001).

TÜİK verilerine göre 2018 yılı itibariyle 32,2 milyon ton belediye atığı toplandığı ve bunun %12'sinin kompostlaştırıldığı (Anonim 2018a), toplam kanalizasyon atıksu miktarının 4,8 milyar m³ olduğu ve 4,2 milyar m³'lk kısmının arıtma tesislerinde işlenerek büyük bir kısmının farklı alıcı ortamlarına deşarj edildiği, toplam 319 bin ton arıtma çamurunun elde edildiği bildirilmiştir (Anonim 2018b). Söz konusu atıkların tarım alanlarında kullanılabilir miktarların arttırılması hem atıklar için alternatif bir bertaraf yöntemi olması, hemde tarım alanlarının organik madde ihtiyaçlarını karşılaması bakımından önem arz etmektedir.

Ülkemizde tarımsal üretimin başında tahıllar gelmektedir. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan en yüksek ekim alanına sahip tahıl buğday iken ikinci sırada mısır yer almaktadır (Anonim 2012a).

Türkiye'nin toplam tarım alanı 243,94 milyon da olup bu tarım alanının 8,87 milyon da'lık kısmında mısır tarımı yapılmaktadır. Bu mısır alanı da toplam tarım alanının %3,63'ünü oluşturmaktadır (Anonim 2012b). Ülkemiz mısır üretimi 4,3 milyon ton'dur. Dünyada ise toplam mısır tarım alanı 161,9 milyon ha olup 844,4 milyon ton mısır üretilmektedir (Anonymous 2012).

Iğdır İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre Iğdır'da dane mısır ekim alanı 13500 da, üretimi 17350 ton, verimi 1285 kg/da'dır. Silajlık mısır ekim alanı ise 16120 da, üretimi 77906 ton, verimi 4832 kg/da'dır (Anonim 2012c).

Ülkemizde sulanabilir tarım alanlarının artmasına bağlı olarak genellikle tane üretimi amacıyla yetiştirilen mısır bitkisi (*Zea mays* L.), son yıllarda süt sığırcılığının gelişmesine bağlı olarak bazı bölgelerde silajlık mısır yetiştiriciliği önem kazanmıştır. Türkiye'nin tüm bölgelerinde silaj amacı ile mısır yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Kışı soğuk geçen bölgelerde ikinci ürün olarak yetiştirilebilen mısırın optimum büyüme-gelişme sıcaklığı 24-32 °C'dir. Tınlı ve tınlı-killi topraklarda daha iyi gelişim gösteren mısır bitkisi, pH'sı 6-7,2 arasında olan topraklarda daha iyi gelişim gösterir. Tuzluluğa orta düzeyde duyarlıdır. Aşırı kumlu veya killi topraklarda verim düşmektedir (Anonim 2008).

Mısır ekim alanı ve üretimi bakımından Doğu Anadolu Bölgesi Türkiye'de önemli bir yere sahip değildir. Bölgede toplam ekim alanı yaklaşık 1500 ha dolayında olup, bu durumıyla Türkiye mısır ekim alanlarının sadece %0,3'üne; yaklaşık üretimin ise %0,2'sine sahiptir. Bu bölgede mısır ekiminin yeterli düzeylere ulaşmamasının nedeni son yıllara kadar farklı vejetasyonlar için farklı tohumların bulunmamasıydı. Ancak son zamanlarda bölgenin vejetasyonuna uygun 90, 110 ve 120 günlük vejetasyona sahip mısır tohumlarının üretilmesi ve bölge çiftçisinin özellikle süt sığırcılığı yetiştiriciliğinde silajlık mısıra gereken önemi vermesi ve aynı zamanda bölgede ve özellikle Erzurum'da toprakların büyük bir kısmının sulanabilmesi ve allüviyal toprak özelliğinde olması nedeniyle mısır yetiştiriciliği süratle artmaktadır. Allüviyal alanlarda geçirgenlik, havalanma kapasitesi ve kök gelişimini tehdit eden fiziksel koşullar olmamasına rağmen, başta azot olmak üzere bazı makro ve mikro besin elementlerinin yetersiz seviyelerde bulunması ve toprakların tampon kapasitelerinin düşük düzeylerde bulunması, bitkinin büyüme periyodu boyunca ihtiyaç duyduğu besin elementlerini yeterli ve dengeli bir şekilde bitkiye sağlayamamasına neden olmaktadır. Bu da bölgede yapılan

yetiştiriciliğin hem verim hem de kalite bakımından yetersiz düzeylerde bulunmasına neden olmaktadır (Anonim 2001).

Bu çalışmada; kentsel atıkların tarım alanlarında kullanımı ile bertaraf edilmesi için zararlı içeriklerinden arındırılarak son ürün olarak karşımıza çıkan arıtma çamuru ve çöp kompostu ile çiftlik gübresinin, Iğdır yöresi, organik maddece yetersiz, alkali topraklarına uygulanarak toprakların verimlilik ve üretkenliklerinin arttırılması, degrade olmuş toprakların ıslah edilebilirliği, mısır bitkisinin yetiştirilebilirliği, bunun yanında alkaliliğin olumsuz etkileriyle giderek azalan ürün miktarını arttırmak amaçlanmıştır.



KAYNAK ÖZETLERİ

Toprak yönetimi uygulamalarının başında toprak organik madde içeriğinin korunması ve sürdürülebilirliği önem arz etmektedir. Organik maddenin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan olumlu etkileri sebebiyle toprağa organik madde sağlayacak uygulamalar yaygınlaşmıştır. Toprağa organik madde sağlayacak kaynaklardan ilk akla gelen çiftlik gübresidir. Ancak tarım alanlarının organik madde ihtiyacını karşılamak için yeterli gelmemektedir.

Günümüzde giderek önem kazanan doğal çevrenin korunması, atıkların büyük ölçüde çevre ile uyumlu hale getirilerek bilinçli bir şekilde ortadan kaldırılması veya arazide kullanımı ile olasıdır. Atıkların yeni kirliliklere yol açmadan değerlendirilmesi, ekosistemin işlevselliğinin ön koşuludur.

Bu sebeple yapılan çalışmada orijini farklı kaynaklara dayanan organik atıkların tarımda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada çiftlik gübresi, arıtma çamuru ve çöp kompostu kullanılmıştır. Söz konusu atıklarla ilgili yapılan araştırmalar aşağıda farklı başlıklar altında irdelenmiştir.

Çiftlik Gübresinin Tarımda Kullanımı ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Arkeolojik araştırmalar, insanoğlunun bitki yetiştirmek amacıyla toprağı kullanımının yaklaşık M.Ö. 8000’li yıllara dayandığını göstermektedir. İlk zamanlarda toprakla ilgili herhangi bir ıslah faaliyeti gerçekleştirmeyen insan, zamanla toprağı gözlemlemiş ve hayvan dışkılarının bitkilerin büyümesine olumlu yönde etki ettiğini keşfetmiştir (Ergene 1993). Böylelikle gübre keşfedilmiş, tarımsal faaliyetlerde kullanılmaya başlanmış ve birçok bilimsel araştırmaya konu olmuştur.

Çiftlik gübresi ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar; gübrenin özellikleri, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bitkilerin gelişimi üzerine etkilerine yoğunlaşmıştır.

Shirani *et al.* (2002) çiftlik gübresi ve toprak işleme sistemlerinin mısır verimi ile toprak fiziksel özelliklerine etkilerini inceledikleri araştırmada, 0, 30, 60 ton/ha çiftlik gübresi ile konvansiyonel ve azaltılmış toprak işleme sistemi uygulayarak mısır bitkisi yetiştirmişlerdir. Çalışmada toprak fiziksel özelliklerinden organik madde içeriğı (OM), hacim ağırlığı (HA), hidrolik iletkenlik (Hİ), agregat büyüklük dağılımı ile bitki kuru madde miktarı (KMM) incelenmiştir. Çiftlik gübresi uygulamasıyla OM içeriğinde artışlar gözlemlemişlerdir. 60

ton/ha çiftlik gübresi uygulamasında toprağın 0-5 cm'lik kısmında 0,33, 0,40 ve 0,75 mm çapındaki agregat büyüklük dağılımında önemli artışlar gözlemlenmiş, ancak 5 cm'den derine indikçe agregat büyüklük dağılımındaki değişimler önemsiz bulmuşlardır. Artan gübre dozları ile HA sırasıyla 1,39, 1,22, 1,17 g/cm³ olmak üzere önemli azalışlar gösterdiğini bildirmişlerdir. Hİ parametresinde artan gübre dozlarına bağlı olarak gelişmelerin olduğunu belirtmişlerdir. KMS'de ise kontrole göre artan dozlarda artış gözlemlenmiştir.

Etmemde (2003) yapmış olduğu derlemesinde organik gübrelerin (çiftlik gübresi, bulamaç çiftlik gübresi ve yeşil gübre) uzun vadeli etkilerini karşılaştıran 14 farklı saha çalışmasında elde edilen verim ve toprak özellikleri sonuçlarını değerlendirmiştir. Organik gübrelerin besin elementi sağlamaları ile toprak üretkenliği ile mahsul verimi üzerinde %150-1000 arasında artışların olduğunu belirtmiştir. Organik gübre uygulanan toprakların kimyasal gübre uygulanmış topraklara göre daha fazla organik madde içeriği ve mikrofaunaya sahip olduğu, alt topraklarda nitrat, Ca ve Mg bakımından, üst topraklarda ise bunlara ek olarak P ve K miktarları bakımından daha zengin olduğunu belirtmiştir. Ayrıca organik gübrelerin toprakların fiziksel özelliklerini, toprak-su ilişkilerin olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Böylece topraklara uzun süreli uygulanan organik gübrelerin toprak kalitesini arttırdığını vurgulamıştır.

Hayvancılık yapılan bölgelerde ortaya çıkan atıkların bitkisel üretim için alternatif bir besin kaynağı oluşturduğuna değinen Butler and Muir (2006) yapmış oldukları araştırmalarında; tam şansa bağlı deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak 6 farklı dozda (0, 11,2, 22,4, 44,8, 89,6, ve 179,2 ton/ha) çiftlik gübresi uygulayarak buğday çimi (*Thinopyrum ponticum* Podp.) yetiştirmişlerdir. 2002–2003 ve 2003–2004 sezonlarında çiftlik gübresi uygulamaları ile ortalama topraktaki organik maddeyi %54, infiltrasyon oranı %550, P %480 ve K %84 arttırdığını, kontrol parselinde pH 4,5 iken en yüksek dozda 7,0'ye çıktığını, iyileştirilen toprak özellikleri ile buğday çiminin kuru madde miktarını 2002-2003 sezonunda %96 (3858 kg/ha), 2003-2004 sezonunda %58 (9536 kg/ha) arttırdığını belirtmiş, ham protein oranını ise 158-231 g/kg olarak bulmuşlardır.

Shah and Ahmad (2006) buğday bitkisinin N alımı ve verimi üzerine çiftlik gübresi ve üre gübresi ile farklı oranlardaki karışımlarının etkilerini inceledikleri çalışmada; toplamda 120 kg/ha azot uygulanacak şekilde (%Üre: %ÇG=0:0, 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 ve 0:100) tam şansa bağlı deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak araştırma yürütülmüştür. En yüksek verim 10952 kg/ha (saman 7710 kg/ha, tane 3242 kg/ha) ile 75:25 üre+ÇG karışımlarından elde etmişlerdir. Verimin, %50'nin altında olan üre uygulamalarında azaldığı, en fazla verimin elde edilebilmesi için 50:50 veya 75:25 oranlarında üre+ÇG kullanımını önermişlerdir.

Ashiono *et al.* (2006) kocadarı (*Sorgum bicolor*) bitkisinin verimi üzerine çiftlik gübresinin alternatif besin kaynağı olarak kullanıldığı çalışmada 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4 ton/da dozlarında çiftlik gübresi uygulamışlardır. Kocadarı bitkisinin tohum verimine bakıldığında 1 ton/da uygulamasının kontrole yakın sonuç verdiğini, 3 ve 4 ton/da uygulamalarından en yüksek verimin elde edildiğini bulmuşlardır. Ancak 1,5 ton/da üzerindeki uygulamaların etkilerinin artan dozlardaki uygulamalara göre istatistiki olarak önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Hati *et al.* (2006) soya fasulyesinin (*Glycine max* L. Merr.) su kullanım etkinliği, bitki verimi ve kök büyümesi ile toprak özellikleri üzerine çiftlik gübresi ve inorganik gübre (NPK) uygulamalarının etkilerini incelemek üzere 3 yıllık bir arazi çalışması yürütmüşlerdir. Araştırma herhangi bir gübre uygulanmadan, sadece NPK (25:26:17 kg/ha) ve NPK (25:26:17 kg/ha) + ÇG (10 t/ha) uygulamaları her yıl uygulanmak suretiyle yürütülmüştür. Araştırma sonunda en yüksek organik C içeriğini (%0,62), en yüksek tohum verimi (kontrole göre %103), en yüksek su kullanım etkinliği (kontrole göre %76) ve en yüksek agregat stabilitesi değerini (%55), en düşük hacim ağırlığını (1,18 gr/cm³) NPK+ÇG uygulamasından elde etmişlerdir. Toprağın hidrolik iletkenlik değerine bakıldığında kontrolde 8,61x10⁻⁶ m/s iken NPK uygulamasında 10,53x10⁻⁶ m/s, NPK+ÇG uygulaması ile 13,32x10⁻⁶ m/s olarak bulunmuştur. Kök uzunluğundaki değişim ise kontrole göre %70,5 artış yine NPK+ÇG uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmacılar NPK+ÇG uygulamaları ile verimin arttığı, toprak fiziksel özelliklerinin iyileştirildiği sonucuna varan araştırmacılar organik ve inorganik gübrelerin entegre besin yönetimi kapsamında kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Tangolar vd (2007) organik asma bağlarında çiftlik gübresi, yeşil gübre, saman malcı ve asma budama atıklarının bitki fenolojik özellikleri ile salkım, sıra ve tane özelliklerine etkilerini incelemek amacıyla 12 farklı uygulama ile yürüttükleri çalışmada incelenen parametrelerde istatistiki olarak yapılan uygulamaların etkileri önemsiz bulunmuştur. Ancak elde edilen verilerin ticari gübre uygulayarak yetiştiricilik yapan işletmelerdeki verilere yakın bulunması sebebiyle bu etkinin devam eden uygulamalar ile uzun yıllar sonra ortaya çıkabileceğini belirtmişlerdir.

Küçükhemek vd (2008) toprağa uygulanan çiftlik gübresi ve arıtma çamuru ile bunların karışımlarının çim bitkisinin verimi ve besin elementi içeriklerine olan etkisi incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada; organik atıklar 0, 40, 80, 120 t/ha olmak üzere 4 farklı doz ile bunların farklı oranları (%75+%25, %50+%50, %25+%75; AÇ+ÇG) şeklinde uygulanmıştır. İki yıllık olarak yürütülen çalışmada yapılan uygulamaların çim bitkisinin verimi ve besin elementi içerikleri üzerine istatistiki olarak önemli etkilerinin olduğunu bulmuşlardır. Sonuç

olarak verim ve besin elementi içeriklerine uygulanan gübrelerin etkilerine bakıldığında AÇ uygulamalarının ÇG uygulamalarına göre daha etkili olduğu, çiftlik gübresi uygulamalarının AÇ karışımları kullanılarak yapılmasının daha yararlı olacağını bildirmişlerdir.

Lakhdar *et al.* (2009a) buğday bitkisinin ağır metal alımı üzerine çiftlik gübresi ve çöp kompostu uygulamalarının etkilerini inceledikleri araştırmada, 40, 80 t/ha ÇK ve 40 t/ha ÇG olmak üzere 3 farklı dozda uygulama yapılmış, her iki gübrenin bitki gelişimini ve besin elementleri alımını arttırdığını bulmuşlardır. Bitkilerin ağır metal içeriklerine bakıldığında ÇG uygulamalarında bitkideki ağır metal içerikleri toksik seviyelerin altında bulunmuştur. Buğday verimine bakıldığında ÇG uygulamaları ile kontrole göre verim artmış, ancak bu artışın ÇK ve ÇK+ÇG karışımlarına göre düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Achiba *et al.* (2010) çiftlik gübresi ve çöp kompostunun toprakların organik C ve N içerikleri ile iz elementler üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, organik atıklardan ÇG 0, 40, 120 t/ha, ÇK 0, 40, 80 t/ha dozlarında uygulanmıştır. Yapılan uygulamalar neticesinde kontrole göre toprakların C ve N içeriklerinde önemli artışlar gözlemlenmiştir. ÇK uygulamalarının ÇG uygulamalarına göre toprağın Cd, Cu, Pb ve Zn içeriklerini artırdığını bulmuşlardır. Sonuç olarak çöp kompostu ve çiftlik gübresinin uzun yıllar boyunca uygulanmasının iz elementlerin hareketliliğini ve biyoetkinliğini artırması sebebiyle ağır metal birikimine sebep olabileceği, dolayısıyla çevresel tehdit oluşturabileceğini belirterek, kontrollü bir şekilde kullanılmalarının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Hemmat *et al.* (2010) kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki gelişimi, toprak mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek açısından toprak organik karbonunun hayati öneme sahip olduğunu belirten araştırmacılar, toprağın organik karbon içeriği, hacim ağırlığı, kıvam limitlerini karakterize etmek için ÇG, ÇK, AÇ ve kimyasal gübre uyguladıkları yedi yıllık çalışmada, organik gübreleri üç farklı dozda (25, 50 ve 100 ton/ha), kimyasal gübreyi (250 kg/ha Amonyum Fosfat+250 kg/ha Üre karışımı) tek dozda her yıl uygulayarak buğday-mısır bitkisini dönüşümlü olarak yetiştirmişlerdir. Araştırma sonucuna göre toprak organik karbon içeriğinin AÇ, ÇG ve ÇK uygulamaları ile kontrole göre sırasıyla 2,5, 2,2 ve 2 kat arttığını bildirmişlerdir. Organik atık uygulamalarının hacim ağırlığını düşürdüğü, kıvam limitlerini düzenlediğini ancak organik gübre çeşidinin kıvam limitleri üzerinde etkisinin önemsiz olduğunu, toprak işlemede uygun şartların sağlanması için organik gübrelerin önemini vurgulamışlardır.

Pizzeghello *et al.* (2011) yoğun tarım yapılan alanlarda uzun süre mineral ve organik gübre uygulamaları sonucunda toprakta P birikiminin meydana gelebileceğini, bu birikimin olumsuz etkilerini belirlemek amacıyla 44 yıllık bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kumlu, killi

ve peat olmak üzere üç farklı toprakta 6 farklı mineral ve çiftlik gübresi ile bunların karışımlarını her dönem uygulanmak suretiyle 1964 yılında başlamış 2007 yılına kadar sürmüştür. 1984 yılına kadar mısır buğday münavebesi, 1985-1992 arası çeşitli sebzeler, 1993-2002 arası domates, şeker pancarı, mısır dönüşümlü olarak yetiştirilmiş, 2003-2007 arasında ise çeşitli sebzeler, mısır ve ayçiçeği yetiştirmişlerdir. 2008 yılında toprak örneklerini alarak analizlerini yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre ÇG organik P içeriğini pozitif etkilerken, inorganik P içeriğinin hem ÇG hem de mineral gübre uygulamaları ile arttığını, toplam inorganik P, toplam organik fosfor, Ca, Fe, Al ile bağlı halde bulunan P içerikleri ÇG>Mineral>kontrol olarak arttığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak uzun dönemli organik ve mineral gübrelemenin toprakların P açısından doygunlaşması ve yüksek P içeriğinin çevresel riskleri ortaya çıkarabileceğini vurgulamış, toprakta testleri ile gübrelerin içerdiği P miktarlarının dikkate alınarak uygulamaların yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Cha-Um *et al.* (2011) tuzdan etkilenmiş topraklarda ıslah materyali olarak kullanılabilirliği ve çeltik bitkisinin verimi, fizyolojik ve morfolojik özellikleri üzerine jips ve ÇG uygulamalarının etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada; jips ve ÇG uygulanan topraklarda salkım veriminin %79,6 olduğunu kontrolde ise %46,4 olarak bulmuşlardır. Jips ve ÇG uygulamaları ile topraktaki Na iyon birikiminin kontrole göre azaldığını, K iyon seviyesin arttırdığını belirterek, Na iyon birikimindeki azalmanın ile bitki su kullanım etkinliği ve pigment stabilizasyonu ile pozitif ilişkili olduğunu bu sayede net fotosentez oranı ve fotosistem etkinliğinin arttırdığını vurgulamışlardır. Jips ve ÇG uygulamalarının bayrak yapraktaki şeker oranının arttığını belirtmiş ve bunun yüksek verimin elde edilmesinde rol oynadığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak tuzlu alanlara yapılacak jips ve ÇG uygulamalarının tuzların bitki gelişimine olan olumsuz etkilerini gidermek için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Toprak organik karbonunun (TOK) ve farklı C fraksiyonlarının toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin dolayısıyla toprak kalitesinin güçlü belirleyicileri olduğuna değinen Liang *et al.* (2012), Kuzey Çin ovasında kışlık buğday ve yazlık mısır ekim sisteminde kimyasal gübre (KG) (362 kg/ha N, 272 kg/ha P verecek şekilde çeşitli gübreler) ile çiftlik gübresi (15 t/ha) uygulamaları yaparak 15 yıllık yaptıkları çalışmada TOK ve toplam N değişimlerini araştırmışlardır. Kontrol, KG ve ÇG uygulamaları karşılaştırıldığında 0-30 cm derinlikte TOK ve toplam N konsantrasyonunun, 0-20 cm derinlikte ise çözünmüş organik C, mikrobiyal biomas C, sıcak suda eksakte edilebilir C, permanganatla oksitlenebilir C, parçalanabilir organik C miktarlarında önemli artışlar gözlemlenmiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında en yüksek verim KG uygulamasından elde edilmiş olsa da TOK ve diğer C fraksiyonlarını artırmadığı, meydana gelen değişimlerin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. Parçalanabilir

organik C (TOK'un %18-45,8'i) ve sıcak suda ekstrakte edilebilir C (TOK'un %2-2,8'i) miktarlarının ÇG uygulamalarından etkilenen en hassas fraksiyonlar olduğunu bulmuşlardır. Bitki verimine bakıldığında ÇG ve KG uygulamalarından elde edilen verim artmış ve kontrole göre önemli bulunmuş, ancak birbirlerine göre önemsiz artışlar meydana gelmiştir. En fazla buğday veriminde KG uygulamasından, en fazla mısır verimi ise ÇG uygulamasından elde edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde uygulanabilir ve pratik olan her yerde ÇG uygulamasının toprak C içeriği ve buğday-mısır sisteminde toprak kalitesinin iyileştirilmesinde önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Tadesse *et al.* (2013) çeltik tarımı yapılan alanlarda besin dengesini ayarlamak, organik ve inorganik gübre uygulamalarının toprakların fiziko-kimyasal özellikleri üzerine olan etkilerini inceledikleri arazi çalışmasında; 0, 7,5 ve 15 t/ha dozlarında ÇG, 0, 60, 120 kg/ha N ve 0, 50 ve 100 kg/ha dozlarında kimyasal gübre (P_2O_5) uygulamışlardır. Çeltik hasatını takiben toprağın kütle yoğunluğu, OM içeriği, su tutma kapasitesi, toplam N ve elverişli P parametrelerini ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre çeltik tarımını destekleyen toprak özelliklerinden kütle yoğunluğu değeri azalmış, su tutma kapasitesi ile OM içeriğinde 15 t/ha ÇG uygulamasında önemli artışlar gözlemlenmiştir. Hektara 15 ton ÇG uygulaması ile toplam N %0,203'ten %0,349'a yükselirken, 15 t/ha ÇG+100 kg/ha P_2O_5 karışımında ise elverişli P 11,9 ppm'den 38,1 ppm'e yükselmiştir. Sonuç olarak ÇG ve kimyasal gübrelerin birlikte uygulanması ile toprağın fiziko-kimyasal özelliklerinin geliştirildiği böylece sürdürülebilir çeltik tarımı için uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Zhang *et al.* (2014) Çin'in Jigansu bölgesinde okyanus gelgitleri ve biriken tuz sebebiyle ile degrade olmuş kıyı bölgelerinde ÇG, polietilen malç (PM), saman malcı (SM) ve bunların karışımlarını kullanarak bölge topraklarının toprak kalite ve verimliliğinin artırılması amacıyla 2011-2012 yıllarında yürüttükleri çalışmada; kontrol (KG: standart kimyasal gübre), PM toprak yüzeyini örtecek şekilde, SM 10 t/ha, ÇG 15 t/ha, ÇG+SM, ÇG+PM uygulamaları yapılmış ve mısır, arpa, soya fasulyesi bitkisi yetiştirilmiştir. Çalışmada toprağın su tutma kapasitesi (STK), toplam su içeriği (TSİ), hidrolik iletkenliği (Hİ), hacim ağırlığı (HA) parametrelerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; STK, TSİ, Hİ parametrelerinde ÇG+SM>ÇG+PM>ÇG>>SM>PM>KG şeklinde artışlar belirlemişlerdir. HA parametresinde ise sadece yüzeyden alınan toprak örneklerinde azalışlar gözlemlenmiştir. STK, TSİ, Hİ değerlerinin toprak derinleştikçe azaldığını belirtmişlerdir. Çalışmada en yüksek STK (%38,15), TSİ (%39,55), Hİ (6 mm/h) ve en düşük HA (1,26 g/cm³) değerlerini ÇG+SM uygulamasından elde etmişler ve söz konusu alanların geri kazanımı için ÇG+SM uygulamalarının entegre şekilde kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Meng *et al.* (2016) tuzlu topraklarda farklı sürüm teknikleri ve çiftlik gübresinin farklı kombinasyonları ile mısır bitkisinin verim parametreleri üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmada; ahır gübresinin toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ile mısır bitkisinin verim ilişkisini incelemişlerdir. Degrade olmuş ve toprak özellikleri açısından zayıf olan tuzlu topraklarda yüksek pH ve değişebilir Na miktarlarının mısır üretimini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Tuzdan etkilenmiş topraklarda yapılan çiftlik gübresi uygulamaları ile toprak özelliklerinin iyileştirileceği ve mısır üretiminin arttırılacağını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada 2013 ve 2014 yıllarında çiftlik gübresi ilavesi derin işleme ve malç uygulaması ile en yüksek mısır verimi sırasıyla 11472 ve 12228 kg/ha olarak bulunmuştur. Meydana gelen bu artışın kontrol parsellerine göre %38 ile %43 olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Mısır verimi ile toprak özelliklerinin karşılaştırıldığı istatistiki analiz sonucuna göre verim ile üreaz enzimi ve elverişli fosfor arasında pozitif korelasyon bulunurken, verim ile pH, EC, ESP ve kütle yoğunluğu arasında negatif korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak yapılan toprak işleme ve gübre uygulamasının mısır verimini arttırdığı, elverişli fosfor ve üreaz aktivitesini arttırdığı, toprağın strüktürünü iyileştirdiğini, tuzluluk ve alkaliliğinin azaldığını bulmuşlardır. Toprak organik madde içeriğinin arttırılması ile toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin, enzim aktivitelerinin geliştirilerek, özellikle kütle yoğunluğunun azalmasıyla birlikte tuzlu topraklarda mısır veriminin arttırılacağını vurgulamışlardır.

Wang *et al.* (2017) son yıllarda çiftlik gübresi uygulamalarının sentetik gübrelerin yerini almakta oldukları belirterek, 2011-2014 yıllarında yürüttükleri çalışmada, çiftlik gübresi uygulamasının mısır bitkisinin tane verimi, toprak su içeriği, toplam N ve elverişli P, toprak organik madde miktarını belirlemek amacıyla, mısır bitkisinin 3 farklı bitki yoğunluğunu kullanmış (60000, 75000, 90000 bitki/ha), kontrol ve 52,5 ton/ha olmak üzere çiftlik gübresi uygulamışlardır. Araştırma sonunda toplam N miktarının %25, elverişli P miktarının %198 ve toprak organik maddesinin %41 arttırıldığını bulmuşlardır. En yüksek tohum verimini 10 ton/ha olarak 90 000 bitki/ha ve 52,5 ton/ha çiftlik gübresi uygulamasından elde etmişlerdir. Sonuç olarak çiftlik gübresi uygulamasıyla toprak organik madde içeriğinin arttığını, üst topraktaki hacim ağırlığının azalmasına bağlı olarak N ve P hareketliliği ile mineralizasyonunu arttığını belirlemişlerdir.

Müjdeci and Üzümcü (2017) yaptıkları çalışmada toprakların agregat stabilitesi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla çiftlik gübresi ile yeşil gübre uygulamışlar ve 4 farklı agregat büyüklüğünde agregat stabilitesindeki değişimi gözlemlemişlerdir. Agregat stabilitesinde en fazla artışı 8-4 mm elek açıklığında çiftlik gübresi uygulamalarından elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda agregat stabilitesindeki değişimin çiftlik gübresi

uygulamalarında yeşil gübre uygulamalarından fazla olduğu belirlenmiştir. Düşük organik madde içeriğine sahip topraklarda agregasyonu artırmak için çiftlik gübresi ve yeşil gübre uygulamalarını önermişlerdir.

Maja *et al.* (2017) yaptıkları çalışmada organik marul yetiştiriciliğinin ekonomisi ve verimliliği ile toprak azot dinamikleri üzerine farklı toprak yüzey yönetimleri ile çiftlik gübresi uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. Parsellere çiftlik gübresi uygulamış ve çapalama ile iki farklı malç uygulaması yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre çiftlik gübresi uygulamaları ile bitki N konsantrasyonu, marul verimi ve toprak mineral N konsantrasyonunda artışlar gözlemlenmiş, ayrıca en yüksek verimi de bu uygulamadan elde etmişlerdir.

Moharana *et al.* (2017) yaptıkları altı yıllık arazi denemesinde çiftlik gübresinin ve NPK gübrelerinin tek ve kombine olarak uygulayarak buğday bitkisinin verimi, toprak özellikleri ve mevcut mikro besin maddeleri üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonunda yapılan toprak analizleri ile yapılan tüm uygulamaların karşılaştırılması sonucu pH ve hacim ağırlığının azaldığını, katyon değişim kapasitesi ile organik karbon miktarının artmış olduğunu belirlemişlerdir. Yüzey ve yüzey altından alınan topraklarda yapılan analizlerde çiftlik gübresi+NPK uygulamalarından en yüksek Zn (1,54 ppm) ve Fe (5,68 ppm) değerleri elde edilirken, sadece çiftlik gübresi uygulamalarında en yüksek Mn (6,16 ppm) ve Cu (1,07 ppm) olarak bulunmuştur. Çiftlik gübresi uygulamalarının sürdürülebilir buğday üretimini desteklediğini, topraktaki mikro besin elementlerinin yararlılığını ve toprak özelliklerini geliştirdiğinin önemini ortaya koymuşlardır.

Manojlović *et al.* (2017) organik marul yetiştiriciliğinde büyük öneme sahip olan zemin örtüsü yönetimi ile çiftlik gübresi uygulamalarının kombine etkileri üzerine yeterli bilgi bulunmadığını belirterek organik tarım sertifikalı bir alanda bireysel ve kombine toprak örtüsü ile çiftlik gübresi yönetiminin toprak minerali N ($\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$) dinamiği, marul verimi üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada deneme alanının yarısına çiftlik gübresi uygulanmış ve zemin örtüsü olarak (örtü yok) kontrol, zemin örtüsü yönetimi, çapalama, agrotexitle örtü ve saman malçı uygulanmıştır. Marul verimine çiftlik gübresi ile birlikte yapılan uygulamaların etkileri istatistiki olarak önemli bulunmuş, çiftlik gübresi uygulanmayanlar da ise artış gerçekleşmiş ancak istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Azot dinamikleri üzerinde de çiftlik gübresinin pozitif etkilerini gözlemlenmişlerdir. Sonuç olarak zemin örtü yönetimleri ile birlikte yapılan çiftlik gübresi uygulamalarının toprakta $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonu ve marul verimini pozitif etkilediği sonucuna varmışlardır.

Andriamananjara *et al.* (2018) Madagaskar'da yürütülen çalışmada çeltik tarımı yapılan alanlardaki yoğun kullanım ve yağışların etkisiyle P yetersizliği gösteren toprakların

iyileştirilmesi, fosfor uygulamaları ile çiftlik gübresi uygulamaları yaparak fosforun etkinliğinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Üç yıllık yürütülen çalışmada üçüncü yıl çiftlik gübresinin en yüksek dozu olan 10 ton/ha uygulamasında P kullanım etkinliği %22 bulunmuş, çiftlik gübresi uygulaması yapılmadığında ise %14 bulunmuştur. Ayrıca tane verimi ile P alımı üzerinde olumlu etkiler göstermiştir. Sonuç olarak Çiftlik gübresi uygulamalarının yorgun ve fosforca fakir topraklarda mineral gübre ile uygulandığında gübrelerin verimliliğini arttırılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca organik maddece fakir sulanan pirinç tarlalarında çiftlik gübresi uygulanarak toprak verimliliğinin arttırılabileceğini belirtmişlerdir.

Naveed *et al.* (2018) tarımsal atıklarından ÇG, şeker kamışı posası (ŞP), mezbahane atıkları (MA) ve balıkhane atığı (BA) ile toprak (ZnT) ve yapraktan (ZnY) olmak üzere Zn uygulamalarının mısır verimi ve mısır tanesinin Zn alımı üzerine etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları araştırma, atıklar ile Zn uygulamalarının farklı kombinasyonları ile yalın NPK gübresi verilmek suretiyle 11 uygulamada tam şansa bağlı deneme desenine göre yürütülmüştür. Denemede atıklar, ÇG 10 ton/ha, ŞP 8 ton/ha, MA 2 ton/ha, BA 1 ton/ha dozlarında, Zn uygulaması $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ gübresinden yaprak ve topraktan olmak üzere 16 kg/ha dozunda verilmiştir. Yapılan uygulamaların kontrol ile karşılaştırılması sonucunda; bitki boyu, koçan sıra sayısı, koçan tane miktarı, koçan uzunluğunun uygulamalar sonunda istatistiki olarak önemli ($p \leq 0,05$) artışlar gözlemlenmiştir. En yüksek bitki boyu ŞP+ZnT uygulamasında 234 cm elde edilmiş olup, ÇG+ZnT uygulamasında ise 226 cm bulmuşlardır. Bitki boyunda bütün uygulamalarda kontrole göre (176 cm) artışlar gözlemlenmiştir. Bitki boyuna toprak ve yaprak Zn uygulamalarının etkileri karşılaştırıldığında; ŞP+ZnT uygulaması ile ŞP+ZnY uygulamasına göre %3,22 artış, ÇG+ZnT uygulaması ile ÇG+ZnY uygulamasına göre %2,26 artış gözlemlenmiştir. Koçan sıra sayısı ile tane miktarı en yüksek ŞP+ZnT ve ŞP+ZnY uygulamasından elde edilirken, kontrole göre bütün uygulamalarda artışlar gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, en fazla tohum veriminin ŞP+ZnY uygulamasından, en fazla Zn konsantrasyonu BA+ZnY, en fazla biyoetkinlik ÇG+ZnY uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Atık ve Zn uygulamaları sonucu en fazla Zn biyoetkinliği ile tohum Zn konsantrasyonunu ÇG+ZnY uygulaması ile elde etmişlerdir. İstenilen mısır verimi ve Zn konsantrasyonunun organik atık+Zn uygulamaları ile elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Mitran *et al.* (2018) uzun yıllar boyunca çeltik tarımı yapılan alanda 3 farklı organik gübre (çiftlik gübresi, yeşil gübre ve çeltik samanı) ile inorganik gübre (NPK) ve bu gübrelerin farklı kombinasyonlarının toprağın toplam ve elverişli fosfor miktarı üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar ıslak eleme ile 4 farklı agregat fraksiyonunda (>2 , 2-0,25, 0,25-0,05 ve $<0,05$) toplam ve elverişli fosfor içeriklerini belirlemişlerdir. Yapılan uygulamalar ve

agregat fraksiyonlar ilişkilendirildiğinde araştırmacılar; Agregat boyutlarının küçülmesi ile elverişli ve toplam fosforun arttığını ayrıca çiftlik gübresinin diğer gübre uygulamalarından istatistiksel olarak daha fazla elverişli ve toplam fosfor içeriğinin arttırdığını bildirmişlerdir.

Aritma Çamurunun Tarımda Kullanımı ile İlgili Araştırmalar

Nüfus ve sanayileşmenin artışı ile birlikte artan kanalizasyon atıkları ve sanayi atıkları, depolama problemiyle birlikte çevresel tehditler oluşturmuştur. Bu nedenle bu atıkların yok edilmesi veya çeşitli sektörlerde kullanımı ile bertarafı konusu ortaya çıkmıştır.

Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde fazla miktarda atık su ortaya çıkmaktadır. Bu atık sular içerdikleri zararlı maddelerden ötürü çevreye ve halk sağlığına büyük zararlar vermektedir. Bu atık suların zararlı etkilerini azaltmak için arıtılmaları işlemi ilk olarak 1870 yılında Amerika’da başlamış (Shuval 1990) ve günümüzde pek çok ülke tarafından yapılmaktadır. Atık suların arıtılması sonucu ortaya çıkan çözünmeyen yapıya çamur adı verilmiş ve bu çamur ham ve stabilize olarak ikiye ayrılmıştır. Ham çamur içerisinde patojenik organizmalar içermekte bu nedenle çevresel zararlılığı devam etmektedir. Bu sebeple ham çamur çeşitli biyolojik, termal ve kimyasal yöntemlerle stabilize edilerek çevresel zararı bertaraf edilerek halk sağlığını tehdit etmeyecek şekilde stabilize çamura dönüştürülmektedir (Bilgin vd 2002; Angın 2008).

Dünyada atıkların kullanımı konusunda AB tarafından 86/278/EEC sayılı (Anonim 1986) ve ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından 40 CFR Part 503 sayılı (Anonim 1993) yönetmelikler çıkarılmıştır. Bu yönetmeliklere göre arıtma çamurlarının kullanım standartları sınır değerleri belirlenmiştir. Ülkemizde yapılan yasal düzenlemeler ise resmi gazetenin 09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 11. Maddesi, 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Katı Atıkların Kontrol Yönetmeliği, 01.05.2003 tarih ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri hakkındaki kanunun 2 ve 9. Maddeleri ile en son yapılan 03.08.2010 tarih ve 27661 sayılı Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanım Yönetmeliği’nin 5 ve 6. Maddeleri ile ham ve stabilize arıtma çamurlarının kullanım sınırlamaları belirlenmiştir (Anonim 1983; Anonim, 2003; Anonim 2010; Demirkıran 2017). AB yönetmeliğine göre belirlenen değerler Tablo 1’de, US EPA yönetmeliklerine göre sınır değerler Tablo 2’de, ülkemiz yönetmeliklerine göre belirlenen değerler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 1. Avrupa Birliği Arıtma Çamuru Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonymous 1986)

Ağır Metaller	Arıtma Çamuru (ppm)	Toprak (ppm)	Yıllık Sınır Değer (kg/ha/yıl)
Cd	20-40	1-3	0.15
Cu	1000-1750	50-140	12
Ni	300-400	30-75	3
Pb	750-1200	50-300	15
Hg	16-25	1-1.5	0.1
Zn	2500-4000	150-300	30

Tablo 2. ABD’de Arıtma Çamuru Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonymous 1993)

Ağır Metaller	Arıtma Çamuru (ppm)	Yıllık Sınır Değer (kg/ha/yıl)
As	41-75	2
Cd	39-85	1.9
Cr	1200-3000	150
Cu	1500-4300	75
Pb	300-840	15
Hg	17-57	0.85
Mo	0-75	-
Ni	420	21
Se	36-100	5
Zn	2800-7500	140

Tablo 3. Ülkemizde Toprak ve Arıtma Çamuru Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonim 2010)

Ağır Metaller	Toprak (ppm)		Arıtma Çamuru (ppm)	Yıllık Sınır Değer (g/da/yıl)
	pH 6-7	pH>7		
Pb	70	100	750	225
Cd	1	1.5	10	3
Cr	60	100	1000	300
Cu	50	100	1000	300
Ni	50	70	300	90
Zn	150	200	2500	750
Hg	0.5	1	10	3

Ayrıca US EPA ve AB yönetmeliklerine göre stabilizasyon yöntemleri ve mikrobiyolojik özellikleri dikkate alınarak A ve B sınıfı olmak üzere arıtma çamurları ikiye ayrılmaktadır. A sınıfı arıtma çamurları; US EPA’ya göre doğrudan temas için uygun olan (Meyve-sebze üretimi, yumrulu bitkiler, yem bitkileri gibi ürünlerde direkt kullanılan), AB’ye göre ise yüksek standart olarak belirtilen ve tarımsal faaliyetler de kısıtsız kullanılabilen arıtma çamurlarıdır. B sınıfı arıtma çamurları ise; US EPA’ya göre toprakta ve bitkisel üretimde kısıtlı kullanılabilen (Araziye uygulandıktan sonra belli inkübasyon periyodu sonunda hasat edilmek kaydıyla), AB’ye göre ise geleneksel standart olarak belirtilen tarımsal faaliyetlerde kısıtlı kullanılabilen (Araziye uygulandıktan sonra belli inkübasyon periyodu sonunda halk temasına açmak ve bitkilerin hasat edilmesi kaydıyla) arıtma çamurlarıdır (Anonymous 1993; Epstein 2003). US EPA standartları incelendiğinde A sınıfı arıtma çamuru için *Salmonella* spp.

miktarının <3 MPN 4 grKM ve *E.coli* miktarının <1000 MPN grKM olması gerektiği, B sınıfı sınıfı arıtma çamurları için *E.coli* miktarının <2 milyon MPN grKM olması gerektiği bildirilmiştir (Anonymous 1993). Ülkemizde ise ‘Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik’ incelendiğinde arıtma çamurlarının stabilizasyonları sonucunda tarım alanlarında kullanımı için *E.coli* miktarının <2 log10 (%99)’un altına indirgenmesi gerektiği belirtilmektedir (Anonim 2010). Ayrıca US EPA yönetmeliklerine göre B sınıfı arıtma çamurlarının koliform içerik ve miktarını izin verilen sınır değerlerin altına indirmek için;

- Aerobik stabilizasyon,
- Hava ile kurutma,
- Aneorobik çürütme,
- Kompostlama,
- Kireç stabilizasyonu,

gibi stabilizasyon yöntemlerinin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Anonymous 1993; Bilgin vd 2002; Angın 2008; Aşık 2011).

Arıtma çamurlarının yüksek organik madde ve bitki besin elementi içerikleri sebebiyle gübre ve toprak düzenleyici olarak kullanılabileceği konusunda birçok araştırma bulunmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Epstein (1975) arıtma çamuru uygulamalarının toprakların STK, Hİ, AS değerleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla toprağa %5 AÇ uygulamış ve toprakları 15, 25, 35°C sıcaklıkta 75 gün inkübasyona bırakmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre AÇ uygulamaları ile toprağın TK ve SN değerleri artmış, ancak yarayışlı nem miktarındaki değişimin önemsiz olduğunu gözlemlemiştir. Hİ değerinin arttığını ancak uygulamanın 50 ile 80 gün sonrasında azalıp kontrole yaklaştığını, AS değerinin ise arttırdığını bildirmiştir.

Epstein *et al.* (1976) yaptıkları çalışmada iki farklı pH’ya (pH 5,5-6; pH 6,5-7) sahip 2 toprağa 0, 40, 80, 120, 240 t/ha dozlarında AÇ ve kompost uygulayarak toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini değişimleri gözlemlemiştir. Yapılan uygulamalar sonucu tuza duyarlı bitkilerin etkileneceği seviyeye kadar toprak tuz içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Toprağın KDK değerini kompost ve AÇ uygulamasıyla 3 kata kadar arttığını, Azot seviyesinin ise 15-20 cm derinlikte arttığını daha derine gidildikçe azaldığını, fosfor seviyesinin ise önemli derecede arttığını vurgulamışlardır. Ayrıca toprağın STK, Hİ ve AS değerlerinin arttığını bildirmişlerdir.

Mellbye (1979) tatlı mısır verimi, besin elementi içerikleri ve toprak özellikleri üzerine yanlış kanalizasyon atıklarının etkilerini sera ve tarla denemeleri yaparak inceleyen

araştırmacı, çalışma sonunda yapılan uygulamalar ile değişebilir Ca ve elverişli P, toplam P, Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Cr içeriği ile DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn, Cd, Cu ve Pb içeriği arttığını, DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn içeriği azaldığını, ekstrakte edilebilir Ni, Cr, değişebilir Mg, K, Na miktarlarında önemli bir değişiklik olmadığını belirlemiştir. Yanmış kanalizasyon atıklarının uygulandığı parsellerde verimin arttığını, bitki P içeriğinin yükseldiğini, yapraklarda Zn, Ca, Mg, P, B, Mo içeriğinin arttığını, K ve Mn içeriklerinin azaldığını belirtmiştir. Sonuç olarak tatlı mısır yetiştiriciliği için yanmış kanalizasyon atıklarının alternatif bir besin kaynağı olabileceğini ve atık yönetimi için bir alternatif oluşturabileceğini vurgulamıştır.

Maync and Venter (1980) arıtma çamuru uygulamalarının üç farklı toprakta toprakların EDTA'da çözünebilir Cd, Ni, Cr, Cu ve Zn içerikleri üzerine etkilerini inceledikleri araştırmada, uygulamalar ile EDTA'da çözünebilir Cd, Ni, Cr, Cu, Zn içeriklerini ve toplam Cd, Ni, Cr, Cu, Zn içeriğinin EDTA'da çözünebilir miktarlarına oranında artışlar gözlemlemişler, ancak 14 ay boyunca yapılan bitkisel üretim üzerinde herhangi bir değişim gözlemlememişlerdir. Kullanılan 3 farklı toprakta devam eden uygulamalar ile EDTA'da çözünebilir ağır metal içeriklerindeki değişim arasındaki ilişki incelendiğinde meydana gelen değişimin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Kirkham (1980) toprağın farklı derinliklerine (0-2 cm; 18-20 cm) yapılan AÇ uygulamalarının buğday bitki gelişimi ve besin elementi alımı üzerine etkilerini incelediği araştırmada, kök kuru ağırlığının 0-2 cm uygulamasında 18-20 cm uygulamasında göre 2,4 kat arttığını, kök gelişiminin ise 18-20 cm derinlikte daha üretken olduğunu, ancak iki derinlik incelendiğinde toplam kök ağırlığının birbirine yakın olduğunu bildirmiştir. Topraktaki ekstrakte edilebilir Zn, Cu ve Cd miktarı 18-20 cm derinlikte 0-2 cm derinliğe göre daha düşük olduğunu bulmuştur. 0-2 cm derinliğe yapılan AÇ uygulamalarında bitki sürgünlerindeki Cu ve Cd miktarlarının en yüksek değere ulaştığını, köklerdeki en yüksek Cu ve Cd miktarlarının ise 18-20 cm uygulamasından elde ettiğini belirtmiştir. Sonuç olarak maksimum kuru madde üretimi için çamur uygulamalarının yüzeye yapılmasını ve köklerden sürgünlere taşınan ağır metal miktarını azaltmak için ise uygulamanın yüzey altına yapılması gerektiğini tavsiye etmiştir.

Sposito *et al.* (1982) iki farklı kurak alanda arıtma çamuru uygulamaları yapmak suretiyle toprağın iz element içeriklerindeki değişimi izlemek için yaptıkları çalışmada, yılda iki kez olmak üzere tam şansa bağlı deneme desenine göre 0, 22,5, 45, 90 t/ha/yıl dozlarında arıtma çamuru uygulayarak arpa ve sorgum bitkisi yetiştirmişlerdir. Deneme sonunda alınan toprak örneklerinde bulunan iz elementlerinin hangi formda ve ne miktarda olduklarını belirlemişlerdir. Her iki alanda da yapılan uygulama ve doza bağlı olarak toplam iz element

içeriklerinde değişimler gözlemlenmişlerdir. Yapılan uygulamalar ile kütle yoğunluğunun azaldığı bu sayede iz elementlerin birikiminin arttığını belirtmişlerdir.

Pietz *et al.* (1983) arıtma çamuru uygulamasının toprak ve mısır bitkisinin ağır metal konsantrasyonlarına etkilerini inceledikleri 1973-1977 yılları arasında yaptıkları 4 yıllık arazi çalışmasında 258 t/ha AÇ uygulamış ve araştırma sonuçlarına göre AÇ uygulaması ile 0-15 cm toprak derinliğinde 0,1 M HCl ile ekstrakte edilebilir Cd, Cu, Ni, Zn miktarlarında önemli artışlar gözlemlenmişlerdir. Bitki ağır metal içeriklerinde ise yaprak ve tohum aksamalarında Cd ve Zn içeriklerinin her yıl önemli ölçüde arttığını, en yüksek değerlere ise 1977 yılında yapraklarda 28,7 ppm Cd ve 200 ppm Zn olarak bulmuşlardır. Ni içeriklerine bakıldığında tohumlardaki birikimin önemli ölçüde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bitki tarafından alınan Ni'in 1977 yılında önemli derecede arttığını, Cd ve Zn'daki artışların ise her yıl önemli bulunduğunu vurgulayan araştırmacılar mısır bitkisinde gerçekleşen ağır metaller miktarlarındaki artışı Cd>Zn>Ni>Cu şeklinde sıralamışlardır.

Higgins (1985) kurutulmuş arıtma çamuru uygulamalarının toprak, bitki ve yeraltı sularındaki ağır metal içerikleri üzerine etkilerini incelediği 4 yıllık çalışmada, 3 yıl haziran ayında 0-22,4-44,8 t/ha AÇ dozları uygulayarak mısır ve çavdar bitkisi yetiştirmiştir. Deneme sonunda yaptığı toprak, bitki, su analizleri sonuçlarına göre 22,4 t/ha AÇ uygulaması ile su kalitesinin değişmediği 44,8 t/ha AÇ uygulamasında ise nitrat ve diğer tuz bileşiklerinde artışlar gözlemiştir. Ancak yer altı sularında ağır metal kirliliğinin söz konusu olmadığını, toprak analizlerinde A horizonunda Zn ve Cu miktarında artış gözlemlenmiş, B horizonunda önemli bir değişimin olmadığını, bitki verimlerine bakıldığında AÇ uygulamaları ile mısır ve çavdar verimlerinin büyük ölçüde arttığını ancak dozlar arasında önemli bir fark olmadığını bulmuştur. Uygulamalar neticesinde bitkilerde ağır metal alımının arttığını, fakat sadece Zn elementindeki değişimin kontrole göre önemli olduğunu vurgulamıştır.

MacLean *et al.* (1987) arıtma çamuru uygulamasının toprak ve bitki dokularındaki ağır metal içeriklerine etkilerini inceledikleri çalışmada, toprağın Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni ve Zn içerikleri toprakta olması gereken sınır değerlerini geçmeyecek şekilde sırasıyla 0,11-0,56-3,59-2,72-0,068-1,49 ve 2,57 ppm olarak artırdığını bulmuşlardır. Çalışmada kullanılan çim ve baklagil yem bitkileri tarafından alınan ağır metallerden Cd, Cu ve Zn seviyelerinde artış gözlemlenmiş ancak bu artışın sadece Cu elementinde önemli olduğunu belirtmişlerdir. AÇ uygulamaları ile bitkilerde elde edilen en yüksek ağır metal konsantrasyonlarını Cd 0,50 ppm, Cr 1,22 ppm, Cu 12,3 ppm, Pb 1,54 ppm, Hg 0,022 ppm, Ni 0,48 ppm ve Zn 28,4 ppm olarak bulmuşlardır.

Bidwell and Dowdy (1987) arıtma çamuru uygulamalarının toprak ve mısır bitkisinin ağır metal içeriklerine uzun süreli etkilerini inceledikleri araştırmalarında, üç yıllık arıtma çamuru uygulamasını (0, 60, 120, 180 t/ha) takiben 6 yıl boyunca toprak ve bitki örnekleme yapılmıştır. AÇ uygulamaları sonucu her yıl kontrole göre stover (sap+yaprak) Cd ve Zn içeriğinin yıllara ve dozlara bağlı olarak doğrusal arttığını belirtmişlerdir. Stover ve tane Cr, Cu, Ni, Pb konsantrasyonlarındaki değişimin düzensiz gerçekleştiğini, yapılan uygulamalar sonunda sadece Cd içeriğinin Ulusal Araştırma Konseyi'nin tolerans seviyesi olan 0,5 ppm'i geçtiğini vurgulamışlardır. Bitki Cd alımını incelediklerinde zamanla ters orantılı olarak önemli derecede ($p<0,01$) azaldığını, Zn alımının da Cd alımı kadar olmasa da azaldığını bulmuşlardır. Sonuç olarak DTPA ve HNO_3 ile ekstrakte edilebilen topraktaki Cd ve Zn içeriği ile bitki alımı arasında yüksek oranda korelasyon bulmuşlar, ancak bu korelasyonun güvenilirliğinin araştırılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Yarı kurak güneybatı ABD'de mera üretkenliğini sınırlayan en büyük faktörün düşük toprak organik madde içeriği ve elverişli N miktarı olduğunu belirten Fresquez *et al.* (1990), üç farklı dozda (22,5-45-90 t/ha) arıtma çamuru uygulayarak toprağın kimyasal ve ağır metal içerikleri ile iki yetiştirme sezonunda mavi grama çimi (*Bouteloua gracilis*), galeta çimi (*Hilaria jamesii*), ispirto kuyruğu (*Sitanion hystrix*) mera bitkilerinin verim ve kalite özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre özellikle topraktaki N, P, K içerikleri olmak üzere besin elementi içeriklerinde artışlar gözlemlenmiştir. İkinci sezon sonunda toprak pH değerinin 7,8'den 7,4'e düştüğü, çözünebilir Pb ve Cd miktarında önemli bir artışın olmadığını, DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu, Mn ve Zn içeriklerinin AÇ uygulamaları ile doğrusal olarak arttığını ve bitki gelişimi için yeterli seviyelere ulaştığını belirtmişlerdir. Bütün türler için en yüksek toplam bitki verimi 45 t/ha AÇ uygulamasından elde etmiş, *Bouteloua gracilis* bitkisinin verimi kontrole göre 2-3 kat arttığını belirtmişlerdir. Yapılan AÇ uygulamaları ile bitki dokularının N, P, K ile ham protein içeriklerinde doğrusal olarak önemli artışlar gözlemlenmiştir. Bitki dokularında bulunan mikro element içeriklerinde de artışlar belirleyen araştırmacılar 45 t/ha AÇ uygulamasından en uygun toprak ve bitki örtüsü sonuçlarını elde etmişlerdir.

Hernández *et al.* (1991) düşük organik madde içeren kireçli topraklara uygulanan arıtma çamurunun arpa ve mısır bitkisinin verimi ile makro besin ve ağır metal içerikleri, toprak besin elementleri ve ağır metal içerikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre AÇ ilavesi ile toprak Zn, Pb, N ve P içeriği artarken K içeriğinde bir değişimin olmadığını, Fe içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir. Mısır ve arpa bitkilerinin verimlerinin arttığını, arpa bitkisinde verim arttıkça N ve K miktarının arttığını, mısırdaki ise verimle birlikte K içeriğinin

arttığını bulmuşlardır. AÇ uygulanan parsellerde yetişen bitkilerin kontrole göre Fe, Cu ve Zn miktarlarında artışlar gözlemişlerdir. Sonuç olarak bitkilerin ağır metal absorpsiyonunun bitki türüne bağlı olduğunu vurgulamışlardır.

Smith (1994) toprak pH'sının arıtma çamuru uygulanmış topraklarda çavdar bitkisinin Ni, Cu ve Zn konsantrasyonları üzerine etkisi ile çavdar bitkisinde bu elementlerin fitotoksosite seviyeleri belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, pH 4,2-7 aralığında toprak pH' sını artıran elementlerin çavdar bitkisindeki konsantrasyonlarının azaldığını, pH'da meydana gelen değişimlerle Cu konsantrasyonunda meydana gelen değişimin Zn ve Ni elementine göre daha hassas olduğunu belirtmiştir. Çavdar veriminin toprak pH'sı artışıyla gerçekleştiğini, bundan bitkinin Zn alımıyla ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Düşük pH koşullarında bu üç elementin belirlenen sınırların altında bulmuş ve pH 7 şartlarında bu sınır değerlerin daha yüksek olduğunu belirterek, alkali topraklarda arıtma çamurlarının güvenle kullanılabileceğini tavsiye etmiştir.

Tsadilas *et al.* (1995) arıtma çamuru uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve ağır metal içerikleri ile mısır ve buğday bitkilerinin gelişimine etkilerini inceledikleri saksı denemesinde, toprak pH, OM içeriği, EC, P içerikleri üzerinde önemli değişimler gözlemlemişlerdir. OM içeriği, P ve EC parametrelerinde artışlar gözlenmiş, pH parametresinde de diğer parametrelere nazaran az olmakla birlikte artışın olduğunu belirtmişlerdir. Ağır metal içeriklerinde ise toplam Cu ve Zn miktarlarında artışlar gözlemlemiş ancak bu artışların sınır değerlerin altında olduğunu bulmuşlardır. DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd, Ni, Cu ve Zn konsantrasyonlarında önemli artışlar gözlemlemiş, Fe ve Mn içeriklerinin ise pH değişimleriyle ilişkili olarak azaldığını belirtmişlerdir. Mısır ve buğday bitkilerinin ağır metal içerikleri incelendiğinde Fe hariç tüm ağır metallerin miktarlarında artışlar gözlemlemiş, bu artışın toksik seviyelerin altında gerçekleştiğini vurgulamışlardır.

Banerjee *et al.* (1997) arıtma çamuru uygulamalarının toprakların C:N oranı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; 0, 50, 100 t/ha arıtma çamuru uygulamışlardır. Çalışma sonunda yapılan analizler neticesinde arıtma çamuru uygulamaları ile bitki kök bölgesinde 36:1 olan C:N oranının 20:1'e kadar arttırıldığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak arıtma çamuru uygulamalarının toprağa N kaynağı sağlandığı bu sayede mikroorganizma aktivitelerini ile birlikte enzim aktivitelerini de arttığı, dolayısıyla N mineralizasyonunu desteklemek suretiyle C:N oranını düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Navas *et al.* (1998) Zaragoza şehri yakınlarındaki Ebro vadisi topraklarının yanlış arazi yönetimleri sonucu degrade olduğunu vurgulayan araştırmacılar, bu alanların geri kazanımı ve bitki örtüsünün yeniden geliştirilmesi amacıyla topraklara 0, 40, 80, 160 ve 320 t/ha dozlarında

arıtma çamuru uygulamış, bazı toprak özelliklerini incelemişlerdir. Deneme sonuçlarına göre yapılan artan uygulamalar ile EC değerinin arttığını, pH değerlerinde önemli azalmalar olduğunu belirlemişlerdir. Toprakların OM, katyon ve ağır metal içeriklerinde artışlar belirlemiş, bu artışların sınır değerleri aşmadığını vurgulamışlardır. Kütle yoğunluğunun uygulama dozunun artışıyla azaldığını (kontrolde 1,25 iken 320 t/ha dozunda en düşük 1 g/cm³), toprak porozitesinin uygulama dozunun artışıyla arttığını (kontrolde %38 iken 320 t/ha dozunda en yüksek %49) belirtmişlerdir. Denemede arpa bitkisi yetiştirilmiş ve en yüksek bitki boyunun (52,33 cm) 320 t/ha uygulamasından, en yüksek bitki biokütlesinin (575 g/m²) ise 160 t/ha uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak yarı kurak iklime sahip bölgelerde bozulmuş toprakların geri kazanımı için arıtma çamuru uygulamalarının bir ıslah materyali olarak kullanılabileceğini, ancak toprak ve kullanılacak arıtma çamurunun özelliklerinin iyi bilinmesinin önemine değinen araştırmacılar buna göre doz belirlenmesi gerektiğini (tuzluluk açısından) vurgulamışlardır.

Abd-alla *et al.* (1999) yaptıkları çalışmada ağırlık esasına göre %20, %30, %40 ve %50 oranında arıtma çamuru uygulanmış çöl topraklarında bakla, acı bakla ve soya fasulyesi bitkilerinin gelişimi, nodülasyonu ile azot fiksasyonu üzerine etkileri inceledikleri sera denemesinde; %20 ve %30 AÇ dozlarında bitkilerin incelenen özelliklerinin önemli düzeyde arttırıldığını, %40 ve %50 dozlarında ise azaldığını belirtmişlerdir. Yüksek dozlarda meydana gelen azalmanın arıtma çamurlarının içerdikleri ağır metallerin toksik etkilerinden kaynaklandığını belirterek, çöl topraklarına uygun dozlarda uygulanan arıtma çamurlarının baklagillerin verimini büyük ölçüde arttırabileceğini vurgulamışlardır.

Perez-Espinosa *et al.* (2000) kireçli topraklara yapılan arıtma çamuru uygulamalarının toprakların tuz ve fiziko-kimyasal özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; 0, 30, 60 t/ha dozlarında arıtma çamuru uygulamış ve toprakların pH, EC, KDK, %DK parametrelerindeki değişimleri gözlemlemişlerdir. Yapılan analizler sonucuna göre; dozların artışıyla birlikte pH azalmış, EC değeri önemli derecede artmıştır. Değişebilir katyon içeriklerinde ise Ca ve Na içeriklerinin arttığını, Mg ve K içeriklerinin azaldığını, KDK'nın dozlara bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir.

Withers *et al.* (2001) yaptıkları çalışmada topraklarda TSP gübresi, sıvı çiftlik gübresi (SÇG), sulu artıma çamuru (SAÇ) ve susuzlaştırılmış arıtma çamuru (AÇ) uygulanan topraklarda yapılan yıkama sonucu P taşınımı üzerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre yıkama sonucu taşınan P miktarı sırasıyla TSP>SÇG>SAÇ>AÇ şeklinde değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak AÇ

uygulamaları yaparak topraklarda meydana gelebilecek P transfer riskinin azaltılabileceğini vurgulamışlardır.

Speir *et al.* (2003) arıtma çamuru uygulamalarının toprak ve bitki ağır metal içerikleri üzerine etkilerini araştırmak amacıyla %15 kuru madde içeren arıtma çamurunu 8 ha'lık alana 9300 t uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre toprak pH'sının azaldığını, topraktaki Cu, Ni, Zn konsantrasyonlarında arttığını gözlemlemiş, bitkide ise Zn seviyelerinde önemli artışlar bulmuşlardır. Yapılan uygulama sonucu pH da meydana gelen düşüşün Zn alımı ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Mohammad and Athamneh (2004) marul bitkisinin verimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri üzerine farklı dozlardaki arıtma çamuru uygulamalarının etkilerini inceledikleri çalışmada, 0, 20, 40, 80, 160 t/ha dozlarında arıtma çamuru ve ayrıca tek doz (80 kg/ha) DAP gübresi uygulamışlardır. 8 haftalık yetiştirme periyodu sonunda bitkiler hasat edilmiş, kuru ve yaş ağırlıkları, toprak ve bitki örneklerinde çeşitli analizler yapmışlardır. Dozlara bağlı olarak bitki kuru ve yaş ağırlıklarında önemli artışlar gözlemleyen araştırmacılar en yüksek artış benzer olmak üzere 80 (Kuru-yaş ağırlık; 52,25-636,3 g/bitki) ve 160 t/ha (Kuru-yaş ağırlık; 51,75-721,3 g/bitki) dozlarında bulmuşlardır. DAP uygulaması ile 20 ve 40 t/ha AÇ uygulamaların bitki verimi üzerine etkilerinin benzer olduğunu belirtmişlerdir. Dozlara bağlı toprak makro-mikro besin elementleri ile ağır metal içeriklerinin, EC, OM miktarının arttığını, toprak pH'ının ise azaldığını belirtmişlerdir. Bitkideki besin elementi ve ağır metal içeriklerinin de dozlara bağlı olarak arttığını bildiren araştırmacılar, elde ettikleri sonuçlara göre yüksek dozlarda bitki ağır metal içeriklerinin artması sebebiyle birlikte ve DAP uygulamasıyla benzer verimin elde edildiği 40 t/ha AÇ uygulamasının kullanımının bitki ve toprak kalitesini koruyacağını vurgulayarak, en uygun arıtma çamuru dozunun 40 t/ha olmasını tavsiye etmişlerdir.

Adani and Tambone (2005) arıtma çamurlarının tarım topraklarında gübre olarak kullanılabilirliğini araştırmak için yaptıkları çalışmada, 1991 yılında başlanarak 10 yıl boyunca 1 t/ha/yıl dozunda kurutulmuş arıtma çamuru uygulayarak toprakların çeşitli kimyasal özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Deneme sonunda yapılan analizlere göre kontrolle karşılaştırıldığında arıtma çamuru uygulamaları ile meydana gelen değişimlerin önemsiz olduğunu belirterek, bu sonucun arıtma çamuru dozunun düşük olmasından kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Kidd *et al.* (2007) uzun dönemli arıtma çamuru uygulamalarının toprak ve bitkilerin P, Mn ve Zn alımı üzerine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, 10 yıl boyunca iki yılda bir arıtma çamuru verilen alandan ve arıtma çamuru uygulanmamış alandan alınan toprak

örneklerinde sera şartlarında iki yabancı bitki türü (*Alyssum serpyllifolium*, *Cistus ladanifer*) ve bir mısır çeşidi (*Zea mays*.) yetiştirmişlerdir. Araştırmacılar toprak ve bitkideki metallerin davranışlarının metalin, arıtma çamurunun, toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin ve bitki türünün doğasına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini belirterek, AÇ uygulaması ile toprakların pH, elverişli P, değişebilir Ca-Mg-K, ekstrakte edilebilir Mn, Zn ile indirgenebilir Mn ve Zn konsantrasyonlarında artışlar belirlemişlerdir. Gözlemlenen metal artışlarına rağmen bitki kök konsantrasyonlarında önemli bir artışın meydana gelmediğini, bunun yanı sıra bitki türüne bağlı olarak bitki dokularının Mn ve Zn konsantrasyonlarının bitki eksiklik seviyesinde olduğunu vurgulamışlardır.

Singh and Agrawal (2008) yaptıkları çalışmada arıtma çamurlarının tarım topraklarına uygulanmasının potansiyel fayda ve zararlarını irdelemiş ve bu konular üzerine yapılan çalışmaları derlemişlerdir. Atık suların arıtılmasından sonra elde edilen arıtma çamurlarının atıkların bertaraf yöntemlerinin alternatiflerinden biri olduğunu, organik ve inorganik besin elementleri bakımından zengin olmaları sebebiyle kimyasal gübrelerin yerini alabileceğini belirten araştırmacılar içerdikleri yüksek ağır metal içeriklerinin arıtma çamurlarının kullanımını sınırlandırdığını vurgulamışlardır. Ayrıca arıtma çamurlarının toprakların gözeneklilik, hacim ağırlığı, KDK, STK gibi fiziksel özelliklerinde meydana getirdiği iyileştirmeler sebebiyle toprak düzenleyici olarak kullanılabilirliği konusunda bilgiler vermişlerdir. Arıtma çamurlarının toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirmesinin yanı sıra toprak biyoloji-mikrobiyolojisi üzerine olan etkilerini incelediklerinde, içerdikleri yüksek organik madde miktarının mikrobiyal aktiviteyi arttırdığını, dolayısıyla enzim faaliyetlerinin arttığını ve böylece toprakların verimlilik üretkenlik potansiyellerinin geliştirilebileceğini belirtmişlerdir. Tüm bunlar birlikte ele alındığında ağır metallerin olumsuz etkilerinin ortaya çıkmasını engellemek koşuluyla toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinin geliştirilmesi, atıkların olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması gibi hususlar ışığında arıtma çamurlarının tarımda kullanılabilirliği konusunda önemli bilgiler aktarmışlardır.

Wang *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada, arıtma çamuru uygulamalarının toprak ve seçilen iki doğal çim türü üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çin’de yürütülen arazi çalışmasında 0, 15, 30, 60, 120, 150 t/ha dozlarında AÇ uygulanmış ve iki farklı çim türü olan *Zoysia japonica* ile *Poa annua* bitkileri ve mısır (*Zea mays*.) bitkisi yetiştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre toprak OM içeriği, besin elementi ve ağır metal konsantrasyonlarında artışlar belirlemiş, ayrıca bitkilerin biyokütlesinin arttığını, çim yetiştirme periyodunun uzatıldığını belirlemişlerdir. Yapılan uygulamalar sonucu toprağa verilen ağır metal içeriklerinde meydana gelen değişimleri irdeleyen araştırmacılar Çin Çevresel Kalite Standartlarına göre A grubu sınır

değerlerinin aşılmadığı, ancak B grubu sınır değerlerinin aşıldığını belirterek, kullandıkları arıtma çamurunun orman, mera ve fidanlık gibi alanlarda kullanılabileceğini tavsiye etmişlerdir.

Tamrabet *et al.* (2009) yarı kurak iklim koşullarında arıtma çamuru uygulamalarının durum buğdayının (*Triticum durum* Desf.) büyüme ve verim unsurları üzerine etkilerini inceledikleri sera çalışmada, 20, 30 ve 40 t/ha dozlarında arıtma çamuru uygulamış ve araştırma sonuçlarına göre tane verimi ile verim bileşenlerinde özellikle başak ve saman veriminde dozlara bağlı olarak önemli artışlar gözlemlemişlerdir. Yarı kurak iklim koşullarında makarnalık buğday verimini arttırmak ve atıkların güvenli bertarafının sağlanması açısından arıtma çamuru uygulamalarının kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Lakhdar *et al.* (2010) tuzdan etkilenmiş alanlara yapılan çöp kompostu ve arıtma çamuru uygulamalarının enzim aktiviteleri ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla bir laboratuvar çalışması yürütmüşlerdir. Çalışmada atıklar 40 ve 80 t/ha dozlarında toprağa karıştırılmış ve 70 gün inkübasyona bırakılmışlardır. Ardından analize alınan toprak örneklerinde enzim aktivitelerinin, özellikle karbon ve azot içeriği olmak üzere toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştirildiğini belirtmişlerdir. Enzim aktivitelerine bakıldığında, her iki atık ve dozlarının enzim aktivitelerini arttırdığını ancak en yüksek artışı 40 t/ha ÇK uygulamasından elde ettiklerini bildiren araştırmacılar, 80 t/ha AÇ uygulamasının toprak tuz ve ağır metal içeriklerini arttırması nedeniyle faydalı etkilerinin diğer doz ve uygulamalara nazaran az olduğunu vurgulamışlardır. Sonuç olarak 40 t/ha ÇK uygulamasının tuzdan etkilenmiş alanlara uygulanarak optimum biyolojik aktivite elde edilebileceğini bildirmişlerdir.

Kurak bölgelerin degrade olmuş topraklarının geri kazanımı için ilk adımın odunsu bitki örtüsü geliştirilmesi olduğunu, verimsiz alanlarda fidan yetiştiriciliği için organik atıkların kullanımının tercih edilebileceğini bildiren Fuentes *et al.* (2010) yaptıkları çalışmada İspanya’da bozulmuş topraklara havada kurutulmuş arıtma çamuru ve kompostlanmış arıtma çamuru uygulayarak toprak özelliklerinde meydana gelen değişiklikler ile çam fidanlarının (*Pinus halepensis*) gelişim durumlarını incelemişlerdir. Çalışmada organik atıklar kuru ağırlıkları 0, 15, 30, 45 ve 60 t/ha dozlarında olacak şekilde fide çukurlarına uygulanmış, araştırma sonuçlarına göre organik atığın çeşidi ve dozuna bağlı olarak incelenen toprak özelliklerinden toprak organik maddesi, EC ve besin elementi içeriklerinin arttığını, özellikle topraktaki N ve P miktarlarındaki artışlar ile gide büyümesinin desteklendiğini bildirmişlerdir. Uygulama sonrasındaki 1 ve 3. yıllarda yüksek doz uygulanan fidanlarda gelişim geriliği gözlemlemiş bu etkinin yoğunlaşan kuraklık etkilerinden ve bitkinin yeterli su alamamasından

kaynaklandığını vurgulamışlardır. Sonuç olarak kurak ve bozulmuş topraklarda fide oluşturma ve geliştirme periyodunda düşük ile orta doz organik atıkların kullanımının daha etkili olabileceğini tavsiye etmişlerdir.

Angin and Yaganoglu (2011) Iğdır ili Aralık ilçesinde bulunan rüzgâr erozyonunun etkisi altında kalana toprakların organik madde içeriğinin arttırılarak geri kazılması amacıyla topraklara 40, 80, 120 t/ha arıtma çamuru uygulayarak arpa (*Hordeum vulgare*) ekmişlerdir. Arazi şartlarında 2004-2007 yılları arasında yürütülen arazi çalışmasında AÇ uygulamalarının toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli derecede arttırmasının yanı sıra arpa bitkisinin veriminde de artışlar gözlemlenmiştir. Arpa veriminde gerçekleşen artışın tatminkâr olmadığını, bu sebeple yıllık 40t/ha dozunda AÇ uygulamasının yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

Méndez *et al.* (2012) arıtma çamurlarının pirolitik yöntemlerle biyokömüre dönüştürülerek tarım alanlarında kullanımına değinen araştırmacılar, arıtma çamurları ile karşılaştırmalı çalışmaların bulunmadığını belirterek bu yönde bir araştırma yapmışlardır. Akdeniz yöresi topraklarına ağırlık esasına göre %4 ve %8 oranlarına AÇ ve piroliz sonucu elde edilen biyokömür (BK) uygulamışlar ve 200 günlük inkübasyon periyodu sonunda toprakların AS, TK, SN, toprak havalanması, bitkilere elverişli Cu, Ni, Zn, Cd, Pb içerikleri ile mobil ve sızan formları üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Biyokömür uygulamaları ile topraktaki Cu, Ni, Zn, Cd, Ni ve Pb elementlerinin incelenen bütün formlarında AÇ uygulamalarına göre meydana gelen artışın daha az olduğunu bildirmişlerdir. Toprak havalanmasında $K < BK8 < BK4 < AÇ4 < AÇ8$ şeklinde artışlar gözlemlenmiştir. Tarla kapasitesindeki değişimlerin $K = AÇ4 < BK4 < AÇ8 < BK8$ şeklinde, solma noktasındaki değişimlerin ise $K < BK4 < AÇ4 < BK8 < AÇ8$ şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Agregat stabilitesi ise $BK8 < BK4 < K < AÇ4 < AÇ8$ şeklinde bulmuşlardır. Arıtma çamurunun dönüştürülmesi sonucu elde edilen biyokömürün uygulandığı toprakların bitkilere elverişli ağır metal miktarlarının AÇ uygulamalarına göre daha düşük olduğunu bildirerek, Akdeniz Bölgesi topraklarında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca kumlu tınlı topraklara uygulanan AÇ'den elden edilen biyokömür uygulamalarının toprakların yarayışlı su miktarı ve tarla kapasitelerini önemli derecede arttırdığını, fakat AÇ uygulaması ile agregat stabilitesi yüzdesinin arttığını bildirmişlerdir.

Černý *et al.* (2012) silajlık mısırın (*Zea mays* L.) verimi ve N kullanım etkinlikleri üzerine mineral N' lu gübre ve AÇ uygulamaların etkilerini inceledikleri arazi çalışmasında toprağa 0, 60, 120, 180, 240 kg (N)/ha dozlarında mineral gübre ile 120, 240 kg (N)/ha AÇ uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek verimin 240 kg (N)/ha mineral gübre

uygulamasından elde edildiğini belirten araştırmacılar kontrole göre %35’lik artış, AÇ uygulamalarında ise 120 kg (N)/ha dozunda %19, 240 kg (N)/ha dozunda ise %25 artış bulmuşlardır. N kullanım etkinlikleri incelendiğinde AÇ ve mineral gübre uygulamaları karşılaştırıldığında mineral gübre uygulamalarında stabil değişimler gözlenmiş, AÇ uygulamalarında ise büyük farklılıklar bulmuşlardır. Sonuç olarak uygulamaların verime olan etkilerinden dolayı arıtma çamurunun mineral gübrelerin %55-65’ine eşdeğer olduğunu belirtmişlerdir.

Motta and Maggiore (2013) 2006-2008 yılları arasında yürüttükleri araştırmada AÇ ve üre gübresinin farklı doz ve kombinasyonlarının mısır bitkisinin verimi ile N kullanım etkinliklerine olan etkilediklerini incelemişlerdir. Çalışmada 0, 5, 10 t/ha dozlarında AÇ ve 0, 100, 200 kgN/ha dozlarında üre kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre birinci yıl elde edilen en yüksek tane verimini 10 t/ha AÇ uygulamasında $16,17 \pm 0,97$ t/ha, üre uygulamasında ise $17,52 \pm 0,68$ t/ha olarak bulmuşlardır. Yıllar arasındaki N kullanım etkinliklerindeki önemli artışlar belirlemişlerdir. Verim, N alımı ve N kayıpları arasında lineer korelasyon belirlemişlerdir.

Koutroubas *et al.* (2014) arıtma çamuru uygulamalarının toprakların verimlilik ve fiziksel özellikleri ile buğday verimi üzerine olan etkilerini inceledikleri arazi çalışmasında, 20, 40, 60 t/ha AÇ dozları ile 120 kg/ha N ve 80 kg/ha P_2O_5 mineral gübreleri uygulamak suretiyle buğday gelişimi, verimi, N alımı ve mikro besin elementi içeriklerini belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre AÇ uygulamalarının mineral gübre uygulamalarına oranla daha fazla N sağladığını, AÇ artan dozlarının tane verimini artırdığını, AÇ 40 kg/ha dozu ile mineral gübre uygulamalarından benzer verim elde edildiğini belirtmişlerdir. AÇ uygulamaları ile toprakta toplam ve DTPA ile ekstrakte edilen mikro element konsantrasyonlarının arttığını, ancak sınır değerleri aşmadığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak buğday üretim sistemlerinde arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılabileceği ve bu sayede arıtma çamurlarının bertarafı için alternatif bir yol olabileceğini vurgulamışlardır.

Grotto *et al.* (2015) tarım alanlarında arıtma çamuru kullanımının bitkilerdeki ağır metal içerikleri ve insan beslenmesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, toprağa 0, 5, 10, 20 t/ha dozunda arıtma çamuru uygulamış ve mısır bitkisinin kök, sürgün ve tanelerinin ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. 10 ve 20 t/ha AÇ uygulamaları ile kontrol toprağının ağır metal içerikleri karşılaştırıldığında Zn, Cu, Mo, Cd, Pb, Hg, Ni konsantrasyonlarının arttığını belirtmişlerdir. Bitki aksamlarındaki ağır metal içeriklerinde de artışlar gözlemlenmiştir. Se elementinin kök, sürgün ve tanede benzer dağılım gösterdiğini bildiren araştırmacılar, Mo içeriğinin tanede yüksek olduğunu, Cd, As, Pb elementlerinin köklerde daha fazla bulunduğunu

bildirmişlerdir. Sonuç olarak insan beslenmesinde kullanılan bitkilere 5 t/ha AÇ uygulamasını tavsiye etmiş ve 20 t/ha uygulaması ile ağır metal toksisitesi gerçekleşeceğini insanların günlük alım miktarının arttıracaklarını vurgulamışlardır.

Delibacak and Ongun (2016) kumlu killi topraklarda arıtma çamurunun etkilerini incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada 12,5-25-37,5 t/ha dozlarında AÇ uygulamış, mısır (*Zea mays* L.) ve ardından kışlık buğday (*Triticum durum* L.) ekilmek suretiyle toprak ve bitki özelliklerini incelemişlerdir. Artan arıtma çamuru dozlarının mısır biyokütle ve tane verimini önemli ölçüde arttırdığını, buğday bitkisinin tane veriminde ise önemli bir artışın gerçekleşmediğini bildirmişlerdir. AÇ uygulamalarının toprak toplam N, P, K, pH, toplam tuz, organik madde içeriklerini önemli ölçüde arttırdığını, kireç ve KDK değerlerinin değiştirmediklerini belirtmişlerdir. Arıtma çamurunun ayrışması nedeniyle etkinliğinin yıllara bağlı olarak azaldığını bildiren araştırmacılar 2 yıllık periyotlarla 37,5 t/ha AÇ uygulaması yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

Khanmohammadi *et al.* (2017) arıtma çamuru ve arıtma çamuru biyokömürünün (B) toprak ve mısır bitkisinin verimine etkilerini karşılatırmışlardır. Çalışmada killi tınlı ve tınlı olmak üzere iki farklı toprağa 0, 10, 20, 40 t/ha dozlarında AÇ ve B uygulayan araştırmacılar en yüksek kuru madde miktarının (54,3 g/bitki) AÇ uygulamasından elde etmişlerdir. Artan dozlardaki B uygulaması ile killi tınlı topraklarda bitki kuru madde miktarının kontrole göre arttığını, tınlı topraklarda ise azaldığını belirtmişlerdir. B uygulamasında bitkilerin Fe, Zn, Mn, Cu, Pb alımının AÇ uygulamasına göre daha az olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak bitki verimi, besin elementi içeriği ve ağır metal alımı ile etkinliğinin dikkate alınarak kireçli killi tınlı topraklara AÇ ve B uygulamalarının 7,3 t/ha dozunda yapılmasını önermişlerdir.

Kchaou *et al.* (2018) yarı kurak şartlarda yetiştirilen tritikale (*X Triticosecale Wittmack*) bitkisinin verimi üzerine arıtma çamuru dozlarının etkilerini inceledikleri arazi çalışmasında 6, 12, 18 t/ha AÇ uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre kuru madde miktarının AÇ 18 t/ha dozunda kontrol parselinin 2 katından fazla arttığını belirtmişlerdir. Artan dozlara bağlı olarak yaprak alan indeksi, kuru madde miktarı ve bitki boyunda meydana gelen artışın istatistiki olarak önemli olduğunu belirterek, bitkilerde ağır metal kaynaklı bir toksisitenin de gözlemlenmediğini bildirmişlerdir.

Çakır ve Çimrin (2018) farklı dozlardaki arıtma çamuru uygulamalarının mısır bitkisinin verim ve besin elementi içeriklerindeki değişim ile toprak makro besin elementi içeriklerini değişimi incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada ağırlık esasına göre (1kg w/w) saksılara %0-%2,5-%5-%7,5-%10,0 dozları kullanmışlardır. Deneme sonuçlarına göre artan AÇ uygulamalarının toprak N, P, K, Ca konsantrasyonlarını önemli derecede artırdığını,

bitkinin yaş ve kuru ağırlığında meydana gelen artışların önemli olduğunu, bitki kökleri ile toprak üstü aksamalarının makro besin elementi konsantrasyonlarının önemli derecede arttığını belirtmişlerdir. Elde edilen verilere göre bitki yaş ağırlığının %7,5 dozundan sonra, bitki kuru ağırlığının ise %5,0 dozundan sonra azaldığını belirterek uzun süreli arıtma çamuru kullanımının toprak ve bitkilerde olumsuz etkilerinin gözlenebileceğini vurgulamışlardır.

Akat and Altunlu (2019) sera koşullarında yürüttükleri çalışmada tuzlu şartlar altında deniz lavantası (*Limonium sinuatum*) bitkisinin gelişimi, verimi ve çiçek kalitesi üzerine arıtma çamuru uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada hacim esasına göre %0, %25, %50 ve %75 dozlarında arıtma çamuru uygulanarak saksılara 50 mM ve 100 mM tuz verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre artan arıtma çamuru uygulamaları ile tuzun olumsuz etkilerinin giderildiğini, bitkinin gelişim, verim ve kalite parametrelerinin olumlu yönde etkilendiğini vurgulamışlardır.

Zuo *et al.* (2019) bataklık alanlara uygulanan arıtma çamurunun biyoyakıt olarak önemli bir bitki olan tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* L.) bitkisinin yetiştirilebilirliği ve verimi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada 0, 25, 50, 125 ve 250 t/ha dozlarında arıtma çamuru kullanmışlardır. Elde edilen verilere göre AÇ uygulaması ile bataklık tuzlu-alkali toprağın P, N, TK, toprak organik karbon içeriklerinin arttığını, hacim ağırlığı, EC ve pH değerlerinin ise düştüğünü dolayısıyla toprağın fiziko-kimyasal özelliklerinin iyileştirildiğini bildirmişlerdir. En fazla verimin 250 t/ha AÇ uygulamasında elde edildiğini belirten araştırmacılar, arıtma çamurunun yüksek ağır metal içeriği ile toprak ve bitkideki ağır metal içeriğinde meydana gelen artışın bitki verimini kısıtlamadığını vurgulamışlardır.

Çöp Kompostunun Tarımda Kullanımı ile İlgili Araştırmalar

Tarihte kompost kullanımına dair ilk bilgilere Mezopotamya bölgesinde yaşamış Akad'lara ait kil tabletlerde rastlanmaktadır (Kara vd 2006). Kompostun keşfinden günümüze kadar kompostların nasıl yapılacağı, kalitesi, kullanım alanları konularında birçok araştırma yapılmıştır. Ülkemizde kompostların üretim ve kullanım standartları Resim Gazetenin 5 Mart 2015 tarih ve 29286 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kompost Tebliği hükümlerince belirlenmiştir (Anonim 2015). Çöp kompostlarının yüksek organik madde ve bitki besin elementi içerikleri sebebiyle gübre ve toprak düzenleyici olarak kullanılabileceği konusunda birçok araştırma bulunmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Mays *et al.* (1973) ÇK uygulamaların toprak özellikleri ile mısır, bermuda çimi ve sorgum bitkilerinin verimi üzerine etkilerinin inceledikleri bir arazi denemesi yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre artan dozlara bağlı olarak bitki veriminin arttığını, toprakların su

tutma kapasitesinin arttığını, hacim ağırlığının azaldığını, toprakların pH, OM, K, Ca, Mg, Zn değerlerinin arttığını belirten araştırmacılar, uzun yıllar yapılacak uygulamalar neticesinde toprak ve bitki dokularında Zn toksisitesi meydana gelebileceğini vurgulamışlardır.

Evsel organik atıklardan elde edilen kompostların kurak tarım alanlarında kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada Glaub and Golueke (1989), kompostların toprak verimliliğini ve su tutma kapasitesini önemli derecede artırırken, toprak erozyonu, hacim ağırlığı ile gübre gereksinimini azalttığını bildirmişlerdir.

Avnimelech *et al.* (1990) çöp kompostu uygulamasının killi bir toprakta verimlilik ve üretkenlik parametreleri üzerine yaptıkları araştırmada, hacim esasına göre 0, 80, 160, 400 m³/ha dozlarında ve farklı toprak derinliklerine (yüzey, 0-5 ve 0-25 cm) ÇK karıştırarak uygulamış ve buğday-mısır bitkileri yetiştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre ÇK yüzey uygulamasının derin uygulamalara göre toprakların strüktürel gelişiminde daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Buğday ve mısır veriminin artan dozlara bağlı olarak artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Perucci (1990) çöp kompostu uygulamasının toprak C, N, P, S içerikleri ile enzim aktivitesi üzerine etkisini incelediği çalışmada, ÇK uygulamasının toprağın verimliliği ile biyokimyasal özelliklerini geliştirdiğini bildirmiştir. Ancak ÇK uygulamalarının etkili olabilmesi için çevresel risklere dikkat edilerek tekrarlanması gerektiğini vurgulamıştır.

Hanay (1992) yaptığı çalışmada 4, 8, 12 ton/da dozlarındaki çöp kompostu uygulamalarının toprak organik madde içeriği ve kıvam limitleri değerlerini arttırdığını belirtmiştir. Yapılan istatistiki analizler sonucunda 4-8 ton/da ÇK uygulamalarının etkileri önemsiz bulunurken, 12 ton/da dozunun etkisinin önemli olduğunu bildirmiştir.

Shiralipour *et al.* (1992) evsel organik atık kompostları ile ilgili yapmış oldukları derlemede organik atık uygulamaları ile çoğu toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştiğini bildirmişlerdir. Bu gelişim temel toprak özelliklerinde (pH, KDK, OM, hacim ağırlığı vb) etkili bir şekilde gözlemlenmiş olsa da aslında uygulamaya bağlı olarak tüm toprak özelliklerini etkilediğini vurgulamışlardır.

Ozores-Hampton *et al.* (1994) evsel katı atıklardan çöp kompostu, arıtma çamuru ve olgunlaştırılmış arıtma çamuru (OAÇ) ile bunları kombinasyonlarının domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ve kabak (*Cucurbita maxima* Duch. Ex. Lam.) bitkilerinin gelişimi, verimi ve besin elementi içeriklerine etkilerini inceledikleri üç yıllık araştırmada, domates ve kabak bitkilerinin verimi, gelişimi ve besin elementi içerikleri üzerine kullanılan materyallerin etkisinin önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Domates bitkisinin toprak üstü

aksamının ÇK+AÇ ve OAÇ uygulamalarında en yüksek değere ulaştığını, domates ürün veriminin ise OAÇ uygulamasından elde edildiğini bulmuşlardır. Kabak bitkisinin en yüksek toprak üstü aksamı ile ürün veriminin OAÇ uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Bitki aksamalarının besin elementi içeriklerinin değişkenlik gösterdiğini vurgulayan araştırmacılar, kullanılan materyallerin yüksek ağır metal içerikleri sebebiyle insan sağlığına zararlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Kütük vd (1996) kil ve tın tektür sınıfına sahip topraklara uygulanan çay atığı, çiftlik gübresi ve kimyasal gübrelerin arpa bitkisinin verimi üzerine etkilerini inceledikleri sera denemesinde, çiftlik gübresi ve çay atığının bitki kuru madde miktarına üzerine etkisinin tınlı toprağa göre killi toprakta daha belirgin olduğunu, çay atığı uygulamasının bitki kuru madde içeriğinde meydana getirdiği değişimin önemli olmadığını belirtmişlerdir. Arpa bitkisinin besin elementi içeriklerinde meydana gelen değişimin çiftlik gübresi ve çay atığı uygulamalarında benzer olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak çay atığının kimyasal gübrelerle zenginleştirilip toprağa uygulanmasını tavsiye etmişlerdir.

Pinamonti (1998) çöp kompostu, arıtma çamuru+kabuk kompostu karışımı ve polietilen örtü kullanarak toprak yüzeyine malç malzemesi olarak üzüm bağına uygulamıştır. Araştırma sonucunda her iki atık uygulamasının toprak OM, elverişli P, değişebilir K miktarını arttırdığını, toprak porozitesi ve STK'sını geliştirdiğini, evaporasyonu azalttığını, yaprak örneklerinin besin elementi içeriklerinde önemli değişimler olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı bitkilerin besin elementi alımının topraktaki elverişli besin elementi miktarından ziyade toprağın fiziksel özelliklerinden daha fazla etkilendiğini vurgulamıştır. AÇ+kabuk kompostu karışımında toprak ve bitkide herhangi bir ağır metal içeriğinde artış gözlemlenmemiş, ancak ÇK uygulamasında toprak ve bitki aksamalarında ağır metal miktarlarında artışlar belirlemiştir. Sonuç olarak üzüm bağlarında malç materyali olarak bu kompostların kullanımının besin elementi sağlaması, yabancı ot kontrolü gibi avantajları sebebiyle sürdürülebilir toprak yönetimi açısından faydalı olduğuna değinmiştir.

Garcia *et al.* (2000) çöp kompostu (20, 40 t/ha), çiftlik gübresi (20 t/ha) ve mineral gübre (400 t/ha NPK ve 150 t/ha Amonyum Nitrat) uygulamalarının toprak enzimleri ile mikrobiyal biyokütle üzerine etkilerini inceledikleri araştırmada, uygulamalar yapıldıktan dokuz yıl sonra yapılan analizler neticesinde, ÇK uygulamasının artan dozları ile mikrobiyal biyokütlenin diğer uygulamalara göre önemli derecede arttığını, ayrıca organik C ile mikrobiyal C oranının en düşük değere en yüksek ÇK uygulamasında ulaştığını bildirmişlerdir. Yapılan uygulamalar ile enzim aktivitelerinde de önemli değişimler gözlemleyen araştırmacılar, tarım alanlarına uygulanan organik atıkların mikrobiyal biyokütle C ve enzim aktiviteleri üzerine çeşitli

etkilerinin olduğunu, özellikle ÇK uygulamasının degrade olmuş toprakların biyolojik ve biyokimyasal özelliklerini, organik madde içeriklerini arttırarak toprak kalitesini geliştirebileceğini vurgulamışlardır. Ancak organik atıkların içerdikleri ağır metal içerikleri sebebi ile çevresel kirliliklere yol açmamak için kontrollü kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Mamo *et al.* (2000) çöp kompostlarının toprak suyu ve mısır verimi üzerine etkilerini inceledikleri araştırmada; iki farklı kaynaktan alınan çöp kompostunu tek seferde (270 t/ha) ve her yıl (90+90 t/ha) uygulamak suretiyle 1993-1995 yıllarında denemeyi yürütmüşlerdir. Elde edilen verilere göre kompost uygulamalarının yarayışlı su miktarındaki değişimin önemsiz olduğunu, su tutma kapasitesinin arttığını, her iki kompost uygulaması ile toprak su içeriği ve mısır bitkisinin veriminin arttığını belirtmişlerdir.

Soumare *et al.* (2003) iki farklı tropik bölge toprağında (Gao ve Bgda) yetiştirilen ingiliz çimi (*Lolium perenne* L.) bitkisinin gelişimi ve besin elementi içerikleri üzerine çöp kompostu ve mineral gübre uygulamalarının etkilerini inceledikleri çalışmada; 25, 50, 100 t/ha dozlarında ÇK ile NPK, N, P, K gübrelerinin kombinasyonlarını kullanmışlardır. Araştırma sonunda en yüksek verimin Gao bölgesinde NPK+25 t/ha ÇK uygulamasından, Bgda bölgesinde ise NPK+50 t/ha ÇK uygulamasından elde edildiğini, kompost uygulamaları ile toprağın organik C içeriği, elverişli P, Fe, Mn, Zn, Cu, K içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak çöp kompostu ile mineral gübre uygulamalarının yalın uygulamaların göre daha ekonomik ve etkin olduğunu vurgulamışlardır.

Hanay *et al.* (2004) tuzlu-alkali toprakların ıslahında çöp kompostu ve jips uygulamalarının etkilerini inceledikleri araştırma, kontrol, yalın jips ve jips+ÇK olmak üzere 25 ağaç kutuda yürütülmüştür. 1 m x 1 m x 0,3 m boyutlarındaki kaplara konulan topraklara 50 t/ha dozunda jips ve akabinde 50, 100 ve 150 t/ha dozlarında çöp kompostu uygulamışlardır. Araştırma sonunda yalın jips uygulamalarının tuzlu-alkali toprakların ıslahında yeterli olmadığı, çöp kompostu ile birlikte yapılan uygulamaların toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini önemli ölçüde geliştirdiğini, araştırma konusu toprağın ıslahı için en iyi dozun 50 t/ha jips + 150 t/ha ÇK uygulaması olduğunu belirlemişlerdir.

Zhang *et al.* (2006) belediye katı atıklarının kompost haline getirilerek tarım alanlarına uygulamanın Kuzey Amerika'daki büyük belediyelerde atık yönetiminde alternatif bir yol olduğunu belirterek, çöp kompostu (50, 100, 200 t/ha) uygulamak suretiyle iki farklı bölgede arpa (*Hordeum vulgare* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.) ve kanola (*Brassica rapa*) bitkileri ile 4 yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Kompost uygulaması sadece ilk yıl yapılmış ve yıllık olarak bahar aylarında toprak örnekleme, hasat sonunda ise bitki örnekleme yapmışlardır.

Toprak örneklerinde ekstrakte edilebilir N, P, K, S, Cu, Zn, pH ve EC parametreleri değerlendirilirken, bitki örneklerinde ise N alımı incelenmiştir. Araştırma sonucunda ÇK uygulamalarının bitkilerin gerekli N ihtiyacını karşılayabilmeleri için iki yılda bir 100 t/ha ÇK uygulanmasını tavsiye etmişlerdir. Araştırmacılar yapılan uygulama ve doz ile artan toprak ağır metal içeriklerinin Kanada yasalarının belirlediği sınır düzeylerinin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Weber *et al.* (2007) farklı iki kaynaktan üretilen çöp kompostlarının (ÇK: Sanayileşmiş bölge kompostu, ÇZ: Organik C içeriği yüksek atıklardan üretilen kompost) kumlu toprakların özelliklerine etkisini inceledikleri 3 yıllık araştırmada test bitkisi olarak tritikale (*Triticosecale*) kullanmışlardır. Denemeyi kontrol, NPK gübrelemesi yapılan, ÇK ve ÇZ kompostlarının 18, 36, 72 t/ha dozlarında yürütmüşlerdir. Uygulamalar yapıldıktan bir ay sonra ve her hasat sonunda toprak örnekleme yapmışlardır. Her iki kompost uygulamasının toprağın organik C miktarında meydana getirdiği artışa bağlı olarak toprak fiziksel özelliklerinin geliştirildiğini belirtmişlerdir. Toprakların uygulamadan kısa süre sonra toplam porozite, tarla kapasitesi ve yarayışlı nem miktarlarında istatistiki olarak önemli artışlar bulmuşlardır. Toprak organik C içeriğinin zamanla azaldığını bildiren araştırmacılar, üçüncü yıl sonunda C:N oranının arttığını, bu artışı toprağın N içeriğindeki azalma ile açıklamışlardır. Her iki kompost uygulamasının ilk yıldan itibaren toprağın bitkiye elverişli P, K, Mg miktarlarını arttırdığını, bu artışın humik madde içerikleri ile ilişkili olduğunu, KDK ve baz doygunluğunun ilk yıl tüm kompost uygulamalarında arttığını, bu etkinin üçüncü yıl sonunda sadece en yüksek kompost dozunun uygulandığı parsellerde gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak ÇK uygulamalarının kumlu toprakların verimliliklerini geliştirdiği, bu gelişimin içeriğindeki organik madde miktarı ve kalitesine bağlı olduğunu, organik maddenin mineralizasyonunun bu gelişimi sınırlandığını, ÇK uygulamalarının mineral N gübresi ile desteklenerek etkinliğinin arttırılabileceğini vurgulamışlardır.

Herrera *et al.* (2008) çöp kompostunun domates (*Lycopersicum esculentum* Mill. cv “Atletico”) yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmada, iki farklı peat çeşidi, perlit ve çöp kompostunun değişik oranlarda karıştırılmasıyla oluşturdukları ortamlara domates tohumlarını ekerek tohum çıkış endekslerini değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre %65 beyaz peat+%30 ÇK+ %5 perlit uygulamasının geleneksel ortamlarla benzer sonuç verdiğini, bu sonucun ortamın gözeneklilik, havalanma ve kompostun sağladığı besinlerin oluşturduğu denge ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca standart peat temelli yetiştirme ortamlarının yüksek pH ve EC değerlerinin oluşturduğu olumsuz etkilerinin belirlenen doz ile azaldığını belirterek, çöp

kompostlarının yetiştirme ortamlarında kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Aynı zamanda yüksek kaliteli yetiştirme ortamlarının zor bulunabilir ve yüksek maliyetli olduğunu çöp kompostu kullanımının hem yetiştiricilerin maliyetlerinin düşürmesi hem de atıkların bertarafı açısından önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Achiba *et al.* (2009) katı atık kompostlarının toprak verimliliğini geliştirdiğini, ancak ağır metal içerikleri sebebiyle tarım alanlarında bazı negatif etkileri olduğuna değinen araştırmacılar, çöp kompostu ve çiftlik gübresi uygulamaları (0, 40, 80, 120 t/ha) yaparak toprağın bazı kimyasal özellikleri ile ağır metal içeriklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar 5 yıllık yürüttükleri çalışmada her yıl uygulama yapmışlar ve bitkilerin topraktan kaldıracığı elementler düşünülerek parsellerde herhangi bir bitkinin çıkışına izin vermemişlerdir. Her iki uygulamanın dozlara bağlı olarak organik madde içeriği, toplam N, EC değerlerini arttırdığını, pH'yı önemsiz derecede azalttığını belirtmişlerdir. ÇK uygulaması ile toprak ağır metal içeriğinin arttığını, ÇG uygulamasının ağır metal içeriğinde herhangi bir etkisinin olmadığını, ÇK uygulamasındaki ağır metal artışının sadece 0-20 cm toprak derinliğinde gerçekleştiğini, daha derinlerde bir etkisinin olmadığını, dolayısıyla ağır metallerin mobilite faktörünün oldukça düşük olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak çöp kompostlarının organik maddenin mineralizasyonu sonucu ağır metallerin hareketliliği ve kullanılabilişliğini etkileyeceğini belirtmiş ve uzun süreli kullanımlarında dikkatli kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Lakhdar *et al.* (2009b) tarım alanlarını tehdit eden önemli problemlerin toprak tuzlulaşması, degradasyonu, kalitesiz sulama suyu kullanımı ve yanlış kültürel uygulamalar olduğuna değinen araştırmacılar, yaptıkları derlemede tuzlu topraklardaki üretkenlik sorunun sadece tuzdan kaynaklanmadığını bu problemin organik madde, N, P, K içeriklerinden kaynaklanabileceğini belirterek ÇK uygulanmasının toprakların verimlilik ve üretkenlik durumuna olan etkilerini değerlendirmişlerdir. ÇK uygulamalarının toprak tuzlulaşmasının neden olduğu olumsuz etkilerini giderdiğini, toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerini iyileştirdiğini ve bu gibi alanların daha düşük maliyetlerle geri kazanımının ÇK uygulamaları ile mümkün olduğunu vurgulamışlardır.

Carbonell *et al.* (2011) tarımsal ürünlerin besin gereksinimlerine dayanan toprak yönetimi uygulamalarının faydalı yönetsel uygulamalar olduğuna değinen araştırmacılar, yaptıkları sera denemesinde ağır metallerin toprak ve mısır bitkisi (*Zea Mays* L.) üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla çöp kompostu (50 t/ha) ve NPK gübresi uygulamaları yaparak topraktaki toplam ve ekstrakte edilebilir ağır metal değişimleri ile ağır metallerin bitki aksamlarındaki miktarlarını değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre ÇK uygulamasının toprak Cu, Pb ve Zn içeriğini arttırdığını, NPK uygulamasının Cd, Ni içeriğinin

arttırdığını, toprak Hg içeriğinin azaldığını, bitki aksamlarındaki ağır metal içeriklerinde ise köklerdeki Cr, Ni, Pb, Hg miktarlarının toprak üstü akşamlara göre önemli derecede arttığını belirlemişlerdir. Kontrolle karşılaştırıldığında yapılan uygulamalar ile bitki köklerinin ağır metal içeriklerinde meydana gelen artışın istatistiki olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Toprak üstü akşamlarda ağır metal birikimlerinde önemli değişimler gözlemlenmiş, fakat tohumlarda gözlemlenen ağır metal içeriklerinin ihmal edilebilir düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. ÇK uygulaması ile bitki köklerinde meydana gelen ağır metal artışının $Zn > Cu > Cr = Pb > Ni > Cd > Hg$ şeklinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Angin *et al.* (2013) donma çözünmenin toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli etkilerinin olduğuna değinen araştırmacılar, donma-çözünmeden etkilenen topraklara organik madde ilavesi ile toprak kalitesinin iyileştirilebileceğini belirterek, bu amaçla farklı tuzluluk ve alkalilik seviyelerine sahip üç toprağa hacim esasına göre %0, 10, 20, 30 dozlarında çöp kompostu uygulamak suretiyle -10 °C’de 12 saat donma ve 15 °C’de 12 saat çözünme periyodunun 3, 6, 9 kez tekrarlandığı bir sera denemesi yürütmüşlerdir. Çalışmada toprakların hacim ağırlığı, geçirgenlik katsayısı, agregat stabilitesi, ESP ve EC parametrelerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre ÇK uygulamasının donma-çözünmenin topraklarda meydana getirdiği olumsuz etkileri azalttığını, tuzlu-alkali toprakların agregat stabilitesi ve geçirgenlik katsayısını arttırdığını, böylelikle toprak suyunun arttırılabileceğini ve ıslaha yardımcı olabileceğini vurgulamışlardır.

Giannakis *et al.* (2014) çöp kompostu uygulamasının marul ve domates bitkilerinin verimi ile besin elementi içeriklerine etkisini inceledikleri sera denemesinde, 40 litrelik saksılara konulan topraklara 0, 50, 100 t/ha dozlarında ÇK uygulamışlardır. Deneme sonuçlarına göre artan dozlardaki ÇK uygulamasına paralel olarak bitkilerin veriminde azalmaların olduğunu, bu azalmanın toprak NO₃ içeriğinin ani azalmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ürün verimindeki azalmanın önlenmesi için N mineralizasyonu ve N içeriğini etkileyen faktörlerin araştırılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bitkilerin besin elementi içeriklerinin dozlara bağlı olarak arttığını, ağır metal içeriklerinin en yüksek doz olan 100 t/ha dozunda bile sınır düzeylere çıkmadığını bildirmişlerdir.

Yuksel (2015) çöp kompostlarının tarım alanlarında toprak düzenleyici ve gübre olarak kullanıldığına değinen araştırmacı, kompostların toprak özellikleri ile ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla yaptığı tarla denemesinde, 0, 40, 80, 120, 160, 180 t/ha dozlarında ÇK uygulamak suretiyle 2 yıllık bir araştırma yürütmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, yapılan muameleler sonucu ağır metal içeriklerinin önemli derecede arttığını, ancak sınır değerlerin altında olduğunu belirtmiştir. Ancak kuru madde içeriğinin 10 t/ha’ın üzerinde olan ÇK

dozlarının pH'sı 7,0'nin üzerinde olan topraklara uygulanmasının ağır metal riskini getireceğini, bu nedenle tarım alanlarında kullanımının dikkatle yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Karak *et al.* (2016) çöp kompostu uygulamalarının çay (*Camellia sinensis* L.) üretimi yapılan alanlarda verim, toprak Ni içeriği ve bitkinin Ni alımı üzerine yürüttükleri saksı denemesinde, 2, 4, 6, 8, 10 t/ha dozlarında çöp kompostu uygulamış ve elde ettikleri sonuçlara göre en yüksek dozda bile Ni içeriğinin izin verilen sınırların altında olduğunu, dozlara bağlı olarak verimin arttığını, bitki aksamalarının Ni içerikleri incelendiğinde ise dozlara bağlı olarak köklerde gövde ve yapraklara göre daha fazla Ni bulunduğunu bildirmişlerdir.

Meena *et al.* (2016) 2012-2014 yıllarında tuzlu topraklara uygulanan çöp kompostu, çeltik samanı kompostu (ÇSK) ve mineral gübre uygulamalarının hardal (*Brassica juncea*) ve inci darısı (*Pennisetum glaucum*) ekim sisteminde verim ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini inceledikleri bir arazi çalışması yapmışlardır. Çalışma mineral gübre, 14 t/ha ÇSK, 16 t/ha ÇK, 7 t/ha PSK+%50 NPK, 8 t/ha ÇK+%50 NPK dozlarında yürütülmüştür. Elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar, tuzlu topraklarda yapılacak hardal, inci darısı münavebeli tarımında optimum verim elde etmek ve tuzlu toprakların sürdürülebilir kullanımı için organik atık kaynaklı gübrelerin mineral gübrelerle birlikte kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Wei *et al.* (2017) gelişmekte olan ülkelerin belediye atıklarının çoğunluğunun gıda atıklarından oluştuğunu ve sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi için organik atıkların atık sisteminden ayrılarak geri dönüştürülmesinin önemine değinen araştırmacılar dünya ülkelerinin kompost üretim süreçlerini ve yöntemlerini ele alan bir derleme yapmışlardır. Araştırmacılar kompost üretimindeki en önemli hususun kaliteli hammaddeden kaynaklandığını, kâğıt, metal gibi materyallerin bulunduğu atıklardan elde edilen kompostların üretim süreçlerinin daha zor olduğunu bu sebeple ilk ayrıştırma süreçlerin çok dikkatli yapılması gerektiğini, atıkların ayrılarak toplanmasının kaliteli kompost üretimi için elzem olduğunu bildirmişlerdir. Kompostların ağır metal içerikleri sebebiyle kullanımlarındaki risklerin ayrıştırılarak toplanarak geri dönüşümü gerçekleştirilmesi ile elde edilen ürünlerde azaltıldığını vurgulamışlardır.

Meena *et al.* (2019) tuzdan etkilenmiş toprakların sürdürülebilirliğini geliştirmek için çöp komposu kullanımının avantaj ve dezavantajlarını inceledikleri bir derleme yapmışlardır. Tuz kaynaklı toprak bozulmalarının tarım alanlarının verimliliğini tehdit eden önemli bir unsur olduğunu belirtmişlerdir. Düşük kaliteli su ve bilinçsiz kimyasal gübre kullanımının toprağın tuzlulaşmasına sebep olarak sürdürülebilir tarımı olumsuz etkilediği, topraktaki tuzun düşük

osmotik potansiyel, iyon toksisitesi ve dengesizliği nedeniyle bitki büyümesi, besin alımı ve verimi düşürdüğünü, ayrıca tuzlu alanlardaki verimin düşmesinin sadece tuzdan kaynaklı değil aynı zamanda besin elementlerinin eksikliğinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Tuzdan etkilenmiş toprakların sürdürülebilir yönetiminin artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için önemine değinen araştırmacılar, organik atıkların hem toprağa besin elementi sağlaması hem de toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirilmesi açısından son yıllarda kullanımının arttığını, bu amaçla çöp kompostu kullanımını irdemişlerdir. Araştırmacılar çöp kompostunun kimyasal ıslah yöntemlerine bir alternatif olduğunu, besin kaynağı ve toprak düzenleyici olduğunu belirtmiş ve çöp kompostu ile yapılan birçok araştırma sonuçlarını birleştirerek, farklı tuzluluk ve alkalilik sınıfına sahip topraklarda uzun vadeli çalışmalar yapılmasını, oluşturabileceği olumsuz çevresel etkileri en aza indirecek standartlarda üretim gerçekleştirilmesini, ülkelerin atık yönetimi politikalarını küresel olarak ele almaları gerektiğini vurgulamışlardır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde; araştırma alanının coğrafi konumu ve özellikleri, iklim özellikleri, toprak özellikleri, araştırmada kullanılan organik atıkların fiziksel ve kimyasal özellikleri, denemenin kurulması ve yürütülmesi, deneme alanından toprak ve bitki örneklerinin nasıl alındığı, deneme sonunda yapılan toprak fiziksel, kimyasal analizleri, bitki verim parametreleri, bitki analizleri ve istatistiksel analizlerin yöntemleri açıklanmıştır.

Materyal

Araştırma alanının coğrafi konumu ve özellikleri.

Araştırma, Iğdır Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne (TAUM) ait alanda yürütülmüştür. Deneme alanı $39^{\circ}55'47.36''\text{K}$ ile $44^{\circ}5'41.01''\text{D}$ koordinatları çevresinde bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme alanının görünümü.

Kuzey sınırını Aras nehrinin ve güney sınırını Ağrı dağının çizdiği Iğdır Ovası, Aras nehri taşkınları ile gelen alüviyal materyallerle kaplıdır. Ovanın batısında kumtaşı, marn, şeyl gibi piyosenler, güneyinde ise kireç taşı ve yeşilimsi, grimsi, yeşilimsi-siyahımsı marnlardan oluşan denizel miyosenler bulunmaktadır (Çağlar ve Hızalan 1956). Bu oluşumlar volkanik püskürüklerden andezit, bazalt, dolomitlerle çevrilidir (Anonim 1976).

Iğdır Ovası topraklarında tuzluluk, alkalilik, drenaj ve erozyon problemleri görülmektedir. Ovanın 36746 ha'lık kısmı tuzlu-alkali ve borlu arazilerden oluşmaktadır (Anonim 2006).

Araştırma alanının iklim özellikleri.

Iğdır Ovası rakımının düşük, etrafının yüksek dağlarla çevrelenmiş olması sebebiyle mikroklima özelliği göstermektedir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ılıman geçmektedir. Çok yıllık ortalama yağış 257,2 mm olup en fazla yağış ilkbahar aylarında görülmektedir. Çok yıllık ortalama sıcaklık 12,2 °C olup, en soğuk ay ocak, en sıcak ay ise temmuzdur (Anonim 2019). Çok yıllık bağıl nem ortalaması %55 olup, en düşük bağıl nem temmuz ayında, en yüksek bağıl nem aralık ayında görülmekte, yıllık ortalama buharlaşma ise 1339,4 mm'dir (Anonim 2007).

Iğdır Ovasına ait 1941-2018 tarihlerini kapsayan uzun yıllara ilişkin ortalama aylık sıcaklık ve toplam yağış miktarı Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Iğdır İli Uzun Yıllara Ait Meteorolojik Verileri (Anonim 2019)

IGDIR	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ort. Sıcaklık (°C)	-3.3	-0.3	6.4	13.3	17.9	22.2	26.0	25.2	20.2	12.8	5.8	-0.3	12.2
Ort. Max Sıcaklık (°C)	1.9	5.4	12.6	19.8	24.6	29.4	33.3	33.1	28.9	21.1	12.7	4.7	19.0
Ort. Min Sıcaklık (°C)	-8.1	-5.6	0.1	6.1	10.6	14.3	18.0	17.2	12.2	6.0	0.3	-4.7	5.5
Toplam Ort. Yağış (mm)	15.1	16.4	21.8	33.7	46.8	32.2	13.6	9.3	10.6	25.9	18.2	13.6	257.2

Denemenin yürütüldüğü 2014 ve 2015 yıllarına ait meteorolojik veriler Tablo 5'te verilmiştir (Anonim 2016). Denemenin yapıldığı yıllarda birinci yıl yağış miktarı uzun yıllar ortalamasından düşük, ikinci yıl ise uzun yıllar ortalama yağış miktarından fazla gerçekleşmiştir.

Tablo 5. Deneme Yürütüldüğü 2014-2015 Yıllarına Ait Sıcaklık ve Yağış Verileri (Anonim 2016)

IGDIR	2014 yılı Sıcaklık ve Yağış												Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ort. Sıcaklık (°C)	-4,5	2,1	10,1	15,7	19,6	23,5	27,7	28,1	22,4	13,6	5,4	3,4	13,9
Toplam Ort. Yağış (mm)	15,3	3,6	17,2	30,5	49,9	34,6	7,7	5,0	15,2	27,1	20,5	11,0	237,6
IGDIR	2015 yılı Sıcaklık ve Yağış												Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ort. Sıcaklık (°C)	1,2	4,3	8,5	13,8	20,2	25,1	28,7	27,2	23,5	14,5	6,4	-0,3	14,4
Toplam Ort. Yağış (mm)	2,2	4,4	52,0	44,1	41,5	27,8	0,3	14,3	1,4	96,2	4,5	13,7	302,4

Araştırma alanının toprak özellikleri.

Denemenin yürütüldüğü Iğdır Üniversitesi TAUM arazisi topraklarının çoğunluğu killi-tın tekstür sınıfına sahip, ortalama kireç içeriğinin %11,40, organik madde içeriğinin %1,00

pH, EC ve ESP değerlerinin sırasıyla 8,50, 6,50 mS/cm ve %18,80 olduğu gözlenmektedir (Sarı vd 2019).

Deneme kurulmadan önce belirlenen alandan başlangıç analizleri yapılmak üzere alanın tamamını temsil edecek muhtelif sayıda toprak örnekleri alınmış, homojen bir şekilde karıştırılarak alınan toprak örneğinde toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Denemenin kurulduğu alana ait başlangıç toprak analizleri Tablo 6'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre deneme alanı toprağının tuzluluk sınıfına göre alkali (pH: 8,6; EC: 340 μ S/cm; ESP: %18,44), killi tın tectüre sahip, organik maddece fakir, orta kireçli, azot içeriğinin az ve diğer besin elementi içerikleri bakımından yeterli olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Deneme Alanının Başlangıç Toprak Analiz Sonuçları

Başlangıç Toprak Analizleri				
Parametre	Birim	Değer	Sınıfı	Kaynak
pH		8,60	Alkali	Richards 1954; Ülgen ve Yurtsever 1974
EC	μ S/cm	340		
ESP		18,44		
Tuzluluk Sınıfı			Alkali	
OM		1,06	Az	Ülgen ve Yurtsever 1974
Agregat stabilitesi		36,88		
Porozite	%	49,00		
N		0,06	Az	FAO 1990
Kireç		11,20	Orta Kireçli	Ülgen ve Yurtsever 1974
Kil		31,70		
Silt		42,70		
Kum		25,60		
Tekstür sınıfı		Killi tın		
Kütle yoğunluğu	g/cm ³	1,31		
Tane yoğunluğu	g/cm ³	2,57		
Hidrolik iletkenlik	cm/h	1,88		
Ca		14,84	Yeterli	FAO 1990
K		0,37	Yeterli	FAO 1990
Mg	cmol/kg	4,32	Fazla	FAO 1990
Na		4,84		
KDK		26,25		
P		27,86	Fazla	FAO 1990
Zn		1,04	Yeterli	FAO 1990
Cu		0,29	Yeterli	Follet 1969
Fe		2,72	Orta	Lindsay and Norvell 1978
Mn	ppm	0,59	Çok az	
Ni		0,29		FAO 1990
Pb		0,50		
Cd		0,026		

Araştırmada kullanılan atıkların özellikleri.

Bu bölümde; araştırmada kullanılan organik atıkların (arıtma çamuru, çöp kompostu ve çiftlik gübresi) temin edildiği yerler ile bazı özellikleri açıklanmıştır.

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru Ankara Büyükşehir Belediyesi'ne ait ASKİ Tatlar Atıksu arıtma tesisinden temin edilmiştir. Tesiste üretilen arıtma çamuru US EPA yönetmeliğinde belirtilen sınıflandırmaya göre 'B sınıfı Arıtma Çamuru', AB standartlarına göre ise 'Geleneksel Standart Arıtma Çamuru' olarak sınıflandırılmaktadır (Bilgin vd 2002; Epstein 2003; Angın 2008). Tesiste stabilizasyon yöntemi olarak anaerobik stabilizasyon yöntemi kullanılmaktadır (Angın 2008). Araştırmada kullanılan arıtma çamuru havada kurutulmuş kısımdan alınmıştır. Araştırmada kullanılan arıtma çamuru Şekil 2'de gösterilmiştir. Kullanılan arıtma çamuruna ait bazı özellikler Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 2. Araştırmada kullanılan arıtma çamuru.

Araştırmada kullanılan çöp kompostu İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait İstaç Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisinden temin edilmiştir. Tesise gelen atıkların %67'si ilçelerden gelen karışık belediye (evsel) atığı, %23'ü aktarma istasyonlarından gelen atıklar olmak üzere geriye kalan %10'luk kısım ise hal atığı, Veliefendi atığı, dal-budak atığı ile diğer kurum, kuruluş ve özel kişilerden gelen atıklardan oluşmaktadır (Anonim 2019). Tesisten elde edilen ham haldeki kompost depolama alanında yığınlar halinde biriktirilip, fermantasyonun tamamlanıp tamamlanmadığı belli aralıklarla sıcaklık ve nem ölçümleri ile kontrol edilmektedir. Araştırmada kullanılan kompost iyi derece fermente olmuş üründen alınmıştır (Şekil 3). Araştırmada kullanılan çöp kompostuna ait bazı özellikler Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 3. Araştırmada kullanılan çöp kompostu.

Araştırmada kullanılan çiftlik gübresi Iğdır Üniversitesi TAUM çevresinde bulunan büyükbaş hayvan işletmenlerinden temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan çiftlik gübresine ait bazı özellikler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Araştırmada Kullanılan Organik Atıkların Bazı Özellikleri

Özellik	Birim	Aritma Çamuru	Angın 2008	Çöp Kompostu	Garcia-Gil <i>et al.</i> 2000	Çiftlik Gübre	Garcia-Gil <i>et al.</i> 2000
pH		5,84	6,82	7,65	7,90	8,19	8,80
EC	mS/c	10,30	6,54	8,41	7,00	12,22	7,00
OM		36,50	34,00	47,00	24,00	31,50	27
N		3,26	4,46	3,15	1,40	1,88	0,9
Ca		7,30	7,40	5,64	3,90	3,95	0,98
K	%	0,53	2,10	1,10	0,40	2,41	1,5
Mg		1,43	1,90	0,69	0,38	2,72	0,37
Na		0,12	0,20	0,75	0,64	0,69	0,14
P		2,7	1,10	0,58	0,50	0,64	0,16
Fe		2706,50	1000,00	2273,8	11662,00	2792,8	4288,00
Mn		736,51	903,99	576,96	175,00	766,23	86,00
Zn		632,60	873,53	654,65	1325,00	130,28	28,00
Cu	ppm	286,44	239,90	220,14	548,00	48,97	<3,00
Pb		132,21	-	140,06	681,00	7,16	<3,00
Ni		107,18	-	150,51	81,00	2,92	3,00
Cd		7,16	-	3,00	<0,200	1,16	<0,2
Salmonella	25 g	-	-				
Helmint	g	-	-				
E. Coli		< 2 Log10					

Araştırmada kullanılan bitki özellikleri.

Araştırmada silajlık OSSK-644 mısır (*Zea mays* L.) çeşidi kullanılmıştır. Yörede kullanımının yaygın olması sebebiyle seçilen çeşit, 90 günlük vejetasyon süresinde hasat edilebilmektedir. Silajlık ekimde dekara 8000-8500 bitki olacak şekilde 70 cm sıra arası 16-18 cm sıra üzeri ekim yapılmaktadır.

Yöntem

Denemenin kurulması ve yürütülmesi.

Iğdır Üniversitesi TAUM Müdürlüğü tarafından tahsis edilen alan, uzun yıllar boyunca işlenmemiş bir alan olması sebebiyle öncelikle pullukla sürülmüş daha sonra rotatiller ile düzeltilmiştir.

Araştırma, tesadüf bloklarında tam şansa bağlı deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak 2 yıllık planlanmış olup, her bir deneme parselinin boyutu 3 m x 3 m = 9 m² olarak

ayarlanmış, parseller arasında 100 cm genişliğinde servis yolları açılmıştır. Deneme deseni Şekil 4’te verilmiştir. Parseller, köşe noktalarına kazıklar çakılmak suretiyle emniyet şeridiyle çevrilmiştir. Araştırmada yağmurlama sistemi kullanılacağı için su boruları döşenmiştir.

Çöp Kompostu 2,5 ton/da	Çiftlik Gübresi 2,5 ton/da	Kontrol
Aritma Çamuru 5 ton/da	Çöp Kompostu 10 ton/da	Aritma Çamuru 2,5 ton/da
Çöp Kompostu 7,5 ton/da	Aritma Çamuru 7,5 ton/da	Çiftlik Gübresi 7,5 ton/da
Çiftlik Gübresi 2,5 ton/da	Çöp Kompostu 5 ton/da	Çiftlik Gübresi 10 ton/da
Çiftlik Gübresi 12,5 ton/da	Çöp Kompostu 7,5 ton/da	Aritma Çamuru 12,5 ton/da
Aritma Çamuru 7,5 ton/da	Çiftlik Gübresi 10 ton/da	Çöp Kompostu 2,5 ton/da
Çiftlik Gübresi 5 ton/da	Aritma Çamuru 5 ton/da	Çiftlik Gübresi 2,5 ton/da
Çöp Kompostu 12,5 ton/da	Kontrol	Aritma Çamuru 7,5 ton/da
Aritma Çamuru 12,5 ton/da	Çiftlik Gübresi 7,5 ton/da	Çöp Kompostu 10 ton/da
Çiftlik Gübresi 10 ton/da	Aritma Çamuru 10 ton/da	Çiftlik Gübresi 5 ton/da
Aritma Çamuru 2,5 ton/da	Çöp Kompostu 2,5 ton/da	Çöp Kompostu 7,5 ton/da
Çöp Kompostu 10 ton/da	Çöp Kompostu 12,5 ton/da	Aritma Çamuru 5 ton/da
Aritma Çamuru 10 ton/da	Çiftlik Gübresi 5 ton/da	Çiftlik Gübresi 12,5 ton/da
Kontrol	Çiftlik Gübresi 12,5 ton/da	Çöp Kompostu 5 ton/da
Çiftlik Gübresi 7,5 ton/da	Aritma Çamuru 2,5 ton/da	Aritma Çamuru 10 ton/da
Çöp Kompostu 5 ton/da	Aritma Çamuru 12,5 ton/da	Çöp Kompostu 12,5 ton/da

Şekil 4. Deneme deseni.

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru, çöp kompostu ve çiftlik gübresinin uygulama dozları 0-2,5-5-7,5-10-12,5 ton/da olarak belirlenmiştir. Araştırma 3 organik atık x 5 uygulama dozu x 3 tekerrür ve 3 kontrol parseli olmak üzere 48 parselde yürütülmüştür.

Araştırmada kullanılan organik atıklar nem tayinleri yapıldıktan sonra kuru ağırlıkları hesaplanmış, bu hesaplama göre tartımlar yapılmıştır. Tartılan organik atıklar oluşturulan parsellerin yüzeyine homojen bir şekilde dağıtılmıştır. Dağıtma işlemi dişli tırmıklar kullanılarak yapılmıştır (Şekil 5). Organik atık uygulamaları tesis yılında tek seferde verilmiştir.



Şekil 5. Organik atıkların toprağa uygulanması.

Organik atıklar parsellere uygulandıktan sonra toprağın ekim için uygun nem içeriğini sağlayabilmek için sulama yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Ekim öncesi sulama.

Toprağın tava gelmesiyle birlikte mısır tohumları, ilk yıl 16.08.2014 tarihinde, ayarlı el markörü ile 70 cm'lik sıra arası çiziler açılarak, hazırlanan şablon ile 20 cm sıra üzerine ekilmiştir (Şekil 7) ve sulama yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 7. Ekim aşaması.



Şekil 8. Ekim sonrası sulama.

Ekimden sonra 10. gün tohumların tamamına yakını çimlenmiştir. Deneme parselleri yağmurlama sulama sistemi sulanmıştır. Ekim sonrası yapılan sulamanın akabinde 10 günlük periyotlarla parseller sulanmıştır. Üretim sezonu boyunca $0,55 \text{ m}^3/\text{h}$ kapasiteli fıskiyelele yaklaşık 800 mm su parsellere verilmiştir. Ekimi takiben 25. gün tekleme işlemi yapılmış, yabancı ot mücadelesi için de çapalama işlemi yapılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Tekleme ve çapalama sonrası denemenin görüntüsü.

65. gün tepe püskülleri oluşmaya başlamıştır. Bu tarihten yaklaşık 3 gün sonra koçan taslaklarının oluşumu gözlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Tepe püskülü oluşumu ve koçan taslakları.

Kullanılan mısır çeşidinin normal vejetasyon süresi 80-90 günlüktür. Ekimin geç yapılması ve sonbahar erken donların başlaması sebebiyle ilk yıl hasat tarihi öne alınmıştır. Deneme 05.11.2014 tarihinde 80 günlük vejetasyon süresi sonunda hasat edilmiştir. Geç ekimden dolayı koçan oluşumu tamamlanmamıştır.

İkinci yıl ekim işlemleri parsellerin mısır köklerinden arındırılması ve tohum yatağı hazırlayabilmek için, her parsel ayrı ayrı rototiller ile işlenmiş ve toprak ekime hazır hale getirilmiştir. İkinci yıl, birinci yıl yetiştirme ve hasat aşamasında yapılan işlemler yinelenerek

ekim 19.05.2015 tarihinde, hasat ise 19.08.2015 tarihinde gerçekleşmiştir. İkinci üretim sezonuna ait görüntüler Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. İkinci üretim sezonuna ait görüntüler.

Bitki ve toprak örneklerinin alınması.

Her parselden 1 m²’lik alandan bitkiler hasat edilerek bitki örnekleri alınmıştır. Alınan bitki örnekleri tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiş, rastgele seçilen üç bitkinin bitki boyu, sap kalınlığı ölçümleri yapılmıştır. Aynı zamanda her parselden 3 bitki kökü sökülerek kök uzunluğu ve ağırlığı ölçülmüştür. Ölçümlerin akabinde alınan bitki numuneleri serada serilerek kurumaya bırakılmıştır. Aynı şekilde kök numuneleri su ile yıkanıp topraktan arındırılmış, sonrasında saf su ile yıkanmış ve serada kurumaya bırakılmıştır (Şekil 12).

Yaklaşık 10 gün serada bekletilen bitki ve kök numuneleri toplanarak laboratuvara götürülmüştür. Numuneler kuru madde miktarlarının belirlenmesi amacıyla 65°C’de 2 gün süre

ile bekletilmiş, sonrasında gerekli tartımlar yapıp kök, gövde ve yaprak aksamalarına ayrılarak öğütülmüş ve analizlere hazır hale geri getirilmiştir (Kacar ve İnal 2010).



Şekil 12. Hasat edilen bitkiler ile köklerin kurutulması.

Hasat yapıldıktan sonra kalan bitkiler biçilerek araziden uzaklaştırılmış ve her parselin 6 farklı noktasından toprak örnekleri toplanmış, bu örnekler birleştirilerek toplam 48 bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Aynı zamanda toprakların hacim ağırlıklarının ve su geçirgenliklerinin belirlenmesi amacıyla bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri için 0-20 cm derinlikten 100 cm³'lük yüzüklerle her parselden 3'er numune olacak şekilde toplamda 144 örnek alınmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin alınması.

Bitki numunelerinin seradan toplanmasının ardından bozulmuş toprak örnekleri serilerek kurumaya bırakılmıştır (Şekil 14). Bozulmamış toprak örnekleri ise gerekli işlemlerin yapılması için laboratuvara bırakılmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri kuruduktan sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiş ve laboratuvara bırakılmıştır.



Şekil 14. Bozulmuş toprak örneklerinin kurutulması.

Denemenin ikinci sezonunda ilk yıl yapılan işlemler yinelenerek toprak ve bitki örnekleri alınmıştır. İkinci yıla ait örnekleme işlemlerine ait görüntüler Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 15. İkinci üretim sezonda alınan toprak, kök, bitki örnekleri.

Bitki verim parametrelerinin belirlenmesi.

Farklı organik atık uygulamalarının yetiştirilen mısır bitkisinin verimi ile verim parametreleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla bitki boyu, sap kalınlığı, bitki yaş-kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve uzunluğu parametreleri incelenmiştir.

Bitki boyu; her bir parselin 1 m²'lik kısmından hasat edilen bitkilerin boyları ölçülerek ortalamalarının alınması ile elde edilmiştir (İptaş vd 2002).

Sap kalınlığı; her bir parselin 1 m²'lik kısmından hasat edilen bitkilerin alt boğumunun üst kısmından elektronik kumpas ile kalınlıkları ölçülerek ortalamalarının alınması ile elde edilmiştir.

Bitki yaş ağırlıkları; her bir parselden alınan bitkilerin tartılmasıyla belirlenmiştir. Bu veriler kullanılarak dekara yaş ot verimi hesaplanmıştır (İptaş vd 2002).

Bitki kuru ağırlıkları; parsellerden alınan bitkilerden parseli temsil edecek 3 tanesi alınarak etüvde 68°C'de 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış, sonrasında dekara kuru ağırlıkları hesaplanmıştır (Cummins 1970; İptaş vd 2002).

Kök kuru ağırlığı; araştırmada kullanılan organik atıkların kök gelişimi üzerine olan etkisini belirlemek için her bir parselden 3 adet kök sökülmüş, önce musluk suyu yıkanmış, sonrasında saf sudan geçirilerek önce oda şartlarında kurumaya bırakılmış daha sonra etüvde 68°C'de 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış, sonrasında dekara kuru ağırlıkları hesaplanmıştır (Cummins 1970).

Kök uzunluğu; parsellerden alınan 3'er adet bitki kökü su ile yıkandıktan sonra metre ile ölçülmüş ve ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

Toprak fiziksel analizleri.

Toprak tekstürü.

Toprakların tekstürleri, 2 mm'lik elek ile elenen toprak örnekleri kullanılarak Bouyoucos hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee and Or 2002).

Hacim ağırlığı.

Toprakların hacim ağırlıkları, 100 cm³ hacimli silindirler ile alınan bozulmamış toprak örneklerinin, etüvde 105°C'de kurutulup, kuru toprak ağırlıklarının silindir iç hacmine bölünmesiyle elde edilmiştir (Grossman and Reinsch 2002).

Tane yoğunluğu.

Toprak örneklerinin tane yoğunluğu piknometre yöntemiyle bulunmuştur. (Flint and Flint 2002a)

Agregat stabilitesi.

Toprakların agregat stabilitesi değerleri, hava kurusu 1-2 mm büyüklüğündeki agregat fraksiyonlarında 0,25 mm elek açıklığında, 12,7 mm darbe uzunluğu ve 42 devir/dak. darbe frekansına sahip Yoder tipi ıslak eleme aleti kullanılarak belirlenmiştir (Nimmo and Perkins 2002).

$$AS = \frac{P1 - P2}{P - P2} * 100$$

AS: Agregat stabilitesi, %

P1 : Stabil agregat + kum miktarı, g

P2: Kum miktarı, g

P : Fırın kuru toprak, g

Hava geçirgenliği.

Toprakların hava geçirgenlikleri, 100 cm³'lük bozulmamış toprak örneği silindirlerindeki topraklarda Kmoch aleti ile ölçülmüştür (Corey 1986).

$$K_a = \frac{n * V * L}{t * P * A}$$

Ka: Hava geçirgenliği, cm²

n: Ölçümün yapıldığı andaki sıcaklıktaki havanın viskozitesi, dyne.sn cm⁻²

V: Hava deposunun hacmi, cm³

L: Toprak sütununun kalınlığı, cm

t: Havanın topraktan geçme süresi, sn

P: uygulanan hava basıncı, dyne cm⁻²

A: Toprak sütununun taban alanı, cm²

Hidrolik iletkenlik.

Toprakların hidrolik iletkenlikleri sabit su seviyeli permeametre yöntemi ile belirlenmiştir (Reynolds and Elrick 2002). Belli bir zaman (t) içerisinde toprak örneği içinden sızan suyun hacmi (Q), toprak kolonunun yüksekliği (L), sabit hidrolik yük (h) ve silindirlerin kesit alanından (A) yararlanılarak, ölçüm yapılan sıcaklıktaki (t) hidrolik iletkenlik katsayısı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_r = \frac{Q * L}{A * t * h}$$

Laboratuvar koşullarındaki, düzeltilmiş hidrolik iletkenlik değerleri (K_s), suyun T sıcaklığındaki viskozitesi (n_T), standart sıcaklık derecesindeki (20°C) suyun viskozitesi (n_{20}) ve K_r değerlerinden yararlanılarak,

$$K_s = K_r \times \frac{n_T}{n_{20}}$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Porozite.

Toprakların tane yoğunlukları ve hacim ağırlıkları kullanılarak hesaplanmıştır (Flint and Flint 2002b).

Tarla kapasitesi, solma noktası ve yarıyışlı nem kapasitesi.

100 cm³'lük çelik yüzüklerde bulunan toprak örneklerinin 0,033 ve 1,5 Mpa basınç altında tutabildikleri nem içeriklerinin WP4 basınç tablası kullanılarak belirlenmesi ile TK ve SN değerleri belirlenmiştir (Cassel and Nielsen 1986). Yarıyışlı nem yüzdesi ise TK ve SN değerlerinin farkının alınmasıyla hesaplanmıştır (Cassel and Nielsen 1986).

Toprak kimyasal analizleri.

Toprak reaksiyonu.

Toprak pH'sı 1:2,5'lük toprak-su süspansiyonunda potansiyometrik olarak cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Thomas 1996).

Elektriksel iletkenlik.

Hazırlanan saturasyon macunlarından elde edilen ekstraksiyon çözeltilerinde elektriki iletkenlik aleti ile $\mu\text{mhos/cm}$ olarak belirlenmiştir (Demiralay 1993).

Organik madde.

Toprakların organik madde içerikleri Wankley Black (1934) yöntemiyle belirlenmiştir.

Kireç.

Toprakların kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Loeppert and Suarez 1996).

Değişebilir katyonlar.

Toprakların değişebilir katyonları Amonyum Asetatla (1 N, pH=7,0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra (Na, K, Ca, Mg) ICP-OES (Inductively Couple Plasma

spectrophometer, Thermo Scientific, ICAP 6300 Duo, ICP/OES) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (Sumner and Miller 1996).

Kasyon değişim kapasitesi.

Toprakların kasyon değişim kapasiteleri, örneklerde sodyum asetat ile (1 N, pH=8,2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7,0) ekstrakte edilen solüsyonlarda ICP-OES (Inductively Couple Plasma spectrophometer, Thermo Scientific, ICAP 6300 Duo, ICP/OES) ile Na okuması yapılarak belirlenmiştir (Sumner and Miller 1996).

Değişebilir sodyum yüzdesi.

Değişebilir Na yüzdesi Richards (1954)'e göre hesaplanmıştır.

Elverişli fosfor.

Toprak örneklerinin elverişli P içerikleri, toprakların sodyum bikarbonat ile muamelesi sonucu ekstrakte edilen süzüklerin amonyummolibdat-askorbik asit çözeltisi ile renklendirilerek 660 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazı (Thermo Fisher Scientific, UV-VIS spectrophotometer, Evolution 160, Madison, USA) ile okunması suretiyle belirlenmiştir (Olsen and Summer 1982).

Toplam azot tayini.

Toprak örneklerinin azot içeriği, salisilik asit+tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metal ve mikro element tayini.

Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilen Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb ve Cd miktarları, toprak örneklerine DTPA çözeltisi verilmek suretiyle elde edilen çözeltilerin ICP-OES (Inductively Couple Plasma spectrophometer, Thermo Scientific, ICAP 6300 Duo, ICP/OES) ile okunması suretiyle belirlenmiştir (Lindsay and Norvell 1978).

Bitki analizleri.

Bitkide makro-mikro besin elementleri ile ağır metal elementlerin (P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cd) tayini.

Bitki örneklerinin P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Cd ve Cu içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C'de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. adım; 180°C'de %90 mikrodalga gücünde 10 dakika ve 3. adım 100°C'de %40 mikrodalga gücünde 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrodalga yakma ünitesinde (CEM Mars Xpress,

USA) yakılmasıyla elde edilen çözeltiler (Mertens 2005a) ICP-OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer, Thermo Scientific, ICAP 6300 Duo, ICP/OES) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

Toplam azot.

Bitki örneklerinin toplam azot içerikleri salisilik-sülfürik asit ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikro kjheldahl yöntemiyle (AOAC 2005) belirlenmiştir.

Organik atık analizleri.

Organik madde tayini.

Organik atıkların, organik madde içerikleri yanma kaybı yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Nelson and Sommers 1996).

Makro-mikro besin elementleri ile ağır metal tayini.

Atık örneklerinin Ca, Mg, Na, K, P, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni ve Cd içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C’de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. adım; 180°C’de %90 mikrodalga gücünde 10 dakika ve 3. adım 100°C’de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrodalga yakma ünitesinde (CEM Mars Xpress, USA) yakılmasıyla elde edilen çözeltiler (Mertens 2005a) ICP-OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer, Thermo Scientific, ICAP 6300 Duo, ICP/OES) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

İstatistiksel analizler.

Denemeden elde edilen veriler SPSS 17.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, önemli bulunan ortalamalara ait verilere Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (SPSS 2004).

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Farklı orijine sahip organik atıkların, Iğdır yöresi alkali topraklarına uygulanması ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mısır bitkisinin verim ve verim parametreleri üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla yürütülen bu çalışmaya ait elde edilen sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Organik Atık Uygulamalarının Toprak Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

Organik atık uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkileri deneme alanının başlangıç toprak analizleri ile hasat sonrası yapılan toprak analizlerinin uygulama ortalaması verilmek suretiyle Tablo 8’de özetlenmiştir.

Tablo 8. Deneme Öncesi ve Sonrası Toprak Analiz Sonuçları

Parametre	Birim	Deneme Öncesi	1. yıl			2. yıl		
			AÇ	ÇG	ÇK	AÇ	ÇG	ÇK
pH		8,60	8,39	8,43	8,46	8,34	8,38	8,42
EC	µS/cm	340,00	447,00	430,56	427,56	452,64	476,86	482,92
OM	%	1,06	2,02	1,91	2,20	1,8	1,77	1,94
N		0,06	0,09	0,08	0,10	0,13	0,12	0,11
P	ppm	27,86	101,97	78,73	52,46	110,00	59,44	33,01
KDK	cmol/kg	26,25	26,96	26,80	26,46	27,15	26,34	26,16
ESP	%	18,44	13,34	13,55	13,01	10,15	9,78	9,02
Değişebilir Katyonlar	Ca	14,84	13,97	12,85	12,80	12,49	12,07	12,35
	K	0,37	0,97	1,26	0,91	0,68	0,91	0,71
	Mg	4,32	5,64	5,43	5,16	4,96	4,66	5,04
	Na	4,84	3,57	3,63	3,44	2,72	2,57	2,35
Mikroelementler	Zn	1,04	3,41	2,77	1,15	2,51	1,84	0,74
	Cu	0,21	0,25	0,24	0,25	0,33	0,32	0,32
	Fe	2,72	2,92	3,18	2,79	3,47	2,93	2,82
	Mn	0,59	0,76	0,68	0,70	0,69	0,65	0,68
Ağır Metaller	Ni	0,29	-	-	-	-	-	-
	Pb	0,50	0,83	0,68	0,79	1,02	0,68	0,85
	Cd	0,026	0,031	0,028	0,033	0,027	0,024	0,025

Organik atık uygulamalarının toprak pH’sı üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprak pH’sı üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 9’da verilmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın pH değeri azalış göstermiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1. yıl pH değeri sırasıyla 8,19-8,25 ve 8,29 olurken, 2. yıl pH değeri 8,10-8,17 ve 8,26 olarak belirlenmiştir. Uygulamalar sonucu doz artışı ile toprak pH’sında meydana gelen değişimler Tablo 8’e göre

her iki yılda da bütün uygulamalarda istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Araştırmanın her iki yılında da uygulama ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Aynı uygulama dozunda organik atık uygulamaları birbirleriyle karşılaştırıldığında istatistiki olarak, 1. yıl 2,5 ve 7,5 ton/da dozlarında önemsiz, 5 ve 10 ton/da dozlarında önemli ($p<0,05$), 12,5 dozunda çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar gerçekleşirken, 2. yıl 2,5 ton/da dozunda önemsiz, 5-10 ve 12,5 ton/da dozlarında çok önemli ($p<0,01$), 7,5 ton/da dozunda ise önemli ($p<0,05$) farklılıklar gerçekleşmiştir. Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi incelendiğinde, pH değerinde meydana gelen değişim bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsizdir.

Tablo 9. Organik Atık Uygulamalarının Toprakların pH'sı Üzerine Etkileri

pH				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	Kontrol	8,6 ± 0,04 a	8,6 ± 0,04 c	8,6 ± 0,04 a
	2,5 ^{ns}	8,52 ± 0,01 b	8,55 ± 0,01 c	8,57 ± 0,01 ab
	5*	8,44 ± 0,02 c B	8,48 ± 0,02 b AB	8,52 ± 0,01 b A
	7,5 ^{ns}	8,36 ± 0,02 d	8,41 ± 0,02 b	8,43 ± 0,03 c
	10*	8,23 ± 0,02 e B	8,29 ± 0,03 a AB	8,34 ± 0,01 d A
	12,5**	8,19 ± 0,02 e B	8,25 ± 0,02 a A	8,29 ± 0,01 d A
	Ortalama ^{ns}	8,39 ± 0,04	8,43 ± 0,03	8,46 ± 0,03
2. YIL	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
	Kontrol	8,55 ± 0,01 a	8,55 ± 0,01 a	8,55 ± 0,01 a
	2,5 ^{ns}	8,50 ± 0,01 a	8,51 ± 0,01 b	8,53 ± 0,01 a
	5**	8,39 ± 0,01 b B	8,45 ± 0,01 c A	8,49 ± 0,01 b A
	7,5*	8,30 ± 0,02 c B	8,35 ± 0,01 d B	8,41 ± 0,02 c A
	10**	8,18 ± 0,02 d C	8,24 ± 0,01 e B	8,31 ± 0,01 d A
	12,5**	8,10 ± 0,02 e C	8,17 ± 0,01 e B	8,26 ± 0,02 e A
	Ortalama ^{ns}	8,34 ± 0,04	8,38 ± 0,03	8,42 ± 0,03
Ortalama **		8,36 ± 0,03 C	8,40 ± 0,30 B	8,44 ± 0,02 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalınlı küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında toprak pH'sı kontrol parselinde 8,60 iken, AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 8,19 değerine düşmüş olup kontrole göre %5 azalış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak pH'sı kontrol parselinde 8,55 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında 8,10 değerine düşmüştür. Bu azalma kontrole göre %5,5 oranında olmuştur.

Toprağa uygulanan farklı organik materyallere ve dozlara bağlı olarak toprak pH'sında azalma yönünde değişimler gerçekleşmiştir. Toprak pH'sı üzerine AÇ uygulamalarının diğer uygulamalara göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. AÇ'nun toprak pH'sının düşmesi yönünde etkisinin daha fazla olması pH değerinin düşük (5,84) olmasından kaynaklanmaktadır. Organik

atık uygulamaları ile toprak pH'sı her ne kadar istatistiki olarak önemli bulunsa da meydana gelen değişimin çok fazla olmadığı belirlenmiştir. Bunun sebebi, toprakların tamponlama kapasiteleri ve organik materyallerin değişebilir iyonları tamponlama kapasiteleri ile açıklanabilir (Wong *et al.* 1996; Stamatiadis *et al.* 1999). Organik atık uygulamaların toprak pH'sı üzerine etkilerinin incelendiği birçok çalışmada benzer sonuçlar gözlemlenmiştir (Chang *et al.* 1991; Lopez-Mosquera *et al.* 2002; Angın 2008; Meng *et al.* 2016).

Organik atık uygulamalarının toprağın elektriksel iletkenliği (EC) üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprak EC değeri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Organik Atık Uygulamalarının Toprakların EC'si Üzerine Etkileri

EC (μS/cm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK *
1. YIL	Kontrol	337,33 ± 28,85 b	337,33 ± 28,85	337,33 ± 28,85 c
	2,5 ^{ns}	363,67 ± 6,57 b	360,00 ± 26,96	399,00 ± 39,68 bc
	5 ^{ns}	389,33 ± 26,82 b	410,67 ± 60,78	387,00 ± 26,27 bc
	7,5 ^{ns}	495,67 ± 20,74 a	424,00 ± 57,88	458,00 ± 27,06 ab
	10 ^{ns}	547,33 ± 25,44 a	489,67 ± 83,92	475,00 ± 19,86 ab
	12,5 ^{ns}	548,67 ± 17,84 a	561,67 ± 27,67	509,00 ± 43,71 a
	Ortalama ^{ns}	447,00 ± 22,37	430,56 ± 31,1	427,56 ± 17,9
2. YIL	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG*	ÇK*
	Kontrol	324,50 ± 11,75 c	324,5 ± 11,75 b	324,50 ± 11,75 b
	2,5 ^{ns}	392,33 ± 25,83 bc	437,83 ± 44,64 ab	441,83 ± 63,81 ab
	5 ^{ns}	422,83 ± 40,25 b	448,17 ± 60,42 ab	475,17 ± 20,91 a
	7,5 ^{ns}	432,33 ± 33,67 b	456,33 ± 53,44 ab	511,00 ± 48,23 a
	10 ^{ns}	555,33 ± 22,97 a	577,67 ± 97,69 a	559,00 ± 69,67 a
	12,5 ^{ns}	588,50 ± 4,01 a	616,67 ± 13,5 a	586,00 ± 16,37 a
	Ortalama ^{ns}	452,64 ± 23,96	476,86 ± 30,1	482,92 ± 25,86
Ortalama^{ns}		449,82 ± 16,16	453,71 ± 21,69	455,24 ± 16,19

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın EC değerleri artmıştır. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1. yıl EC değeri sırasıyla 548,67-561,67 ve 509,00 μS/cm olurken, 2. yıl EC değeri 588,50-616,67 ve 586,00 μS/cm olmuştur. Organik atıkların dozlarına bağlı olarak toprağın EC'si üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 9'a göre istatistiki olarak, 1. yıl AÇ uygulamasında çok önemli (p<0,01), ÇG uygulamasında önemsiz, ÇK uygulamasında önemli (p<0,05) bulunurken, 2. yıl AÇ uygulamasında çok önemli (p<0,01), ÇG ve ÇK uygulamalarında önemli (p<0,05) olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın her iki yılında da uygulama ortalamaları arasındaki farklılıklar ve aynı uygulama dozunda organik atık uygulamaları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak

önemsiz bulunmuştur. Organik atık uygulamalarının yıllara bağlı olarak EC üzerindeki etkileri incelendiğinde istatistiki olarak bütün uygulamalarda önemsiz değişimler gerçekleşmiştir.

Araştırmanın 1. yılında toprak EC'si kontrol parselinde 337,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iken, ÇG uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 561,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerine çıkmış olup kontrole göre %67 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak EC'si kontrol parselinde 324,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iken yine 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değer olan 616,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerine ulaşmış, kontrole göre %90 artışın olduğu belirlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıkların EC ve dozlarına bağlı olarak toprak EC'sini arttırdığı tespit edilmiştir. Toprak EC değerinde meydana gelen bu değişimlerin tuzun kök bölgesindeki hareketi ile ilgili olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Lopez-Mosquera *et al.* 2002; Aşık ve Katkat 2004; Perez-Murcia *et al.* 2006; Gascó and Lobo 2007; Aşık 2011). Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen bu artışın bitkisel üretim için tuz stresi oluşturacak düzeylere çıkmadığı belirlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının toprak organik madde (OM) içeriği üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprak organik madde içeriği üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Organik atık uygulamalarının toprak OM içeriği üzerine etkileri

Yıl	Doz; ton/da	Organik Madde (%)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	Kontrol	1,10 $\pm$ 0,004 e	1,10 $\pm$ 0,004 f	1,10 $\pm$ 0,004 e
	2,5**	1,52 $\pm$ 0,03 d B	1,44 $\pm$ 0,02 e B	1,77 $\pm$ 0,05 d A
	5**	1,81 $\pm$ 0,02 c B	1,76 $\pm$ 0,03 d B	2,07 $\pm$ 0,03 c A
	7,5**	2,19 $\pm$ 0,12 b B	2,02 $\pm$ 0,05 c B	2,57 $\pm$ 0,05 b A
	10**	2,69 $\pm$ 0,01 a B	2,43 $\pm$ 0,02 b C	2,79 $\pm$ 0,01 a A
	12,5 ^{ns}	2,78 $\pm$ 0,08 a	2,68 $\pm$ 0,02 a	2,90 $\pm$ 0,05 a
	Ort ^{ns}	2,02 $\pm$ 0,15	1,91 $\pm$ 0,13	2,20 $\pm$ 0,15
2. YIL	Kontrol	1,12 $\pm$ 0,02 e	1,12 $\pm$ 0,02 e	1,12 $\pm$ 0,015 c
	2,5**	1,54 $\pm$ 0,07 d B	1,45 $\pm$ 0,04 d B	1,79 $\pm$ 0,01 b A
	5*	1,79 $\pm$ 0,01 c B	1,74 $\pm$ 0,05 c B	2,1 $\pm$ 0,11 a A
	7,5 ^{ns}	1,96 $\pm$ 0,04 b	1,98 $\pm$ 0,03 b	2,17 $\pm$ 0,1 a
	10 ^{ns}	2,06 $\pm$ 0,07 b	2,15 $\pm$ 0,01 a	2,22 $\pm$ 0,06 a
	12,5 ^{ns}	2,35 $\pm$ 0,02 a	2,21 $\pm$ 0,02 a	2,25 $\pm$ 0,05 a
	Ort ^{ns}	1,8 $\pm$ 0,1	1,77 $\pm$ 0,1	1,94 $\pm$ 0,1
Ortalama **		1,91 $\pm$ 0,1 B	1,84 $\pm$ 0,09 C	2,07 $\pm$ 0,08 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın OM içeriğinde artışın olduğu, ancak araştırmanın 2. yılında toprak organik madde içeriğinin ilk yıla göre azaldığı belirlenmiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1. yıl

toprağın OM içeriği sırasıyla %2,78, %2,68 ve %2,90 iken, 2. yıl toprağın OM içeriği %2,35, %2,21 ve %2,25 olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının dozlarına bağlı olarak OM içeriğinde meydana getirdiği değişimler her iki yılda da istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz düzeydedir. Organik atıkların aynı dozlarının birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda istatistiki olarak, 1.yıl 12,5 ton/da dozunda önemsiz, diğer dozlarda çok önemli ($p<0,01$), 2. yılda ise 2,5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda ise önemsiz değişimler gerçekleşmiştir. Organik atık uygulamalarının yıllara bağlı olarak toprak organik maddesi üzerindeki etkileri incelendiğinde, bütün uygulamalarda meydana gelen değişimlerin istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında kontrol parselinin OM içeriği %1,10 iken en yüksek OM içeriği %2,90 ile ÇK uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) elde edilmiş olup, kontrole göre OM içeriğinde %164 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kontrol parselinde %1,12 olan OM içeriği AÇ 12,5 ton/da dozunda kontrole göre %110 artarak %2,35'e çıkmıştır.

Organik materyallerin toprağa ilavesi ile toprak OM içeriğini arttırdığı birçok araştırıcı tarafından bildirilmiştir (Hernández-Apaolaza *et al.* 2005; Tsadilas *et al.* 2005). ÇK uygulamasının 2. yıl organik madde içeriğine olan etkisinin diğer uygulamalara göre azalmasının organik atığın mineralizasyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ajwa and Tabatabai (1994) organik atıkların zamana bağlı olarak mineralizasyonları sonucu toprak organik madde içeriklerinde azalan artışlar gözlemlemişlerdir.

Organik atık uygulamaları ile toprak OM içeriğinde meydana gelen artışlar, toprağın fiziksel, kimyasal özellikleri ile verimlilik ve üretkenlik parametrelerine önemli katkılar sağlamıştır.

Organik atık uygulamalarının toprak toplam azot (TN) içeriği üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprak TN içeriği üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 12'de verilmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın TN içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1. yıl toprağın TN içeriği sırasıyla %0,10, %0,12 ve %0,11 iken, 2. yıl toprağın TN içeriği %0,16, %0,15 ve %0,12 olarak tespit edilmiştir. Toprak TN içeriğinde organik atıkları dozlarına bağlı olarak her iki yılda da istatistiki olarak çok önemli artışlar bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiki olarak araştırmanın 1. yılında önemli ($p<0,05$), 2. yıl ise çok önemli ($p>0,01$) olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara göre TN içeriği üzerine etkileri

incelendiğinde AÇ ve ÇG uygulamaları ile istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulaması ile önemli artışlar gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Tablo 12. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Toplam Azot İçeriği Üzerine Etkileri

Toplam Azot (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	0,065 ± 0,003 b	0,065 ± 0,01 b	0,065 ± 0,003 d
	2,5 *	0,081 ± 0,006 ab A	0,059 ± 0,01 b B	0,083 ± 0,003 c A
	5 ^{ns}	0,100 ± 0,009 a	0,07 ± 0,01 b	0,099 ± 0,003 b
	7,5 ^{ns}	0,085 ± 0,008 ab	0,087 ± 0,01 ab	0,107 ± 0,003 ab
	10*	0,097 ± 0,002 a AB	0,087 ± 0,01 ab B	0,109 ± 0,005 ab A
	12,5 ^{ns}	0,102 ± 0,006 a	0,122 ± 0,02 a	0,112 ± 0,001 a
	Ort *	0,088 ± 0,004 AB b**	0,082 ± 0,01 B b**	0,096 ± 0,004 A
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK **
	0	0,068 ± 0,005 c	0,068 ± 0,005 c	0,068 ± 0,005 b
	2,5 ^{ns}	0,122 ± 0,01 b	0,125 ± 0,001 b	0,107 ± 0,01 a
	5 ^{ns}	0,124 ± 0,002 b	0,127 ± 0,01 b	0,115 ± 0,01 a
	7,5 ^{ns}	0,127 ± 0,001 b	0,133 ± 0,01 ab	0,118 ± 0,003 a
	10*	0,146 ± 0,01 ab A	0,135 ± 0,003 ab AB	0,12 ± 0,01 a B
	12,5 ^{ns}	0,162 ± 0,01 a	0,152 ± 0,01 a	0,122 ± 0,01 a
	Ort **	0,125 ± 0,01 A a	0,123 ± 0,01 A a	0,108 ± 0,01 B
Ortalama ^{ns}		0,107 ± 0,01	0,103 ± 0,01	0,104 ± 0,004

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalınlı küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında TN içeriği kontrol parselinde %0,065 iken ÇG uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) %0,122 ulaşmış olup, kontrole göre TN içeriği %88 artmıştır. Araştırmanın 2. yılında toplam N içeriği kontrol parselinde %0,068 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında kontrole göre %138 artarak %0,162 değeri elde edilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile toprak TN içeriklerindeki artış, atıkların içermiş oldukları N içeriği ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Navas *et al.* 1998; Wong *et al.* 1998; Veeresh *et al.* 2003, Singh and Agrawal 2007). Araştırmanın 2. yılında TN içeriği incelendiğinde ÇK uygulamasında 1. yıl ÇK ve 2. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarına göre azalan artışlar bulunmuştur. Bu azalan artış, ÇK' nun inkübasyon süresinin artışıyla birlikte mineralizasyon ve nitrifikasyona uğraması ile açıklanabilmektedir (Conte Suarez *et al.* 2004; Roseani *et al.* 2004).

Organik atık uygulamalarının toprağın değişebilir Ca, K, Mg ve Na içeriği üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın değişebilir Ca, K, Mg ve Na içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 13, 14, 15 ve 16'da verilmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın değişebilir Ca içeriğinin 1. yıl arttığı, araştırmanın 2. yılında ise ilk yıla göre azalmaların olduğu belirlenmiştir.

Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1. yıl toprağın değişebilir Ca içeriği sırasıyla 14,85-13,45 ve 13,32 cmol/kg iken, 2. yıl toprağın değişebilir Ca içeriği 12,98-12,28 ve 12,35 cmol/kg olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının dozlarına bağlı olarak toprağın değişebilir Ca içeriğinde meydana gelen değişimler Tablo 13'e göre istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Yapılan uygulamaların 1. yıl değişebilir Ca içeriği üzerine etkileri incelendiğinde uygulama ortalamaları arasında büyük farklılıklar bulunmuş olup, bu artışlar istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl ise önemsiz farklılıklar elde edilmiştir. Diğer taraftan toprağa uygulanan organik atıkların toprak değişebilir Ca içeriğinde yıllara bağlı olarak meydana getirdiği değişimin istatistiki olarak AÇ uygulamasında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇK uygulamasında ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 13. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir Ca İçeriği Üzerine Etkileri

Yıl	Doz; ton/da	Değişebilir Ca (cmol/kg)		
		AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	12,32 ± 0,49	12,32 ± 0,49	12,32 ± 0,49
	2,5 ^{ns}	12,77 ± 0,41	12,52 ± 0,15	12,37 ± 1,37
	5 ^{ns}	14,48 ± 1,11	12,64 ± 0,36	12,73 ± 0,58
	7,5 ^{ns}	14,67 ± 0,99	12,74 ± 0,24	12,87 ± 0,18
	10 ^{ns}	14,72 ± 0,30	13,41 ± 0,31	13,17 ± 0,52
	12,5 ^{ns}	14,85 ± 0,44	13,45 ± 1,40	13,32 ± 0,22
	Ort**	13,97 ± 0,34 A a**	12,85 ± 0,25 B a*	12,8 ± 0,25 B
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	11,79 ± 0,44	11,79 ± 0,44	11,79 ± 0,44
	2,5 ^{ns}	12,12 ± 0,23	11,9 ± 0,86	12,17 ± 0,54
	5 ^{ns}	12,29 ± 0,12	12,07 ± 0,29	12,36 ± 0,74
	7,5 ^{ns}	12,79 ± 0,12	12,19 ± 0,86	12,42 ± 0,49
	10 ^{ns}	12,95 ± 0,33	12,19 ± 0,94	12,66 ± 0,29
	12,5 ^{ns}	12,97 ± 0,69	12,28 ± 0,44	12,71 ± 0,25
	Ort ^{ns}	12,49 ± 0,17 b	12,07 ± 0,24 b	12,35 ± 0,18
Ortalama **		13,23 ± 0,23 A	12,46 ± 0,18 B	12,57 ± 0,16 B

- Uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında değişebilir Ca içeriği kontrol parselinde 12,32 cmol/kg iken AÇ uygulamasının en yüksek dozundan (12,5 ton/da) 14,85 cmol/kg değeri elde edilmiş ve kontrole göre %21 artışın gerçekleştiği tespit edilmiştir. Araştırmanın 2. yılında toprak değ. Ca içeriği kontrol parselinde 11,79 cmol/kg iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değer olan 12,97 cmol/kg'a ulaşmış olup, kontrole göre %10 artış belirlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın değişebilir K içeriğinin 1. yıl arttığı, araştırmanın 2. yılında ise ilk yıla göre azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1. yıl toprağın değişebilir K içeriği sırasıyla 1,09-1,72-1,03 cmol/kg bulunurken, 2. yıl toprağın değişebilir K içeriği 0,70-1,21-0,81 cmol/kg bulunmuştur. Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı

olarak toprağın değişebilir K içeriğinde meydana gelen değişimler Tablo 14'e göre AÇ ve ÇK uygulamalarında istatistiki olarak önemsiz, ÇG uygulamasında ise istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) gerçekleşmiştir. Yapılan uygulamaların her iki yıl için değişebilir K içeriği üzerine etkileri incelendiğinde uygulama ortalamaları arasında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar tespit edilmiştir. Toprağa uygulanan organik atıkların toprak değişebilir K içeriğinde yıllara bağlı olarak meydana getirdiği değişim istatistiki olarak bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Tablo 14. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir K İçeriği Üzerine Etkileri

Değişebilir K (cmol/kg)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{**}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,81 ± 0,01	0,81 ± 0,01 c	0,81 ± 0,01
	2,5 ^{ns}	0,91 ± 0,03	0,92 ± 0,04 bc	0,83 ± 0,01
	5 [*]	0,96 ± 0,06 AB	1,13 ± 0,06 bc A	0,84 ± 0,03 B
	7,5 ^{ns}	1,03 ± 0,10	1,34 ± 0,30 ab	0,91 ± 0,04
	10 ^{**}	1,05 ± 0,11 B	1,65 ± 0,39 a A	1,01 ± 0,06 B
	12,5 ^{**}	1,09 ± 0,10 B	1,72 ± 0,11 a A	1,03 ± 0,06 B
	Ortalama ^{**}	0,97 ± 0,03 B a**	1,26 ± 0,13 A a**	0,91 ± 0,03 B a**
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG ^{**}	ÇK ^{ns}
	0	0,64 ± 0,01	0,64 ± 0,01 e	0,64 ± 0,01
	2,5 ^{ns}	0,65 ± 0,02	0,68 ± 0,04 de	0,65 ± 0,05
	5 ^{ns}	0,67 ± 0,02	0,85 ± 0,06 cd	0,66 ± 0,06
	7,5 [*]	0,69 ± 0,01 B	1,00 ± 0,09 bc A	0,71 ± 0,06 B
	10 ^{ns}	0,69 ± 0,02	1,08 ± 0,09 ab	0,78 ± 0,15
	12,5 ^{**}	0,70 ± 0,03 B	1,21 ± 0,04 a A	0,81 ± 0,06 B
	Ortalama ^{**}	0,68 ± 0,01 B b	0,91 ± 0,05 A b	0,71 ± 0,03 B b
Ortalama^{**}		0,82 ± 0,03 B	1,12 ± 0,08 A	0,81 ± 0,03 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, ^{*}; $p<0,05$, ^{**}; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında değ. K içeriği kontrol parselinde 0,81 cmol/kg iken 12,5 ton/da ÇG uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1,33 cmol/kg değerine çıkmış, kontrole göre %64 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak değ. K içeriği kontrol parselinde 0,64 cmol/kg iken yine 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (1,21 cmol/kg) ulaşmış olup, kontrole göre %89 artış gerçekleşmiştir.

Organik atık uygulamalarının toprağın değişebilir Mg içeriği üzerine etkisi Tablo 15'e göre artan dozlarına bağlı olarak artışlar göstermiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın değişebilir Mg içeriği 1. yıl sırasıyla 6,25-5,80-5,55 cmol/kg iken 2. yıl 5,91-5,06-5,84 cmol/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın 1. yılında dozlara bağlı olarak meydana gelen artışlar bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz, 2. yıl AÇ uygulamasında istatistiki olarak önemli ($p<0,05$), diğer uygulamalarda ise önemsiz olarak belirlenmiştir. Yapılan uygulamaların her iki yıl için değişebilir Mg içeriği üzerine etkileri incelendiğinde uygulama ortalamaları arasında büyük farklılıklar bulunmuş olup, bu

artışlar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Toprağa uygulanan organik atıkların toprak değişebilir Mg içeriğinde yıllara bağlı olarak meydana getirdiği değişim istatistiki olarak AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG uygulamasında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında ise önemsiz olarak tespit edilmiştir.

Tablo 15. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir Mg İçeriği Üzerine Etkileri

Yıl	Doz; ton/da	Değişebilir Mg (cmol/kg)		
		AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	4,92 ± 0,28	4,92 ± 0,28	4,92 ± 0,28
	2,5 ^{ns}	4,96 ± 0,26	4,91 ± 0,11	4,92 ± 0,11
	5 ^{ns}	5,79 ± 0,6	5,6 ± 0,4	4,98 ± 0,5
	7,5 ^{ns}	5,85 ± 0,78	5,61 ± 0,2	5,14 ± 0,1
	10 ^{ns}	6,05 ± 0,15	5,75 ± 0,2	5,46 ± 0,34
	12,5 ^{ns}	6,25 ± 0,23	5,80 ± 0,39	5,55 ± 0,18
	Ortalama ^{ns}	5,64 ± 0,2 b*	5,43 ± 0,13 a**	5,16 ± 0,12
2. YIL		AÇ*	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	4,22 ± 0,38 c	4,22 ± 0,38	4,22 ± 0,38
	2,5 ^{ns}	4,48 ± 0,38 bc	4,29 ± 0,38	4,60 ± 0,22
	5 ^{ns}	4,79 ± 0,06 bc	4,64 ± 0,10	4,97 ± 0,25
	7,5 ^{ns}	4,92 ± 0,19 bc	4,87 ± 0,20	5,14 ± 0,54
	10 ^{ns}	5,41 ± 0,26 ab	4,90 ± 0,19	5,44 ± 0,19
	12,5 ^{ns}	5,91 ± 0,32 a	5,06 ± 0,49	5,84 ± 0,45
	Ortalama ^{ns}	4,96 ± 0,17 a	4,66 ± 0,13 b	5,04 ± 0,18
Ortalama^{ns}		5,3 ± 0,14	5,05 ± 0,11	5,1 ± 0,11

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalınlı küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında değ. Mg içeriği kontrol parselinde 4,92 cmol/kg iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 6,25 cmol/kg değerine çıkmış, kontrole göre %27 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak değ. Mg içeriği kontrol parselinde 4,22 cmol/kg iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (5,91 cmol/kg) ulaşmış olup, kontrole göre %40 artış elde edilmiştir.

Toprağa uygulanan organik atık uygulamalarının Tablo 16’da belirtildiği üzere artan dozlarına bağlı olarak toprağın değişebilir Na içeriğini azalttığı tespit edilmiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın değişebilir Na içeriği 1. yıl sırasıyla 2,02-2,64 ve 2,96 cmol/kg, 2. yıl ise 1,94-2,04 ve 2,02 cmol/kg olarak tespit edilmiştir. Artan dozlara bağlı olarak azalan değişebilir Na içeriği 1. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında istatistiki olarak çok önemli bulunurken ($p<0,01$), diğer uygulama ve yıllarda meydana gelen değişim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Yapılan uygulamaların her iki yıl için değişebilir Na içeriği üzerine etkileri incelendiğinde uygulama ortalamaları arasında büyük farklılıklar belirlenmiş olup, bu farklılıkların istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan toprağa uygulanan organik atıkların toprak değişebilir Na içeriğinde yıllara bağlı

olarak meydana getirdiği değişim istatistiki olarak AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG ve ÇK uygulamalarında ise çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Tablo 16. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Değişebilir Na İçeriği Üzerine Etkileri

Değişebilir Na (cmol/kg)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ **	ÇG **	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	4,50 ± 0,19 a	4,50 ± 0,19 c	4,50 ± 0,19
	2,5 ^{ns}	4,26 ± 0,31 a	4,11 ± 0,29 bc	3,55 ± 0,38
	5 ^{ns}	4,39 ± 0,12 a	4,06 ± 0,26 bc	3,31 ± 0,61
	7,5 ^{ns}	3,95 ± 0,49 a	3,13 ± 0,51 a	3,28 ± 0,27
	10 ^{ns}	2,29 ± 0,36 b	3,33 ± 0,03 ab	3,01 ± 0,26
	12,5 ^{ns}	2,02 ± 0,35 b	2,64 ± 0,05 a	2,96 ± 0,41
	Ortalama ^{ns}	3,57 ± 0,27 b*	3,63 ± 0,18 b**	3,44 ± 0,18 b**
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	3,53 ± 0,53	3,53 ± 0,53	3,53 ± 0,53
	2,5 ^{ns}	3,34 ± 0,54	2,95 ± 0,55	2,38 ± 0,34
	5 ^{ns}	2,81 ± 0,41	2,61 ± 0,69	2,12 ± 0,51
	7,5 ^{ns}	2,42 ± 0,42	2,25 ± 0,12	2,04 ± 0,13
	10 ^{ns}	2,29 ± 0,36	2,06 ± 0,18	2,04 ± 0,11
	12,5 ^{ns}	1,94 ± 0,02	2,04 ± 0,27	2,02 ± 0,16
	Ortalama ^{ns}	2,72 ± 0,2 a	2,57 ± 0,2 a	2,35 ± 0,18 a
Ortalama ^{ns}		3,14 ± 0,18	3,10 ± 0,16	2,90 ± 0,15

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında değ. Na içeriği kontrol parselinde 4,50 cmol/kg iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en düşük değere ulaşmış (2,02 cmol/kg) ve kontrole göre %55 oranında azalmanın olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak değ. Na içeriği kontrol parselinde 3,53 cmol/kg iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en düşük değere (1,94 cmol/kg) ulaşmış olup, kontrole göre %45 azalış gözlenmiştir (Şekil 23).

Organik atıkların içeriklerinde bulunan yüksek Ca, Mg, K içerikleri ile pH'da meydana gelen değişimlere bağlı olarak değişebilir Ca, Mg ve K'un elverişli formlara dönüşmesi sebebiyle artan dozlara bağlı olarak artışlar bulunmuştur (Shanmugam and Warman 2004; Antolin *et al.* 2005; Angın 2008; Bertoncini *et al.* 2008; Hussein 2009; Pizzeghello *et al.* 2011). Yıllar arasındaki değişim incelendiğinde 2. yıl değişebilir Ca, Mg, K içeriği 1. yıla göre azalışlar göstermiştir. Bu azalış, elementlerin bitkiler tarafından alınması, toprakta suyun hareketi ile değişim yüzeylerinin doyması ve tamamlayıcı iyonların etkisini kaybetmesi ile bitki kök bölgesinden uzaklaşması ile açıklanabilmektedir (Sezen 1995; Munsuz vd 2001; Weber *et al.* 2007).

Organik atık uygulamaları ile toprağın değişebilir Ca, Mg ve K içerikleri artmış ancak, değişebilir Na içeriklerinde azalışlar gözlemlenmiştir (Zaka *et al.* 2003; Tejada *et al.* 2006; Zahid and Niazi 2006; Angın ve Yağanoğlu 2009; Cha-Um *et al.* 2011). Toprakların değişebilir Na içeriğinde meydana gelen bu azalış, iyon değişiminin gerçekleştiği kolloidal yüzeylerde

tamamlayıcı iyon etkisi gösteren K^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} 'un içeriğinde meydana gelen artış ile yakından ilişkilidir (Lax *et al.* 1994; García-Orenes *et al.* 2005). Ayrıca toprağın tarla kapasitesinin üzerinde sulanmanın sebebiyle Na^+ 'un yıkandığı düşünülmektedir. Organik atık uygulamaları sonucu artan organik madde miktarı ile birlikte toprağın kolloidal özelliği desteklenmekte ve toprakta bulunan iyonların bu kolloidlerce tutulduğu bilinmektedir. Böylece özellikle toprakta tuzdan etkilenmiş alanlarda tuz iyonları da bu kolloidlerce tutulmakta ve topraktan uzaklaştırılması daha fazla zaman alabilecektir. Bu sebeple tuzdan etkilenmiş alanlarda organik atık uygulamaları yapılırken atıkların bünyelerinde barındırdıkları tuz içerikleri dikkate alınarak uygulamaların yapılması ve drenaj koşullarının iyileştirilmesi ile uzun yıllar yapılan uygulamalar sonucu oluşacak olumsuzlukların engellenebileceği düşünülmektedir (Angın 2008).

Organik atık uygulamalarının toprağın katyon değişim kapasitesi (KDK) üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın KDK'sı üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın KDK'sı Üzerine Etkileri

KDK (cmol/kg)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	26,56 ± 0,45	26,56 ± 0,45	26,56 ± 0,45
	2,5 ^{ns}	25,72 ± 0,34	26,69 ± 0,87	25,61 ± 0,62
	5 ^{ns}	26,9 ± 0,59	27,52 ± 0,64	26,73 ± 0,89
	7,5 ^{ns}	26,82 ± 0,59	25,43 ± 0,3	27,07 ± 1,18
	10 ^{ns}	27,19 ± 0,48	27,21 ± 0,76	26,39 ± 0,29
	12,5 ^{ns}	28,60 ± 0,79	27,39 ± 0,76	26,39 ± 0,29
	Ortalama ^{ns}	26,96 ± 0,28	26,8 ± 0,28	26,46 ± 0,26
2. YIL		AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	26,05 ± 0,61 c	26,05 ± 0,61	26,05 ± 0,61
	2,5 ^{ns}	26,56 ± 0,17 bc	26,56 ± 0,74	25,88 ± 0,29
	5 ^{ns}	27,07 ± 0,74 bc	26,56 ± 0,45	25,72 ± 0,61
	7,5 ^{ns}	25,88 ± 0,59 c	25,54 ± 1,47	26,22 ± 0,68
	10 ^{ns}	27,91 ± 0,29 ab	26,22 ± 0,61	26,54 ± 0,35
	12,5**	29,43 ± 0,51 a A	27,07 ± 0,17 B	26,56 ± 0,74 B
	Ortalama *	27,15 ± 0,35 A	26,34 ± 0,29 AB	26,16 ± 0,21 B
Ortalama*		27,06 ± 0,22 A	26,57 ± 0,2 AB	26,31 ± 0,17 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01.

Organik atık uygulamaları ile toprağın KDK'sı artan dozlara bağlı olarak artışlar göstermiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın KDK'sı 1. yıl sırasıyla 28,60-27,39 ve 26,46 cmol/kg, 2. yıl ise 29,43-27,07 ve 26,56 cmol/kg olarak belirlenmiştir. Uygulamalar sonucu KDK'da meydana gelen değişimler 1. yıl bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz, 2. yıl AÇ uygulamasında istatistiki olarak çok önemli

($p<0,01$), diğer uygulamalarda önemsiz bulunmuştur. Yapılan uygulamaların 1. yıl için KDK üzerine etkileri incelendiğinde uygulama ortalamaları arasındaki değişimin az olduğu ve bu farklılığın istatistiki olarak önemsiz olduğu, 2. yılı ise uygulama ortalamaları arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının yıllara göre değişimi incelendiğinde AÇ uygulamasında 2. yıl KDK artarken, ÇK ve ÇG uygulamalarında 2. yıl azalmalar görülmüş olup, yıllara göre uygulamaların KDK üzerindeki etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Araştırmanın 1. yılında KDK kontrol parselinde 26,56 cmol/kg iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 28,6 cmol/kg ile en yüksek değere ulaşmış olup, kontrole göre %8 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise KDK kontrol parselinde 26,05 cmol/kg iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (29,43 cmol/kg) ulaşmış olup, kontrole göre %13 artış belirlenmiştir.

KDK toprağın kil içeriği ve organik madde miktarı ile yakından ilişkilidir. Yapılan organik atık uygulamaları ile artan toprak organik madde içeriği ile doğrudan ilişkili olarak KDK artmıştır (Kelly *et al.* 1999; Bergkvist *et al.* 2003; Antolín *et al.* 2005; Angın ve Yağanoğlu 2009). Araştırmanın ikinci yılında ÇG ve ÇK uygulamalarında KDK değerinde bazı parsellerde kısmen azalışlar gözlemlenmiş, bu azalışların arazinin uzun yıllar kullanılmaması ve çok kısa aralıklarda kimyasal farklılık göstermesi nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Organik atık uygulamalarının toprağın değişebilir Na yüzdesi (ESP) üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın ESP'si üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 18'de verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile toprağın ESP'si artan dozlara bağlı olarak azalış göstermiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın ESP'si 1. yıl sırasıyla %7,07, %9,64 ve %11,22 iken, 2. yıl %6,59, %7,55 ve %7,64 olarak bulunmuştur. Araştırmanın 1. yılında uygulama dozlarına bağlı olarak ESP değerinde AÇ ve ÇG uygulamalarında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında ise istatistiki olarak önemsiz azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Araştırma 2. yıl sonuçları incelendiğinde dozlara bağlı olarak gerçekleşen azalış bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırmanın her iki yılında uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz iken uygulamaların yıllara göre ESP üzerindeki etkisi AÇ uygulamasında istatistiki olarak önemli, ÇG ve ÇK uygulamalarında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olmuştur.

Tablo 18. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın ESP'si Üzerine Etkileri

ESP (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ **	ÇG **	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	16,95 ± 0,45 b	16,95 ± 0,45 c	16,95 ± 0,45
	2,5 ^{ns}	16,55 ± 1,12 b	15,48 ± 1,4 bc	13,84 ± 1,34
	5 ^{ns}	16,36 ± 0,82 b	14,77 ± 1,02 bc	12,42 ± 2,35
	7,5 ^{ns}	14,67 ± 1,52 b	12,26 ± 1,91 ab	12,22 ± 1,44
	10 ^{ns}	8,46 ± 1,37 a	12,23 ± 0,27 ab	11,4 ± 0,87
	12,5 ^{ns}	7,07 ± 1,29 a	9,64 ± 0,29 a	11,22 ± 1,51
	Ortalama ^{ns}	13,34 ± 1,05 b*	13,55 ± 0,7 b**	13,01 ± 0,69 b**
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	13,64 ± 2,31	13,64 ± 2,31	13,64 ± 2,31
	2,5 ^{ns}	12,62 ± 2,1	11,05 ± 2,01	9,17 ± 1,34
	5 ^{ns}	10,45 ± 1,76	9,81 ± 2,63	8,17 ± 1,74
	7,5 ^{ns}	9,41 ± 1,81	8,82 ± 0,18	7,79 ± 0,65
	10 ^{ns}	8,19 ± 1,27	7,82 ± 0,51	7,7 ± 0,34
	12,5 ^{ns}	6,59 ± 0,15	7,55 ± 1,02	7,64 ± 0,74
	Ortalama ^{ns}	10,15 ± 0,83 a	9,78 ± 0,78 a	9,02 ± 0,7 a
Ortalama ^{ns}		11,75 ± 0,72	11,67 ± 0,6	11,01 ± 0,59

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01.

Araştırmanın 1. yılında ESP kontrol parselinde %16,95 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en düşük değer olan %7,07 değerine ulaşmış olup, kontrole göre %58 azalış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise ESP kontrol parselinde %13,64 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en düşük değere (%6,59) ulaşmış olup, kontrole göre %52 azalış gözlenmiştir.

Toprak ESP değeri toprağın değişebilir Na içeriğinin KDK değerine oranını, yani toprak çözeltisinde değişebilir katyonlar içindeki Na'un nisbi oranını ifade etmektedir (Blake and Hartge 1986). ESP toprak tuzluluğu ve alkaliliğinin sınıflandırılmasında kullanılan bir parametredir. Toprağın pH, EC ve ESP değerlerinin bir fonksiyonu olarak toprak tuzluluk sınıfları oluşturulmuştur. Toprak pH, EC ve ESP değerleri sırasıyla <8,5, >4 dS/cm, <%15 olan topraklar tuzlu, >8,5, <4 dS/cm, >%15 olan topraklar alkali, >8,5, >4 dS/cm, >%15 olan topraklar ise tuzlu-alkali toprak olarak sınıflandırılmaktadır (Lamond and Whitney 1992). Araştırma sonuçlarına göre organik atık uygulamaları sonucu toprağın KDK'sı artarken, değişebilir Na içeriği azalmaktadır. Bunun sonucu olarak ESP azalmıştır. Organik atıklarla ilgili yapılan çalışmalar irdelendiğinde Na'un artışına paralel olarak ESP'nin de arttığını dolayısıyla toprağın tuzlulaştığı (Hanay 2004), Na'un azalmasıyla birlikte ESP' nin azaldığı görülmektedir (Lax *et al.* 1994; García-Orenes *et al.* 2005, Angın ve Yağanoğlu 2009; Wang *et al.* 2014; Khandar *et al.* 2017). Dolayısıyla organik atık uygulamaları ile toprakların alkalilik problemlerinin giderilmesinin mümkün olabileceği düşünülmektedir. Yapılan birçok çalışmada

da Na'un olumsuz etkilerinin organik atık uygulamaları ile giderilebileceğini belirtilmiştir (Lakhdar *et al.* 2009; Akat and Altunlu 2019).

Organik atık uygulamalarının toprağın elverişli P içeriği üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın elverişli P içeriği üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Elverişli P İçeriği Üzerine Etkileri

P (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	43,70 ± 0,51 e	43,70 ± 0,51 d	43,70 ± 0,51 d
	2,5**	61,53 ± 1,82 d A	67,27 ± 3,55 c A	45,02 ± 0,67 cd B
	5**	86,90 ± 6,78 c A	79,32 ± 6,22 b A	50,53 ± 3,94 bc B
	7,5**	125,65 ± 2,01 b A	83,85 ± 1,90 b B	54,79 ± 1,61 b C
	10**	131,86 ± 8,43 b A	94,88 ± 1,31 a B	55,86 ± 1,60 b C
	12,5**	162,19 ± 5,21 a A	103,40 ± 1,42 a B	64,85 ± 0,53 a C
	Ortalama **	101,97 ± 10,21 A	78,73 ± 4,82 B a*	52,46 ± 1,85 C a*
2. YIL	0	28,36 ± 5,59 d	28,36 ± 5,59 c	28,36 ± 5,59 c
	2,5**	80,03 ± 1,8 c A	33,45 ± 2,59 c B	28,49 ± 0,89 c B
	5**	99,5 ± 8,66 b A	52,36 ± 5,1 b B	31,09 ± 0,62 bc C
	7,5**	145,22 ± 1,56 a A	59,90 ± 4,26 b B	31,47 ± 1,92 abc C
	10**	151,41 ± 3,95 a A	89,89 ± 11,35 a B	38,36 ± 1,3 ab C
	12,5**	155,46 ± 3,16 a A	92,66 ± 0,95 a B	40,31 ± 2,7 a C
	Ortalama **	110 ± 11,28 A	59,44 ± 6,38 B b	33,01 ± 1,47 C b
Ortalama **		105,98 ± 7,53 A	69,09 ± 4,26 B	42,74 ± 2,01 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ns; p>0,05, *, p<0,05, **, p<0,01.

Organik atık uygulamaları ile toprağın elverişli P içeriği artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Yapılan organik atık uygulamalarının (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın elverişli P içeriği 1. yıl sırasıyla 162,19-103,40 ve 64,85 ppm iken, 2. yıl 155,46-92,66 ve 40,31 ppm olarak belirlenmiştir. Araştırmanın her iki yılında da uygulamaların dozlara bağlı olarak toprağın elverişli P içeriğinde meydana getirdikleri artışlar istatistiki olarak çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Uygulamaların aynı dozlarının istatistiki olarak birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda her iki yılda bütün dozlar da elverişli P içeriğinde meydana gelen değişim çok önemli (p<0,01) gerçekleşmiştir. Organik atık uygulamalarının aynı yıl içindeki uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiki olarak her iki yıl içinde istatistiki olarak çok önemli (p<0,01) değişimlerin olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların yıllar arasındaki farklılıkları incelendiğinde elverişli P içeriği üzerine istatistiki olarak, AÇ uygulamalarının önemsiz, ÇK uygulamasında çok önemli (p<0,01), ÇG uygulamasında ise önemli (p<0,05) etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında elverişli P içeriği kontrol parselinde 43,70 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (162,19 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %271 artış gerçekleşmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise elverişli P içeriği kontrol parselinde 28,36 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek (155,46 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %448 artış elde edilmiştir.

Organik atık uygulamalarının toprak elverişli P içeriğini önemli düzeyde arttırdığı görülmektedir. Organik atıklardan AÇ'nin P içeriğinin yüksek (%2,7) olması sebebiyle toprak elverişli P içeriğine etkisi ÇG ve ÇK uygulamalarından daha fazla olmuştur. Farklı organik atıklarla ilgili yapılan birçok araştırmada arıtma çamurlarının toprak elverişli fosfor içeriklerini diğer atıklardan daha fazla arttırdığını bildirmiştir (Sui and Thompson 2000; Edmeades 2003; Kidd *et al.* 2007; Küçükhemek vd 2008; Hosseinpur and Pashamokhtari 2008; Aşık 2011). Toprakta elverişli P içeriğinin 1. yıla göre 2. yıl azaldığı görülmektedir. Bu azalışın yetiştirilen mısır bitkisinin topraktan yüksek oranda P alması, özellikle kireçli topraklarda zamana bağlı olarak P fiksasyonunun artması (Conte-Suarez *et al.* 2004) ile açıklanabilmektedir. Organik madde içeriği yüksek materyallerin toprağa ilavesi ile hem bünyesinde barındırdığı P hem de mineralizasyonu esnasında gerçekleşen reaksiyonlar mevcut fosforun elverişli forma dönüştüğü bu sayede toprakta elverişli P içeriğinin arttığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Butler and Muir 2006; Tadesse *et al.* 2013; Meng *et al.* 2016. Wang, Ren *et al.* 2017; Andriamananjara *et al.* 2018).

Organik atık uygulamalarının toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir mikroelement içerikleri üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn, Cu, Mn ve Fe içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 20, 21, 22 ve 23'te verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile toprağın Zn içeriği Tablo 20'de belirtildiği üzere artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Yapılan organik atık uygulamalarının (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın Zn içeriği 1. yıl sırasıyla 5,43-4,74 ve 1,25 ppm iken, 2. yıl 3,68-3,54 ve 0,93 ppm olarak bulunmuştur. Araştırmanın her iki yılında AÇ ve ÇG uygulamalarında dozlara bağlı olarak toprağın elverişli P içeriğinde istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında ise 1. yıl önemsiz, 2. yıl çok önemli ($p<0,01$) artışların olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların aynı dozlarının istatistiki olarak birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda 1. yıl 2,5 ton/da dozu hariç diğer tüm dozlarda ve yıllarda uygulanan atıkların toprak Zn içeriği üzerindeki etkisinin çok önemli ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının toprak Zn içeriğinde meydana getirdiği değişimlerin, yıl içindeki uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur.

Uygulamaların yıllar arasındaki farklılıkları incelendiğinde toprak Zn içeriği üzerine istatistiki olarak AÇ ve ÇG uygulamalarının önemsiz, ÇK uygulamasının çok önemli ($p<0,01$) etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 20. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Zn İçeriği Üzerine Etkileri

Yıl	Doz; ton/da	Zn (ppm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,99 ± 0,05 d	0,99 ± 0,05 c	0,99 ± 0,05
	2,5 ^{ns}	2,09 ± 0,37 c	1,20 ± 0,58 c	1,12 ± 0,05
	5 **	2,74 ± 0,30 c A	1,95 ± 0,15 c A	1,13 ± 0,24 B
	7,5 **	4,34 ± 0,29 b A	3,29 ± 0,25 b B	1,18 ± 0,25 C
	10**	4,89 ± 0,11 ab A	4,44 ± 0,46 ab A	1,25 ± 0,36 B
	12,5**	5,43 ± 0,58 a A	4,74 ± 0,61 a A	1,25 ± 0,06 B
	Ortalama **	3,41 ± 0,4 A	2,77 ± 0,39 B	1,15 ± 0,07 C a**
2. YIL	0	0,41 ± 0,02 b	0,41 ± 0,02 d	0,41 ± 0,02 c
	2,5**	1,49 ± 0,17 b A	0,88 ± 0,05 d B	0,65 ± 0,08 b B
	5**	2,91 ± 0,25 a A	1,12 ± 0,15 cd B	0,77 ± 0,06 ab B
	7,5**	3,23 ± 0,52 a A	2,23 ± 0,14 bc A	0,79 ± 0,1 ab B
	10**	3,36 ± 0,38 a A	2,84 ± 0,43 ab A	0,90 ± 0,09 a B
	12,5*	3,68 ± 0,56 a A	3,54 ± 0,76 a A	0,93 ± 0,06 a B
	Ortalama **	2,51 ± 0,31 A	1,84 ± 0,3 B	0,74 ± 0,05 C b
Ortalama **		2,96 ± 0,26 A	2,3 ± 0,25 B	0,95 ± 0,06 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalınlı küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Organik atık uygulamaları ile toprağın Zn içeriği Tablo 20’de belirtildiği üzere artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Yapılan organik atık uygulamalarının (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın Zn içeriği 1. yıl sırasıyla 5,43-4,74 ve 1,25 ppm iken, 2. yıl 3,68-3,54 ve 0,93 ppm olarak bulunmuştur. Araştırmanın her iki yılında AÇ ve ÇG uygulamalarında dozlara bağlı olarak toprağın elverişli P içeriğinde istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında ise 1. yıl önemsiz, 2. yıl çok önemli ($p<0,01$) artışların olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların aynı dozlarının istatistiki olarak birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda 1. yıl 2,5 ton/da dozu hariç diğer tüm dozlarda ve yıllarda uygulanan atıkların toprak Zn içeriği üzerindeki etkisinin çok önemli ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının toprak Zn içeriğinde meydana getirdiği değişimlerin, yıl içindeki uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur. Uygulamaların yıllar arasındaki farklılıkları incelendiğinde toprak Zn içeriği üzerine istatistiki olarak AÇ ve ÇG uygulamalarının önemsiz, ÇK uygulamasının çok önemli ($p<0,01$) etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Araştırmanın 1. yılında toprak Zn içeriği kontrol parselinde 0,99 ppm iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek artış gerçekleşmiş olup (5,43 ppm),

bu artış kontrole göre %448 olarak bulunmuştur. Araştırmanın 2. yılında ise toprak Zn içeriği kontrol parselinde 0,41 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (3,68 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %798 artmıştır.

Tablo 21. Organik atık uygulamalarının toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu İçeriği Üzerine Etkileri

Yıl	Doz; ton/da	Cu (ppm)		
		AÇ *	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,220 ± 0,001 b	0,220 ± 0,001	0,220 ± 0,001
	2,5 ^{ns}	0,227 ± 0,01 b	0,218 ± 0,02	0,245 ± 0,01
	5 ^{ns}	0,254 ± 0,03 ab	0,224 ± 0,02	0,246 ± 0,02
	7,5 ^{ns}	0,258 ± 0,02 ab	0,243 ± 0,01	0,250 ± 0,02
	10 ^{ns}	0,280 ± 0,01 a	0,251 ± 0,01	0,252 ± 0,01
	12,5 ^{ns}	0,286 ± 0,004 a	0,272 ± 0,02	0,272 ± 0,03
	Ortalama ^{ns}	0,254 ± 0,01 b**	0,238 ± 0,01 b**	0,247 ± 0,01 b**
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	0,299 ± 0,01	0,299 ± 0,01	0,299 ± 0,01
	2,5 ^{ns}	0,312 ± 0,02	0,305 ± 0,04	0,295 ± 0,02
	5 ^{ns}	0,323 ± 0,02	0,305 ± 0,04	0,306 ± 0,02
	7,5 ^{ns}	0,329 ± 0,01	0,322 ± 0,02	0,343 ± 0,01
	10 ^{ns}	0,335 ± 0,004	0,345 ± 0,01	0,344 ± 0,03
	12,5 ^{ns}	0,356 ± 0,01	0,346 ± 0,01	0,353 ± 0,005
	Ortalama ^{ns}	0,326 ± 0,01 a	0,320 ± 0,01 a	0,323 ± 0,01 a
Ortalama^{ns}		0,290 ± 0,01	0,279 ± 0,01	0,285 ± 0,01

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01.

Organik atık uygulamaları ile toprağın Cu içeriği artan dozlarla bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 21). Organik atık uygulamalarının (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın Cu içeriği 1. yıl sırasıyla 0,29-0,27 ve 0,27 ppm iken 2. yıl 0,36-0,35 ve 0,35 ppm olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre organik atık uygulamalarının dozlarına göre toprak Cu içeriğinde meydana gelen değişimler 1. yıl AÇ uygulamasında istatistiki olarak önemli (p<0,05) bulurken, diğer uygulamalar ve yıllarda gerçekleşen değişimler önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların ve dozlarının birbirleri ile karşılaştırıldığında da istatistiki olarak önemsiz değişimler gerçekleşmiştir. Ancak uygulamaların yıllara bağlı olarak toprak Cu içeriğinde meydana getirdiği değişim istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur (p<0,01).

Araştırmanın 1. yılında toprak Cu içeriği kontrol parselinde 0,22 ppm iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (0,29 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %30 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak Cu içeriği kontrol parselinde 0,30 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (0,36 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %19 artış gerçekleşmiştir.

Organik atık uygulamaları ile toprağın Mn içeriği artan dozlarla bağlı olarak artmıştır (Tablo 22). Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5

ton/da) toprağın Mn içeriği 1. yıl sırasıyla 0,84-0,74 ve 0,78 ppm iken 2. yıl 0,74-0,70 ve 0,75 ppm olarak belirlenmiştir. Edilen sonuçlara göre organik atık uygulamalarının uygulama, doz ve yıllara bağlı olarak toprak Mn içeriği üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 22. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Mn İçeriği Üzerine Etkileri

Mn (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,658 ± 0,02	0,658 ± 0,02	0,658 ± 0,02
	2,5 ^{ns}	0,692 ± 0,06	0,626 ± 0,04	0,655 ± 0,02
	5 ^{ns}	0,765 ± 0,05	0,652 ± 0,06	0,669 ± 0,05
	7,5 ^{ns}	0,752 ± 0,05	0,669 ± 0,05	0,679 ± 0,03
	10 ^{ns}	0,834 ± 0,07	0,715 ± 0,04	0,718 ± 0,14
	12,5 ^{ns}	0,836 ± 0,08	0,741 ± 0,05	0,784 ± 0,11
	Ortalama ^{ns}	0,756 ± 0,03	0,677 ± 0,02	0,694 ± 0,03
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	0,567 ± 0,07	0,567 ± 0,07	0,567 ± 0,07
	2,5 ^{ns}	0,638 ± 0,04	0,646 ± 0,04	0,605 ± 0,05
	5 ^{ns}	0,723 ± 0,05	0,651 ± 0,03	0,686 ± 0,02
	7,5 ^{ns}	0,727 ± 0,02	0,669 ± 0,05	0,709 ± 0,04
	10 ^{ns}	0,734 ± 0,04	0,674 ± 0,07	0,736 ± 0,05
	12,5 ^{ns}	0,739 ± 0,08	0,703 ± 0,11	0,745 ± 0,03
	Ortalama ^{ns}	0,688 ± 0,02	0,652 ± 0,03	0,675 ± 0,02
Ortalama^{ns}		0,722 ± 0,02	0,664 ± 0,02	0,684 ± 0,02

- ^{ns}; p>0,05

Araştırmanın 1. yılında toprak Mn içeriği kontrol parselinde 0,66 ppm iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 0,836 ppm'e çıkmış olup, kontrole göre %27 artmıştır. Araştırmanın 2. yılında ise toprak Mn içeriği kontrol parselinde 0,57 ppm iken ÇK 12,5 ton/da dozunda en yüksek değere (0,75 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %31 artış belirlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın Fe içeriğinde artışların olduğu belirlenmiştir (Tablo 23). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın Fe içeriği 1. yıl sırasıyla 3,74-4,30 ve 3,00 ppm iken 2. yıl 4,04-4,03 ve 3,24 ppm olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre organik atık uygulamalarının dozlara bağlı olarak 1.yıl toprak Fe içeriği üzerindeki etkisi istatistiki olarak AÇ uygulamasında önemli (p<0,05), ÇG uygulamasında çok önemli (p<0,01), ÇK uygulamasında ise önemsiz bulunmuştur. Araştırmanın 2. yılında dozlara bağlı olarak toprak Fe içeriğindeki değişimin ise istatistiki olarak AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli (p<0,01), ÇK uygulamasında ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiki olarak her iki yıl içinde çok önemli farklılıklar elde edilmiştir (p<0,01). Aynı yıl içerisinde aynı dozdaki uygulamaların karşılaştırılmasında ise 1. yıl 10 ve 12,5 ton/da

dozlarında, 2. yıl ise 2,5 ton/da dozunda istatistiki olarak çok önemli farklılıklar bulunmuş ($p<0,01$), diğer dozlarda önemsiz farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Tablo 23. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Fe İçeriği Üzerine Etkileri

Fe (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ *	ÇG**	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	2,61 ± 0,09 b	2,61 ± 0,09 c	2,61 ± 0,09
	2,5 ^{ns}	2,67 ± 0,04 b	2,64 ± 0,17 c	2,65 ± 0,12
	5 ^{ns}	2,78 ± 0,27 b	2,69 ± 0,16 b	2,71 ± 0,08
	7,5 ^{ns}	2,81 ± 0,29 b	3,22 ± 0,24 b	2,83 ± 0,10
	10*	2,90 ± 0,15 b A	3,62 ± 0,10 a A	2,92 ± 0,16 B
	12,5**	3,74 ± 0,24 a A	4,30 ± 0,17 a A	3,00 ± 0,15 B
	Ortalama**	2,92 ± 0,12 B b*	3,18 ± 0,16 A	2,79 ± 0,05 B
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK ^{ns}
	0	2,09 ± 0,02 c	2,09 ± 0,02d	2,09 ± 0,02
	2,5*	3,29 ± 0,11 b A	2,54 ± 0,14cd B	2,68 ± 0,23 B
	5 ^{ns}	3,49 ± 0,22 ab	2,78 ± 0,17bc	2,77 ± 0,38
	7,5 ^{ns}	3,91 ± 0,21 ab	2,96 ± 0,22bc	2,97 ± 0,38
	10 ^{ns}	4,00 ± 0,10 ab	3,16 ± 0,27b	3,19 ± 0,53
	12,5 ^{ns}	4,04 ± 0,42 a	4,03 ± 0,11a	3,24 ± 0,23
	Ortalama**	3,47 ± 0,18 A a	2,93 ± 0,16 B	2,82 ± 0,15 B
Ortalama **		3,19 ± 0,12 A	3,05 ± 0,11 A	2,81 ± 0,08 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında toprak Fe içeriği kontrol parselinde 2,61 ppm iken 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (4,30 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %65 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak Fe içeriği kontrol parselinde 2,09 ppm iken AÇ 12,5 ton/da dozunda en yüksek değere (4,04 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %93 artış gerçekleşmiştir.

Organik atıkların içeriklerinde bulundurdıkları mikroelement miktarlarına göre uygulandıkları toprağın mikroelement içeriklerini arttırdığı birçok araştırmada belirtilmiştir (Maclean *et al.* 1987; Moral *et al.* 2002; Kidd *et al.* 2007; Ünal ve Katkat 2009; Achiba *et al.* 2010; Méndez *et al.* 2012; Moharana *et al.* 2017). Özellikle çöp kompostu ve arıtma çamurlarının artan dozları ile mikroelement miktarını çok fazla arttırdığı, bu elementlerin toprak içerisindeki hareketinin sınırlı olması sebebiyle uzun yıllar uygulanmasının toprakta ağır metal birikmesine dolayısıyla toprakta bir kirlenici unsur oluşabileceği belirtilmektedir (Mays *et al.* 1973; Ingelmo *et al.* 1998; Cerezo *et al.* 1999; Saviozzi *et al.* 1999). Bu sebeple organik atıklar tarım alanlarında kullanılırken barındırdıkları mikroelement içerikleri dikkate alınması ve uygulamaların kontrollü yapılması gerekmektedir.

Organik atık uygulamalarının toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn, Cu, Mn ve Fe içerikleri artan dozlarla bağlı olarak artmıştır. Meydana gelen bu artışlar bitkisel üretimi

sınırlandırılacak seviyelere çıkmamıştır. Jones (2001) toprakta mikroelementlerin sınır değerlerini bildirdiği çalışmada, Zn için 6 ppm, Cu için 2,5 ppm, Mn için 30 ppm, Fe için 25 ppm miktarının toprak ve bitkisel üretim için üst sınır olduğunu belirtmiştir. Araştırma sonuçlarımız incelendiğinde organik atık uygulamaları sonucu toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir en yüksek Zn içeriği 5,43 ppm, Cu içeriği 0,356 ppm, Mn içeriği 0,836 ppm, Fe içeriği ise 4,30 ppm olarak bulunmuş olup, bu değerler sınır değerlerinin altında bulunmuştur (Maclean *et al.* 1987; Tsadilas *et al.* 1995; Giannakis *et al.* 2014; Koutroubas *et al.* 2014; Karak *et al.* 2016).

Organik atık uygulamalarının toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir ağırmetal (Pb, Cd, Ni) içerikleri üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb, Cd içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 24 ve 25'te verilmiştir. Toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni içeriği eser miktarlarda (Ni<0,01 ppm) bulunmuş olup çizelge halinde verilmemiştir.

Tablo 24. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Pb İçeriği Üzerine Etkileri

Pb (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ *	ÇG ^{ns}	ÇK **
1. YIL	0	0,65 ± 0,02 b	0,65 ± 0,02	0,65 ± 0,02 c
	2,5 ^{ns}	0,66 ± 0,02 b	0,63 ± 0,03	0,65 ± 0,01 c
	5 ^{ns}	0,71 ± 0,02 b	0,68 ± 0,004	0,79 ± 0,04 b
	7,5 ^{ns}	0,88 ± 0,12 ab	0,69 ± 0,01	0,83 ± 0,05 b
	10 ^{ns}	0,95 ± 0,12 ab	0,70 ± 0,04	0,86 ± 0,02 b
	12,5 ^{ns}	1,14 ± 0,16 a	0,70 ± 0,02	0,99 ± 0,06 a
	Ortalama**	0,83 ± 0,05 A b*	0,68 ± 0,01 B	0,79 ± 0,03 A
2. YIL		AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	0,64 ± 0,003 c	0,641 ± 0,003	0,64 ± 0,003
	2,5 ^{ns}	0,91 ± 0,08 b	0,679 ± 0,03	0,81 ± 0,08
	5*	1,11 ± 0,03 a A	0,681 ± 0,06 B	0,84 ± 0,10 B
	7,5**	1,13 ± 0,02 a A	0,688 ± 0,03 C	0,87 ± 0,08 B
	10**	1,14 ± 0,08 a A	0,691 ± 0,01 C	0,88 ± 0,04 B
	12,5*	1,17 ± 0,07 a A	0,693 ± 0,02 B	1,08 ± 0,16 A
	Ortalama**	1,02 ± 0,05 A a	0,679 ± 0,01 C	0,85 ± 0,04 B
Ortalama **		0,93 ± 0,04 A	0,68 ± 0,01 B	0,82 ± 0,03 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Organik atık uygulamaları ile toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb içeriği artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 24). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın Pb içeriği 1. yıl sırasıyla 1,14-0,70 ve 0,99 ppm iken 2. yıl 1,17-0,69 ve 1,08 ppm olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın 1. yılında AÇ uygulamasında dozlara bağlı olarak DTPA-Pb içeriğinde meydana gelen artışlar istatistiki olarak önemli (p<0,05), ÇK

uygulamasında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında ise önemsiz bulunmuştur. Araştırmanın 2. yılında ise AÇ uygulamasında dozlara bağlı olarak DTPA-Pb içeriğinde meydana gelen artışlar istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), ÇG ve ÇK uygulamalarında meydana gelen değişimin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamaları arasında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir. Aynı dozlarda uygulamaların birbirleriyle karşılaştırılması sonucu istatistiki olarak 1.yıl uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz, 2.yıl ise 5 ton/da dozunda uygulamalar arasındaki farklılıklar önemli ($p<0,05$), 7,5-10 ve 12,5 ton/da dozlarında çok önemli ($p<0,01$), 2,5 ton/da dozunda ise önemsiz farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllar arası farklılıkları incelendiğinde AÇ uygulamasında istatistiki olarak önemli ($p<0,05$), diğer uygulamalarda önemsiz farklar bulunmuştur.

Araştırmanın 1. yılında toprak DTPA-Pb içeriği kontrol parselinde 0,65 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) 1,14 ppm'e ulaşmış olup, kontrole göre %75 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak DTPA-Pb içeriği kontrol parselinde 0,64 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (1,17 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %83 artış gerçekleşmiştir.

Tablo 25. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Cd İçeriği Üzerine Etkileri

Cd (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,025 ± 0,003	0,025 ± 0,003	0,025 ± 0,003
	2,5 ^{ns}	0,027 ± 0,005	0,027 ± 0,003	0,026 ± 0,002
	5 ^{ns}	0,027 ± 0,003	0,027 ± 0,003	0,027 ± 0,002
	7,5 ^{ns}	0,03 ± 0,006	0,027 ± 0,002	0,030 ± 0,004
	10 ^{ns}	0,037 ± 0,007	0,030 ± 0,001	0,032 ± 0,005
	12,5 ^{ns}	0,040 ± 0,003	0,032 ± 0,002	0,033 ± 0,002
	Ortalama ^{ns}	0,031 ± 0,002	0,028 ± 0,001	0,029 ± 0,001 a*
2. YIL		AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK*
	0	0,019 ± 0,001 d	0,019 ± 0,001	0,019 ± 0,001 c
	2,5 ^{ns}	0,023 ± 0,003 bc	0,022 ± 0,005	0,02 ± 0,003 c
	5 ^{ns}	0,025 ± 0,001 bc	0,022 ± 0,005	0,021 ± 0,001 bc
	7,5 ^{ns}	0,028 ± 0,001 ab	0,024 ± 0,003	0,024 ± 0,004 abc
	10 ^{ns}	0,032 ± 0,002 a	0,029 ± 0,004	0,03 ± 0,002 ab
	12,5 ^{ns}	0,032 ± 0,002 a	0,03 ± 0,004	0,033 ± 0,004 a
Ortalama ^{ns}		0,027 ± 0,001	0,024 ± 0,002	0,025 ± 0,002 b
Ortalama^{ns}		0,029 ± 0,001	0,026 ± 0,001	0,027 ± 0,001

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Organik atık uygulamaları ile toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd içeriği artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 25). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın Cd içeriği 1. yıl sırasıyla 0,04-0,03 ve 0,03 ppm olarak

bulunurken, 2. yıl 0,03-0,03 ve 0,03 ppm olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın 1. yılında bütün uygulamalarda dozlara bağlı olarak DTPA-Pb içeriğinde meydana gelen artışlar istatistiki olarak önemsiz ($p<0,05$), araştırmanın 2. yılında ise AÇ uygulamasında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG uygulamasında ise önemsiz bulunmuştur. Uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında meydana gelen değişim her iki yılda da önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların yıllara göre DTPA-Cd üzerine etkisi incelendiğinde AÇ ve ÇG uygulamalarında önemsiz, ÇK uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) değişimler gerçekleşmiştir.

Araştırmanın 1. yılında toprak DTPA-Cd içeriği kontrol parselinde 0,025 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (0,04 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %60 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak DTPA-Cd içeriği kontrol parselinde 0,019 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (0,033 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %74 artış gözlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb ve Cd içerikleri dozlara bağlı olarak artışlar göstermiştir (Gasco ve Lobo 2007, Karami *et al.* 2009; Achiba *et al.* 2010). Araştırmada kullanılan atıkların ağır metal içeriklerinden kaynaklanan bu etki 2. yıl 1. yıla göre azalmış, Cd içeriğinde ilk yıla göre azalışlar gözlemlenmiştir. Bu azalış zamana bağlı olarak bitkiler tarafından alınması ve köklerde tutulması ile açıklanabilmektedir (Zhang *et al.* 2006; Carbonell *et al.* 2011; Grotto *et al.* 2015). Yapılan uygulamalar neticesinde toprak ağır metal içerikleri sınır seviyelere çıkmamış olup, test bitkisinde de herhangi bir toksik etki gerçekleşmemiştir (Tsadilas *et al.* 1995; Navas *et al.* 1998; Zhang *et al.* 2006; Wang *et al.* 2008; Lakhdar *et al.* 2009; Giannakis *et al.* 2014; Koutroubas *et al.* 2014; Yuksel 2015).

Organik Atık Uygulamalarının Toprak Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri

Organik atık uygulamalarının toprağın hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, % porozitesi, su ve hava geçirgenliği, tarla kapasitesi, solma noktası ve yarıyışlı nem kapasitesi üzerinden toprağın fiziksel özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında yapılan uygulamalar ile toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştirilebildiği söylenebilmektedir.

Organik atık uygulamalarının toprağın hacim ağırlığı (HA) üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın hacim ağırlığı üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 26'da verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile toprağın HA artan dozlara bağlı olarak azalış göstermiştir (Tablo 26). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın HA 1. yıl sırasıyla 1,24-1,21 ve 1,23 g/cm³ olarak bulunurken, 2. yıl 1,13-1,08 ve 1,13 g/cm³ olarak

tespit edilmiştir. Araştırmanın 1. yılında AÇ uygulaması ile toprağın HA'nda istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) değişimler bulunurken, 2. yıl AÇ uygulaması ile her iki yıl ÇG ve ÇK uygulamaları ile meydana gelen değişimlerin istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında meydana gelen değişim her iki yılda da önemsiz bulunmuştur. AÇ, ÇG ve ÇK uygulamalarının yıllara bağlı olarak HA üzerine meydana getirdiği değişimlerin istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 26. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Hacim Ağırlığı Üzerine Etkileri

Yıl	Doz; ton/da	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)		
		AÇ*	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	1,35 ± 0,02 b	1,35 ± 0,02 d	1,35 ± 0,02 b
	2,5 ^{ns}	1,34 ± 0,02 b	1,33 ± 0,01 cd	1,34 ± 0,01 b
	5 ^{ns}	1,34 ± 0,03 b	1,29 ± 0,01 bc	1,32 ± 0,02 b
	7,5 ^{ns}	1,28 ± 0,01 ab	1,26 ± 0,02 ab	1,26 ± 0,004 a
	10 ^{ns}	1,25 ± 0,04 a	1,23 ± 0,02 a	1,25 ± 0,01 a
	12,5 ^{ns}	1,24 ± 0,00 a	1,21 ± 0,02 a	1,23 ± 0,01 a
	Ortalama ^{ns}	1,30 ± 0,01 b**	1,28 ± 0,01 b**	1,29 ± 0,01 b**
2. YIL	0	1,29 ± 0,01 c	1,29 ± 0,01 d	1,29 ± 0,01 b
	2,5 ^{ns}	1,19 ± 0,01 b	1,22 ± 0,02 c	1,20 ± 0,04 a
	5 ^{ns}	1,17 ± 0,02 ab	1,19 ± 0,03 bc	1,18 ± 0,04 a
	7,5 ^{ns}	1,16 ± 0,02 ab	1,16 ± 0,02 bc	1,17 ± 0,02 a
	10 ^{ns}	1,13 ± 0,01 ab	1,16 ± 0,02 b	1,16 ± 0,02 a
	12,5 ^{ns}	1,13 ± 0,02 ab	1,08 ± 0,01 a	1,13 ± 0,03 a
	Ortalama ^{ns}	1,18 ± 0,01 a	1,18 ± 0,02 a	1,19 ± 0,02 a
Ortalama^{ns}		1,24 ± 0,01	1,23 ± 0,01	1,24 ± 0,01

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$.

Araştırmanın 1. yılında toprak HA kontrol parselinde 1,35 g/cm³ iken ÇG uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en düşük değere (1,21 g/cm³) ulaşmış olup, kontrole göre %10 azalış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak HA kontrol parselinde 1,29 g/cm³ iken yine ÇG 12,5 ton/da uygulamasından 1,08 g/cm³ değeri elde edilmiş ve kontrole göre %16 azalışın olduğu tespit edilmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozları ile birlikte toprağın HA'nda azalmalar meydana gelmiştir. Bu azalış uygulanan atıklarının hacim ağırlığının düşük olması, yüksek organik madde içerikleri nedeniyle agregat oluşumunu arttırması ile açıklanabilmektedir. Yapılan birçok araştırmada yüksek organik madde içeriğine sahip materyallerin toprağa uygulanmasının hacim ağırlığını düşürdüğü belirtilmektedir (Aggelides and Londra 2000; Shirani *et al.* 2002; Edmeades 2003; Tsadilas *et al.* 2005; Hanay *et al.* 2004; Cheng *et al.* 2007; Tejada and Gonzalez 2007; Singh and Agrawal 2008; Angin and Yaganoglu 2011; Angin *et al.* 2013; Tadesse *et al.* 2013; Zhang *et al.* 2014; Meng *et al.* 2016; Moharana *et al.* 2017; Meena *et al.* 2019).

Organik atık uygulamalarının toprağın agregat stabilitesi (AS) üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın AS üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın AS Üzerine Etkileri

Agregat Stabilitesi (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK*
1. YIL	0	22,94 ± 0,50 d	22,94 ± 0,50 d	22,94 ± 0,50 d
	2,5 *	28,92 ± 0,88 c A	25,99 ± 0,78 c B	25,13 ± 0,68 bc B
	5 *	31,12 ± 0,64 bc A	28,02 ± 0,70 b AB	27,14 ± 1,24 abc B
	7,5 ^{ns}	31,74 ± 0,88 b	29,55 ± 0,77 b	28,56 ± 2,43 ab
	10*	32,95 ± 0,61 ab A	32,58 ± 0,05 a AB	29,88 ± 0,91 a B
	12,5*	34,71 ± 0,76 a A	33,23 ± 0,35 a AB	30,32 ± 1,34 a B
	Ortalama**	30,4 ± 0,95 A a*	28,72 ± 0,89 B a**	27,33 ± 0,78 C a*
2. YIL	0	22,13 ± 0,17 d	22,13 ± 0,17 c	22,13 ± 0,17 e
	2,5 ^{ns}	23,5 ± 2,39 cd	23,46 ± 1,36 bc	24,19 ± 0,17 d
	5 ^{ns}	24,15 ± 0,38 bcd	26,77 ± 2,58 ab	24,9 ± 0,11 cd
	7,5 ^{ns}	26,07 ± 1,26 bc	27,06 ± 0,49 ab	25,86 ± 0,47 bc
	10*	27,41 ± 0,45 ab AB	28,75 ± 0,43 a A	26,22 ± 0,58 b B
	12,5 ^{ns}	30,11 ± 0,57 a	29,28 ± 0,43 a	28,65 ± 0,03 a
	Ortalama ^{ns}	25,56 ± 0,76 b	26,24 ± 0,76 b	25,32 ± 0,5 b
Ortalama **		27,98 ± 0,72 A	27,48 ± 0,62 A	26,33 ± 0,49 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.
- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.
- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.
- ^{ns}; p>0,05, *, p<0,05, **, p<0,01

Organik atık uygulamaları ile toprağın AS artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 27). Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın AS 1. yıl sırasıyla %34,71, %33,23 ve %30,32 olarak belirlenirken, 2. yıl %30,11, %29,28 ve %28,65 olarak belirlenmiştir. Araştırmanın 1. yılında ÇK uygulaması ile artan dozlara bağlı olarak toprağın AS değerinde istatistiki olarak önemli (p<0,05) değişimler bulunurken, 2. yıl ÇK uygulaması ile her iki yıl AÇ ve ÇG uygulamaları ile meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur (p<0,01). Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında meydana gelen değişim 1. yıl istatistiki olarak çok önemli (p<0,01) bulunurken, 2. yıl uygulamalar arası farklılıkların istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. AÇ, ÇG ve ÇK uygulamalarının yıllara bağlı olarak AS üzerinde meydana getirdiği değişimler incelendiğinde AÇ ve ÇK uygulamalarının yıllara göre AS değerinde istatistiki olarak önemli (p<0,05), ÇG uygulamasında ise çok önemli (p<0,01) değişimlerin olduğu belirlenmiştir. Yapılan organik atık uygulamalarının aynı uygulama dozunda AS üzerine olan etkileri arasındaki farklılıklar incelendiğinde 1. yıl 7,5 ton/da dozu istatistiki olarak önemsiz bulunurken, 1. yıl diğer dozlarda önemli (p<0,05) farklılıklar elde edilmiştir.

Araştırmanın 2. yılında 10 ton/da dozunda istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) diğer dozlarda ise uygulamaların birbirleriyle farklılıkları istatistiki olarak önemsiz çıkmıştır.

Araştırmanın 1. yılında toprak AS kontrol parselinde %22,94 iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kontrole göre %51 artarak en yüksek değer olan %34,71'e yükselmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak AS kontrol parselinde %22,13 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%30,11) ulaşmış olup, kontrole göre %36 artış gözlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozları ile birlikte toprağın AS artışlar göstermiştir. Bu artışın organik madde içeriğinin artışıyla birlikte kolloidlerin agregat oluşumunu desteklemesi, hacim ağırlığının düşmesi, toprağın strüktürel yapısının iyileştirilmesi ile açıklanabilmektedir. Elde edilen sonuçlar, organik atıkların uygulandığı toprakların AS'nin geliştirebileceğini bildiren birçok araştırma ile benzerlik göstermektedir (Epstein *et al.* 1976; Hati *et al.* 2006; Angin and Yaganoglu 2011; Méndez *et al.* 2012; Angin *et al.* 2013; Müjdecı and Üzümcü 2017). Tablo 27 incelendiğinde organik atıkların AS üzerine etkisinin 2. yıl ilk yıla göre azaldığı görülmektedir. Bu azalışın organik maddenin agregasyona olan etkisinin azalması (Sort and Alcañiz 1999a; Holz *et al.* 2000; Angin 2008) ve uzun yıllar tarım yapılmayan alanın organik atıkların uygulanmasıyla strüktürünün düzeltildiği ancak 2.yıl ekim işlemlerinde yapılan toprak işleme ile ilk yıl oluşturulan strüktürel yapının bozulması ile açıklanabilmektedir.

Organik atık uygulamalarının toprağın porozitesi üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın porozitesi üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 28'de verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile toprağın porozitesi artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın porozitesi yüzdesi Tablo 28'e göre 1. yıl sırasıyla %51,85, %52,94 ve %51,97 olarak belirlenirken, 2. yıl %56,16, %57,97 ve %55,91 olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın 1. yılında AÇ uygulaması ve 2. yıl ÇK uygulaması ile artan dozlara bağlı olarak toprağın porozitesinde istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) değişimler bulunurken, diğer uygulamalarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yıl için de meydana gelen değişim istatistiki olarak önemsizdir. AÇ, ÇG ve ÇK uygulamalarının yıllara bağlı olarak porozite üzerinde meydana getirdiği değişimler incelendiğinde bütün uygulamaların yıllar arasındaki farklılıkları istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir. Yapılan organik atık

uygulamalarının aynı dozlarındaki porozite üzerine olan etkileri arasındaki farklılıklar incelendiğinde bütün dozlarda uygulamaların birbirleriyle farklılıkları istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 28. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Porozitesi Üzerine Etkileri

Porozite (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ*	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	47,55 ± 0,62 b	47,55 ± 0,62 d	47,55 ± 0,62 b
	2,5 ^{ns}	47,82 ± 0,73 b	48,27 ± 0,51 cd	47,88 ± 0,44 b
	5 ^{ns}	47,96 ± 1,2 b	49,82 ± 0,52 bc	48,62 ± 0,96 b
	7,5 ^{ns}	50,3 ± 0,57 ab	50,87 ± 0,93 ab	50,95 ± 0,15 a
	10 ^{ns}	51,25 ± 1,73 a	52,13 ± 0,8 a	51,39 ± 0,46 a
	12,5 ^{ns}	51,85 ± 0,13 a	52,94 ± 0,71 a	51,97 ± 0,28 a
	Ortalama ^{ns}	49,45 ± 0,54 b**	50,26 ± 0,53 b**	49,73 ± 0,47 b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK*
	0	49,68 ± 0,52 c	49,68 ± 0,52 d	49,68 ± 0,52 b
	2,5 ^{ns}	53,86 ± 0,34 b	52,55 ± 0,64 c	53,39 ± 1,46 a
	5 ^{ns}	54,45 ± 0,59 ab	53,82 ± 1,05 bc	54,03 ± 1,49 a
	7,5 ^{ns}	54,93 ± 0,96 ab	54,81 ± 0,78 bc	54,37 ± 0,76 a
	10 ^{ns}	55,87 ± 0,40 ab	54,99 ± 0,77 b	55,05 ± 0,91 a
	12,5 ^{ns}	56,16 ± 0,66 a	57,97 ± 0,34 a	55,91 ± 1,02 a
	Ortalama ^{ns}	54,16 ± 0,56 a	53,97 ± 0,66 a	53,74 ± 0,61 a
Ortalama^{ns}		51,81 ± 0,55	52,12 ± 0,52	51,73 ± 0,51

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01.

Araştırmanın 1. yılında toprak porozitesi kontrol parselinde %47,55 iken 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (%52,94) ulaşmış olup, kontrole göre %11 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise toprak porozitesi kontrol parselinde %49,68 iken yine 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (%57,97) ulaşmış olup, kontrole göre %17 artış gözlenmiştir.

Toprak porozitesi birim hacim içerisindeki toprak kütlelerinde bulunan boşlukların oranının ifade etmektedir (Ergene 1993). Yapılan organik atık uygulamaları ile toprak porozitesi artan dozlarla birlikte hacim ağırlığındaki azalma ile ilişkili olarak artmıştır. Elde edilen sonuçlar birçok araştırma ile benzerlik göstermektedir (Pinamonti 1998; Sort and Alcañiz 1999b; Aggelides and Londra 2000; Aluko and Oyedele 2005; Weber *et al.* 2007; Angin and Yaganoglu 2011). Canbolat ve Demiralay (1995) toprakta organik madde içeriğinin artışıyla birlikte hacim ağırlığının düştüğünü, agregasyonun teşvik edildiğini bunların bir sonucu olarak da toprak porozitesinin arttığını belirtmişlerdir.

Organik atık uygulamalarının toprağın hidrolik iletkenliği üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın hidrolik iletkenliği üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 29’da verilmiştir.

Toprağa uygulanan organik atık uygulamaları ile toprağın hidrolik iletkenliği artan dozlarla bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 28). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın hidrolik iletkenliği 1. yıl sırasıyla 1,49-1,10 ve 1,51 cm/h olarak belirlenirken, 2. yıl 1,71-1,16 ve 2,74 cm/h olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın her iki yılında da yapılan organik atık uygulamalarının artan dozlarla bağlı olarak toprağın Hİ değerinde istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) değişimler bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu 1. yıl 12,5 ton/da dozunda uygulamalar arasındaki farklılık önemsiz, diğer doz ve yıllarda uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Uygulamaların yıllar arasındaki farklılıklarına bakıldığında Hİ değerinde AÇ ve ÇG uygulamaları ile istatistiki olarak önemsiz, ÇK uygulaması ise çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir.

Tablo 29. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Hidrolik İletkenliği Üzerine Etkileri

Yıl	Doz; ton/da	Hidrolik İletkenlik (cm/h)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	0,61 ± 0,09 c	0,61 ± 0,09 c	0,61 ± 0,09 c
	2,5 *	0,98 ± 0,07 b A	0,72 ± 0,1 c AB	0,59 ± 0,04 c B
	5 **	1,43 ± 0,05 a A	0,73 ± 0,07 c B	0,78 ± 0,09 c B
	7,5 **	1,45 ± 0,05 a A	0,82 ± 0,08 bc B	0,94 ± 0,11 bc B
	10*	1,47 ± 0,07 a A	0,98 ± 0,05 ab B	1,28 ± 0,11 ab AB
	12,5 ^{ns}	1,49 ± 0,13 a	1,1 ± 0,03 a	1,51 ± 0,21 a
	Ortalama**	1,24 ± 0,08 A	0,83 ± 0,05 C	0,95 ± 0,09 B b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	0,52 ± 0,07 b	0,52 ± 0,07 c	0,52 ± 0,07 d
	2,5**	1,41 ± 0,12 a A	0,76 ± 0,08 b B	1,56 ± 0,09 c A
	5*	1,42 ± 0,24 a A	0,77 ± 0,07 b B	1,61 ± 0,12 c A
	7,5**	1,6 ± 0,12 a A	1,05 ± 0,12 a B	1,96 ± 0,1 b A
	10**	1,7 ± 0,19 a B	1,05 ± 0,01 a C	2,54 ± 0,15 a A
	12,5**	1,71 ± 0,24 a B	1,16 ± 0,04 a C	2,74 ± 0,11 a A
	Ortalama**	1,39 ± 0,12 B	0,89 ± 0,06 C	1,82 ± 0,18 A a
Ortalama **		1,32 ± 0,07 A	0,86 ± 0,04 B	1,39 ± 0,12 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Yapılan organik atık uygulamaları ile toprağın organik madde içeriğinin artışı ile birlikte hidrolik iletkenliği de artış göstermiştir. Canbolat (1992) organik materyallerin toprağa uygulanmasıyla toprağın hidrolik iletkenliğinin arttığını bildirmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular incelendiğinde araştırmada kullanılan organik atıklardan en yüksek organik madde içeriğine sahip olan çöp kompostunun (%47) Hİ üzerine etkisinin fazla olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda Guidi and Hall (1983) arıtma çamurlarının içerdikleri organik madde miktarına bağlı olarak uygulandığı toprakların hidrolik iletkenliğini arttırdığını belirtmiştir. Yapılan birçok araştırmada organik materyal uygulamalarının Hİ arttırdığı bildirilmiştir (Wei *et al.* 1985; Shirani *et al.* 2002; Hati *et al.* 2006; Zhang *et al.* 2014).

Organik atık uygulamalarının toprağın hava geçirgenliği üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın hava geçirgenliği üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 30’da verilmiştir.

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile toprağın hava geçirgenliği artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın hidrolik iletkenliği 1. yıl sırasıyla 20,47-20,49 ve 22,78 μ^2 olarak belirlenirken, 2. yıl 22,96-21,84 ve 28,34 μ^2 olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın her iki yılında da yapılan organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak HG değerinde önemli değişimler bulunmuş olup, 2. yıl AÇ uygulamasında meydana gelen değişim istatistiki olarak önemli ($p<0,05$), diğer uygulama ve yıllardaki değişimler çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl HG’deki değişim önemsiz, 2. yıl ise uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsizdir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak HG üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar belirlenmiştir.

Tablo 30. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkileri

Hava Geçirgenliği (μ^2)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	9,7 $\pm$ 0,25 c	9,70 $\pm$ 0,25 c	9,70 $\pm$ 0,25 c
	2,5 ^{ns}	11,53 $\pm$ 0,92 bc	10,40 $\pm$ 0,34 c	9,95 $\pm$ 0,50 c
	5 ^{ns}	14,24 $\pm$ 0,97 b	11,87 $\pm$ 0,40 bc	11,72 $\pm$ 0,84 c
	7,5 ^{ns}	17,43 $\pm$ 1,11 a	13,83 $\pm$ 0,26 b	16,23 $\pm$ 1,42 b
	10 ^{ns}	18,19 $\pm$ 0,86 a	19,63 $\pm$ 1,29 a	20,31 $\pm$ 1,26 a
	12,5 ^{ns}	20,47 $\pm$ 1,61 a	20,49 $\pm$ 1,61 a	22,78 $\pm$ 1,85 a
	Ortalama ^{ns}	15,26 $\pm$ 0,99 b**	14,32 $\pm$ 1,08 b**	15,11 $\pm$ 1,29 b**
2. YIL		AÇ*	ÇG**	ÇK**
	0	13,97 $\pm$ 0,41 c	13,97 $\pm$ 0,41 b	13,97 $\pm$ 0,41 c
	2,5 ^{ns}	18,54 $\pm$ 1,00 bc	17,09 $\pm$ 0,29 b	22,21 $\pm$ 5,59 c
	5 ^{ns}	23,32 $\pm$ 0,58 ab	19,50 $\pm$ 0,06 b	26,19 $\pm$ 3,03 bc
	7,5 ^{ns}	24,29 $\pm$ 0,56 ab	25,52 $\pm$ 1,76 a	26,85 $\pm$ 2,86 bc
	10 ^{ns}	26,50 $\pm$ 1,69 ab	27,39 $\pm$ 3,841 a	36,1 $\pm$ 5,46 ab
	12,5 ^{ns}	31,15 $\pm$ 6,56 a	27,57 $\pm$ 1,84 a	44,72 $\pm$ 4,5 a
Ortalama**		22,96 $\pm$ 1,65 B a	21,84 $\pm$ 1,44 B a	28,34 $\pm$ 2,76 A a
Ortalama **		19,11 $\pm$ 1,15 B	18,08 $\pm$ 1,09 B	21,73 $\pm$ 1,87 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında HG kontrol parselinde 9,70 μ^2 iken ÇK uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere olan 22,78 μ^2 ’ye ulaşmış olup, kontrole göre

%135 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise Hİ kontrol parselinde 13,97 μ^2 iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (44,72 μ^2) ulaşmış olup, kontrole göre %220 artış gözlenmiştir.

Yapılan organik atık uygulamaları ile toprağın fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi ile birlikte toprağın hava geçirgenliği artan dozlara ve atık çeşidine bağlı olarak artışlar göstermiştir. Bu konuda yapılan birçok çalışmada inorganik veya organik toprak düzenleyici materyallerin toprağın strüktürel yapısının geliştirilmesi ile toprakların hava geçirgenliklerinin geliştirildiği bildirilmiştir (Wallace and Wallace 1986; Uysal 1986; Barry *et al.* 1991; El-Morsy *et al.* 1991; Levy *et al.* 1992; Sen *et al.* 1995; Uysal ve Taysun 1995; Ben-Hur and Keren 1997; Santos and Serralheiro 2000; Dodd *et al.* 2004; Abu-Zreig 2006, Sojka *et al.* 2007, Aksakal 2009).

Organik atık uygulamalarının toprağın tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayırlı nem kapasitesi üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların toprağın tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayırlı nem kapasitesi üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 31, 32 ve 33'te verilmiştir.

Tablo 31. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Tarla Kapasitesi Üzerine Etkileri

Tarla Kapasitesi (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	29,27 $\pm$ 0,02 c	29,27 $\pm$ 0,02 c	29,27 $\pm$ 0,02 e
	2,5 *	29,81 $\pm$ 0,13 b A	29,37 $\pm$ 0,06 c B	29,80 $\pm$ 0,08 d A
	5 ^{ns}	30,11 $\pm$ 0,15 ab	29,71 $\pm$ 0,14 bc	30,15 $\pm$ 0,05 c
	7,5 ^{ns}	30,11 $\pm$ 0,03 ab	29,96 $\pm$ 0,32 ab	30,35 $\pm$ 0,07 b
	10**	30,24 $\pm$ 0,02 a A	29,98 $\pm$ 0,1 ab AB	30,41 $\pm$ 0,02 b A
	12,5 ^{ns}	30,37 $\pm$ 0,13 a	30,22 $\pm$ 0,03 a	30,58 $\pm$ 0,03 a
	Ortalama**	29,98 $\pm$ 0,09 A b**	29,75 $\pm$ 0,1 B b**	30,09 $\pm$ 0,11 A b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	29,55 $\pm$ 0,16 d	29,55 $\pm$ 0,16 c	29,55 $\pm$ 0,16 b
	2,5 ^{ns}	31,11 $\pm$ 0,2 c	31,21 $\pm$ 0,1 b	30,69 $\pm$ 0,18 a
	5 ^{ns}	31,18 $\pm$ 0,06 c	31,26 $\pm$ 0,19 b	30,93 $\pm$ 0,4 a
	7,5 ^{ns}	31,25 $\pm$ 0,06 bc	31,43 $\pm$ 0,12 b	30,99 $\pm$ 0,15 a
	10**	31,81 $\pm$ 0,19 ab A	31,5 $\pm$ 0,05 ab A	31,07 $\pm$ 0,1 a B
	12,5*	32,26 $\pm$ 0,34 a A	31,99 $\pm$ 0,29 a AB	31,11 $\pm$ 0,08 a B
Ortalama**		31,19 $\pm$ 0,21 A a	31,16 $\pm$ 0,19 A a	30,72 $\pm$ 0,15 B a
Ortalama *		30,59 $\pm$ 0,15 A	30,45 $\pm$ 0,16 B	30,41 $\pm$ 0,11 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile toprağın tarla kapasitesi artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 31). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın tarla kapasitesi 1. yıl sırasıyla %30,37, %30,22, %30,58 belirlenirken, 2. yıl %32,26, %31,99 ve %31,11 belirlenmiştir. Araştırmanın her iki yılında da yapılan organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak tarla kapasitesinde meydana gelen değişimler

istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişimin istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1. yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 10 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl 10 ton/da dozunda çok önemli, 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer yıl ve dozlarda önemsizdir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak tarla kapasitesi üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında TK kontrol parselinde %29,27 iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (%30,58) ulaşmış olup, kontrole göre %4 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise TK kontrol parselinde %29,55 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%32,26) ulaşmış olup, kontrole göre %9 artış gözlenmiştir.

Tablo 32. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Solma Noktası Üzerine Etkileri

Solma Noktası (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	17,49 ± 0,01 c	17,49 ± 0,01 c	17,49 ± 0,01 e
	2,5 *	17,81 ± 0,08 b A	17,54 ± 0,04 c B	17,8 ± 0,05 d A
	5 ^{ns}	17,98 ± 0,09 ab	17,75 ± 0,08 bc	18 ± 0,03 c
	7,5 ^{ns}	17,98 ± 0,02 ab	17,90 ± 0,19 ab	18,13 ± 0,04 b
	10**	18,06 ± 0,01 a A	17,91 ± 0,06 ab B	18,16 ± 0,01 b A
	12,5 ^{ns}	18,14 ± 0,08 a	18,05 ± 0,02 a	18,27 ± 0,02 a
	Ortalama**	17,91 ± 0,06 A b**	17,77 ± 0,06 B b**	17,97 ± 0,06 A b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	17,65 ± 0,1 d	17,65 ± 0,1 c	17,65 ± 0,1 b
	2,5 ^{ns}	18,58 ± 0,12 c	18,64 ± 0,06 b	18,33 ± 0,11 a
	5 ^{ns}	18,62 ± 0,04 c	18,67 ± 0,11 b	18,47 ± 0,24 a
	7,5 ^{ns}	18,66 ± 0,04 bc	18,77 ± 0,07 b	18,51 ± 0,09 a
	10**	18,99 ± 0,11 ab A	18,81 ± 0,03 ab A	18,55 ± 0,06 a B
	12,5*	19,26 ± 0,20 a A	19,1 ± 0,17 a AB	18,58 ± 0,05 a B
	Ortalama**	18,63 ± 0,13 A a	18,6 ± 0,12 A a	18,35 ± 0,09 B a
Ortalama *		18,27 ± 0,09 A	18,19 ± 0,09 B	18,16 ± 0,06 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile toprağın solma noktası artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 32). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın solma noktası 1. yıl sırasıyla %18,14, %18,05, %18,27 iken, 2. yıl %19,26, %19,10 ve %18,58 olarak belirlenmiştir. Araştırmanın her iki yılında da yapılan organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak solma noktasında meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak

çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1. yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 10 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl 10 ton/da dozunda çok önemli, 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer yıl ve dozlarda önemsizdir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak tarla kapasitesi üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar tespit edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında SN kontrol parselinde %17,49 iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (%18,27) ulaşmış olup, kontrole göre %5 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise SN kontrol parselinde %17,65 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%19,26) ulaşmış olup, kontrole göre %9 artış gözlenmiştir.

Tablo 33. Organik Atık Uygulamalarının Toprağın Yarayışlı Nem Kapasitesi Üzerine Etkileri

Yarayışlı Nem Kapasitesi (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	11,79 ± 0,01 c	11,79 ± 0,01 c	11,79 ± 0,01 e
	2,5 *	12,00 ± 0,05 b A	11,82 ± 0,02 c B	12,00 ± 0,03 d A
	5 ^{ns}	12,12 ± 0,06 ab	11,96 ± 0,06 bc	12,14 ± 0,02 c
	7,5 ^{ns}	12,12 ± 0,01 ab	12,07 ± 0,13 ab	12,22 ± 0,03 b
	10**	12,18 ± 0,01 a A	12,07 ± 0,04 ab B	12,25 ± 0,01 b A
	12,5 ^{ns}	12,23 ± 0,05 a	12,17 ± 0,01 a	12,32 ± 0,01 a
	Ortalama**	12,07 ± 0,04 A b**	11,98 ± 0,04 B b**	12,12 ± 0,04 A b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	11,90 ± 0,07 d	11,9 ± 0,07 c	11,9 ± 0,07 b
	2,5 ^{ns}	12,53 ± 0,08 c	12,57 ± 0,04 b	12,36 ± 0,07 a
	5 ^{ns}	12,56 ± 0,02 c	12,59 ± 0,08 b	12,46 ± 0,16 a
	7,5 ^{ns}	12,59 ± 0,03 bc	12,66 ± 0,05 b	12,48 ± 0,06 a
	10**	12,82 ± 0,08 ab A	12,69 ± 0,02 ab A	12,51 ± 0,04 a B
	12,5*	13,00 ± 0,14 a A	12,89 ± 0,12 a AB	12,53 ± 0,03 a B
	Ortalama**	12,57 ± 0,09 A a	12,55 ± 0,08 A a	12,37 ± 0,06 B a
Ortalama *		12,32 ± 0,06 A	12,27 ± 0,06 B	12,25 ± 0,04 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile toprağın yarayışlı nem kapasitesi artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 33). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) toprağın YN 1. yıl sırasıyla %12,23, %12,17, %12,32 iken, 2. yıl %13,00, %12,89 ve %12,53 olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın her iki yılında da yapılan organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yarayışlı nem kapasitesinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişimin istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1. yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 10 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl 10 ton/da

dozunda çok önemli, 12.5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer yıl ve dozlarda önemsiz olmuştur. Uygulamaların yıllara bağlı olarak tarla kapasitesi üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında YN kontrol parselinde %11,79 iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (%12,32) ulaşmış olup, kontrole göre %4 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise YN kontrol parselinde %11,90 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%13,00) ulaşmış olup, kontrole göre %9 artış gözlenmiştir.

Toprağın TK, SN, YN değerleri organik atık uygulamalarının çeşidine ve artan dozlarına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu artış yapılan uygulamaların toprak organik maddesini arttırması ile ilişkilendirilebilmektedir (Epstein 1975; Tsadilas *et al.* 2005). Araştırmanın 1. yılında çöp kompostu uygulaması ile en yüksek değerler edilirken, 2. yıl AÇ uygulaması ile en yüksek değerler elde edilmiştir. Çöp kompostu uygulamasının 2. yıl etkisini kaybetmesi uygulandığı parsellerdeki organik maddenin etkinliğini kaybetmesi ile açıklanabilmektedir. Organik madde ilave edilen toprakların TK, SN, YN değerlerinin arttığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Kelling *et al.* 1977; Navas *et al.* 1998; Aggelides and Londra 2000; Holz *et al.* 2000; Veeresh *et al.* 2003; Hati *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2007; Angin and Yaganoglu 2011; Méndez *et al.* 2012).

Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Verim ve Verim Parametreleri Üzerine Etkileri

Farklı organik atık uygulamalarının yetiştirilen mısır bitkisinin verimi ile verim parametreleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla bitki yaş-kuru ağırlığı, bitki boyu, sap kalınlığı, kök kuru ağırlığı ve kök uzunluğu parametreleri incelenmiştir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin yaş ot verimi üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların mısır bitkisinin yaş ot verimi üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 34'te verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaş ot veriminde doz artışına bağlı olarak artışların olduğu tespit edilmiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaş ot verimi 1. yıl sırasıyla 9159,33-8819,07 ve 7274,67 kg/da iken, 2. yıl 9862,33-9733,33 ve 8242,67 kg/da olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın her iki yılında da yapılan organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaş ot veriminde meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim

istatistiki olarak çok önemlidir ($p<0,01$). Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiki olarak 1. yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 5-7,5-10 ve 12,5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl 2,5 ve 5 ton/da dozunda önemsiz, 7,5-10 ve 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaş ot verimi üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar tespit edilmiştir.

Tablo 34. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaş Ot Verimi Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Yaş Ot Verimi (kg/da)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	4148,00 ± 315,54 e	4148,00 ± 315,54 d	4148,00 ± 315,54 d
	2,5*	5287,33 ± 121,55 d A	4312,00 ± 183,19 d B	4173,40 ± 329,28 d B
	5**	6405,67 ± 428,69 c A	6321,33 ± 180,23 c A	4418,33 ± 67,31 cd B
	7,5**	6974,00 ± 193,78 c A	7419,50 ± 250,66 b A	5250,67 ± 288,27 c B
	10**	8275,67 ± 214,84 b A	8088,67 ± 307,30 ab A	6229,67 ± 449,18 b B
	12,5**	9159,33 ± 47,67 a A	8819,07 ± 266,75 a A	7274,67 ± 159,45 a B
	Ortalama**	6708,33 ± 419,72 A b**	6518,10 ± 441,53 A b**	5249,12 ± 299,83 B b**
2. YIL	0	4755,00 ± 105,00 c	4755,00 ± 105,00 c	4755,00 ± 105,00 c
	2,5 ^{ns}	6966,67 ± 290,59 c	5366,67 ± 308,67 c	5733,33 ± 622,72 b
	5 ^{ns}	7566,67 ± 272,85 c	7863,33 ± 337,66 b	7613,33 ± 116,24 a
	7,5*	8727,33 ± 216,83 b A	7883,33 ± 116,67 b B	7950,00 ± 76,38 a B
	10*	9480,33 ± 150,08 ab A	8086,67 ± 506,80 b B	8166,67 ± 192,21 a B
	12,5*	9862,33 ± 488,33 a A	9733,33 ± 409,61 a A	8242,67 ± 237,95 a B
	Ortalama**	7893,06 ± 430,02 A a	7281,39 ± 428,49 B a	7076,83 ± 340,36 B a
Ortalama**		7300,69 ± 312,6 A	6899,74 ± 309,99 B	6162,98 ± 271,71 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında yaş ot verimi kontrol parselinde 4148,00 kg/da iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (9159,33 kg/da) ulaşmış olup, kontrole göre %121 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaş ot verimi kontrol parselinde 4755,00 kg/da iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (9862,33 kg/da) ulaşmış olup, kontrole göre %107 artış gözlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen olumlu değişimlerle beraber toprağa sağladığı başta azot olmak üzere diğer makro ve mikro besin elementlerinin bitkiye yararışlı miktarları artmış (Pandey et al. 2007), bunların bir sonucu olarak yetiştirilen mısır bitkisinin yaş ot verimi artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Bitkilerin verimi üzerine önemli etkiye sahip olan toprak N içeriğinde meydana gelecek artışa bağlı olarak verim artmaktadır (Yadav 1998; Gill et al. 2008). Yapılan AÇ, ÇG ve ÇK uygulamalarından AÇ uygulamalarının yaş ot verimini diğer uygulamalara göre daha fazla arttırdığı belirlenmiştir. Bu artış AÇ uygulamaları ile toprağın besin elementi içeriklerindeki artışın diğer uygulamalara göre fazla olması ile açıklanabilmektedir. Günümüze

kadar birçok araştırmacı organik atık uygulamaları ile mısır veriminin önemli derecede arttığını (Mays *et al.* 1973; Higgins 1984; Hernández *et al.* 1991; Mamo *et al.* 2000; Liang *et al.* 2012; Černý *et al.* 2012; Meng *et al.* 2016; Naveed *et al.* 2018) bildirmişlerdir. Mahanta *et al.* (2013) çiftlik gübresi uygulamalarının bezelye ve fasulye bitkilerinin verimlerini artan dozlara bağlı olarak arttırdığını, Wang *et al.* (2017) organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimini artan dozlarla birlikte arttırdığını, Liu *et al.* (2010) mineral ve organik atık uygulamalarının kombinasyonlarının mısır ve buğday tane verimlerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kuru ot verimi üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların mısır bitkisinin kuru ot verimi üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 35. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kuru Ot Verimi Üzerine Etkisi

Kuru Ot Verimi (kg/da)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG **	ÇK**
1. YIL	0	793,60 ± 26,63 d	793,60 ± 26,63 c	793,60 ± 26,63 d
	2,5 ^{ns}	922,40 ± 61,35 cd	774,72 ± 47,07 c	825,28 ± 19,12 cd
	5*	1022,40 ± 70,71 bc A	806,40 ± 41,01 c B	835,60 ± 29,17 cd B
	7,5*	1112,96 ± 27,13 b A	950,72 ± 35,71 b B	955,20 ± 53,52 c B
	10**	1148,00 ± 31,61 b A	1015,68 ± 32,75 b B	1187,20 ± 5,77 b A
	12,5 ^{ns}	1478,40 ± 31,48 a	1244,00 ± 44,82 a	1377,60 ± 77,25 a
	Ortalama**	1079,63 ± 54,14 A b**	930,85 ± 42,27 B b**	995,75 ± 54,35 A b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	985,41 ± 28,26 d	985,41 ± 28,26 b	985,41 ± 28,26 c
	2,5**	1291,30 ± 48,37 c A	1009,02 ± 38,32 b B	1076,72 ± 29,72 c B
	5 ^{ns}	1392,49 ± 74,98 bc	1443,12 ± 96,86 a	1290,22 ± 70,62 b
	7,5 ^{ns}	1442,12 ± 55,04 b	1511,24 ± 21,01 a	1374,42 ± 68,3 ab
	10**	1595,81 ± 26,33 a A	1544,66 ± 11,12 a A	1417,22 ± 25,28 ab B
	12,5 ^{ns}	1602,17 ± 17,11 a	1548,87 ± 44,42 a	1470,92 ± 65,14 a
Ortalama**		1384,88 ± 53,22 A a	1340,39 ± 61,77 A a	1269,15 ± 46,88 B a
Ortalama **		1232,25 ± 45,45 A	1135,62 ± 50,58 B	1132,45 ± 42,25 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Oorganik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kuru ot verimi artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kuru ot verimi 1. yıl sırasıyla 1478,40-1244,00, 1377,60 kg/da iken, 2. yıl 1602,17-1548,87 ve 1470,92 kg/da olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın her iki yılında da yapılan organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kuru ot veriminde meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli (p<0,01) olmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1. yıl 2,5 ve 12,5 ton/da dozunda

önemsiz, 5 ve 7,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 10 ton/da dozunda ise çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl 2,5 ve 10 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), diğer dozlarda ise önemsiz olarak elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kuru ot verimi üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak kuru ot verimi artış göstermiş ve istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Araştırmanın 1. yılında kuru ot verimi kontrol parselinde 793,6 kg/da iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (1478,40 kg/da) ulaşmış olup, kontrole göre %86 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kuru ot verimi kontrol parselinde 985,41 kg/da iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (1602,17 kg/da) ulaşmış olup, kontrole göre %63 artış gözlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kuru ot verimi üzerine etkisi incelendiğinde yaş ot verimiyle paralel bir artış olduğu belirlenmiştir. Yaş ot veriminde olduğu gibi organik atıkların çeşidi ve miktarına bağlı olarak bitki gelişimi destekleyerek kuru ot veriminde önemli artışlar gözlenmiştir. Birçok araştırmacı organik atık uygulamalarının; arpa ve buğday bitkilerinin kuru ot verimlerini arttırdığını (Kirkham 1980; Butler and Muir 2006; Yolcu 2008), marul kuru ağırlığını arttırdığını (Mohammad and Athamneh 2004), triticale bitkisinin kuru ot verimini arttırdığını (Kchau *et al.* 2018), mısır bitkisinin kuru ot verimini arttırdığını (Černý *et al.* 2012; Aynacı ve Erdal 2016; Khanmohammadi *et al.* 2017; Çakır ve Çimrin 2018a; Yağmur ve Okur 2018) bildirmiştir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların mısır bitkisinin bitki boyu üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 36'da verilmiştir.

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin bitki boyu doz artışına paralel olarak artış göstermiştir. Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) bitki boyu 1. yıl sırasıyla 261,67-240,00 ve 234,53 cm iken, 2. yıl 281,33-256,00 ve 264,36 cm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının doz artışına bağlı olarak bitki boyunda meydana gelen değişimler istatistiki olarak 2. yıl ÇG uygulamasında önemli ($p<0,05$), diğer yıl ve uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1.yıl 2,5-7,5 ve 12,5 ton/da dozlarında çok önemli ($p<0,01$), 5 ve 10 ton/da dozlarında önemsiz, 2.yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda ise önemsizdir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak

bitki boyu üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak bitki boyu artış göstermiş ve istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir.

Tablo 36. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bitki Boyu Üzerine Etkisi

Bitki Boyu (cm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	167,47 ± 2,54 d	167,47 ± 2,54 c	167,47 ± 2,54 c
	2,5**	197,73 ± 3,14 c A	169,60 ± 4,89 c B	184,80 ± 4,45 b A
	5 ^{ns}	203,20 ± 3,7 c	215,07 ± 11,89 b	190,00 ± 8,64 b
	7,5**	222,00 ± 4,09 b A	224,40 ± 2,2 ab A	197,20 ± 2,6 b B
	10 ^{ns}	225,60 ± 4,05 b	229,20 ± 4,69 ab	222,67 ± 2,92 a
	12,5**	261,67 ± 2,77 a A	240,00 ± 4,24 a B	234,53 ± 1,48 a B
Ortalama**		212,94 ± 7,11 A b**	207,62 ± 7,24 A b**	199,44 ± 5,72 B b**
2. YIL	0	195,38 ± 1,91 d	195,38 ± 1,91 c	195,38 ± 1,91 c
	2,5*	243,29 ± 6,46 c A	210,67 ± 5,14 bc B	201,69 ± 13,48 c B
	5 ^{ns}	249,16 ± 10,07 c	247,38 ± 16,3 ab	234,93 ± 6,08 b
	7,5 ^{ns}	260,80 ± 0,71 bc	251,82 ± 20,4 a	249,66 ± 11,18 ab
	10 ^{ns}	271,82 ± 5,5 ab	252,09 ± 6,77 a	259,02 ± 2,69 ab
	12,5 ^{ns}	281,33 ± 3,03 a	256,00 ± 13,41 a	264,36 ± 6,18 a
Ortalama ^{ns}		250,30 ± 6,99 a	235,56 ± 7,14 a	234,17 ± 7,08 a
Ortalama **		231,62 ± 5,84 A	221,59 ± 5,54 B	216,81 ± 5,36 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında bitki boyu kontrol parselinde 167,47 cm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere olan 261,67 cm'ye ulaşmış olup, kontrole göre %56 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise bitki boyu kontrol parselinde 195,38 cm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (281,33 cm) ulaşmış olup, kontrole göre %44 artış gözlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile birlikte bitkinin vejetatif gelişiminin arttığı belirlenmiştir. Bu bağlamda toprağa sağlanan besin elementleri ve toprak özelliklerinin iyileşmesi ile birlikte bitki boyu artan dozlara bağlı olarak artmıştır. Birçok araştırmacı organik atık uygulamalarının mısır (Şeker ve Ersoy 2005; Boateng *et al.* 2006; Muhammad and Khattak, 2009; Aziz *et al.* 2010; Gezer 2012; Yağmur ve Okur 2018; Naveed *et al.* 2018), arpa (Navas *et al.* 1998; Türkmen 2004) ve tritikale (Kchaou *et al.* 2018) bitkilerinin bitki boylarını önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin sap kalınlığı üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların mısır bitkisinin sap kalınlığı üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 37'de verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin sap kalınlığı artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) sap kalınlığı 1. yıl sırasıyla 27,51-26,31 ve 25,86 mm iken, 2. yıl 24,16-24,02 ve 23,48 mm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak sap kalınlığında meydana gelen değişimler istatistiki olarak her iki yılda bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1. yıl 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$) bulunurken diğer yıl ve dozlarda önemsiz ($p>0,05$) olarak tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak sap kalınlığı üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak sap kalınlığı azalış göstermiş ve istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Tablo 37. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Sap Kalınlığı Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Sap Kalınlığı (mm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	22,38 ± 0,49 d	22,38 ± 0,49 c	22,38 ± 0,49 b
	2,5 ^{ns}	24,6 ± 0,59 c	24,55 ± 0,9 b	24,29 ± 0,44 a
	5 ^{ns}	24,86 ± 0,58 bc	25,04 ± 0,45 ab	24,98 ± 0,48 a
	7,5 ^{ns}	25,06 ± 0,31 bc	25,14 ± 0,42 ab	25,22 ± 0,55 a
	10 ^{ns}	26,08 ± 0,05 b	25,27 ± 0,09 ab	25,73 ± 0,61 a
	12,5*	27,51 ± 0,38 a A	26,31 ± 0,28 a B	25,86 ± 0,09 a B
	Ortalama ^{ns}	25,08 ± 0,41 a**	24,78 ± 0,34 a**	24,74 ± 0,33 a**
2. YIL	0	20,04 ± 0,37 b	20,04 ± 0,37 b	20,04 ± 0,37 c
	2,5 ^{ns}	20,39 ± 0,79 b	20,73 ± 0,8 b	21,04 ± 0,46 bc
	5 ^{ns}	23,11 ± 0,69 a	22 ± 0,98 ab	22,92 ± 0,89 ab
	7,5 ^{ns}	23,3 ± 0,41 a	23,45 ± 0,95 a	22,5 ± 0,96 ab
	10 ^{ns}	23,54 ± 0,47 a	23,87 ± 0,2 a	23,48 ± 0,42 a
	12,5 ^{ns}	24,16 ± 0,42 a	24,02 ± 0,06 a	23,48 ± 0,25 a
	Ortalama ^{ns}	22,42 ± 0,43 b	22,35 ± 0,44 b	22,24 ± 0,38 b
Ortalama^{ns}		23,75 ± 0,37	23,57 ± 0,34	23,49 ± 0,32

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.
- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.
- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.
- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında sap kalınlığı kontrol parselinde 22,38 cm iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (27,51 mm) ulaşmış olup, kontrole göre %23 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise sap kalınlığı kontrol parselinde 20,04 mm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında %21'lik artışla en yüksek değer olan 24,16 mm değeri elde edilmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen iyileştirmeler ile bitki gelişimi desteklenmiş, dolayısıyla mısır bitkisinin

sap kalınlığında da artışlar gözlemlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında sap kalınlığında 1. yıla göre azalışlar gözlenmektedir. Toprak N içeriğinin artışı ile birlikte meydana gelen verim ve bitki boyu artışının bir sonucu olarak 2. yıl sap kalınlığı azaldığı düşünülmektedir. Akongwubel *et al.* (2012) yaptıkları iki yıllık çalışmada çöp kompostu uygulaması yaparak mısır gelişimini inceledikleri çalışmada ikinci yıl verim ve bitki boyunun arttığını sap kalınlığının azaldığını bildirmişlerdir. Munawar *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada mısır bitkisinin verimi ile sap kalınlığı arasında negatif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. De Grazie *et al.* (2003) yaptıkları çalışmada farklı dozlardaki azot ve fosfor gübrelerinin mısır bitkisinin sap kalınlığı üzerine etkilerini incelemiş ve artan N dozunun sap kalınlığında azalışlara neden olduğunu bildirmişlerdir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök gelişimi üzerine etkisi.

Toprağa uygulanan organik atıkların mısır bitkisinin kök gelişimi üzerine etkileri kök kuru ağırlığı ve kök uzunluğu parametreleri ile değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamalar sonucu mısır bitkisinin kök kuru ağırlığı ve kök uzunluğunda meydana gelen değişimler Tablo 38 ve 39'da verilmiştir.

Tablo 38. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Kök Kuru Ağırlığı (kg/da)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	118,01 ± 9,97	118,01 ± 9,97	118,01 ± 9,97
	2,5 ^{ns}	137,7 ± 5,72	124,92 ± 8,92	118,12 ± 1,73
	5 ^{ns}	140,15 ± 13,63	128,49 ± 8,66	119,95 ± 4,83
	7,5 ^{ns}	147,93 ± 24,87	136,84 ± 4,92	120,39 ± 2,94
	10 ^{ns}	148,96 ± 10,1	139,56 ± 5,72	125,08 ± 3,19
	12,5 ^{ns}	164,48 ± 14,91	139,97 ± 10,5	128,84 ± 3,34
	Ortalama**	142,87 ± 6,03 A b**	131,3 ± 3,49 AB b**	121,73 ± 1,99 A b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	122,6 ± 5,82 b	122,6 ± 5,82 c	122,6 ± 5,82 c
	2,5 *	213,53 ± 8,95 a A	159,53 ± 5,56 bc B	201,48 ± 17,84 b A
	5 ^{ns}	248,89 ± 18,6 a	214,09 ± 19,48 ab	243,03 ± 8,11 a
	7,5 ^{ns}	263,55 ± 27,26 a	220,28 ± 36,47 ab	247,56 ± 8,61 a
	10 ^{ns}	265,97 ± 17,85 a	264,01 ± 16,98 a	253,8 ± 16,85 a
	12,5 ^{ns}	268,56 ± 16,34 a	268,91 ± 12,18 a	261,07 ± 13,83 a
	Ortalama ^{ns}	230,52 ± 13,88 a	208,24 ± 14,38 a	221,59 ± 12,47 a
Ortalama **		186,7 ± 10,51 A	169,77 ± 9,77 B	171,66 ± 10,49 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök kuru ağırlığı artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 38). Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök kuru ağırlığı 1. yıl sırasıyla 164,48-139,97 ve 128,84 kg/da iken, 2. yıl 230,52-268,91 ve 261,07 kg/da olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök kuru ağırlığında meydana gelen değişimler istatistiki olarak 1. yıl bütün

uygulamalarda önemsiz, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1.yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunurken, 2.yıl uygulama ortalamaları arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 2. yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$) bulunurken diğer yıl ve dozlarda önemsizdir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök kuru ağırlığı üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak kök kuru ağırlığı artış göstermiş ve istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında kök kuru ağırlığı kontrol parselinde 118,01 kg/da iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (164,48 kg/da) ulaşmış olup, kontrole göre %39 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök kuru ağırlığı kontrol parselinde 122,60 kg/da iken 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (268,91 kg/da) ulaşmış olup, kontrole göre %120 artış gözlenmiştir.

Tablo 39. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Uzunluğu Üzerine Etkisi

Kök Uzunluğu (cm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	30,17 ± 1,09 b	30,17 ± 1,09	30,17 ± 1,09
	2,5 ^{ns}	30,55 ± 0,62 b	31,66 ± 0,63	32,78 ± 1,16
	5 ^{ns}	32,67 ± 0,83 b	31,75 ± 1,67	34,56 ± 1,1
	7,5 ^{ns}	34,56 ± 2,45 ab	32,11 ± 1,44	34,89 ± 0,59
	10 ^{ns}	38,17 ± 1,21 a	34,22 ± 0,62	36,00 ± 2,67
	12,5 ^{ns}	39,00 ± 1,39 a	34,83 ± 1,46	36,11 ± 0,56
	Ortalama ^{ns}	34,19 ± 0,96 b**	32,46 ± 0,57 b**	34,08 ± 0,69 b**
2. YIL		AÇ**	ÇG*	ÇK**
	0	30,61 ± 1,07 b	30,61 ± 1,07 c	30,61 ± 1,07 c
	2,5 ^{ns}	36,67 ± 1,39 a	32,44 ± 1,56 bc	32,17 ± 0,67 c
	5 ^{ns}	37,56 ± 2,25 a	35,78 ± 1,28 ab	34,89 ± 1,5 bc
	7,5 ^{ns}	39,89 ± 1,39 a	36 ± 2,52 ab	38,55 ± 1,18 ab
	10 ^{ns}	40,45 ± 0,62 a	37,89 ± 0,29 a	40,63 ± 1,6 a
	12,5 ^{ns}	40,78 ± 1,11 a	38,11 ± 0,73 a	41,22 ± 1,83 a
Ortalama*		37,66 ± 0,97 A a	35,14 ± 0,83 B a	36,35 ± 1,09 AB a
Ortalama **		35,92 ± 0,74 A	33,80 ± 0,54 B	35,22 ± 0,67 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök uzunluğu artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 39). Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök uzunluğu 1. yıl sırasıyla 39,00-34,83 ve 36,11 cm iken, 2. yıl 40,78-38,11 ve 41,22 cm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök uzunluğunda meydana gelen değişimler istatistiki olarak 1. yıl bütün AÇ uygulamasında çok önemli ($p<0,01$) bulunurken, diğer uygulamalarda önemsiz, 2.

yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) değişimler bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz bulunurken, 2. yıl uygulama ortalamaları arasındaki farklılıklar önemli ($p<0,05$) olarak belirlenmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak her iki yılda da önemsiz olmuştur. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök uzunluğu üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak kök uzunluğu artış göstermiş ve istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında kök uzunluğu kontrol parselinde 30,17 cm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (39,00 cm) ulaşmış olup, kontrole göre %29 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök uzunluğu kontrol parselinde 30,61 mm iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (41,22 cm) ulaşmış olup, kontrole göre %35 artış gözlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının kök gelişimi üzerine etkileri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir. Toprağın özellikler fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi sonucu olarak kök gelişimi desteklenmiştir. Bitkinin kök gelişimi toprağın fiziksel özellikleri, organik madde içeriği ve besin elementi içerikleri ile yakın ilişkiye sahiptir. Araştırmadan elde edilen verilere göre artan dozlara bağlı olarak azalan hacim ağırlığı, artan porozite sayesinde bitki köklerinin gelişimi için uygun şartlar oluşmuş, aynı zamanda toprağın organik madde içeriği ve besin elementi içeriklerinin artırılması ile de kök gelişimi desteklenmiş dolayısıyla bitki köklerinin kuru ağırlıkları ve uzunlukları artış göstermiş olduğu söylenebilmektedir. Toprak azot içeriğinin artışı ile birlikte kök gelişiminin arttığı, azotun yetersiz kaldığı durumlarda bitki köklerinin cılız olduğu, yeterli azot bulunduğu durumlarda daha kalın kök oluşumu gerçekleşmektedir (Kacar ve Katkat 2010). Araştırmanın 2. yılında kök kuru ağırlığının artışı toprak azotundaki artışla açıklanabilmektedir. Yapılan birçok araştırmada organik atık uygulamaları ile bitkilerin kök gelişiminin arttığını bildirmişlerdir (Kirkham 1980; Pinamonti *et al.* 1997; Boateng *et al.* 2006; Hati *et al.* 2006; Perez-Murcia *et al.* 2006; Hirzel *et al.* 2007; Ostos *et al.* 2008; Cheng *et al.* 2009; Muhammad and Khattak 2009; Akpınar 2018).

Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök, Gövde ve Yaprak Aksamalarının Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriklerine Etkisi

Farklı organik atık uygulamalarının yetiştirilen mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının besin elementi ve ağır metal içerikleri üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla

bitki örneklerinde toplam N, P, Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni ve Pb elementleri incelenmiştir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının toplam N içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının toplam N içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 40, 41 ve 42’de verilmiştir.

Tablo 40. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Toplam N İçerikleri Üzerine Etkisi

Toplam N (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK*
1. YIL	0	0,49 ± 0,01	0,49 ± 0,01	0,49 ± 0,01 c
	2,5 ^{ns}	0,50 ± 0,04	0,5 ± 0,01	0,5 ± 0,04 c
	5 ^{ns}	0,56 ± 0,03	0,56 ± 0,05	0,57 ± 0,06 ab
	7,5 ^{ns}	0,60 ± 0,02	0,59 ± 0,02	0,59 ± 0,03 ab
	10 ^{ns}	0,63 ± 0,03	0,61 ± 0,02	0,63 ± 0,03 a
	12,5 ^{ns}	0,69 ± 0,18	0,62 ± 0,06	0,68 ± 0,05 a
	Ortalama ^{ns}	0,579 ± 0,03	0,562 ± 0,02	0,577 ± 0,02
2. YIL		AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK**
	0	0,50 ± 0,02 d	0,50 ± 0,02	0,5 ± 0,02 d
	2,5 ^{ns}	0,51 ± 0,02 d	0,51 ± 0,04	0,54 ± 0,03 cd
	5 ^{ns}	0,59 ± 0,02 c	0,58 ± 0,02	0,60 ± 0,03 bc
	7,5 ^{ns}	0,62 ± 0,01 bc	0,60 ± 0,06	0,66 ± 0,02 ab
	10 ^{ns}	0,66 ± 0,02 ab	0,62 ± 0,05	0,68 ± 0,02 a
	12,5 ^{ns}	0,70 ± 0,02 a	0,64 ± 0,02	0,69 ± 0,03 a
	Ortalama ^{ns}	0,597 ± 0,02	0,572 ± 0,02	0,612 ± 0,02
Ortalama^{ns}		0,588 ± 0,02	0,567 ± 0,01	0,595 ± 0,01

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök toplam N içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 40). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök toplam N içeriği 1. yıl sırasıyla %0,69, %0,62 ve %0,68 iken, 2. yıl %0,70, %0,64 ve %0,69 olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök toplam N içeriklerinde meydana gelen değişimler, istatistiki olarak 1.yıl AÇ ve ÇG uygulamasında önemsiz bulunurken, ÇK uygulamasında önemli (p<0,05), 2.yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli (p<0,01), ÇG uygulamasında ise önemsiz bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiki olarak her iki yılda da önemsiz olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök toplam N içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Araştırmanın 1. yılında kök toplam N içeriği kontrol parselinde %0,49 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,69) ulaşmış olup, kontrole göre %41 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök toplam N içeriğinin kontrol parselinde %0,50 yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında %40 artarak en yüksek değere olan %0,70'e çıktığı belirlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde toplam N içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 41). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde toplam N içeriği 1. yıl sırasıyla %0,92, %0,73 ve %0,90 iken, 2. yıl %0,97, %0,76 ve %0,93 olarak tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde toplam N içeriği ilk yıla göre ikinci yıl artış göstermiştir. Ancak yapılan organik atık uygulamaları sonucu gövde toplam N içeriklerinde meydana gelen değişimler, istatistiki olarak bütün uygulama, doz ve yıllar için önemsiz bulunmuştur.

Tablo 41. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Toplam N İçerikleri Üzerine Etkisi

Toplam N (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,60 ± 0,08	0,60 ± 0,08	0,60 ± 0,08
	2,5 ^{ns}	0,70 ± 0,12	0,61 ± 0,04	0,63 ± 0,15
	5 ^{ns}	0,74 ± 0,02	0,64 ± 0,03	0,72 ± 0,14
	7,5 ^{ns}	0,75 ± 0,13	0,68 ± 0,03	0,77 ± 0,03
	10 ^{ns}	0,79 ± 0,11	0,71 ± 0,09	0,79 ± 0,06
	12,5 ^{ns}	0,92 ± 0,01	0,73 ± 0,10	0,90 ± 0,05
	Ortalama ^{ns}	0,749 ± 0,04	0,661 ± 0,03	0,736 ± 0,04
2. YIL	0	0,61 ± 0,06	0,61 ± 0,06	0,61 ± 0,06
	2,5 ^{ns}	0,72 ± 0,09	0,62 ± 0,06	0,65 ± 0,05
	5 ^{ns}	0,76 ± 0,06	0,65 ± 0,1	0,78 ± 0,07
	7,5 ^{ns}	0,76 ± 0,11	0,7 ± 0,07	0,79 ± 0,05
	10 ^{ns}	0,81 ± 0,09	0,73 ± 0,08	0,82 ± 0,10
	12,5 ^{ns}	0,97 ± 0,04	0,76 ± 0,09	0,93 ± 0,07
	Ortalama ^{ns}	0,771 ± 0,04	0,68 ± 0,03	0,766 ± 0,04
Ortalama *		0,76 ± 0,03 A	0,67 ± 0,02 B	0,751 ± 0,03 A

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05

Araştırmanın 1. yılında gövde toplam N içeriği kontrol parselinde %0,60 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,92) ulaşmış olup, kontrole göre %53 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde toplam N içeriği kontrol parselinde %0,61 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,97) ulaşmış olup, kontrole göre %59 artış gerçekleşmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak toplam N içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 42). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG,

ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak toplam N içeriği 1. yıl sırasıyla %1,90, %1,52 ve %1,88 iken, 2. yıl %2,00, %1,78 ve %1,89 olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak toplam N içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak 1. yıl AÇ ve ÇK uygulamasında çok önemli ($p<0,01$) bulunurken, ÇG uygulamasında önemsiz, 2. yıl AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG ve ÇK uygulamalarında ise önemsiz bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim ise istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiki olarak 1. yıl 2,5-5 ve 10 ton/da dozlarında önemsiz, 10 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 12,5 ton/da dozunda ise çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl ise bütün dozlarda önemsiz olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak toplam N içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 42. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Toplam N İçerikleri Üzerine Etkisi

Toplam N (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK**
1. YIL	0	1,12 ± 0,08 c	1,12 ± 0,08	1,12 ± 0,08 c
	2,5 ^{ns}	1,48 ± 0,06 b	1,25 ± 0,09	1,19 ± 0,1 c
	5 ^{ns}	1,65 ± 0,09 ab	1,37 ± 0,11	1,54 ± 0,16 b
	7,5 ^{ns}	1,76 ± 0,11 a	1,4 ± 0,13	1,59 ± 0,05 ab
	10 *	1,83 ± 0,04 a A	1,48 ± 0,07 B	1,6 ± 0,08 ab B
	12,5 **	1,90 ± 0,06 a A	1,52 ± 0,03 B	1,88 ± 0,01 a A
	Ortalama **	1,623 ± 0,07 A	1,359 ± 0,05 C	1,487 ± 0,07 B
2. YIL		AÇ*	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
	0	1,18 ± 0,07 b	1,18 ± 0,07	1,18 ± 0,07
	2,5 ^{ns}	1,68 ± 0,13 a	1,34 ± 0,11	1,42 ± 0,16
	5 ^{ns}	1,76 ± 0,24 a	1,41 ± 0,15	1,63 ± 0,25
	7,5 ^{ns}	1,77 ± 0,13 a	1,51 ± 0,22	1,72 ± 0,01
	10 ^{ns}	1,86 ± 0,07 a	1,53 ± 0,11	1,72 ± 0,25
	12,5 ^{ns}	2,00 ± 0,08 a	1,78 ± 0,05	1,89 ± 0,09
Ortalama *		1,709 ± 0,08 A	1,458 ± 0,06 B	1,591 ± 0,08 AB
Ortalama **		1,67 ± 0,05 A	1,41 ± 0,04 C	1,54 ± 0,05 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında yaprak toplam N içeriği kontrol parselinde %1,12 iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (%1,90) ulaşmış olup, kontrole göre %70 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak toplam N içeriği kontrol parselinde %1,18 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında %70 artışla en yüksek değer olan %2'ye ulaşmıştır.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının toplan N içerikleri artan dozlarla bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların sağladığı organik maddenin parçalanması, mikroorganizma faaliyetleri sonucu toprak N içeriğindeki artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Organik atıklar ile ilgili yapılan birçok çalışmada doz artışı ve kullanılan materyalin kimyasal özelliklerine bağlı olarak yetiştirilen bitkilerin N içeriklerinde artışlar gözlemlenmiştir (Topçuoğlu vd 2003; Demir ve Çimrin 2011; Çakır ve Çimrin 2018a). Wang *et al.* (2017) çiftlik gübresi uygulamasıyla toprak organik madde içeriğinin arttığını, üst topraktaki hacim ağırlığının azalmasına bağlı olarak toprakta N ve P hareketliliği ile mineralizasyonunun artışıyla birlikte bitkinin N içeriğinin arttığını, Fresquez *et al.* (1990) AÇ uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak bitki dokularının N içeriklerinde önemli artışların meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının P içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının P içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 43, 44 ve 45'te verilmiştir.

Tablo 43. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök P İçerikleri Üzerine Etkisi

P (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG*	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	664,29 ± 26,68 e	664,29 ± 26,68 b	664,29 ± 26,68
	2,5 *	730,42 ± 13,01 d A	698,85 ± 3,33 b AB	676,75 ± 13,52 B
	5 *	792,82 ± 20,07 cd A	727,17 ± 15,29 ab B	714,23 ± 4,2 B
	7,5 *	829,41 ± 21,9 bc A	746,57 ± 22,66 ab B	720,5 ± 12,22 B
	10 *	874,76 ± 16,58 ab A	793,73 ± 35,23 a AB	726,44 ± 29,11 B
	12,5 *	911,35 ± 21,94 a A	800,89 ± 44,08 a B	733,72 ± 22,37 B
	Ortalama **	800,51 ± 21,51 A b**	738,58 ± 15,19 B b**	705,99 ± 9,33 B b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	1692,67 ± 148,9 c	1692,67 ± 148,9 d	1692,67 ± 148,9 d
	2,5 *	2146,12 ± 104,77 b A	2106,39 ± 11,93 c A	1771,9 ± 46,52 cd B
	5 ^{ns}	2214,27 ± 68,2 b	2188,81 ± 14,42 bc	1966,8 ± 83,37 bc
	7,5 **	2374,71 ± 51,99 b A	2340,93 ± 39,48 ab A	2071,08 ± 26,14 ab B
	10 **	2441,29 ± 72,93 b A	2392,57 ± 28,46 ab A	2126,37 ± 25,85 ab B
	12,5 **	2754,31 ± 69,04 a A	2409,79 ± 13,61 a B	2216,64 ± 7,66 a C
	Ortalama **	2270,56 ± 84,47 A a	2188,53 ± 63,91 A a	1974,24 ± 52,11 B a
Ortalama **		1535,54 ± 131,46 A	1463,56 ± 126,75 B	1340,12 ± 110,32 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök P içerikleri artan dozlarla bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 43). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök P içeriği 1. yıl sırasıyla 911,35-800,89 ve 733,72 ppm iken, 2. yıl 2754,31-2409,79 ve 2216,64 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan

dozlara bağılı olarak kök P içeriklerinde meydana gelen değişimler, istatistiki olarak 1. yıl AÇ uygulamasında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemli ($p<0,05$) bulunurken, ÇK uygulamasında önemsiz, 2. yıl ise bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişimin istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1. yıl bütün dozlarda önemli ($p<0,05$), 2. yıl ise 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 5 ton/da dozunda önemsiz, 7,5-10 ve 12,5 ton/da dozlarında ise çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Uygulamaların yıllara bağılı olarak kök P içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağılı olarak meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırmanın 1. yılında kök P içeriği kontrol parselinde 664,29 ppm iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere olan 911,35 ppm'e kadar artarak kontrole göre %37 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök P içeriği kontrol parselinde 1692,67 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (2754,31 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %63 artışın olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 44. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde P İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	P (ppm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK*
1. YIL	0	1170,91 ± 101,64 c	1170,91 ± 101,64 d	1170,91 ± 101,64 b
	2,5 ^{ns}	1187,56 ± 20,01 c	1182,73 ± 16,86 cd	1174,45 ± 18,31 b
	5 ^{ns}	1290,42 ± 33,52 bc	1282,19 ± 37,47 bcd	1194,36 ± 22,33 b
	7,5 *	1425,99 ± 46,12 bc A	1350,96 ± 49,89 abc AB	1228,57 ± 13,72 b B
	10 **	1658,79 ± 58,39 a A	1409,97 ± 17,19 ab B	1300,71 ± 19,78 ab B
	12,5 *	1695,84 ± 61,81 a A	1465,86 ± 45,45 a B	1424,38 ± 37,07 a B
	Ortalama *	1404,92 ± 54,87 A b**	1310,44 ± 32,24 AB b**	1248,9 ± 27,07 B b**
2. YIL	0	3092,21 ± 44,52 d	3092,21 ± 44,52 c	3092,21 ± 44,52 b
	2,5 ^{ns}	3229,64 ± 62,07 cd	3169,98 ± 66,4 bc	3116,69 ± 31,5 b
	5 ^{ns}	3313,18 ± 74,31 bc	3205,74 ± 43,71 bc	3198,88 ± 48,36 ab
	7,5 ^{ns}	3361,46 ± 23,2 bc	3296,05 ± 48,24 ab	3235,98 ± 69,12 ab
	10 ^{ns}	3475,00 ± 42,56 b	3375,9 ± 61,93 a	3302,32 ± 30,46 a
	12,5 **	3749,80 ± 54,78 a A	3437,75 ± 28,99 a B	3341,08 ± 51,47 a B
	Ortalama *	3370,22 ± 53,22 A a	3262,94 ± 33,74 AB a	3214,53 ± 27,35 B a
Ortalama **		2387,57 ± 170,32 A	2286,69 ± 166,61 B	2231,71 ± 167,21 C

- Uygulama dozlarına bağılı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Toprağa uygulanan organik atıklar ile mısır bitkisinin gövde P içeriklerinde doz artışına bağılı olarak artışların olduğu belirlenmiştir (Tablo 44). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde P içeriği 1. yıl sırasıyla 1695,84-1465,86 ve 1424,38 ppm iken, 2. yıl 3749,80-3437,75 ve 3341,08 ppm olarak belirlenmiştir.

Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde P içeriği ilk yıla göre ikinci yıl artış göstermiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde P içeriklerinde istatistiki olarak her iki yılda da AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) değişimler bulunmuştur. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) farklılıklar meydana gelmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl 2,5 ve 5 ton/da dozlarında önemsiz, 7,5 ve 12,5 ton/da dozlarında önemli ($p<0,05$), 10 ton/da dozunda ise çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl ise 2,5-5-7,5 ve 10 ton/da dozlarında önemsiz, 12,5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde P içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olmuştur.

Araştırmanın 1. yılında gövde P içeriği kontrol parselinde 1170,91 ppm iken en yüksek değer (1695,84 ppm) AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) elde edilmiş olup, kontrole göre %45 artış gerçekleşmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde P içeriği kontrol parselinde 3092,21 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (3749,80 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %21 artış belirlenmiştir.

Tablo 45. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak P İçerikleri Üzerine Etkisi

P (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ*	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	3036,90 ± 97,62 c	3036,90 ± 97,62	3036,90 ± 97,62
	2,5 ^{ns}	3054,35 ± 47,33 c	3042,32 ± 50,46	3040,42 ± 55,81
	5 ^{ns}	3099,90 ± 66,01 bc	3070,33 ± 48,09	3060,75 ± 48,01
	7,5 ^{ns}	3184,20 ± 15,41 bc	3105,40 ± 97,15	3090,84 ± 29,17
	10 ^{ns}	3337,40 ± 57,89 ab	3128,89 ± 90,12	3118,02 ± 75,68
	12,5 ^{ns}	3463,08 ± 124,27 a	3302,00 ± 63,66	3229,92 ± 73,21
	Ortalama ^{ns}	3195,97 ± 46,06	3114,31 ± 34,39	3096,14 ± 28,01
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK*
	0	1668,58 ± 37,39 c	1668,58 ± 37,39 c	1668,58 ± 37,39 b
	2,5 ^{ns}	1755,46 ± 52,42 bc	1736,68 ± 39,98 c	1691,97 ± 18,99 b
	5 ^{ns}	1774,59 ± 38,62 bc	1759,72 ± 34,82 c	1701,91 ± 44,94 b
	7,5 ^{ns}	1964,98 ± 97,04 ab	1953,37 ± 54,01 b	1730,98 ± 46,26 b
	10 ^{ns}	2027,14 ± 45,32 a	2017,5 ± 56,08 ab	1820,04 ± 66,28 ab
	12,5 ^{ns}	2141,00 ± 101,66 a	2115,03 ± 46,87 a	1902,75 ± 66,72 a
	Ortalama**	1888,63 ± 46,73 A	1875,15 ± 42,48 A	1752,7 ± 26,27 B
Ortalama**		2542,3 ± 115,13 A	2494,73 ± 108,14 A	2424,42 ± 112,03 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak P içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 45). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak P içeriği 1. yıl sırasıyla 3463,08-3302,00 ve 3229,92 ppm

iken, 2. yıl 2141,00-2115,03 ve 1902,75 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak P içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak 1. yıl AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG ve ÇK uygulamalarında önemsiz bulunurken, 2. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz, 2. yıl ise çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak her iki yılda da bütün dozlarda önemsiz olarak belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak P içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında 2. yıl 1. yıla göre yaprak P içeriği azalmış ve bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Araştırmanın 1. yılında yaprak P içeriği kontrol parselinde 3036,90 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (3463,08 ppm) elde edilmiş ve kontrole göre %14 artış gerçekleşmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak P içeriği kontrol parselinde 1668,58 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (2141,00 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %28 artış belirlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının P içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprakta elverişli P içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin kök ve gövde aksamalarının P içerikleri önemli derecede artarken yaprak P içeriği ilk yıla göre azalmıştır. Uygulamalar sonucu dozlara bağlı olarak kök ve gövde aksamalarının P içeriklerinin artışı uygulanan atıkların toprağın elverişli fosfor içeriğini arttırması ile topraktan daha fazla P almaları ile ilişkilidir. Kontrol parsellerinde yetiştirilen bitkilerde meydana gelen artış ise toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştirilmesi ile mevcut besin elementlerinin elverişliliklerinin artışı ile bitki tarafından alınan miktarlarının artışı ile açıklanabilmektedir. Yapraktaki fosforun azalışı vejetasyon dönemi farklılığı ve ikinci yıl koçan gelişiminin tamamlanması sebebiyle fosforun koçanlara taşınması, ayrıca bitki kuru madde miktarının artışı ile toplam kütledeki fosforun oranının azalması ile izah edilebilmektedir (Kacar ve Katkat 2010). Kacar ve Katkat (2010) fosforun bitkide çok hareketli olduğunu ve bitkinin ihtiyaç duyulan kısımlarına hareket ettiğini, ayrıca bitki gelişiminin sonlarına doğru fosforun tane ve meyveye taşınımı ve birikiminin gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Organik atıklar ile ilgili yapılan birçok çalışmada doz artışı ve kullanılan materyalin kimyasal özelliklerine bağlı olarak yetiştirilen bitkilerin P içeriklerinde önemli artışların meydana geldiği bildirilmiştir (Mellbye

1979; Fresquez *et al.* 1990; Ozores-Hampton *et al.* 1994; Soumare *et al.* 2003; Mohammad and Athamneh 2004; Weber *et al.* 2007; Kidd *et al.* 2007; Giannakis *et al.* 2014; Khanmohammadi *et al.* 2017; Çakır ve Çimrin 2018a).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Ca içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Ca içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 46 ve 47 ve 48’de verilmiştir.

Tablo 46. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Ca İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Ca (%)		
		AÇ*	ÇG*	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	1,588 ± 0,12 b	1,588 ± 0,12 c	1,588 ± 0,12
	2,5 ^{ns}	1,801 ± 0,09 ab	1,58 ± 0,04 c	1,612 ± 0,18
	5 ^{ns}	1,951 ± 0,08 a	1,63 ± 0,02 bc	1,644 ± 0,33
	7,5 *	2,008 ± 0,08 a A	1,72 ± 0,04 abc B	1,821 ± 0,01 AB
	10 ^{ns}	2,026 ± 0,1 a	1,82 ± 0,04 ab	1,856 ± 0,02
	12,5 ^{ns}	2,033 ± 0,08 a	1,88 ± 0,06 a	1,863 ± 0,04
	Ortalama *	1,901 ± 0,05 A a**	1,704 ± 0,04 B a**	1,731 ± 0,06 AB a**
2. YIL		AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK*
	0	1,19 ± 0,06 b	1,19 ± 0,06	1,19 ± 0,06 b
	2,5 ^{ns}	1,203 ± 0,02 b	1,194 ± 0,1	1,187 ± 0,03 b
	5 **	1,442 ± 0,03 a A	1,212 ± 0,02 B	1,201 ± 0,05 b B
	7,5 *	1,444 ± 0,06 a A	1,239 ± 0,03 B	1,308 ± 0,03 ab AB
	10 ^{ns}	1,462 ± 0,07 a	1,326 ± 0,05	1,313 ± 0,03 ab
	12,5 ^{ns}	1,544 ± 0,1 a	1,382 ± 0,01	1,372 ± 0,02 a
	Ortalama **	1,381 ± 0,04 A b	1,257 ± 0,03 B b	1,262 ± 0,02 B b
Ortalama **		1,64 ± 0,05 A	1,48 ± 0,04 B	1,5 ± 0,05 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök Ca içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 46). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Ca içeriği 1. yıl sırasıyla %2,03, %1,88 ve %1,86 iken, 2. yıl %1,54, %1,38 ve %1,37 olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Ca içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında önemli (p<0,05), ÇK uygulamasında önemsiz, 2. yıl AÇ uygulamasında çok önemli (p<0,01), ÇG uygulamasında önemsiz, ÇK uygulamasında ise önemli (p<0,05) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemli (p<0,05), 2. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim ise istatistiki olarak çok önemli (p<0,01) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak, 1. yıl 7,5 ton/da dozunda önemli (p<0,05) bulunurken diğer dozlarda önemsiz, 2. yıl ise 5 ton/da

dozunda çok önemli ($p<0,01$), 7,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda ise önemsiz farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Ca içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak meydana gelen değişimler istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırmanın 1. yılında kök Ca içeriği kontrol parselinde %1,59 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%2,03) ulaşmış olup, kontrole göre %28 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Ca içeriği kontrol parselinde %1,19 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%1,54) ulaşmış olup, kontrole göre %29 artış gerçekleşmiştir.

Tablo 47. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Ca İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Ca (%)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	0,193 ± 0,01 c	0,193 ± 0,01 c	0,193 ± 0,01 c
	2,5 ^{ns}	0,199 ± 0,01 bc	0,194 ± 0,01 bc	0,195 ± 0,01 c
	5 ^{ns}	0,215 ± 0,01 bc	0,198 ± 0,01 bc	0,201 ± 0,01 c
	7,5 ^{ns}	0,222 ± 0,01 b	0,236 ± 0,03 ab	0,214 ± 0,01 bc
	10 ^{ns}	0,253 ± 0,01 a	0,253 ± 0,01 a	0,225 ± 0,01 ab
	12,5 ^{ns}	0,260 ± 0,01 a	0,257 ± 0,01 a	0,241 ± 0,01 a
	Ortalama ^{ns}	0,224 ± 0,01 b**	0,222 ± 0,01	0,211 ± 0,01 b**
2. YIL	0	0,231 ± 0,01 c	0,231 ± 0,01 b	0,231 ± 0,01 bc
	2,5 ^{ns}	0,24 ± 0,004 bc	0,203 ± 0,01 c	0,207 ± 0,01 d
	5 [*]	0,247 ± 0,004 bc A	0,229 ± 0,01 b AB	0,212 ± 0,01 cd B
	7,5 [*]	0,251 ± 0,01 bc A	0,255 ± 0,005 a A	0,229 ± 0,01 bcd B
	10 ^{ns}	0,273 ± 0,02 ab	0,265 ± 0,004 a	0,248 ± 0,01 b
	12,5 ^{ns}	0,286 ± 0,004 a	0,266 ± 0,01 a	0,276 ± 0,004 a
	Ortalama ^{ns}	0,255 ± 0,01 a	0,241 ± 0,01	0,234 ± 0,01 a
Ortalama **		0,239 ± 0,01 A	0,232 ± 0,01 B	0,223 ± 0,004 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalınlı küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmada yapılan organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Ca içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 47). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Ca içeriği 1. yıl sırasıyla %0,26, %0,26 ve %0,24 iken, 2. yıl %0,29, %0,27 ve %0,28 olarak belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Ca içeriği ilk yıla göre ikinci yıl artış göstermiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Ca içeriklerinde istatistiki olarak 1. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG ve ÇK uygulamasında ise çok önemli ($p<0,01$) değişimler tespit edilmiştir. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl bütün dozlarda önemsiz, 2. yıl 5 ve 7,5 dozlarında önemli

($p<0,05$), diğer dozlarda ise önemsiz farklılıklar gerçekleşmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Ca içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında ise önemsiz değişimler elde edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında gövde Ca içeriği kontrol parselinde %0,19 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,26) ulaşmış olup, kontrole göre %37 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Ca içeriği kontrol parselinde %0,23 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,286) ulaşmış olup, kontrole göre %26 artış elde edilmiştir.

Tablo 48. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Ca İçerikleri Üzerine Etkisi

Ca (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,311 ± 0,01 c	0,311 ± 0,01 d	0,311 ± 0,01
	2,5 ^{ns}	0,37 ± 0,01 b	0,367 ± 0,01 c	0,317 ± 0,03
	5 *	0,404 ± 0,02 a A	0,395 ± 0,01 b A	0,333 ± 0,02 B
	7,5 *	0,416 ± 0,01 a A	0,41 ± 0,001 ab A	0,351 ± 0,02 B
	10 **	0,429 ± 0,01 a A	0,415 ± 0,01 a A	0,364 ± 0,004 B
	12,5 **	0,433 ± 0,01 a A	0,422 ± 0,01 a A	0,366 ± 0,004 B
	Ortalama **	0,394 ± 0,01 A	0,387 ± 0,01 A	0,340 ± 0,01 B
2. YIL		AÇ**	ÇG*	ÇK**
	0	0,549 ± 0,01 d	0,549 ± 0,01 b	0,549 ± 0,01 c
	2,5 ^{ns}	0,562 ± 0,01 d	0,553 ± 0,01 b	0,583 ± 0,01 bc
	5 ^{ns}	0,576 ± 0,01 cd	0,546 ± 0,03 b	0,614 ± 0,002 ab
	7,5 ^{ns}	0,605 ± 0,02 bc	0,579 ± 0,01 ab	0,621 ± 0,01 ab
	10 ^{ns}	0,628 ± 0,01 b	0,62 ± 0,03 a	0,635 ± 0,01 a
	12,5 ^{ns}	0,668 ± 0,01 a	0,642 ± 0,02 a	0,636 ± 0,03 a
	Ortalama *	0,598 ± 0,01 AB	0,582 ± 0,01 B	0,606 ± 0,01 A
Ortalama **		0,496 ± 0,02 A	0,484 ± 0,02 B	0,473 ± 0,01 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Ca içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışın olduğu belirlenmiştir (Tablo 48). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Ca içeriği 1. yıl sırasıyla %0,43, %0,42 ve %0,37 iken, 2. yıl %0,67, %0,64 ve %0,64 olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Ca içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak 1. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında önemsiz bulunurken, 2. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl ise önemli ($p<0,05$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak 1. yıl 2,5 ton/da dozunda önemsiz, 5 ve 7,5 ton/da dozlarında önemli ($p<0,05$),

10 ve 12,5 ton/da dozlarında ise çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl bütün uygulama dozlarında önemsiz farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Ca içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz değişimler meydana gelmiştir.

Araştırmanın 1. yılında yaprak Ca içeriği kontrol parselinde %0,31 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,43) ulaşmış olup, kontrole göre %39 artış gerçekleşmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Ca içeriği kontrol parselinde %0,55 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,69) ulaşmış olup, kontrole göre %25 artış belirlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Ca içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Ca içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin gövde ve yaprak aksamalarının Ca içerikleri önemli derecede artarken kök Ca içeriği ilk yıla göre azalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar 2. yıl vejetasyon dönemi, süresi ve bitki gelişimi ile ilişkili olarak bitkinin toprak üstü aksamına Ca' un taşınımının artması ile açıklanabilmektedir. Organik atıklar ile ilgili yapılan birçok çalışmada doz artışı ve kullanılan materyalin kimyasal özelliklerine bağlı olarak yetiştirilen bitkilerin Ca içeriklerinde önemli artışların meydana geldiği bildirilmiştir (Mellbye 1979; Ozores-Hampton *et al.* 1994; Paulraj and Ramulu 1994; Kadunc *et al.* 1994; Miller *et al.* 1995; Tirmizi *et al.* 1996. Pinemonti *et al.* 1997; Topçuoğlu vd 2003; Mohammad and Athamneh 2004; Perez-Murcia *et al.* 2006; Weber *et al.* 2007; Giannakis *et al.* 2014; Khanmohammadi *et al.* 2017; Namli vd 2017; Çakır ve Çimrin 2018a).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Mg içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Mg içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 49, 50 ve 51'de verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök Mg içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 49). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Mg içeriği 1. yıl sırasıyla %0,33, %0,31 ve %0,33 iken, 2. yıl %0,25, %0,24 ve %0,25 olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Mg içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında önemli ($p<0,05$), ÇG uygulamasında önemsiz, 2. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları

arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak her iki yılda da bütün dozlarda önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Mg içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda yıla bağlı olarak meydana gelen değişimin istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 49. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Mg İçerikleri Üzerine Etkisi

Mg (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ*	ÇG ^{ns}	ÇK*
1. YIL	0	0,274 ± 0,02 c	0,274 ± 0,02	0,274 ± 0,02 b
	2,5 ^{ns}	0,290 ± 0,01 bc	0,278 ± 0	0,277 ± 0,001 b
	5 ^{ns}	0,312 ± 0,01 ab	0,293 ± 0,02	0,282 ± 0,01 b
	7,5 ^{ns}	0,312 ± 0,01 ab	0,3 ± 0,01	0,306 ± 0,01 ab
	10 ^{ns}	0,316 ± 0,003 ab	0,305 ± 0,003	0,308 ± 0,01 ab
	12,5 ^{ns}	0,330 ± 0,01 a	0,311 ± 0,01	0,328 ± 0,01 a
	Ortalama ^{ns}	0,306 ± 0,01 a**	0,294 ± 0,01 a**	0,296 ± 0,01 a**
2. YIL		AÇ**	ÇG*	ÇK**
	0	0,188 ± 0,01 b	0,188 ± 0,01 b	0,188 ± 0,01 b
	2,5 ^{ns}	0,226 ± 0,01 a	0,223 ± 0,01 a	0,223 ± 0,01 a
	5 ^{ns}	0,233 ± 0,01 a	0,229 ± 0,01 a	0,235 ± 0,01 a
	7,5 ^{ns}	0,241 ± 0,01 a	0,231 ± 0,01 a	0,238 ± 0,01 a
	10 ^{ns}	0,249 ± 0,01 a	0,240 ± 0,01 a	0,243 ± 0,01 a
	12,5 ^{ns}	0,254 ± 0,01 a	0,243 ± 0,01 a	0,250 ± 0,01 a
	Ortalama ^{ns}	0,232 ± 0,01 b	0,226 ± 0,01 b	0,229 ± 0,01 b
Ortalama^{ns}		0,269 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,263 ± 0,01

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında kök Mg içeriği kontrol parselinde %0,27 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,33) ulaşmış olup, kontrole göre %22 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Mg içeriği kontrol parselinde %0,19 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,25) ulaşmış olup, kontrole göre %32 artış belirlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Mg içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 50). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Mg içeriği 1. yıl sırasıyla %0,31, %0,32 ve %0,25 iken, 2. yıl %0,34, %0,33 ve %0,34 olarak tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Mg içeriği ilk yıla göre ikinci yıl artış göstermiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Mg içeriklerinde istatistiki olarak 1. yıl AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG uygulamasında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında ise önemsiz değişimler bulunurken, 2. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında önemsiz, ÇG uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) değişimler bulunmuştur. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl 12,5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), diğer dozlarda önemsiz, 2. yıl bütün dozlarda önemsiz

farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Mg içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler tespit edilmiştir.

Tablo 50. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Mg İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Mg (%)		
		AÇ*	ÇG**	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	0,227 ± 0,01 b	0,227 ± 0,01 c	0,227 ± 0,01
	2,5 ^{ns}	0,239 ± 0,013 b	0,229 ± 0,01 bc	0,230 ± 0,01
	5 ^{ns}	0,25 ± 0,02 b	0,232 ± 0,002 bc	0,232 ± 0,004
	7,5 ^{ns}	0,258 ± 0,01 b	0,247 ± 0,01 bc	0,239 ± 0,01
	10 ^{ns}	0,271 ± 0,014 ab	0,252 ± 0,01 b	0,244 ± 0,01
	12,5 **	0,311 ± 0,02 a A	0,315 ± 0,01 a A	0,250 ± 0,004 B
	Ortalama ^{ns}	0,259 ± 0,01 b**	0,25 ± 0,01 b**	0,237 ± 0,003 b**
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG*	ÇK ^{ns}
	0	0,287 ± 0,01	0,287 ± 0,01 c	0,287 ± 0,01
	2,5 ^{ns}	0,296 ± 0,01	0,293 ± 0,01 bc	0,301 ± 0,01
	5 ^{ns}	0,298 ± 0,01	0,313 ± 0,004 abc	0,311 ± 0,02
	7,5 ^{ns}	0,312 ± 0,01	0,318 ± 0,01 ab	0,315 ± 0,02
	10 ^{ns}	0,323 ± 0,01	0,324 ± 0,003 a	0,321 ± 0,01
	12,5 ^{ns}	0,341 ± 0,02	0,329 ± 0,004 a	0,339 ± 0,002
	Ortalama ^{ns}	0,31 ± 0,01 a	0,31 ± 0,01 a	0,312 ± 0,01 a
Ortalama^{ns}		0,284 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,275 ± 0,01

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında gövde Mg içeriği kontrol parselinde %0,28 iken 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (%0,32) ulaşmış olup, kontrole göre %14 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Mg içeriği kontrol parselinde %0,29 iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,34) ulaşmış olup, kontrole göre %17 artış belirlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Mg içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 51). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Mg içeriği 1. yıl sırasıyla %0,66, %0,58 ve %0,61 iken, 2. yıl %0,45, %0,41 ve %0,41 olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Mg içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak 1.yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemsiz bulunurken, 2.yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim ise istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) olarak belirlenmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak 1. yıl 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda önemsiz, 2. yıl bütün uygulama dozlarında önemsiz farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Mg içeriği üzerinde meydana getirdikleri

değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 51. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Mg İçerikleri Üzerine Etkisi

Mg (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK**
1. YIL	0	0,530 ± 0,01 d	0,530 ± 0,01	0,530 ± 0,01 c
	2,5 ^{ns}	0,547 ± 0,01 d	0,531 ± 0,01	0,544 ± 0,01 c
	5 ^{ns}	0,595 ± 0,02 c	0,560 ± 0,01	0,575 ± 0,01 b
	7,5 ^{ns}	0,605 ± 0,01 bc	0,568 ± 0,02	0,582 ± 0,003 ab
	10 ^{ns}	0,646 ± 0,02 ab	0,577 ± 0,03	0,600 ± 0,01 ab
	12,5 *	0,659 ± 0,02 a A	0,581 ± 0,01 B	0,607 ± 0,01 a B
	Ortalama **	0,597 ± 0,01 A	0,558 ± 0,01 B	0,573 ± 0,01 B
2. YIL	0	0,323 ± 0,01 d	0,323 ± 0,01 c	0,323 ± 0,01 e
	2,5 ^{ns}	0,378 ± 0,02 c	0,354 ± 0,01 bc	0,364 ± 0,01 d
	5 ^{ns}	0,380 ± 0,02 c	0,375 ± 0,01 ab	0,374 ± 0,01 cd
	7,5 ^{ns}	0,393 ± 0,01 bc	0,384 ± 0,01 ab	0,388 ± 0,002 bc
	10 ^{ns}	0,429 ± 0,02 ab	0,389 ± 0,003 ab	0,399 ± 0,01 ab
	12,5 ^{ns}	0,453 ± 0,01 a	0,405 ± 0,03 a	0,413 ± 0,01 a
	Ortalama *	0,393 ± 0,01 A	0,372 ± 0,01 B	0,377 ± 0,01 B
Ortalama **		0,495 ± 0,02 A	0,465 ± 0,02 B	0,475 ± 0,02 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Araştırmanın 1. yılında yaprak Mg içeriği kontrol parselinde %0,53 iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (%0,66) ulaşmış olup, kontrole göre %25 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Mg içeriği kontrol parselinde %0,32 iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (%0,45) ulaşmış olup, kontrole göre %41 artış meydana gelmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Mg içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Mg içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin gövde aksamalarının Mg içerikleri artarken kök ve yaprak Mg içeriği ilk yıla göre azalmıştır. Bitki aksamalarının Mg içeriklerindeki bu değişimler diğer elementlerle olan antagonistik etkilerle açıklanabilmektedir (Kurvits and Kirkby 1980; Schimansky 1981; Kacar ve Katkat 2010). Ayrıca Kacar (1984) mısırın Mg içeriğinin tane>yaprak>sap şeklinde değiştiğini bildirmiştir. Bu bağlamda 2. yılda koçan oluşumunun tamamlanması sebebiyle Mg'un koçanlara taşınımının artmış olabileceği dolayısıyla yaprak aksamında Mg'un azaldığı, ayrıca kuru madde miktarındaki artış sebebiyle Mg'un toplam kütledeki oranının azaldığı düşünülmektedir. Organik atıklar ile ilgili yapılan birçok çalışmada doz artışı ve kullanılan materyalin kimyasal özelliklerine bağlı olarak yetiştirilen bitkilerin Mg içeriklerinde önemli artışların meydana geldiği bildirilmiştir

(Soon *et al.* 1978; Mellbye 1979; Warman and Termeer 2005; Plaza *et al.* 2007; Özdemir *et al.* 2020; Çakır ve Çimrin 2018a; Bastida *et al.* 2019).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının K içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının K içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 52, 53 ve 54’te verilmiştir.

Tablo 52. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök K İçerikleri Üzerine Etkisi

K (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	1,17 ± 0,06 c	1,17 ± 0,06 c	1,17 ± 0,06 c
	2,5 ^{ns}	1,44 ± 0,07 b	1,57 ± 0,02 b	1,51 ± 0,07 b
	5 ^{ns}	1,52 ± 0,03 ab	1,63 ± 0,07 ab	1,57 ± 0,06 ab
	7,5 ^{ns}	1,55 ± 0,04 ab	1,69 ± 0,04 ab	1,62 ± 0,03 ab
	10 ^{ns}	1,58 ± 0,01 a	1,76 ± 0,07 ab	1,67 ± 0,09 ab
	12,5 ^{ns}	1,62 ± 0,02 a	1,82 ± 0,07 a	1,77 ± 0,05 a
	Ortalama ^{ns}	1,48 ± 0,04 a**	1,61 ± 0,06 a*	1,55 ± 0,05 a*
2. YIL	0	0,99 ± 0,01 c	0,99 ± 0,01 d	0,99 ± 0,01 d
	2,5 [*]	1,01 ± 0,05 c B	1,33 ± 0,06 c A	1,23 ± 0,05 c A
	5 [*]	1,23 ± 0,03 b B	1,44 ± 0,07 bc A	1,43 ± 0,02 b A
	7,5 ^{ns}	1,38 ± 0,08 ab	1,55 ± 0,05 ab	1,55 ± 0,02 ab
	10 ^{ns}	1,43 ± 0,06 a	1,62 ± 0,03 a	1,57 ± 0,07 ab
	12,5 ^{ns}	1,46 ± 0,08 a	1,69 ± 0,04 a	1,61 ± 0,08 a
	Ortalama [*]	1,25 ± 0,05 B b	1,44 ± 0,06 A b	1,4 ± 0,06 AB b
Ortalama **		1,37 ± 0,04 C	1,52 ± 0,04 A	1,47 ± 0,04 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök K içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 52). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök K içeriği 1. yıl sırasıyla %1,62, %1,82 ve %1,77 iken, 2. yıl %1,46, %1,69 ve %1,61 olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök K içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunurken, 2. yılda ise uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak 2. yıl 2,5 ve 5 ton/da dozlarında önemli (p<0,05), 2. yılın diğer dozlarında ve 1. yılın bütün dozlarında önemsiz farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök K içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında

istatistiki olarak AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG ve ÇK uygulamalarında ise çok önemli ($p<0,01$) değişimler elde edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında kök K içeriği kontrol parselinde %1,17 iken ÇG uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) %1,82 ile en yüksek değer elde edilmiş olup, kontrole göre %56 artış gerçekleşmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök K içeriği kontrol parselinde %0,99 iken yine 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (%1,69) ulaşmış olup, kontrole göre %71 artış belirlenmiştir.

Tablo 53. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde K İçerikleri Üzerine Etkisi

K (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{**}	ÇK ^{**}
1. YIL	0	2,28 ± 0,05	2,28 ± 0,05 c	2,28 ± 0,05 c
	2,5 ^{ns}	2,31 ± 0,06	2,33 ± 0,04 c	2,34 ± 0,07 c
	5 ^{ns}	2,37 ± 0,15	2,39 ± 0,02 bc	2,45 ± 0,06 bc
	7,5 ^{ns}	2,48 ± 0,06	2,5 ± 0,09 bc	2,48 ± 0,05 abc
	10 ^{ns}	2,51 ± 0,08	2,58 ± 0,08 b	2,55 ± 0,08 ab
	12,5 ^{**}	2,54 ± 0,05 B	3,13 ± 0,12 a A	2,65 ± 0,04 a B
	Ortalama ^{ns}	2,41 ± 0,04 a**	2,54 ± 0,07 a*	2,46 ± 0,04 a**
2. YIL		AÇ ^{**}	ÇG ^{**}	ÇK ^{**}
	0	1,95 ± 0,06 c	1,95 ± 0,06 d	1,95 ± 0,06 d
	2,5 ^{ns}	2,13 ± 0,12 bc	2,2 ± 0,04 c	2,13 ± 0,02 c
	5 ^{ns}	2,23 ± 0,06 b	2,28 ± 0,05 bc	2,28 ± 0,05 b
	7,5 [*]	2,3 ± 0,01 ab B	2,38 ± 0,003 ab A	2,38 ± 0,03 ab A
	10 ^{ns}	2,33 ± 0,04 ab	2,46 ± 0,07 a	2,45 ± 0,04 a
	12,5 ^{ns}	2,44 ± 0,04 a	2,54 ± 0,03 a	2,51 ± 0,03 a
	Ortalama ^{ns}	2,23 ± 0,04 b	2,3 ± 0,05 b	2,28 ± 0,05 b
Ortalama **		2,32 ± 0,03 B	2,42 ± 0,05 A	2,37 ± 0,03 AB

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde K içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 53). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde K içeriği 1. yıl sırasıyla %2,54, %3,13 ve %2,65 belirlenirken, 2. yıl %2,44, %2,54 ve %2,51 olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde K içeriklerinde istatistiki olarak 1. yıl AÇ uygulamasında önemsiz, ÇG ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$) değişimler bulunurken, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler bulunmuştur. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak 1. yıl 12,5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl 7,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), her iki yılın diğer dozlarında önemsiz farklılıkların olduğu

tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde K içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemli ($p<0,05$) değişimler gerçekleşmiştir.

Araştırmanın 1. yılında kontrol parselinde %2,28 olan gövde K içeriği ÇG uygulamasının 12,5 ton/da dozunda en yüksek değere (%3,13) ulaşmış olup, kontrole göre %37 artmıştır. Araştırmanın 2. yılında ise gövde K içeriği kontrol parselinde %1,95 iken yine 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (%2,54) ulaşmış olup, kontrole göre %30 artış gerçekleşmiştir.

Tablo 54. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak K İçerikleri Üzerine Etkisi

K (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG*	ÇK**
1. YIL	0	2,80 ± 0,02 b	2,80 ± 0,02 c	2,80 ± 0,02 b
	2,5 ^{ns}	2,84 ± 0,07 b	2,90 ± 0,04 bc	2,86 ± 0,04 b
	5 ^{ns}	2,88 ± 0,04 b	2,94 ± 0,06 abc	2,90 ± 0,03 b
	7,5 ^{ns}	3,09 ± 0,04 a	3,02 ± 0,04 abc	3,03 ± 0,04 a
	10 ^{ns}	3,13 ± 0,02 a	3,13 ± 0,09 ab	3,10 ± 0,04 a
	12,5 ^{ns}	3,15 ± 0,03 a	3,18 ± 0,14 a	3,11 ± 0,04 a
	Ortalama ^{ns}	2,98 ± 0,04	2,99 ± 0,04	2,95 ± 0,03
2. YIL	0	1,80 ± 0,08 c	1,80 ± 0,08	1,80 ± 0,08 e
	2,5 ^{ns}	1,80 ± 0,05 c	1,89 ± 0,04	1,89 ± 0,02 d
	5 ^{ns}	1,84 ± 0,08 c	1,98 ± 0,09	1,96 ± 0,06 cd
	7,5 ^{ns}	1,92 ± 0,02 bc	2,02 ± 0,09	2,04 ± 0,03 bc
	10 ^{ns}	2,05 ± 0,02 ab	2,05 ± 0,07	2,09 ± 0,04 ab
	12,5 ^{ns}	2,10 ± 0,03 a	2,12 ± 0,03	2,10 ± 0,09 a
	Ortalama ^{ns}	1,92 ± 0,03	1,97 ± 0,04	1,98 ± 0,03
Ortalama^{ns}		2,45 ± 0,09	2,48 ± 0,09	2,46 ± 0,08

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak K içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 54). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak K içeriği 1. yıl sırasıyla %3,15, %3,18 ve %3,11 bulunurken, 2. yıl %2,10, %2,12 ve %2,10 bulunmuştur. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak K içeriklerinde istatistiki olarak 1. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemli ($p<0,05$), 2. yıl AÇ uygulamasında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemsiz, ÇK uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) değişimler gerçekleşmiştir. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak her iki yılda bütün dozlarda önemsiz farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak K içeriği üzerinde

meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz olmuştur.

Araştırmanın 1. yılında yaprak K içeriği kontrol parselinde %2,80 iken 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (%3,18) ulaşmış olup, kontrole göre %14 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak K içeriği kontrol parselinde %1,80 iken yine 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (%2,12) ulaşmış olup, kontrole göre %18 artış belirlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının K içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın K içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin aksamalarının K içerikleri azalmıştır. Araştırmanın ikinci yılında bitki aksamalarının K içeriklerindeki azalışı topraktaki K miktarının azalması (Şekil 19) ve diğer elementlerle olan antagonistik etkilerle, ayrıca kuru madde miktarının artışı ile toplam kütledeki Mg oranının azalışı ile açıklanabilmektedir (Kurvits and Kirkby 1980; Schimansky 1981; Kacar ve Katkat 2010). Organik atıklar ile ilgili yapılan birçok çalışmada doz artışı ve kullanılan materyalin kimyasal özelliklerine bağlı olarak yetiştirilen bitkilerin K içeriklerinde önemli artışların meydana geldiği bildirilmiştir (Fresquez *et al.* 1990; Hernández *et al.* 1991; Soumare *et al.* 2003; Mohammad and Athamneh 2004; Küçükhemek vd 2008; Lakhdar *et al.* 2009; Çakır ve Çimrin 2018a; Bastida *et al.* 2019).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Na içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Na içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 55, 56 ve 57’de verilmiştir.

Toprağa uygulanan organik atıklar ile mısır bitkisinin kök Na içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 55). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Na içeriği 1. yıl sırasıyla %0,41, %0,43 ve %0,43 iken, 2. yıl %0,30, %0,32 ve %0,33 olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Na içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu istatistiki olarak 1. yıl 5 ve 7,5 ton/da dozlarında önemli ($p<0,05$) bulunurken, 1. yılın diğer dozları ile 2. yılın bütün dozlarında uygulamalar arasındaki farklılığın önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Na içeriği üzerinde meydana

getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) değişimlerin olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 55. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Na İçerikleri Üzerine Etkisi

Na (%)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	0,298 ± 0,01 d	0,298 ± 0,01 d	0,298 ± 0,01 d
	2,5 ^{ns}	0,346 ± 0,01 c	0,346 ± 0,01 c	0,356 ± 0,01 c
	5 *	0,361 ± 0,01 bc B	0,38 ± 0,01 b AB	0,392 ± 0,001 b A
	7,5 *	0,362 ± 0,002 bc B	0,39 ± 0,013 b AB	0,404 ± 0,01 b A
	10 ^{ns}	0,398 ± 0,02 ab	0,402 ± 0,01 ab	0,407 ± 0,01 b
	12,5 ^{ns}	0,409 ± 0,02 a	0,425 ± 0,01 a	0,429 ± 0,003 a
	Ortalama ^{ns}	0,362 ± 0,01 a**	0,373 ± 0,01 a**	0,381 ± 0,01 a**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	0,232 ± 0,003 b	0,232 ± 0,003 d	0,232 ± 0,003 d
	2,5 ^{ns}	0,236 ± 0,01 b	0,251 ± 0,004 c	0,265 ± 0,002 c
	5 ^{ns}	0,238 ± 0,01 b	0,251 ± 0,01 bc	0,271 ± 0,001 bc
	7,5 ^{ns}	0,276 ± 0,01 a	0,279 ± 0,002 ab	0,281 ± 0,01 b
	10 ^{ns}	0,294 ± 0,01 a	0,314 ± 0,00 a	0,315 ± 0,003 a
	12,5 ^{ns}	0,302 ± 0,01 a	0,316 ± 0,004 a	0,328 ± 0,003 a
	Ortalama ^{ns}	0,263 ± 0,01 b	0,274 ± 0,01 b	0,282 ± 0,01 b
Ortalama **		0,313 ± 0,01 C	0,324 ± 0,01 B	0,332 ± 0,01 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

-^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında kök Na içeriği kontrol parselinde %0,30 iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (%0,43) ulaşmış olup, kontrole göre %43 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Na içeriği kontrol parselinde %0,23 iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (%0,33) ulaşmış olup, kontrole göre %44 artış gerçekleşmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Na içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 56). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Na içeriği 1. yıl sırasıyla 283,03-335,53 ve 355,18 ppm iken, 2. yıl 452,10-457,20 ve 458,12 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Na içeriklerinde istatistiki olarak her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler tespit edilmiştir. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl 2,5 ve 7,5 ton/da dozlarında önemsiz, 5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 10 ve 12,5 ton/da dozlarında çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl ise bütün dozlarda önemsiz farklılıklar belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Na içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler tespit edilmiştir.

Tablo 56. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Na İçerikleri Üzerine Etkisi

Na (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	198,43 ± 11,54 b	198,43 ± 11,54 c	198,43 ± 11,54 c
	2,5 ^{ns}	207,03 ± 3,95 b	227,13 ± 8,35 b	229,26 ± 8,26 bc
	5 *	210,77 ± 9,71 b B	244,12 ± 7,13 b A	245,07 ± 4,54 b A
	7,5 ^{ns}	259,38 ± 24,1 a	252,57 ± 9,42 b	258,37 ± 15,4 b
	10 **	264,71 ± 3,41 a B	316,37 ± 5,15 a A	324,21 ± 15,96 a A
	12,5 **	283,03 ± 12,48 a B	335,53 ± 9,65 a A	355,18 ± 10,13 a A
	Ortalama ^{ns}	237,23 ± 9,1 b**	262,36 ± 12,11 b**	268,42 ± 13,77 b**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	337,8 ± 16,26 d	337,8 ± 16,26 c	337,8 ± 16,26 c
	2,5 ^{ns}	388,2 ± 10 c	400,87 ± 9,2 b	412,3 ± 3,98 b
	5 ^{ns}	405,4 ± 5,36 bc	410,17 ± 8,37 b	416,53 ± 2,64 b
	7,5 ^{ns}	438,83 ± 23,98 ab	426,57 ± 9,23 ab	443,23 ± 13,16 ab
	10 ^{ns}	450,17 ± 3,37 a	455 ± 3,11 a	456,9 ± 6,13 a
	12,5 ^{ns}	452,1 ± 4,01 a	457,2 ± 6,57 a	458,12 ± 7,41 a
	Ortalama ^{ns}	412,08 ± 10,8 a	414,6 ± 10,29 a	420,82 ± 10,52 a
Ortalama **		324,65 ± 16,33 B	338,48 ± 15,06 A	344,62 ± 15,45 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kahın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Araştırmanın 1. yılında gövde Na içeriği kontrol parselinde 198,43 ppm iken ÇK uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (355,18) ulaşmış olup, kontrole göre %79 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Na içeriği kontrol parselinde 337,8 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (458,12 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %36 artış gerçekleşmiştir.

Tablo 57. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Na İçerikleri Üzerine Etkisi

Na (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	222,30 ± 12,3 c	222,30 ± 12,3 c	222,30 ± 12,3 c
	2,5 ^{ns}	225,70 ± 5,3 c	231,03 ± 4,2 c	236,81 ± 3,95 bc
	5 ^{ns}	245,74 ± 11,23 bc	250,68 ± 4,01 bc	258,11 ± 4,84 bc
	7,5 ^{ns}	268,15 ± 6,99 ab	275,99 ± 4,91 ab	278,52 ± 8,81 ab
	10 ^{ns}	271,02 ± 6,67 ab	276,10 ± 17,46 ab	280,01 ± 4,9 ab
	12,5 ^{ns}	278,98 ± 8,65 a	284,56 ± 5,89 a	287,10 ± 3,16 a
	Ortalama ^{ns}	251,98 ± 6,19	256,78 ± 6,64	260,47 ± 6,3
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	576,80 ± 29,01 c	576,80 ± 29,01 b	576,80 ± 29,01 c
	2,5 ^{ns}	629,87 ± 16,43 bc	638,47 ± 24,5 b	645,80 ± 6,25 b
	5 ^{ns}	715,80 ± 44,83 ab	728,43 ± 23,75 a	746,47 ± 32,13 a
	7,5 ^{ns}	725,23 ± 23,51 a	735,67 ± 22,2 a	750,87 ± 4,23 a
	10 ^{ns}	730,87 ± 31,31 a	754,50 ± 12,7 a	757,90 ± 8,3 a
	12,5 ^{ns}	756,63 ± 21,62 a	760,57 ± 8,49 a	767,23 ± 11,56 a
	Ortalama ^{ns}	689,20 ± 18,44	699,07 ± 18,03	707,51 ± 18,43
Ortalama ^{ns}		470,59 ± 38,18	477,92 ± 38,56	483,99 ± 7,14

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Na içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 57). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Na içeriği 1. yıl sırasıyla 278,98-284,56 ve 287,10 ppm iken, 2. yıl 756,63-760,57 ve 767,23 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Na içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak her iki yılda da bütün dozlarda önemsiz farklılıklar gerçekleşmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Na içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz değişimler elde edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında yaprak Na içeriği kontrol parselinde 222,30 ppm iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (287,10 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %29 artmıştır. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Na içeriği kontrol parselinde 576,80 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (767,23 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %33 artış belirlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Na içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Na içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlara paralel olarak Gascó and Lobo (2007) yaptıkları çalışmada artan dozlarda AÇ uygulamalarının bitkilerin Na içeriklerinde önemli artışların gerçekleştiği bildirmişlerdir. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin köklerinin Na içerikleri azalırken, gövde ve yaprak aksamalarının Na içerikleri önemli derecede artış göstermiştir. Köklerde Na'un azalması toprak analizlerinden de anlaşılacağı üzere topraktaki Na'un azalması ve bitki gelişiminin artışıyla birlikte bitkinin toprak üstü aksamalarına Na'un taşınması ile izah edilebilmektedir. Organik atıklar ile ilgili yapılan birçok çalışmada doz artışı ve kullanılan materyalin kimyasal özelliklerine bağlı olarak yetiştirilen bitkilerin Na içeriklerinde önemli artışların meydana geldiği bildirilmiştir (Maftoun *et al.* 2005; Zhejzakov *et al.* 2006; Lakhdar *et al.* 2008; Hargreaves *et al.* 2008; Yağmur *et al.* 2018).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Fe içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Fe içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 58,59 ve 60'da verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök Fe içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 58). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek

dozunda (12,5 ton/da) kök Fe içeriği 1. yıl sırasıyla 1968,95-1887,46 ve 1837,68 ppm iken, 2. yıl 1304,52-1496,20 ve 1571,49 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Fe içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1. yıl bütün dozlarda önemsiz bulunurken, 2. yıl 2,5-5 ve 7,5 ton/da dozlarında önemsiz, 10 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 12,5 ton/da dozunda ise önemli ($p<0,05$) olarak ortaya çıkmıştır. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Fe içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir.

Tablo 58. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Fe İçerikleri Üzerine Etkisi

Fe (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	1401,12 ± 95,47 d	1401,12 ± 95,47 c	1401,12 ± 95,47 c
	2,5 ^{ns}	1515,51 ± 36,91 cd	1514,52 ± 55,97 bc	1570,64 ± 57,57 bc
	5 ^{ns}	1605,42 ± 50,82 c	1550,96 ± 42,07 bc	1630,54 ± 31,96 b
	7,5 ^{ns}	1679,56 ± 30,79 bc	1625,20 ± 61,32 b	1735,48 ± 48,5 ab
	10 ^{ns}	1810,46 ± 38,42 ab	1700,60 ± 35,16 b	1753,87 ± 33,82 ab
	12,5 ^{ns}	1968,95 ± 52,24 a	1887,46 ± 40,92 a	1837,68 ± 64,46 a
	Ortalama ^{ns}	1663,5 ± 49,08 a**	1613,31 ± 42,35 a**	1654,89 ± 40,1 a**
2. YIL	0	763,48 ± 43,41 d	763,48 ± 43,41 d	763,48 ± 43,41 e
	2,5 ^{ns}	1075,62 ± 43,18 c	1140,1 ± 31,45 c	1117,5 ± 89,06 d
	5 ^{ns}	1106,95 ± 15,99 bc	1163,87 ± 65,55 c	1219,42 ± 52,94 cd
	7,5 ^{ns}	1237,49 ± 54,72 ab	1287,12 ± 18,78 b	1311,68 ± 49,34 bc
	10 ^{**}	1269,97 ± 39,38 a A	1429,8 ± 25,71 a A	1459,92 ± 21,75 ab B
	12,5 [*]	1304,52 ± 49,11 a B	1496,2 ± 11,57 a A	1571,49 ± 58,15 a A
	Ortalama ^{ns}	1126,34 ± 46,58 b	1213,43 ± 59,34 b	1240,58 ± 65,96 b
Ortalama *		1394,92 ± 56,33 B	1413,37 ± 49,32 AB	1447,74 ± 51,7 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalınlı küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında kök Fe içeriği kontrol parselinde 1401,12 ppm iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değer (1968,95 ppm) elde edilmiş olup, kontrole göre %41 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Fe içeriği kontrol parselinde 763,48 ppm iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (1571,49 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %105 artış meydana gelmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Fe içerikleri artan dozlara bağlı olarak artmıştır (Tablo 59). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Fe içeriği 1. yıl sırasıyla 263,16-272,88 ve 250,28 ppm iken, 2.

yıl 181,24-193,25 ve 183,45 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Fe içeriklerinde istatistiki olarak, 1. yıl AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl AÇ uygulamasında önemsiz, ÇG ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, her iki yılda da bütün dozlarda önemsiz farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Fe içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir.

Tablo 59. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Fe İçerikleri Üzerine Etkisi

Fe (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ*	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	193,56 ± 14,4 c	193,56 ± 14,4 d	193,56 ± 14,4 c
	2,5 ^{ns}	204,09 ± 7,16 bc	206,44 ± 17,51 cd	202,15 ± 5,79 c
	5 ^{ns}	239,11 ± 21,36 ab	214,58 ± 12,92 bcd	211,33 ± 8,15 c
	7,5 ^{ns}	243,02 ± 7,44 ab	242,8 ± 7,31 abc	220,35 ± 8,9 bc
	10 ^{ns}	259,49 ± 16,27 a	250,28 ± 5,55 ab	247,29 ± 9,98 ab
	12,5 ^{ns}	263,16 ± 7,62 a	272,88 ± 5,49 a	250,28 ± 5,12 a
	Ortalama ^{ns}	233,74 ± 7,87 a**	230,09 ± 7,75 a**	220,83 ± 6,08 a**
2. YIL		AÇ ^{ns}	ÇG**	ÇK**
	0	147,65 ± 9,61	147,65 ± 9,61 b	147,65 ± 9,61 b
	2,5 ^{ns}	148,35 ± 4,88	149,68 ± 9,54 b	148,18 ± 5,82 b
	5 ^{ns}	155,05 ± 3,08	154,65 ± 6,86 b	149,32 ± 8,66 b
	7,5 ^{ns}	162,28 ± 7,29	185,19 ± 7,55 a	165,85 ± 9,47 ab
	10 ^{ns}	170,65 ± 13,17	189,42 ± 4,03 a	183,25 ± 2,54 a
	12,5 ^{ns}	181,24 ± 9,84	193,25 ± 5,22 a	183,45 ± 2,9 a
Ortalama ^{ns}		160,87 ± 4,17 b	169,97 ± 5,39 b	162,95 ± 4,53 b
Ortalama^{ns}		197,3 ± 7,56	200,03 ± 6,89	191,89 ± 6,16

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında gövde Fe içeriği kontrol parselinde 193,56 ppm iken ÇG uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (272,88 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %41 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılın ise gövde Fe içeriği kontrol parselinde 147,65 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (193,25 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %31 artış belirlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Fe içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 60). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Fe içeriği 1. yıl sırasıyla, 250,42-238,50 ve 259,14 ppm iken, 2. yıl 236,99-228,02 ve 231,39 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Fe içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak 1.

yıl bütün uygulamalarda önemsiz bulunurken, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak 1. yıl bütün dozlarda önemsiz farklılıklar bulunurken, 2. yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda önemsiz farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Fe içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz değişimler gerçekleşmiştir.

Tablo 60. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Fe İçerikleri Üzerine Etkisi

Fe (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ ^{ns}	ÇG ^{ns}	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	216,62 ± 5,68	216,62 ± 5,68	216,62 ± 5,68
	2,5 ^{ns}	225,06 ± 5,03	219,43 ± 11,03	224,45 ± 3,86
	5 ^{ns}	229,84 ± 8,57	222,1 ± 5,93	225,54 ± 3,88
	7,5 ^{ns}	232,12 ± 5,07	229,44 ± 13,64	234,74 ± 16,81
	10 ^{ns}	243,25 ± 16,08	235,95 ± 8,3	242,71 ± 10,76
	12,5 ^{ns}	250,42 ± 8,65	238,5 ± 2,14	259,14 ± 4,69
	Ortalama ^{ns}	232,88 ± 4,12	227,01 ± 3,58	233,87 ± 4,58
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	164,28 ± 4,92 c	164,28 ± 4,92 b	164,28 ± 4,92 c
	2,5 *	204,92 ± 1,86 b A	206,86 ± 2,82 a A	195,75 ± 2,5 b B
	5 ^{ns}	210,89 ± 4,26 b	210,02 ± 12,51 a	215,26 ± 7,1 a
	7,5 ^{ns}	212,52 ± 6,96 b	212,52 ± 7,97 a	218,26 ± 8,24 a
	10 ^{ns}	219,49 ± 9,46 ab	225,12 ± 5,58 a	228,29 ± 5,15 a
	12,5 ^{ns}	236,99 ± 3,94 a	228,02 ± 6,97 a	231,39 ± 3,59 a
Ortalama ^{ns}		208,18 ± 5,71	207,8 ± 5,68	208,87 ± 5,9
Ortalama^{ns}		220,53 ± 4,05	217,41 ± 3,69	221,37 ± 4,03

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında yaprak Fe içeriği kontrol parselinde 216,62 ppm iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (259,14 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %20 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Fe içeriği kontrol parselinde 164,28 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (236,99 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %44 artış gerçekleşmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Fe içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Fe içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Bitki köklerinin Fe içerikleri gövde ve yaprak aksamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin aksamalarının Fe

içerikleri azalış göstermiştir. Bu azalış Fe'in diğer elementlerle olan antagonistik ilişkileri, ikinci yıl koçan oluşumunun tamamlanması sebebiyle Fe'in koçan ve tanelere taşınması, yaşlı yapraklarda Fe'in birikmesi ile açıklanabilmektedir (Demirkiran 2009; Kacar ve Katkat 2010). Organik atıklarla ilgili yapılan birçok araştırmada bitkilerin mikro ve ağır metal içerikleri incelenmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Hernández *et al.* 1991; Ozores-Hampton *et al.* 1994; Pinamonti 1998; Tamoutsidis *et al.* 2002; Mohammad and Athamneh 2004; Lakhdar *et al.* 2009; Giannakis *et al.* 2014; Khanmohammadi *et al.* 2017; Çakır ve Çimrin 2018b; Yağmur *et al.* 2018; Zuo *et al.* 2019).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Zn içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Zn içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 61, 62 ve 63'te verilmiştir.

Tablo 61. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Zn İçerikleri Üzerine Etkisi

		Zn (ppm)		
Yıl	Doz; ton/da	AÇ*	ÇG*	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	74,53 ± 3,41 b	74,53 ± 3,41 b	74,53 ± 3,41
	2,5 ^{ns}	79,25 ± 1,99 b	75,51 ± 6,29 b	74,81 ± 4,10
	5 ^{ns}	83,50 ± 9,81 b	79,63 ± 4,61 ab	77,93 ± 5,09
	7,5 ^{ns}	107,33 ± 13,9 ab	89,11 ± 3,73 ab	81,19 ± 3,89
	10 ^{ns}	122,01 ± 15,91 a	93,81 ± 7,3 a	84,33 ± 4,81
	12,5 *	129,02 ± 12,64 a A	95,18 ± 5,04 a B	89,37 ± 2,10 B
	Ortalama**	99,27 ± 6,39 A a**	84,63 ± 2,72 B a**	80,36 ± 1,89 B a**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	29,54 ± 1,78 d	29,54 ± 1,78 d	29,54 ± 1,78 d
	2,5 *	53,00 ± 3,43 c A	50,32 ± 5,10 c A	35,42 ± 3,45 cd B
	5 **	64,10 ± 3,19 bc A	58,45 ± 3,81 bc A	39,2 ± 3,81 bcd B
	7,5 **	71,03 ± 4,48 ab A	60,93 ± 1,22 b A	41,74 ± 2,34 abc B
	10 *	75,17 ± 7,28 ab A	76,27 ± 3,73 a A	48,97 ± 5,2 ab B
	12,5 **	85,10 ± 5,51 a A	77,36 ± 1,85 a A	52,77 ± 3,76 a B
	Ortalama **	62,99 ± 4,62 A b	58,81 ± 4,09 A b	41,27 ± 2,26 B b
Ortalama **		81,13 ± 4,95 A	71,72 ± 3,26 B	60,82 ± 3,61 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök Zn içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 61). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Zn içeriği 1. yıl sırasıyla, 129,02-95,18 ve 89,37 ppm iken, 2. yıl 85,10-77,36 ve 52,77 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Zn içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında önemli (p<0,05), ÇK uygulamasında önemsiz bulunurken, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama

ortalamları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak, 1. yıl 2,5-5-7,5 ve 10 ton/da dozlarında önemsiz, 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$) bulunurken, 2. yıl 2,5 ve 10 ton/da dozlarında önemli ($p<0,05$), 5-7,5 ve 12,5 ton/da dozlarında çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Zn içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar gerçekleşmiştir.

Araştırmanın 1. yılında kök Zn içeriği kontrol parselinde 74,53 ppm iken AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değer olan 129,02 ppm'e yükselmiş ve kontrole göre %73 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Zn içeriği kontrol parselinde 29,54 ppm iken yine AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (85,10 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %188 artış meydana gelmiştir.

Tablo 62. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Zn İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Zn (ppm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	46,02 ± 2,91 c	46,02 ± 2,91 b	46,02 ± 2,91
	2,5 ^{ns}	47,15 ± 1,48 c	46,39 ± 1,21 b	47,57 ± 1,78
	5 ^{ns}	49,18 ± 2,04 bc	47,96 ± 2,26 b	49,07 ± 0,6
	7,5 ^{ns}	53,39 ± 1,59 ab	50,14 ± 0,57 ab	50,48 ± 1,39
	10 ^{ns}	55,01 ± 1,36 ab	54,25 ± 0,91 a	51,99 ± 2,42
	12,5 ^{ns}	56,52 ± 1,6 a	55,18 ± 0,81 a	53,56 ± 2,76
	Ortalama ^{ns}	51,21 ± 1,16 a**	49,99 ± 1,05 a**	49,78 ± 0,96 a**
2. YIL	0	27,33 ± 1,53 d	27,33 ± 1,53 d	27,33 ± 1,53 c
	2,5 ^{ns}	29,47 ± 1,74 cd	30 ± 1,09 cd	28,5 ± 1,67 bc
	5 ^{ns}	33,37 ± 1,19 bc	30,28 ± 0,87 cd	32,61 ± 1,96 ab
	7,5 *	36,24 ± 1,07 ab A	32,57 ± 0,39 bc B	33,92 ± 0,43 a AB
	10 ^{ns}	38,58 ± 1,7 a	35,04 ± 1,97 ab	36,84 ± 2,35 a
	12,5 ^{ns}	39,45 ± 0,76 a	36,54 ± 0,3 a	37,98 ± 1,07 a
	Ortalama ^{ns}	34,08 ± 1,19 b	31,96 ± 0,86 b	32,86 ± 1,1 b
Ortalama *		42,64 ± 1,66 A	40,98 ± 1,66 B	41,32 ± 1,6 AB

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Zn içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 62). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Zn içeriği 1. yıl sırasıyla, 56,52-55,18 ve 53,56 ppm iken, 2. yıl 39,45-36,54 ve 37,98 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Zn içeriklerinde istatistiki olarak, 1. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında önemsiz, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında

her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl bütün dozlarda önemsiz farklılıklar tespit edilirken, 2. yıl 7,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda ise önemsiz farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Zn içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir.

Araştırmanın 1. yılında gövde Zn içeriği kontrol parselinde 46,02 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (56,52 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %23 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Zn içeriği kontrol parselinde 27,33 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (39,45 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %44 artış gözlenmiştir.

Tablo 63. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Zn İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Zn (ppm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	66,03 ± 1,29 c	66,03 ± 1,29 c	66,03 ± 1,29 c
	2,5 ^{ns}	68,87 ± 1,57 bc	66,47 ± 2,04 c	67,87 ± 0,85 bc
	5 ^{ns}	69,72 ± 1,39 bc	67,91 ± 0,97 bc	68,45 ± 0,49 bc
	7,5 ^{ns}	71,16 ± 1 bc	69,08 ± 1,26 bc	70,99 ± 2,03 b
	10 ^{ns}	74,00 ± 1,45 ab	71,48 ± 1,14 b	71,76 ± 2,06 b
	12,5 ^{ns}	78,31 ± 3,15 a	77,34 ± 1,85 a	76,53 ± 1,05 a
	Ortalama ^{ns}	71,35 ± 1,13	69,72 ± 1,06	70,27 ± 0,96
2. YIL	0	21,83 ± 0,32 d	21,83 ± 0,32 d	21,83 ± 0,32
	2,5 ^{ns}	24,3 ± 0,56 cd	22,49 ± 1,83 d	22,00 ± 0,34
	5 ^{ns}	25,5 ± 1,39 c	23,96 ± 0,45 cd	25,26 ± 0,82
	7,5 ^{ns}	30,67 ± 1,04 b	27,03 ± 1,3 bc	26,30 ± 0,67
	10 ^{ns}	33,76 ± 1,3 ab	28,00 ± 0,8 ab	27,27 ± 5,42
	12,5 ^{**}	36,84 ± 1,1 a A	31,04 ± 0,97 a B	28,47 ± 0,75 B
	Ortalama ^{**}	28,82 ± 1,35 A	25,73 ± 0,87 B	25,19 ± 0,99 B
Ortalama^{**}		50,08 ± 3,7 A	47,72 ± 3,78 B	47,73 ± 2,1 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, ^{**}; $p<0,01$

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Zn içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 63). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Zn içeriği 1. yıl sırasıyla, 78,31-77,32 ve 76,53 ppm iken, 2. yıl 36,84-31,04 ve 28,47 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Zn içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunurken, 2. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında önemsiz bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz, 2.yıl ise çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar

arasında istatistiki olarak 1. yıl bütün dozlarda önemsiz farklılıklar bulunurken, 2. yıl 12,5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), diğer dozlarda ise önemsiz farklılıklar belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Zn içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz değişimler tespit edilmiştir.

Araştırmanın 1. yılında yaprak Zn içeriği kontrol parselinde 66,03 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (78,31 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %19 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Zn içeriği kontrol parselinde 21,83 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (36,84 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %69 artış gözlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Zn içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Zn içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Bitki köklerinin Zn içerikleri gövde ve yaprak aksamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin aksamalarının Zn içerikleri azalış göstermiştir. Bu azalış, toprağın Zn içeriğindeki azalışa ve bitkilerin P içeriklerinin 2. yıl önemli derecede artışına bağlı olarak Zn içeriklerinin azalması ile açıklanabilmektedir (Singh *et al.* 1986; Neilsen and Hogue 1986; Çakmak and Marschner 1987). Organik atıklarla ilgili yapılan birçok araştırmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup, doz artışıyla birlikte bitkilerin Zn içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Mellbye 1979; Pietz *et al.* 1983; Higgins 1984; Bidwell and Dowdy 1987; Speir *et al.* 2003; Kidd *et al.* 2007; Carbonell *et al.* 2011; Grotto *et al.* 2015; Naveed *et al.* 2018; Çakır ve Çimrin 2018; Yağmur *et al.* 2018; Zuo *et al.* 2019).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Cu içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Cu içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 64, 65 ve 66'da verilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök Cu içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 64). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Cu içeriği 1. yıl sırasıyla, 26,86-25,96 ve 25,17 ppm iken, 2. yıl 27,41-26,10 ve 26,21 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Cu içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunurken, 2. yıl uygulama ortalamaları arasındaki farklılık önemli ($p<0,05$)

olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda önemsiz, 2. yıl 2,5-10 ve 12,5 ton/da dozlarında önemsiz, 5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 7,5 ton/da dozunda ise önemli ($p<0,05$) farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Cu içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz farklılıklar bulunmuştur.

Tablo 64. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Cu İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Cu (ppm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	20,81 ± 0,38 c	20,81 ± 0,38 c	20,81 ± 0,38 c
	2,5 ^{ns}	22,43 ± 1,36 bc	21,24 ± 0,42 c	21,31 ± 0,5 c
	5 ^{ns}	24,66 ± 0,85 ab	22,78 ± 0,27 b	22,99 ± 0,49 b
	7,5 ^{ns}	25,34 ± 0,59 a	23,94 ± 0,49 b	23,36 ± 0,85 b
	10 ^{ns}	25,77 ± 0,55 a	25,84 ± 0,74 a	24,53 ± 0,12 ab
	12,5 *	26,86 ± 0,46 a A	25,96 ± 0,38 a AB	25,17 ± 0,12 a B
	Ortalama ^{ns}	24,31 ± 0,57	23,43 ± 0,52	23,03 ± 0,42
2. YIL	0	21,21 ± 0,26 c	21,21 ± 0,26 c	21,21 ± 0,26 d
	2,5 ^{ns}	22,87 ± 0,23 b	21,64 ± 0,87 c	22,21 ± 0,2 cd
	5 **	26,13 ± 0,38 a A	22,75 ± 0,69 bc B	23,27 ± 0,18 bcd B
	7,5 *	27,02 ± 0,84 a A	24,12 ± 0,41 b B	23,75 ± 0,4 bc B
	10 ^{ns}	27,41 ± 0,60 a	25,85 ± 0,1 a	25 ± 0,89 ab
	12,5 ^{ns}	27,41 ± 0,60 a	26,10 ± 0,42 a	26,21 ± 1,37 a
	Ortalama *	25,34 ± 0,61 A	23,61 ± 0,5 B	23,61 ± 0,47 B
Ortalama **		24,83 ± 0,42 A	23,52 ± 0,35 B	23,32 ± 0,31 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında kök Cu içeriği kontrol parselinde 20,81 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değere (26,86 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %29 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Cu içeriği kontrol parselinde 21,21 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (27,41 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %29 artış gerçekleşmiştir.

Mısır bitkisinin gövde Cu içerikleri organik atık uygulamaları ile artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 65). Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Cu içeriği 1. yıl sırasıyla, 6,55-6,16 ve 5,62 ppm iken, 2. yıl 3,58-4,10 ve 3,79 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Cu içeriklerinde istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, her iki yılda da bütün dozlarda önemsiz farklılıklar belirlenmiştir.

Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Cu içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler tespit edilmiştir.

Tablo 65. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Cu İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Cu (ppm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	3,39 ± 0,81 d	3,39 ± 0,81 c	3,39 ± 0,81 b
	2,5 ^{ns}	4,06 ± 0,24 cd	3,74 ± 0,29 bc	3,61 ± 0,18 b
	5 ^{ns}	4,57 ± 0,27 bcd	4,86 ± 0,24 ab	4,08 ± 0,07 b
	7,5 ^{ns}	5,52 ± 0,56 abc	5,22 ± 0,31 a	4,56 ± 0,5 ab
	10 ^{ns}	5,73 ± 0,26 ab	5,7 ± 0,22 a	5,44 ± 0,16 a
	12,5 ^{ns}	6,55 ± 0,31 a	6,16 ± 0,26 a	5,62 ± 0,13 a
	Ortalama ^{ns}	4,97 ± 0,3 a**	4,84 ± 0,28 a**	4,45 ± 0,25 a**
2. YIL	0	2,49 ± 0,12 b	2,49 ± 0,12 c	2,49 ± 0,12 b
	2,5 ^{ns}	2,59 ± 0,03 b	2,56 ± 0,13 c	2,53 ± 0,06 b
	5 ^{ns}	2,62 ± 0,25 b	2,98 ± 0,15 bc	2,66 ± 0,17 b
	7,5 ^{ns}	3,02 ± 0,23 ab	3,52 ± 0,3 ab	2,96 ± 0,2 b
	10 ^{ns}	3,42 ± 0,15 a	3,89 ± 0,17 a	3,62 ± 0,35 a
	12,5 ^{ns}	3,58 ± 0,17 a	4,1 ± 0,32 a	3,79 ± 0,15 a
	Ortalama ^{ns}	2,95 ± 0,12 b	3,26 ± 0,17 b	3,01 ± 0,14 b
Ortalama^{ns}		3,96 ± 0,23	4,05 ± 0,21	3,73 ± 0,19

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında gövde Cu içeriği kontrol parselinde 3,39 ppm iken AÇ uygulamasının 12,5 ton/da dozunda en yüksek değere (6,55 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %93 artmıştır. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Cu içeriği kontrol parselinde 2,49 ppm iken 12,5 ton/da ÇG uygulamasında en yüksek değere (4,10 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %65 artış belirlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Cu içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 66). Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Cu içeriği 1. yıl sırasıyla, 11,59-9,89 ve 10,10 ppm iken, 2. yıl 5,84-4,92 ve 4,77 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Cu içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunurken, 2. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar belirlenmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak 1. yıl 2,5-5 ve 7,5 dozlarında önemsiz, 10 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 12,5 ton/da dozunda ise çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar bulunurken, 2. yıl 12,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda ise önemsiz farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Cu içeriği üzerinde

meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 66. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Cu İçerikleri Üzerine Etkisi

		Cu (ppm)		
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	7,64 ± 0,48 d	7,64 ± 0,48 c	7,64 ± 0,48 c
	2,5 ^{ns}	7,67 ± 0,63 d	7,84 ± 0,23 c	7,91 ± 0,27 bc
	5 ^{ns}	8,78 ± 0,57 cd	8,06 ± 0,34 c	8,5 ± 0,12 bc
	7,5 ^{ns}	9,57 ± 0,38 bc	8,59 ± 0,36 bc	8,8 ± 0,3 b
	10 *	10,57 ± 0,27 ab A	9,2 ± 0,26 ab B	9,86 ± 0,14 a AB
	12,5 **	11,59 ± 0,23 a A	9,89 ± 0,12 a B	10,1 ± 0,17 a B
	Ortalama **	9,3 ± 0,38 A	8,54 ± 0,22 B	8,8 ± 0,24 B
2. YIL		AÇ**	ÇG*	ÇK**
	0	3,34 ± 0,41 c	3,34 ± 0,41 c	3,34 ± 0,41 c
	2,5 ^{ns}	3,4 ± 0,08 c	3,47 ± 0,12 c	3,47 ± 0,09 c
	5 ^{ns}	4,68 ± 0,39 b	3,75 ± 0,33 bc	3,98 ± 0,09 bc
	7,5 ^{ns}	4,78 ± 0,19 b	4,15 ± 0,41 abc	4,21 ± 0,18 ab
	10 ^{ns}	5,18 ± 0,12 ab	4,57 ± 0,26 ab	4,52 ± 0,18 ab
	12,5 *	5,84 ± 0,25 a A	4,92 ± 0,19 a B	4,77 ± 0,13 a B
	Ortalama **	4,54 ± 0,24 A	4,03 ± 0,17 B	4,05 ± 0,14 B
Ortalama **		6,92 ± 0,46 A	6,28 ± 0,41 B	6,42 ± 0,4 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *; p<0,05, **; p<0,01

Araştırmanın 1. yılında yaprak Cu içeriği kontrol parselinde 7,64 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (11,59 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %52 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Cu içeriği kontrol parselinde 3,34 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (5,84 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %75 artış gözlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Cu içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Cu içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Bitki köklerinin Cu içerikleri gövde ve yaprak aksamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin kök aksamalarının Cu içerikleri benzer miktarlarda iken gövde ve yaprak aksamalarında azalış göstermiştir. Bu azalış, P içeriğinin artışı ile Cu alımının sulandırma etkisi sebebiyle azalması (Robson and Reuter 1981) ve tane oluşumu gerçekleştiği için Cu'nun tanelere taşınmış olabileceği ile açıklanabilmektedir. Organik atıklarla ilgili yapılan birçok çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup, doz artışıyla birlikte bitkilerin Cu içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Kirkham 1980; Pietz *et al.* 1983; Higgins 1984; Fresquez *et al.* 1990; Tsadilas *et al.* 1995; Achiba *et al.* 2010; Carbonell *et al.* 2011; Moharana *et al.* 2017; Khanmohammadi *et al.* 2017).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Mn içeriklerine etkisi

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Mn içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 67, 68 ve 69’da verilmiştir.

Mısır bitkisinin kök Mn içerikleri organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 67). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Mn içeriği 1. yıl sırasıyla, 452,52-435,89 ve 405,66 ppm iken, 2. yıl 413,91-368,79 ve 338,61 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Mn içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında önemsiz bulunurken, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında 1. yıl uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunurken, 2. yıl uygulama ortalamaları arasındaki farklılık çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1.yıl 10 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda önemsiz bulunurken, 2.yıl 2,5 ve 12,5 ton/da dozlarında önemsiz, 5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), 7,5 ve 10 ton/da dozlarında ise önemli ($p<0,05$) farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Mn içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak AÇ uygulamasında önemli ($p<0,05$), ÇG ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar belirlenmiştir.

Tablo 67. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Mn İçerikleri Üzerine Etkisi

Mn (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK ^{ns}
1. YIL	0	334,00 ± 25,54 c	334,00 ± 25,54 c	334,00 ± 25,54
	2,5 ^{ns}	359,60 ± 10,78 bc	338,37 ± 7,61 c	336,82 ± 12,21
	5 ^{ns}	401,15 ± 16,92 ab	355,94 ± 13,3 bc	363,00 ± 8,44
	7,5 ^{ns}	421,55 ± 21,07 a	394,78 ± 6,48 ab	376,71 ± 4,58
	10 *	449,95 ± 6,63 a A	413,52 ± 12,15 a AB	378,51 ± 25,02 B
	12,5 ^{ns}	452,52 ± 14,78 a	435,89 ± 16,04 a	405,66 ± 12,9
	Ortalama *	403,13 ± 12,2 A a*	378,75 ± 10,64 AB a**	362,12 ± 8,25 B a**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	210,18 ± 24,00 b	210,18 ± 24,00 d	210,18 ± 24 c
	2,5 ^{ns}	276,15 ± 14,92 b	253,81 ± 13,00 cd	227,46 ± 3,18 c
	5 **	365,98 ± 27,31 a A	295,69 ± 7,23 bc B	246,72 ± 12,24 c B
	7,5 *	403,49 ± 28,54 a A	322,95 ± 15,64 ab B	291,72 ± 3,13 b B
	10 *	407,52 ± 23,91 a A	358,05 ± 14,77 a AB	305,7 ± 6,54 ab B
	12,5 ^{ns}	413,91 ± 28,31 a	368,79 ± 15,42 a	338,61 ± 15,6 a
	Ortalama **	346,2 ± 20,51 A b	301,58 ± 14,63 AB b	270,06 ± 11,9 B b
Ortalama **		374,67 ± 12,7 A	340,16 ± 11,05 B	316,09 ± 10,56 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında kök Mn içeriği kontrol parselinde 334,00 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (452,52 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %35 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Mn içeriği kontrol parselinde 210,18 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (413,91 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %97 artış gözlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Mn içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 68). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Mn içeriği 1. yıl sırasıyla, 39,47-35,84 ve 31,61 ppm iken, 2. yıl 33,12-29,60 ve 27,23 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Mn içeriklerinde istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl 10 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 12,5 ton/da dozunda çok önemli ($p<0,01$), diğer dozlarda ise önemsiz farklılıklar bulunurken, 2. yıl 10 ve 12,5 ton/da dozlarında önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda önemsiz farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Mn içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak, AÇ ve ÇK uygulamalarında önemsiz, ÇG uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) değişimler gerçekleşmiştir.

Tablo 68. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Mn İçerikleri Üzerine Etkisi

Yıl	Doz; ton/da	Mn (ppm)		
		AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	18,95 ± 0,79 e	18,95 ± 0,79 d	18,95 ± 0,79 c
	2,5 ^{ns}	22,15 ± 2,52 de	20,10 ± 0,82 d	19,01 ± 0,14 c
	5 ^{ns}	26,61 ± 2,6 cd	24,29 ± 2,49 c	20,62 ± 1,56 c
	7,5 ^{ns}	29,61 ± 2,87 bc	28,91 ± 1,24 b	22,5 ± 1,06 c
	10 *	34,8 ± 1,17 ab A	33,06 ± 1,15 a A	27,42 ± 1,6 b B
	12,5 **	39,47 ± 0,6 a A	35,84 ± 0,5 a B	31,61 ± 1,5 a C
	Ortalama ^{ns}	28,6 ± 1,84	26,86 ± 1,59 a*	23,35 ± 1,21
2. YIL	0	17,28 ± 0,59 d	17,28 ± 0,59 e	17,28 ± 0,59 d
	2,5 ^{ns}	19,12 ± 2,2 cd	19,09 ± 0,68 de	18,05 ± 0,24 d
	5 ^{ns}	22,66 ± 0,88 bc	20,67 ± 0,66 cd	19,65 ± 0,38 cd
	7,5 ^{ns}	26,33 ± 1,76 b	22,19 ± 1,1 c	21,52 ± 0,59 bc
	10 *	30,53 ± 0,95 a A	26,43 ± 0,82 b B	24,16 ± 1,36 b B
	12,5 *	33,12 ± 0,71 a A	29,6 ± 0,33 a B	27,23 ± 1,55 a B
	Ortalama ^{ns}	24,84 ± 1,46	22,54 ± 1,06 b	21,32 ± 0,9
Ortalama **		26,72 ± 1,2 A	24,7 ± 1,01 B	22,33 ± 0,76 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalın küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında gövde Mn içeriği kontrol parselinde 18,95 ppm iken AÇ uygulamasının 12,5 ton/da dozunda en yüksek değere (39,47 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %108 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Mn içeriği kontrol parselinde 17,28 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (33,12 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %92 artış elde edilmiştir.

Tablo 69. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Mn İçerikleri Üzerine Etkisi

Mn (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	80,73 ± 3,98 e	80,73 ± 3,98 d	80,73 ± 3,98 e
	2,5**	107,01 ± 0,97 d A	91,12 ± 3,95 c B	83,24 ± 0,46 de B
	5 **	115,62 ± 2,96 c	109,72 ± 1,19 b	89,34 ± 2,6 cd
	7,5 **	119,92 ± 1,83 c A	116,05 ± 2,52 ab A	93,92 ± 2,5 bc B
	10 **	128,45 ± 0,81 b A	120,53 ± 2,43 a B	100,89 ± 2,76 b C
	12,5 **	133,88 ± 1,46 a A	123,85 ± 0,82 a B	111,41 ± 1,66 a C
	Ortalama **	114,27 ± 4,27 A	107 ± 3,95 B	93,25 ± 2,69 C
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK*
	0	60,13 ± 2 d	60,13 ± 2 c	60,13 ± 2,00 c
	2,5 ^{ns}	62,66 ± 0,98 d	61,46 ± 0,51 c	61,23 ± 0,72 c
	5 **	67,43 ± 0,57 c A	63,56 ± 0,45 c B	62,40 ± 0,65 bc B
	7,5 *	69,44 ± 1,22 bc A	68,7 ± 1,58 b A	63,13 ± 1,07 bc B
	10 *	72,54 ± 1,51 b A	69,17 ± 0,51 ab AB	65,83 ± 1,82 ab B
	12,5 **	77,48 ± 0,81 a A	73,24 ± 2,04 a A	67,45 ± 0,64 a B
Ortalama **		68,28 ± 1,48 A	66,04 ± 1,23 B	63,36 ± 0,76 C
Ortalama **		91,27 ± 4,48 A	86,52 ± 4,02 B	78,31 ± 2,73 C

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, *, p<0,05, **, p<0,01

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Mn içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 69). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Mn içeriği 1. yıl sırasıyla, 133,88-123,85 ve 111,41 ppm iken, 2. yıl 77,48-73,24 ve 67,45 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Mn içeriklerinde istatistiki olarak, 1. yıl bütün uygulamalarda çok önemli (p<0,01) bulunurken, 2. yıl AÇ ve ÇG uygulamalarında çok önemli (p<0,01), ÇK uygulamasında önemli (p<0,05) değişimler tespit edilmiştir. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da çok önemli (p<0,01) farklılıklar bulunmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak 1. yıl bütün dozlarda çok önemli (p<0,01) farklılıklar bulunurken, 2. yıl 2,5 ton/da dozunda önemsiz, 5 ve 12,5 ton/da dozlarında çok önemli (p<0,01), 7,5 ve 10 ton/da dozlarında ise önemli (p<0,05) farklılıklar belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Mn içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz olmuştur.

Araştırmanın 1. yılında yaprak Mn içeriği kontrol parselinde 80,73 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (133,88 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %66 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Mn içeriği kontrol parselinde 60,13 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (77,48 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %29 artış gözlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Mn içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Mn içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre mısır bitkisinin aksamalarının Mn içerikleri azalış göstermiştir. Bu azalış, bitkinin Mn alımını, diğer katyonlarının alınımının sınırlandırması (Aktaş 1981; Taban ve Alparslan 1996) ve 2. yıl toprağın Mn içeriğinin nispeten azalması ile açıklanabilmektedir. Organik atıklarla ilgili yapılan birçok araştırmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup, doz artışıyla birlikte bitkilerin Mn içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Fresquez *et al.* 1990; Tsadilas *et al.* 1995; Warman and Termeer 2005; Khanmohammadi *et al.* 2017; Çakır ve Çimrin 2018b).

Organik atık uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Pb, Ni ve Cd içeriklerine etkisi.

Organik atıkların uygulamalarının mısır bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Pb içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 70, 71 ve 72’de, Ni içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 73, 74 ve 75’te verilmiştir. Yapılan uygulamalar neticesinde bitki aksamalarının Cd içeriklerinin eser miktarda ($Cd < 0,01$ ppm) olduğu belirlenmiş olup çizelge olarak verilmemiştir.

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin kök Pb içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 70). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Pb içeriği 1. yıl sırasıyla, 0,85-0,57 ve 0,91 ppm iken, 2. yıl 0,86-0,58 ve 0,92 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Pb içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p < 0,01$), ÇG uygulamasında önemli ($p < 0,05$) bulunurken, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak çok önemli ($p < 0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p < 0,01$) farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Pb içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda istatistiki olarak önemsiz farklılıklar meydana gelmiştir.

Tablo 70. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Pb İçerikleri Üzerine Etkisi

Pb (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG*	ÇK**
1. YIL	0	0,526 ± 0,02 c	0,526 ± 0,02 b	0,526 ± 0,02 e
	2,5 **	0,672 ± 0,04 b A	0,525 ± 0,004 b B	0,701 ± 0,03 d A
	5 **	0,69 ± 0,01 b B	0,530 ± 0,002 b C	0,731 ± 0,01 cd A
	7,5 **	0,698 ± 0,03 b A	0,540 ± 0,004 ab B	0,752 ± 0,01 c A
	10 **	0,785 ± 0,02 a A	0,561 ± 0,002 a AB	0,805 ± 0,01 b A
	12,5 **	0,854 ± 0,01 a B	0,566 ± 0,004 a C	0,912 ± 0,01 a A
	Ortalama **	0,704 ± 0,03 A	0,541 ± 0,01 B	0,738 ± 0,03 A
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	0,507 ± 0,01 d	0,507 ± 0,01 d	0,507 ± 0,01 e
	2,5 **	0,703 ± 0,02 c A	0,526 ± 0,003 c B	0,714 ± 0,01 d A
	5 **	0,713 ± 0,01 c B	0,547 ± 0,01 b C	0,752 ± 0,01 cd A
	7,5 **	0,746 ± 0,01 bc A	0,547 ± 0,003 b B	0,759 ± 0,01 c A
	10 **	0,797 ± 0,03 b B	0,57 ± 0,003 a C	0,875 ± 0,01 b A
	12,5 **	0,858 ± 0,01 a A	0,575 ± 0,004 a B	0,918 ± 0,03 a A
	Ortalama **	0,721 ± 0,03 A	0,545 ± 0,01 B	0,754 ± 0,03 A
Ortalama **		0,713 ± 0,02 B	0,543 ± 0,004 C	0,746 ± 0,02 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ns; p>0,05, *, p<0,05, **, p<0,01

Araştırmanın 1. yılında kök Pb içeriği kontrol parselinde 0,526 ppm iken ÇK uygulamasının en yüksek dozunda (12,5 ton/da) en yüksek değer olan 0,91 ppm'e çıkmış ve kontrole göre %73 artışın olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Pb içeriği kontrol parselinde 0,507 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında 0,92 ppm'e ulaşmış olup, kontrole göre %81 artış gerçekleşmiştir.

Tablo 71. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Pb İçerikleri Üzerine Etkisi

Pb (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	0,224 ± 0 d	0,224 ± 0,003 c	0,224 ± 0,003 d
	2,5 *	0,29 ± 0,03 c AB	0,225 ± 0,001 c B	0,311 ± 0,01 c A
	5 **	0,321 ± 0,02 bc A	0,228 ± 0,001 bc B	0,322 ± 0,01 bc A
	7,5 **	0,361 ± 0 ab A	0,231 ± 0,002 bc C	0,333 ± 0,004 b B
	10 **	0,365 ± 0 ab A	0,234 ± 0,002 ab C	0,348 ± 0,002 a B
	12,5 **	0,375 ± 0,01 a A	0,239 ± 0,002 a B	0,356 ± 0,003 a A
	Ortalama **	0,323 ± 0,01 A	0,23 ± 0,001 B	0,316 ± 0,01 A
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	0,218 ± 0,01 d	0,218 ± 0,01 c	0,218 ± 0,01 d
	2,5 **	0,311 ± 0,01 c A	0,22 ± 0,001 c B	0,334 ± 0,004 c A
	5 **	0,329 ± 0,01 c A	0,232 ± 0,002 b B	0,335 ± 0,01 c A
	7,5 **	0,365 ± 0,001 b A	0,233 ± 0,002 b C	0,344 ± 0,01 bc B
	10 **	0,374 ± 0,004 ab A	0,237 ± 0,002 ab C	0,356 ± 0,004 ab B
	12,5 **	0,388 ± 0,001 a A	0,244 ± 0,003 a C	0,364 ± 0,003 a B
	Ortalama **	0,331 ± 0,01 A	0,231 ± 0,002 B	0,325 ± 0,01 A
Ortalama **		0,327 ± 0,01 A	0,23 ± 0,001 C	0,321 ± 0,01 B

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- *, p<0,05, **, p<0,01

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Pb içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 71). Toprağa uygulanan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Pb içeriği 1. yıl sırasıyla, 0,38-0,24 ve 0,36 ppm iken, 2. yıl 0,39-0,24 ve 0,36 ppm olarak belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Pb içeriklerinde istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler bulunmuştur. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar tespit edilmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl 2,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$) bulunurken 1. yıl diğer dozlar ve 2.yıl bütün dozlarda çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Pb içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak, bütün uygulamalarda önemsiz değişimler gerçekleşmiştir.

Araştırmanın 1. yılında gövde Pb içeriği kontrol parselinde 0,224 ppm iken 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (0,38 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %73 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Pb içeriği kontrol parselinde 0,22 ppm iken yine 12,5 ton/da AÇ uygulamasında en yüksek değere (0,39 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %77 artışıdır.

Tablo 72. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Pb İçerikleri Üzerine Etkisi

Pb (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	0,323 ± 0,004 e	0,323 ± 0,004	0,323 ± 0,004 e
	2,5 ^{ns}	0,338 ± 0,002 d	0,327 ± 0,002	0,344 ± 0,01 d
	5 **	0,366 ± 0,004 c A	0,324 ± 0,01 B	0,381 ± 0,01 c A
	7,5 **	0,402 ± 0,01 b A	0,342 ± 0,004 B	0,397 ± 0,01 c A
	10 **	0,418 ± 0,001 a A	0,358 ± 0,003 B	0,425 ± 0,01 b A
	12,5 **	0,429 ± 0,003 a B	0,370 ± 0,001 C	0,447 ± 0,01 a A
	Ortalama **	0,38 ± 0,01 B	0,341 ± 0,01 C	0,386 ± 0,01 A
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	0,331 ± 0,01 d	0,331 ± 0,01 b	0,331 ± 0,01 e
	2,5 ^{ns}	0,343 ± 0,01 d	0,332 ± 0,01 b	0,347 ± 0,01 d
	5 **	0,373 ± 0,004 c A	0,336 ± 0,01 b B	0,382 ± 0,01 c A
	7,5 **	0,406 ± 0,01 b B	0,347 ± 0,003 b C	0,431 ± 0,003 bc A
	10 **	0,424 ± 0,004 a B	0,366 ± 0,01 a A	0,457 ± 0,003 a A
	12,5 **	0,437 ± 0,003 a B	0,382 ± 0,01 a C	0,460 ± 0,003 a A
	Ortalama **	0,386 ± 0,01 B	0,349 ± 0,01 C	0,401 ± 0,01 A
Ortalama **		0,383 ± 0,01 B	0,345 ± 0,003 C	0,394 ± 0,01 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, **, $p<0,01$

Toprağa yapılan organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Pb içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 72). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Pb içeriği 1. yıl sırasıyla, 0,43-0,37 ve 0,45 ppm iken, 2. yıl 0,44-

0,38 ve 0,46 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Pb içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar gerçekleşmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak her iki yılda da 2,5 ton/da dozunda önemsiz, diğer dozlarda çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Pb içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Araştırmanın 1. yılında yaprak Pb içeriği kontrol parselinde 0,32 ppm iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (0,45 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %41 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Pb içeriği kontrol parselinde 0,331 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (0,460 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre yaprak Pb içeriğinde %39 artış tespit edilmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Pb içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların toprağın Pb içeriğinde meydana getirdiği artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir. Araştırmada kullanılan çiftlik gübresinin Pb içeriğinin diğer atıklara göre az olması sebebiyle bitki aksamalarının Pb içeriğinde meydana getirdiği artışlar istatistiki olarak önemli olsa da diğer atıklara göre düşük artışlar meydana gelmiştir. Bitki aksamalarının Pb içerikleri incelendiğinde meydana gelen artışların toksik seviyelere ulaşmadığı görülmektedir. Elde edilen veriler araştırmada kullanılan organik atıklarla ilgili yapılan birçok araştırma ile benzerlik göstermektedir (Maclean *et al.* 1987; Hernández *et al.* 1991; Carbonell *et al.* 2011; Grotto *et al.* 2015; Ilie *et al.* 2018; Çakır ve Çimrin 2018b; Eid *et al.* 2020).

Mısır bitkisinin kök Ni içerikleri organik atık uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 73). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) kök Ni içeriği 1. yıl sırasıyla, 176,55-148,95 ve 177,21 ppm iken, 2. yıl 153,31-108,52 ve 159,70 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak kök Ni içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulama ortalamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak, 1. yıl 2,5 ve 10 ton/da dozlarında önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda çok önemli ($p<0,01$) bulunurken, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemlidir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak kök Ni içeriği üzerinde meydana getirdikleri

değişimlere bakıldığında AÇ ve ÇG uygulamalarında istatistiki olarak çok önemli ($p<0,01$), ÇK uygulamasında ise önemli ($p<0,05$) farklılıklar elde edilmiştir.

Tablo 73. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Ni İçerikleri Üzerine Etkisi

Ni (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	126,09 ± 3,06 e	126,09 ± 3,06 c	126,09 ± 3,06 e
	2,5 *	134,35 ± 0,41 d AB	126,53 ± 1,82 c B	140,22 ± 3,45 d A
	5 **	146,92 ± 2,64 c A	133,10 ± 1,91 bc B	153,57 ± 4,4 c A
	7,5 **	149,17 ± 0,71 c B	142,38 ± 2,7 ab B	163,25 ± 3,51 bc A
	10 *	161,16 ± 3,71 b AB	145,73 ± 5,89 ab B	171,71 ± 3,97 ab A
	12,5 **	176,55 ± 3,02 a A	148,95 ± 5,95 a B	177,21 ± 4,17 a A
	Ortalama **	149,04 ± 4,12 AB a**	137,13 ± 2,58 B a**	155,34 ± 4,5 A a*
2. YIL	0	68,95 ± 2,84 d	68,95 ± 2,84 c	68,95 ± 2,84 d
	2,5 **	111,58 ± 0,48 c B	70,4 ± 4,59 c C	123,2 ± 2,44 c A
	5 **	131,00 ± 1,48 b A	79,44 ± 0,85 bc B	137,58 ± 4,18 b A
	7,5 **	139,07 ± 5,72 b A	89,22 ± 5,53 b B	154,19 ± 3,29 a A
	10 **	139,33 ± 3,41 b B	106,03 ± 4,54 a C	157,01 ± 1,15 a A
	12,5 **	153,31 ± 3,44 a A	108,52 ± 3,51 a B	159,70 ± 2,95 a A
	Ortalama **	123,87 ± 6,78 A b	87,09 ± 4,05 B b	133,44 ± 7,71 A b
Ortalama **		136,46 ± 4,45 B	112,11 ± 4,85 C	144,39 ± 4,77 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- *, $p<0,05$, **, $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında kök Ni içeriği kontrol parselinde 126,09 ppm iken 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (177,21 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %41 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise kök Ni içeriği kontrol parselinde 68,95 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (159,70 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre kök Ni içeriğinde %132 artış belirlenmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin gövde Ni içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 74). Organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) gövde Ni içeriği 1. yıl sırasıyla, 13,47-11,12 ve 13,33 ppm iken, 2. yıl 2,61-2,24 ve 2,68 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak gövde Ni içeriklerinde istatistiki olarak, her iki yılda da bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler bulunmuştur. Aynı yıl içinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak 1.yıl çok önemli ($p<0,01$), 2. yıl ise önemli ($p<0,05$) olmuştur. Aynı uygulama dozunda uygulamaların karşılaştırılması sonucu uygulamalar arasında istatistiki olarak, 1. yıl 2,5 ton/da dozunda önemsiz, 7,5 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), diğer dozlarda çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar bulunurken, 2. yıl 2,5 ve 5 ton/da dozlarında önemsiz, 10 ton/da dozunda önemli ($p<0,05$), 7,5 ve 12,5 ton/da dozlarında ise çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar belirlenmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak gövde Ni

içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında istatistiki olarak, bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) değişimler gerçekleşmiştir.

Tablo 74. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gövde Ni İçerikleri Üzerine Etkisi

		Ni (ppm)		
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG**	ÇK**
1. YIL	0	9,93 ± 0,23 d	9,93 ± 0,23 b	9,93 ± 0,23 c
	2,5 ^{ns}	10,18 ± 0,23 d	9,94 ± 0 b	10,49 ± 0,29 bc
	5 **	11,4 ± 0,35 c A	10,12 ± 0,05 b B	11,56 ± 0,21 b A
	7,5 *	12,15 ± 0,51 bc A	10,15 ± 0,03 b B	12,80 ± 0,59 a A
	10 **	12,98 ± 0,14 ab A	10,84 ± 0,15 a B	13,08 ± 0,35 a A
	12,5 **	13,47 ± 0,28 a A	11,12 ± 0,08 a B	13,33 ± 0,31 a A
	Ortalama **	11,68 ± 0,34 A a**	10,35 ± 0,12 B a**	11,87 ± 0,34 A a**
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	1,94 ± 0,09 c	1,94 ± 0,09 c	1,94 ± 0,09 d
	2,5 ^{ns}	1,97 ± 0,12 c	1,95 ± 0,01 c	2,07 ± 0,04 d
	5 ^{ns}	2,14 ± 0,13 bc	2,05 ± 0,03 bc	2,27 ± 0,03 c
	7,5 **	2,31 ± 0,01 b B	2,12 ± 0,02 ab C	2,4 ± 0,02 bc A
	10 *	2,37 ± 0,04 ab AB	2,23 ± 0,06 a B	2,52 ± 0,02 b A
	12,5 **	2,61 ± 0,06 a A	2,24 ± 0,06 a B	2,68 ± 0,03 a A
	Ortalama *	2,22 ± 0,06 AB b	2,09 ± 0,03 B b	2,31 ± 0,06 A b
Ortalama **		6,95 ± 0,82 A	6,22 ± 0,7 B	7,09 ± 0,83 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulama ortalamalarının yıllara göre değişimi **kalin küçük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; $p>0,05$, *; $p<0,05$, **; $p<0,01$

Araştırmanın 1. yılında gövde Ni içeriği kontrol parselinde 9,93 ppm iken AÇ uygulamasının 12,5 ton/da en yüksek değere (13,47 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %36 artış göstermiştir. Araştırmanın 2. yılında ise gövde Ni içeriği kontrol parselinde 1,94 ppm olarak belirlenirken, kontrole göre %38 artış ile en yüksek gövde Ni içeriği (2,68 ppm) 12,5 ton/da ÇK uygulamasından elde edilmiştir.

Organik atık uygulamaları ile mısır bitkisinin yaprak Ni içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 75). Araştırmada kullanılan organik atıkların (AÇ, ÇG, ÇK) en yüksek dozunda (12,5 ton/da) yaprak Ni içeriği 1. yıl sırasıyla, 13,47, 11,12 ve 13,33 ppm iken, 2. yıl 2,61, 2,24 ve 2,68 ppm olarak tespit edilmiştir. Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak yaprak Ni içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak, 1. yıl AÇ ve ÇK uygulamalarında çok önemli ($p<0,01$), ÇG uygulamasında önemsiz, 2. yıl bütün uygulamalarda çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde uygulama ortalamaları karşılaştırıldığında her iki yılda da uygulamalar arasında çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar gerçekleşmiştir. Aynı uygulama dozunda uygulamalar arasında istatistiki olarak 1. yıl 2,5 ve 5 ton/da dozlarında önemsiz, diğer dozlarda çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilirken, 2. yıl bütün dozlarda çok önemli ($p<0,01$) farklılıklar elde edilmiştir. Uygulamaların yıllara bağlı olarak yaprak Ni içeriği üzerinde meydana getirdikleri değişimlere bakıldığında bütün uygulamalarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 75. Organik Atık Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprak Ni İçerikleri Üzerine Etkisi

Ni (ppm)				
Yıl	Doz; ton/da	AÇ**	ÇG ^{ns}	ÇK**
1. YIL	0	8,29 ± 0,58 d	8,29 ± 0,58	8,29 ± 0,58 e
	2,5 ^{ns}	8,75 ± 0,23 d	8,41 ± 0,13	9,12 ± 0,09 e
	5 ^{ns}	9,54 ± 0,61 cd	8,57 ± 0,15	10,15 ± 0,12 d
	7,5 **	10,32 ± 0,39 bc B	8,78 ± 0,09 C	11,49 ± 0,4 c A
	10 **	11,25 ± 0,21 ab B	8,85 ± 0,07 C	12,88 ± 0,29 b A
	12,5 **	12,14 ± 0,21 a B	9,12 ± 0,08 C	14,16 ± 0,12 a A
	Ortalama **	10,05 ± 0,36 B	8,67 ± 0,11 C	11,01 ± 0,51 A
2. YIL		AÇ**	ÇG**	ÇK**
	0	2,1 ± 0,12 d	2,1 ± 0,12 c	2,1 ± 0,12 d
	2,5 **	2,38 ± 0,03 c A	2,15 ± 0,03 c B	2,45 ± 0,03 c A
	5 **	2,47 ± 0,03 c A	2,24 ± 0,04 bc B	2,53 ± 0,04 c A
	7,5 **	2,69 ± 0,04 b A	2,41 ± 0,06 ab B	2,79 ± 0,02 b A
	10 **	2,86 ± 0,05 b A	2,45 ± 0,08 ab B	2,97 ± 0,08 b A
	12,5 **	3,16 ± 0,07 a A	2,54 ± 0,04 a B	3,26 ± 0,04 a A
	Ortalama **	2,61 ± 0,09 A	2,32 ± 0,05 B	2,68 ± 0,09 A
Ortalama **		6,33 ± 0,65 B	5,49 ± 0,54 C	6,85 ± 0,71 A

- Uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (sütunlar) **küçük harflerle** gösterilmiştir.

- Uygulamaların aynı dozlarının ve uygulama ortalamalarının birbirleriyle karşılaştırılması (satırlar) **büyük harflerle** gösterilmiştir.

- ^{ns}; p>0,05, **; p<0,01

Araştırmanın 1. yılında yaprak Ni içeriği kontrol parselinde 8,29 ppm iken ÇK uygulamasının en yüksek dozundan (12,5 ton/da) en yüksek yaprak Ni içeriği (14,16 ppm) belirlenmiş olup, kontrole göre %71 artış belirlenmiştir. Araştırmanın 2. yılında ise yaprak Ni içeriği kontrol parselinde 2,10 ppm iken yine 12,5 ton/da ÇK uygulamasında en yüksek değere (3,26 ppm) ulaşmış olup, kontrole göre %55 artış gözlenmiştir.

Toprağa uygulanan farklı organik atıklar mısır bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksamalarının Ni içerikleri artan dozlara bağlı olarak artışlar meydana getirmişlerdir. Bu artışlar kullanılan organik atıkların Ni içeriklerine bağlı olarak gerçekleşmiştir. Araştırmada kullanılan çiftlik gübresinin Ni içeriğinin diğer atıklara göre az olması sebebiyle bitki aksamalarının Ni içeriğinde meydana getirdiği artışlar istatistiki olarak önemli olsa da diğer atıklara göre düşük artışlar meydana gelmiştir. Araştırmanın ikinci yılında birinci yıla göre bitki aksamalarının Ni içerikleri önemli derecede azalmıştır. Bu azalış, atıkların toprağa sağladığı Ni miktarının azalışı ve mısır tanelerinde nikelin birikmiş olabileceği (Pietz *et al.* 1983) ile açıklanabilmektedir. Elde edilen veriler araştırmada kullanılan organik atıklarla ilgili yapılan birçok araştırma ile benzerlik göstermektedir (Pietz *et al.* 1983; Maclean *et al.* 1987; Hernández *et al.* 1991; Tsadilas *et al.* 1995; Pinamonti 1998; Speir *et al.* 2003; Carbonell *et al.* 2011; Grotto *et al.* 2015; Kchaou *et al.* 2018; Çakır ve Çimrin 2018b).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemiz tarım alanlarında organik atıklarla ilgili yapılan arazi çalışmalarına katkı sağlamak amacıyla yapılan bu çalışmada, Iğdır yöresi alkali topraklarına farklı organik kaynaklardan elde edilen arıtma çamuru, çiftlik gübresi ve çöp kompostu uygulamalarının toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yörede yaygın olarak yetiştirilen mısır bitkisinin mineral içeriği ve verim parametreleri (bitki boyu, yaş ot verimi, kuru ot verimi, kök gelişimi) üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Yapılan organik atık uygulamalarının doz artışına bağlı olarak toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini, mısır bitkisinin verim ve verim parametrelerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Deneme sahası toprağının agregat stabilitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayıslı nem kapasitesi gibi özellikleri üzerine AÇ, hacim ağırlığı ve porozite üzerine ÇG, hidrolik iletkenlik ve hava geçirgenliği üzerine ÇK daha etkili olmuştur.

Toprakların kimyasal özellikleri üzerine atıkların etkileri şu şekilde özetlenebilir. Toprağın pH değeri arıtma çamuru, çiftlik gübresi ve çöp kompostu uygulamaları ile azalmıştır. Elektriksel iletkenlik bütün uygulamalarda artmış, çiftlik gübresi uygulamaları EC değerini diğer uygulamalara göre daha fazla arttırmıştır. Alkali özellikli alana uygulanan atıkların toprağın değişebilir Na içeriğini azalttığı bu sayede toprağın değişebilir Na yüzdesini düşürdüğü belirlenmiştir. Meydana gelen bu değişimler ile toprağın alkalilik problemi ortadan kaldırılmıştır. Alkalilik çoğunlukla kimyasal ıslah yöntemleri ile çözülebilecek bir problem iken çalışma konusu toprağın alkaliliği organik atık uygulamaları ile giderilebilmiştir. Bu sonucun çalışma sahasında uzun yıllar tarımsal faaliyet yapılmaması sonucu buharlaşma ile toprak yüzeyinde biriken Na'un, yapılan uygulamalar sayesinde toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ile tarla kapasitesinin üzerinde yapılan sulama sonucu yüzey toprağından uzaklaştırılması ve bitkiler tarafından alınması ile gerçekleştiği düşünülmektedir.

Toprakların incelenen diğer kimyasal özelliklerinde arıtma çamuru uygulamasının diğer uygulamalardan daha etkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan uygulamalar sonucu toprağın ağır metal içerikleri dozlara bağlı olarak artış göstermiş, ancak bu artışın toksik etki gösterecek seviyelere ulaşmadığı belirlenmiştir.

Organik atık uygulamalarının artan dozlara bağlı bitki gelişimini arttırdığı belirlenmiştir. İncelenen verim parametrelerinden yaş ot verimi, kuru et verimi, bitki boyu, sap

kalınlığı, kök kuru ağırlığı ve kök uzunluğu parametreleri üzerinde arıtma çamuru uygulaması diğer uygulamalara göre daha etkili bulunmuştur.

Test bitkisi olarak yetiştirilen mısır bitkisinin kök-gövde-yaprak aksamalarının besin elementi ve ağır metal içeriklerinin yapılan uygulamaların dozlarında bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Meydana gelen bu artışlar toksik seviyelere ulaşmamıştır. Bitkilerin besin elementi içerikleri üzerine arıtma çamurunun etkisi diğer uygulamalara göre daha fazla bulunmuştur. Bitkilerin ağır metal içerikleri incelendiğinde ise arıtma çamuru uygulaması ile Pb, çöp kompostu uygulaması ile Ni içeriğinde en yüksek artış belirlenmiştir.

Sonuç olarak; alkalilik probleminin hafif görüldüğü tarım alanlarına yüksek organik madde içeriğine sahip materyallerin uygulanmasının bitkisel üretimi arttıracak, Na'un olumsuz etkilerinin giderilerilebileceği ve silajlık mısır yetiştiriciliği için organik atıkların gübre olarak kullanılabilmesi söylenebilmektedir. Ayrıca kullanılan organik atıklardan arıtma çamurunun diğer atıklara göre hem toprak özelliklerini hem de bitki verim ve besin elementi içeriklerini daha fazla etkilemesi sebebiyle tercih edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Araştırmada kullanılan atıkların en yüksek uygulama dozu olan 12,5 ton/da dozu incelenen toprak ve bitki özellikleri için en etkili doz olmuştur. Benzer özellikli atıklar için bu dozun üzerindeki dozlarda araştırmalar yapılarak optimum dozun belirlenmesi önerilmektedir. Bu bağlamda, araştırma sonuçlarına göre ağır metallerin toprak ve bitkideki miktarları toksik seviyelere ulaşmamış olsa da organik atıklar ile uygulanacak alanın ağır metal içeriklerine göre uygulama dozunun belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu konuda ortaya çıkabilecek sorunların önüne geçmek için periyodik olarak uygulamaların uzun yıllar yapıldığı bölgesel araştırmaların yapılmasının gerektiği düşünülmektedir.

Ayrıca tuzluluk ve alkalilik probleminin farklı derecelerde görüldüğü alanlarda organik atık uygulamalarının yapılarak etkilerinin belirlenmesi, söz konusu atıkların kimyasal ıslah materyalleriyle birlikte uygulanarak etkilerinin nasıl olabileceği konusunda araştırmaların yapılması atıkların daha etkin kullanılmasına olanak sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

- Abd-Alla, M.H., Yan, F. and Schubert, S., 1999. Effects of sewage sludge application on nodulation, nitrogen fixation and plant growth of faba bean, soybean, and lupin. *Journal of Applied Botany*, 73, 69-75.
- Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. and Massoud, F.I., 1988. Salt-affected soils and their management. *FAO Soils Bulletin No: 39*, Rome.
- Abu-Zreig, M., 2006. Control of rainfall-induced soil erosion with various types of polyacrylamide. *J. Soils Sediments*, 6 (3): 137-144.
- Achiba, W. B., Gabteni, N., Lakhdar, A., Du Laing, G., Verloo, M., Jedidi, N. and Gallali, T., 2009. Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130 (3-4), 156-163.
- Achiba, W.B., Lakhdar, A., Gabteni, N., Du Laing, G., Verloo, M., Boeckx, P., Cleemput, O. V., Jedidi, N. and Gallali, T., 2010. Accumulation and fractionation of trace metals in a Tunisian calcareous soil amended with farmyard manure and municipal solid waste compost. *Journal of Hazardous Materials*, 176 (1-3), 99-108.
- Adani, F. and Tambone, F., 2005. Long-term effect of sewage sludge application on soil humic acids. *Chemosphere*, 60 (9), 1214-1221.
- Aggelides, S.M. and Londra, P.A., 2000. Effect 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.
- Ajwa, H.A. and Tabatabai, M.A., 1994. Decomposition of different organic materials in soils. *Biology and Fertility of Soils*, 18 (3), 175-182.
- Akalan, İ., 1982. Türkiye’de toprak kaynaklarının kullanılması ve sorunları. *Çevre 2 Sempozyumu*, İzmir.
- Akat, H. ve Altunlu, H., 2019. The effects of sewage sludge applications on growth, yield and flower quality of *Limonium sinuatum* (Statice) under salinity conditions. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1), 111-120.
- Akhtar, J., Gorham, J. and Qureshi, R.H., 1994. Combined effect of salinity and hypoxia in wheat (*Triticum aestivum* L.) and wheat-Thinopyrum amphiploids. *Plant and Soil*, 166(1), 47-54.
- Akongwubel, A. O., Ewa, U. B., Prince, A., Jude, O., Martins, A., Simon, O. and Nicholas, O., 2012. Evaluation of agronomic performance of maize (*Zea mays* L.) under different rates of poultry manure application in an ultisol of Obubra, cross river state, Nigeria. *Int. J. Agric. For*, 2 (4), 138-144.
- Akpınar, Ç., 2018. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Etkileri. *Alatırım Dergisi*, 17 (1), 33-40.
- Aksakal, E. L., 2009. Polimer (pva&pam) ve hümik asit (ha) uygulamalarının donma-çözülme süreçlerine maruz kalan toprakların stabilite ölçütleri üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, Atatürk Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Erzurum.
- Aktaş, M., 1981. Demir gübrelemesinin soya fasulyesi bitkisinin fosfor, çinko, mangan ve bakır kapsamı üzerin etkisi. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 31-49, Ankara.
- Aluko, O. B. and Oyedele, D. J., 2005. Influence of organic waste incorporation on changes in selected soil physical properties during drying of a Nigerian Alfisol. *J. App. Sci*, 5, 357-362.
- Andriamananjaraa, A., Rakotosona, T., Razanakotoa, O.R., Razafimanantsoaa, M.P., Rabeharisoaa, L., Smolders, E., 2018. Farmyard manure application in weathered upland soils of Madagascar sharply increase phosphate fertilizer use efficiency for upland rice. *Field Crops Research*, 222 (1), 94-100.

- Angin, İ., 2008. Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanımı. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Angin, İ. and Yağanoğlu, A.V., 2009. Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanımı. Ekoloji, 19 (73), 39-47.
- Angin, I. and Yaganoglu, 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.
- Angin, I., Aksakal, E.L., Oztas, T. and Hanay, A., 2013. Effects of municipal solid waste compost (MSWC) application on certain physical properties of soils subjected to freeze-thaw. Soil and Tillage Research, 130, 58-61.
- Anonim, 1976. Iğdır projesi – Iğdır ovası hidrojeolojik etüd raporu. D.S.İ. Genel Müdürlüğü, 17-18, Ankara.
- Anonim, 1980. Toprak Su İstatistikleri Bülteni. Program ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara.
- Anonim, 1983. Çevre Kanunu. Resmi Gazete, tarih: 09.08.1983, sayı: 2872:11, Ankara.
- Anonim, 2001. Tarımsal Göstergeler 1923-1998. Devler İstatistik Enstitüsü, Yayın No: 2407, Ankara.
- Anonim, 2003. Çevre ve Orman Bakanlığı Görev ve Teşkilat Yönetmeliği. Resmi Gazete, tarih: 01.05.2003, sayı: 4856, Ankara.
- Anonim, 2006. T.C. Iğdır Valiliği. Iğdır İli Coğrafi Durum-Toprak Özellikleri. (<http://www.igdir.gov.tr/meridty.asp?id=23>).
- Anonim, 2007. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=IGDIR> (04.02.2012).
- Anonim, 2008. Yem bitkileri ve meraya dayalı hayvancılık eğitimi. Erciyes Üniversitesi yayınları, Yayın no: 160, syf: 158-163, Kayseri.
- Anonim, 2010. Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik. Resmi Gazete, tarih: 03.08.2010, sayı: 27661.2, Ankara
- Anonim, 2012a. www.bahcebiz.com (04.04.2012).
- Anonim, 2012b. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 03.06.2012).
- Anonim, 2012c. İl Tarım Müdürlüğü İstatistik Verileri, Iğdır.
- Anonim, 2015. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kompost Tebliği. Resmi Gazete, tarih: 05.03.2015, sayı: 29286, Ankara.
- Anonim, 2016. Meteoroloji İl Müdürlüğü, Iğdır.
- Anonim, 2018a. Belediye Atık İstatistikleri. TÜİK, Ankara.
- Anonim, 2018b. Belediye Atıksu İstatistikleri. TÜİK, Ankara.
- Anonim, 2019. <https://istac.istanbul/contents/59/kompost-geri-kazanimi130996718365022853.pdf> (23.12.2019).
- Anonim, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=IGDIR> (12.06.2019).
- Anonymous, 1986. Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture, Official Journal of the European Communities L. (EEC), Vol. 181, pp. 0006-0012, Brussels.
- Anonymous, 1993. 40 CFR Part 503: The standards for the use or disposal of sewage sludge, US EPA Federal Register. 58: 9248-9404.
- Anonymous, 2000. Food Production and Security. <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/topic1.htm>.
- Anonymous 2012. FAO Statistical Databases, Agriculture, Agriculture and Food www.fao.org (04.04.2012).
- Antolin, M.C., Pascaul, I., Garcia, C., Polo, A. And Sanchez-Diaz, M., 2005. Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid mediterranean conditions. Field Crops Res., 94, 224-237.

- AOAC, (Association of Official Analytical Chemists) 2005. Official Methods of Analysis 18th. AOAC-Inst. Arlington, VA.
- Ashiono, G.B., Ouma, J.P., Gatwiku, S.W., 2006. Farmyard manure as alternative nutrient source in production of cold tolerand sorghum in dry highlands of Kenya. *Journal of Agronomy*, 5 (2), 201-204.
- Ashraf, M.Y. and Wu, L. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13 (1), 17-42.
- Ashraf, M. and McNeilly, T., 1989. Effect of salinity on some cultivars of maize. *Maydica*, 34 (2), 179-189.
- Aşık, B.B., 2011. Farklı kökenli artıma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi Uludağ Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Bursa.
- Aşık, B.B. and Katkat, A.V., 2004. Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atığının (Arıtma Çamuru) Tarımsal Alanlarda Kullanım Olanakları, Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 18 (2), 59-71.
- Avnimelech, Y., Cohen, A. and Shkedi, D., 1990. The effect of municipal solid waste compost on the fertility of clay soils. *Soil Technology*, 3(3), 275-284.
- Aydin, A., Kant, C. and Turan, M., 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7 (7), 1073-1086.
- Aynacı, D. and Erdal, İ., 2016. Evsel atıklardan elde edilen kompostun mısır ve biberin gelişimi ve besin elementi içeriğine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1), 123-128.
- Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Nasim, M., Farooq, M. and Khan, M.M., 2010. Nutrient availability and maize (*Zea mays*) growth in soil amended with organic manures. *Int. J. Agric. Biol.*, 12 (4), 621-624.
- Banerjee, M.R., Burton, D.L. and Depoe, S., 1997. Impact of sewage sludge application on soil biological characteristics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 66 (3), 241-249.
- Barry, P.V., Stott, D.E., Turco, R.F., and Bradford, J.M., 1991. Organic polymers' effect on soil shear strength and detachment by single raindrops. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55 (3), 799-804.
- Bastida, F., Jehmlich, N., Martínez-Navarro, J., Bayona, V., García, C. and Moreno, J.L., 2019. The effects of struvite and sewage sludge on plant yield and the microbial community of a semiarid Mediterranean soil. *Geoderma*, 337, 1051-1057.
- Ben-Hur, M., and Keren, R., 1997. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61 (2): 565-570.
- Bergkvist, P., Jarvis, N., Berggren, D. and Carlgren, K., 2003. Long-term effects of sewage sludge applications on soil properties, cadmium availability and distribution in arable soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97, 167-179.
- Bertoncini, E.I., D'Orazio, V., Senesi, N. and Maattiazio, M.E., 2008. Effects of sewage sludge amendment on the properties of two Brazilian oxisols and their humic acids. *Bioresource Technology*, 99, 4972-4979.
- Bidwell, A. M. and Dowdy, R. H., 1987. Cadmium and Zinc Availability to Corn following Termination of Sewage Sludge Applications 1. *Journal of Environmental Quality*, 16 (4), 438-442.
- Bilgin, N., Eyüpoğlu, H. ve Üstün, H., 2002. Biyokatıların (Arıtma Çamurlarının) Arazide Kullanımı. ASKİ Arıtma Tesisi Başkanlığı – KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986. Bulk density. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 363-375.
- Boateng, S.A., Zichermann, J. and Kornahrens, M., 2006. Poultry manure effect on growth and yield of maize. *West Africa J. Appl. Ecol.*, 9, 1-11.
- Bremner, J. M. and Mulvaney C.S., 1982. Nitrogen total. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. Agronomy*. 9, 597-622.

- Butler, T. J. And Muir, J.P., 2006. Dairy manure compost improves soil and increases tall wheatgrass yield. *Agronomy Journal*, 98(4), 1090-1096.
- Cakmak, I. and Marschner, H., 1987. Mechanism of phosphorus induced zinc deficiency in cotton. III. Changes in physiological availability of zinc in plants. *Physiologia Plantarum*, 70 (1), 13-20.
- Canbolat, M.Y. ve Demiralay, İ., 1995. Organik materyal ilave edilmiş toprakların agregat stabilitesi, briket hacim ağırlığı ve kırılma değerleri arasındaki ilişkiler. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, Ankara.
- Canpolat, M.Y., 1992. Toprağa organik materyal ilavesinin toprağın organik maddesi, agregat stabilitesi ve geçirgenliği üzerine etkileri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 23 (2), 113-123.
- Carbonell, G., de Imperial, R. M., Torrijos, M., Delgado, M. and Rodriguez, J. A., 2011. Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilizer amendments on soil properties and heavy metals distribution in maize plants (*Zea mays* L.). *Chemosphere*, 85 (10), 1614-1623.
- Cassel, D.K., and Nielsen, D.R., 1986. Field Capacity and Available Water Capacity. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition. Agronomy 9, 901-926, Madison, Wisconsin USA.
- Cerezo, M.L.L., Marcos, M.L.F and Rodríguez, E.A., 1999. Heavy metals in mine soils amended with sewage sludge. *Land Degrad. Develop.*, 10, 555-564.
- Černý, J., Balík, J., Kulháněk, M., Vašák, F., Peklová, L. and Sedlár, O., 2012) The effect of mineral N fertiliser and sewage sludge on yield and nitrogen efficiency of silage maize. *Plant, Soil and Environment*, 58 (2), 76-83.
- Chang, C., Sommerfeldt, T.G. and Entz, T., 1991. Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality*, 20, 475-480.
- Cha-Um, S., Pokasombat, Y. and Kirdmanee, C., 2011. Remediation of salt-affected soil by gypsum and farmyard manure-Importance for the production of Jasmine rice. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (4), 458.
- Conte Suarez, P., Seoane, S., Lopez Mosquare, E., Solla-Gullon, F. and Merino, A., 2004. Dairy industry sewage sludge as a fertilizer for an acid soil: a laboratory experiment with *Lolium multiflorum* L.. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2 (3), 419-427.
- Corey, A.T., 1986. Air Permeability. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition. Agronomy, 9, 1121-1137, Madison, Wisconsin USA.
- Cummins, D.G., 1970. Quality and yield of corn plants and component parts when harvested for silage at different maturity stages. *Agronomy Journal*, 62, 781-784.
- Çağlar, K.Ö. ve Hızalan, E., 1956. Iğdır bölgesi toprak etüdleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Toprak İlmi Bölümü Yayını, Ankara.
- Çakır, H.N. ve Çimrin, K.M., 2018a. Kentsel arıtma çamur uygulamalarının etkisi: I. Mısır bitkisi ve topraktaki bazı besin maddesi (N, P, K, Ca, Mg) içerikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (6), 882-890.
- Çakır, H.N. ve Çimrin, K. M., 2018b. Kentsel arıtma çamuru uygulamalarının etkisi; II. mısır bitkisi ve toprağın mikro besin element ve ağır metal içerikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(6), 891-901.
- De Grazia, J., Tiftonell, P. A., Germinara, D. and Chiesa, A., 2003. Phosphorus and nitrogen fertilization in sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata* Bailey). *Spanish journal of agricultural research*, 1 (2), 103-107.
- Delibacak, S. and Ongun, A.R., 2016. Influence of treated sewage sludge applications on corn and second crop wheat yield and some properties of sandy clay soil. *Turkish Journal of Field Crops*, 21, 1-9.

- Demir, E. and Çimrin, K.M., 2011. Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17, 204-216.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum.
- Demirkıran, A.R., 2009. Determination of Fe, Cu and Zn contents of wheat and corn grains from different growing site. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (8), 1563-1567.
- Demirkıran, A.R., 2017. Organik gübrelerin ağır metal içerikleri ve bu konudaki standartlar. *Uluslararası 2. Iğdır Sempozyumu, Iğdır*.
- Dodd, K., Guppy, C.N., Lockwood, P. and Rochester, I., 2004. Comparison of applications of sand and polyacrylamide for separating the impact of the physical and chemical properties of sodic soils on the growth and nutrition of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Supersoil 2004: Proceedings of the 3rd Australian New Zealand Soils Conference, University of Sydney, Australia*.
- Edmeades, D.C., 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 66 (2), 165-180.
- Eid, E.M., Galal, T.M. and El-Bebany, A.F., 2020. Prediction models for monitoring heavy-metal accumulation by wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in sewage sludge amended soil. *International Journal of Phytoremediation*, 1-9.
- El-Hendawy, S.E., Hu, Y., Yakout, G.M., Awad, A.M., Hafiz, S.E. and Schmidhalter, U., 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *Eur. J. Agron.* 22, 243-253.
- El-Morsy, E.A., Malik, M. and Letey, J., 1991. Polymer effects on the hydraulic conductivity of saline and sodic soil conditions. *Soil Sci.* 151 (6), 430-435.
- Epstein, E., 1985. Salt-tolerant crops: origins, development, and prospects of the concept. *Plant and Soil*, 89 (1-3), 187-198.
- Epstein, E., 1975. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. *Journal of Environmental Quality*, 4 (1), 139-142.
- Epstein, E., 2003. *Land Application of Sewage Sludge and Biosolids*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Epstein, E., Taylor, J.M. and Chaney, R.L., 1976. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil and some soil physical and chemical properties. *Journal of Environmental Quality*, 5, 422-426.
- Ergene, A., 1993. *Toprak Bilimini Esasları*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:267560 s, Erzurum.
- FAO, 1990. Micronutrient assessment at the country level: An International study. *FAO Soils Bulletin*, No: 63, Rome.
- Flint, A.L. and Flint, L.E., 2002a. Methods of soil analysis: Part 4 physical methods, Particle Density, 5, 229-240.
- Flint, L.E. and Flint, A.L., 2002b. Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods, Porosity, 5, 241-254.
- Follet, R.H., 1969. Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. PhD Dissertation. Colorado State Univ., USA.
- Fresquez, P.R., Francis, R.E. and Dennis, G.L., 1990. Sewage sludge effects on soil and plant quality in a degraded, semiarid grassland. *Journal of Environmental Quality*, 19 (2), 324-329.
- Fuentes, D., Valdecantos, A., Llovet, J., Cortina, J. and Vallejo, V.R., 2010. Fine-tuning of sewage sludge application to promote the establishment of *Pinus halepensis* seedlings. *Ecological Engineering*, 36 (10), 1213-1221.

- Garcia-Gil, J.C., Plaza, C., Soler-Rovira, P. and Polo, A., 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 32 (13), 1907-1913.
- García-Orenes, F., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., Gómez, I. and Mataix-Beneyto, J., 2005. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. *Soil & Tillage Research*, 82 (1), 65-76.
- Gascó, G. and Lobo, M.C., 2007. Composition of a Spanish sewage sludge and effects on treated soil and olive trees. *Waste Management*, 27, 1494-1500.
- Gee, G.W. and Or, D., 2002. Methods of soil analysis: Part 4 physical methods, Particle size analysis, 5, 255-293.
- Gezer, E., 2012. İkinci ürün silajlık mısır üretiminde İSKİ atık su arıtma çamuru kullanımının toprak özellikleri, bitki gelişimi ve su kullanımına etkisi. Doktora tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği ABD, Tekirdağ.
- Giannakis, G.V., Kourgiyalas, N.N., Paranychianakis, N.V., Nikolaidis, N.P. and Kalogerakis, N., 2014. Effects of municipal solid waste compost on soil properties and vegetables growth. *Compost Science & Utilization*, 22 (3), 116-131.
- Gill, M.S., Pal, S.S. and Ahlawat, I.P.S., 2008. Approaches for sustainability of rice (*Oryza sativa*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system in Indo-Gangetic plains of India—A review. *Indian Journal of Agronomy*, 53 (2), 81-96.
- Glaub, J.C. and Golueke, C.G., 1989. Municipal organic wastes and composts for arid areas. *Arid Land Research and Management*, 3 (2), 171-184.
- Grossman, R.B. and Reinsch, T.G., 2002. Methods of soil analysis: Part 4 physical methods, Bulk density and linear extensibility, 5, 201-228.
- Grotto, D., Batista, B.L., Souza, J.M., Carneiro, M.F., Dos Santos, D., Melo, W.J. and Barbosa, F., 2015. Essential and nonessential element translocation in corn cultivated under sewage sludge application and associated health risk. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226 (8), 261.
- Guidi, G. and Hall, J.E., 1983. Effects of sewage sludge on the physical and chemical properties of soils. Third International Symposium on Processing and Use of Sewage Sludge, Brighton, UK.
- Hanay, A., 1992. Çöp kompostu uygulamasının toprakların kıvam limitleri ile bazı strüktür stabilite indekslerine etkisi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23 (1), 29-38.
- Hanay, A., Büyüksönmez, F., Kiziloglu, F.M. and Canbolat, M.Y., 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. *Compost Science & Utilization*, 12 (2), 175-179.
- Hargreaves, J.C., Adl, M.S. and Warman, P.R., 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123 (1-3), 1-14.
- Hati, K.M., Mandal, K.G., Misra, A.K., Ghosh, P.K. and Bandyopadhyay, K.K., 2006. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. *Bioresource Technology*, 97 (16), 2182-2188.
- 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 and Tillage Research*, 108 (1-2), 43-50.
- Hernández, T., Moreno, J. I. and Costa, F., 1991. Influence of sewage sludge application on crop yields and heavy metal availability. *Soil Science and Plant Nutrition*, 37 (2), 201-210.

- Hernández-Apaolaza, L., Gascó, A.M., Gascó, J.M. and Guerrero, F., 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource Technology*, 96 (1), 125-131.
- Herrera, F., Castillo, J.E., Chica, A.F. and Bellido, L.L., 2008. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. *Bioresource technology*, 99 (2), 287-296.
- Higgins, A.J., 1984. Land application of sewage sludge with regard to cropping systems and pollution potential 1. *Journal of Environmental Quality*, 13 (3), 441-448.
- Hirzel, J., Matus, I., Novoa, F. and Walter, I., 2007. Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production and nutrient uptake. *Spanish J. Agric. Res.*, 5, 102-109.
- Holz, S.C., Ingelmo, F. and Canet, R., 2000. Long term effects of the application of sewage sludge and vegetal cover on some physical and physicochemical properties of a degraded arid soil. *Agrochimica*, 44, 133-139.
- Hosseinpur, A. and Pashamokhtari, H., 2008. Impact of treated sewage sludge application on phosphorus release kinetics in some calcareous soils. *Environmental Geology*, 55 (5), 1015-1021.
- Hussein, A.H.A., 2009. Impact of sewage sludge as organic manure on some soil properties, growth, yield and nutrient content of cucumber crop. *Journal of Applied Science*, 9 (8), 1401-1411.
- Ilie, L., Mihalache, M., Scaeteanu, G.V., Madjar, R.M. and Popovici, D.R., 2018. Effect of sewage sludge amended soil on maize crop. *Revista De Chimie*, 69 (5), 1166-1172.
- Ingelmo, F., Canet, R., Ibanez, M.A., Pomares, F. and García, J., 1998. Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. *Bioresource Technology*, 63 (2), 123-129.
- İptaş, S., Öz, A. and Boz, A., 2002. Tokat-Kozova koşullarında ikinci ürün silajlık mısır yetiştirme olanakları. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8 (3), 185-19.
- Jones, J.B., 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Pres, Washington, D.C., 115-119.
- Kacar, B., 1984. *Bitki Besleme*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 899, 317 s, Ankara.
- Kacar, B. ve İnal, A., 2010. *Bitki Analizleri* (2. Baskı). *Nobel Yayınları*, No: 1241, 892 s, Ankara.
- Kacar, B. And Katkat, V.A., 2010. *Bitki Besleme*. Nobel Yayın No: 849, 660 s, Ankara.
- Kadunc, V., Mihelic, R. and Lobnik, F., 1994. Usability of compost from municipal sewage sludge and conifer bark in the plant production. *Kmetijstvo*, 63, 191-203.
- Kara, S., Döğeroğlu, T., Çabuk, A., Çiçek, A., Banar, M., Gaga, E., Malkoç, S., Yay, O.D., Özkan, A., Gerek, E.E., Özden, Ö., Çokaygil, Z., Köse, B.M. and Çınar, H. 2006. Çevre Sağlığı. *Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları* No: 880, 221 s, Eskişehir.
- Karak, T., Paul, R.K., Sonar, I., Nath, J.R., Boruah, R.K. and Dutta, A.K., 2016. Nickel dynamics influenced by municipal solid waste compost application in tea (*Camellia sinensis* L.): a cup that cheers. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13 (2), 663-678.
- Karami, M., Afyuni, M., Rezainejad, Y. and Schulin, R., 2009. Heavy metal uptake by wheat from a sewage sludge-amended calcareous soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83 (1), 51-61.
- Kchaou, R., Baccar, R., Bouzid, J. and Rejeb, S., 2018. Agricultural use of sewage sludge under sub-humid Mediterranean conditions: effect on growth, yield, and metal content of a forage plant. *Arabian Journal of Geosciences*, 11 (23), 746.
- Kelling, K.A., Peterson, A.E. and Walsh, L.M., 1977. Effect of wastewater sludge on soil moisture relationships and surface runoff. *Journal Water Pollution Control Federation*, 1698-1703.

- Kelly, J.J., Häggblom, M. and Tate III., R.L., 1999. Effects of the land application of sewage sludge on soil heavy metal concentrations and soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 31 (10), 1467-1470.
- Khandar, U.R., Tiwari, S.C., Sharma, R.K., Verma, S.K., Meena, R.L. and Kaledhonkar, M.J., 2017. Relative efficiency of amendments for reclamation of sodic vertisols and their effects on crop production. *Journal of Soil Salinity and Water Quality*, 9 (2), 187-193.
- Khanmohammadi, Z., Afyuni, M. and Mosaddeghi, M.R., 2017. Effect of sewage sludge and its biochar on chemical properties of two calcareous soils and maize shoot yield. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63 (2), 198-212.
- Kidd, P.S., Domínguez-Rodríguez, M.J., Díez, J. and Monterroso, C., 2007. Bioavailability and plant accumulation of heavy metals and phosphorus in agricultural soils amended by long-term application of sewage sludge. *Chemosphere*, 66 (8), 1458-1467.
- Kirkham, M. B., 1980. Characteristics of wheat grown with sewage sludge placed at different soil depths 1. *Journal of Environmental Quality*, 9 (1), 13-18.
- Koutroubas, S. D., Antoniadis, V., Fotiadis, S. and Damalas, C. A., 2014. Growth, grain yield and nitrogen use efficiency of Mediterranean wheat in soils amended with municipal sewage sludge. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 100 (2), 227-243.
- Kurvits, A. and Kirkby, E. A., 1980. The uptake of nutrients by sunflower plants (*Helianthus annuus*) growing in a continuous flowing culture system, supplied with nitrate or ammonium as nitrogen source. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 143 (2), 140-149.
- Küçükhemek, M., Gür, K. ve Uyanöz, R., 2008. Toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makro-mikro besin elementleri ve verimi üzerine etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 22 (45), 94-104.
- Kütük, A. C., Taban, S., Kacar, B. ve Samet, H., 1996. Etkinlikleri yönünden çay atığı ile ahır gübresi ve değişik kimyasal gübrelerin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2 (3), 51-57.
- Lakhdar, A., Hafsi, C., Rabhi, M., Debez, A., Montemurro, F., Abdelly, C., Jedidi, N. and Ouerghi, Z., 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource Technology*, 99 (15), 7160-7167.
- Lakhdar, A., Achiba, W. B., Montemurro, F., Jedidi, N. and Abdelly, C., 2009a. Effect of municipal solid waste compost and farmyard manure application on heavy-metal uptake in wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(21-22), 3524-3538.
- Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N. and Abdelly, C., 2009b. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials*, 171 (1-3), 29-37.
- Lakhdar, A., Scelza, R., Scotti, R., Rao, M. A., Jedidi, N., Gianfreda, L. and Abdelly, C., 2010. The effect of compost and sewage sludge on soil biologic activities in salt affected soil. *Revista De La Ciencia Del Suelo Y Nutrición Vegetal*, 10 (1), 40-47.
- Lamond RE, Whitney DA (1992). *Management of Saline and Sodic Soils*. Kansas State Univ. USA.
- Lax, A., Díaz, E., Castillo, V. and Albaladejo, J., 1994. Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendments. *Arid Soil Res. Rehab.*, 8 (1), 9-17.
- Levy, G.J., Levin J., Ben-Hur, M. and Shinberg I., 1992. Polymer effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkler irrigations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56 (3), 902-907.
- Liang, Q., Chen, H., Gong, Y., Fan, M., Yang, H., Lal, R. and Kuzyakov, Y., 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 92(1), 21-33.

- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3), 421-428.
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S. H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., and Fan, T., 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 158 (3-4), 173-180.
- Loeppert, R. H. and Suarez, D. L., 1996. Carbonate and gypsum. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*, 5, 437-474.
- López-Mosquera, M. E., Cascallana, V. and Seoane, S., 2002. Comparison of the effects of dairy sludge and a mineral NPK fertilizer on an acid soil. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 17 (1), 87-99.
- MacLean, K. S., Robinson, A. R. and MacConnell, H. H., 1987. The effect of sewage-sludge on the heavy metal content of soils and plant tissue. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 18 (11), 1303-1316.
- Madan, S., Nainawatee, H. S., Jain, R. K. and Chowdhury, J. B., 1995. Proline and proline metabolising enzymes in in-vitro selected NaCl-tolerant *Brassica juncea* L. under salt stress. *Annals of Botany*, 76 (1), 51-57.
- Maftoun, M., Moshiri, F., Karimian, N. and Ronaghi, A. M., 2005. Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (9), 1635-1651.
- Mahanta, D., Bhattacharyya, R., Gopinath, K. A., Tuti, M. D., Jeevanandan, K., Chandrashekar, C., Arunkumar, R., Mina, B. L., Pandey, B. M., Mishra, P. K., Bisht, J. K., Srivastva, A. K. and Bhatt, J. C., 2013. Influence of farmyard manure application and mineral fertilization on yield sustainability, carbon sequestration potential and soil property of gardenpea–french bean cropping system in the Indian Himalayas. *Scientia Horticulturae*, 164, 414-427.
- Maja, M., Ranko, C., Ljiljana, N., Dejana, D., Srdan, S. and Martina, B., 2017. Ground cover management and farmyard manure effects on soil nitrogen dynamics, productivity and economics of organically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. *subsp. secalina*). *Journal of Integrative Agriculture*, 16 (4), 947-958.
- Mamo, M., Moncrief, J. F., Rosen, C. J. and Halbach, T. R., 2000. The effect of municipal solid waste compost application on soil water and water stress in irrigated corn. *Compost Science & Utilization*, 8 (3), 236-246.
- Manojlović, M., Čabilovski, R., Nikolić, L., Džigurski, D., Šeremešić, S. and Bavec, M., 2017. Ground cover management and farmyard manure effects on soil nitrogen dynamics, productivity and economics of organically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. *subsp. secalina*). *Journal of Integrative Agriculture*, 16 (4), 947-958.
- Maync, A. and Venter, F., 1980. Effect of increasing rates of application and increasing period of utilization of sewage sludge on the content of EDTA-soluble Cd, Ni, Cr, Cu and Zn in the soil. *Landwirtschaftliche Forschung*, 33 (1), 23-29.
- Mays, D. A., Terman, G. L. and Duggan, J. C. 1973. Municipal compost: effects on crop yields and soil properties 1. *Journal of Environmental Quality*, 2 (1), 89-92.
- Meena, M. D., Joshi, P. K., Narjary, B., Sheoran, P., Jat, H. S., Chinchmalatpure, A. R., Yadav R. K. and Sharma, D. K., 2016. Effects of municipal solid waste compost, rice-straw compost and mineral fertilisers on biological and chemical properties of a saline soil and yields in a mustard–pearl millet cropping system. *Soil Research*, 54 (8), 958-969.
- Meena, M. D., Yadav, R. K., Narjary, B., Yadav, G., Jat, H. S., Sheoran, P., Meena, M.K, Antil, R.S., Meena, B.L., Singh, H.V., Meena, V. S., Rai, P.K., Ghosh, A. and Moharana, P.C., 2019. Municipal solid waste (MSW): Strategies to improve salt affected soil sustainability: A review. *Waste Management*, 84, 38-53.
- Mellbye, M.E., 1979. Incinerated sewage sludge use as a soil amendment for sweet corn (*Zea mays* L.). Master Thesis, Oregon State University, ABD.

- Méndez, A., Gómez, A., Paz-Ferreiro, J. and Gascó, G., 2012. Effects of sewage sludge biochar on plant metal availability after application to a Mediterranean soil. *Chemosphere*, 89 (11), 1354-1359.
- Meng, Q. F., Li, D. W., Zhang, J., Zhou, L. R., Wang, H. Y. and Wang, G. C., 2016. Soil properties and corn (*Zea mays* L.) production under manure application combined with deep tillage management in solonchic soils of Songnen Plain, Northeast China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15 (4), 879-890.
- Mertens, D., 2005a. AOAC Official Method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. *Official Methods of Analysis*, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp1-2, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mertens, D., 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. *Official Methods of Analysis*, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Miller, R.W., Azzari, A.S. and Gardiner, D.T., 1995. Heavy metals in crops as affected by soil types and sewage sludge rates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26:- (5-6), 703-711.
- Mitran, T., Kumar, P., Bandyopadhyay, P. K. and Basak, N., 2018. Effects of organic amendments on soil physical attributes and aggregate-associated phosphorus under long-term rice-wheat cropping. *Pedosphere*, 28 (5), 823-832.
- Mohammad, M. J. and Athamneh, B. M., 2004. Changes in soil fertility and plant uptake of nutrients and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. *Journal of Agronomy*, 3 (3), 229-236.
- Moharana, P.C., Sharma, B.M. and Biswas, D.R., 2017. Changes in the soil properties and availability of micronutrients after six-year application of organic and chemical fertilizers using STCR-based targeted yield equations under pearl millet-wheat cropping system. *Journal of Plant Nutrition*, 40 (2), 165-176.
- Montemurro, F., Convertini, G., Ferri, D. and Maiorana, M., 2005. MSW compost application on tomato crops in Mediterranean conditions: effects on agronomic performance and nitrogen utilization. *Compost Science & Utilization*, 13 (4), 234-242.
- Moral, R., Caselles, J.M., Murcia, M.P. and Espinosa, A.P., 2002. Improving the micronutrient availability in calcareous soils by sewage sludge amendment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (15-18), 3015-3022.
- Motta, S. R. and Maggiore, T., 2013. Evaluation of nitrogen management in maize cultivation grows on soil amended with sewage sludge and urea. *European Journal of Agronomy*, 45, 59-67.
- Muhammad, D. and Khattak, R.A., 2009. Growth and nutrient concentration of maize in pressmud treated saline-sodic soils. *Soil Environ.*, 28, 145–155.
- Munawar, M., Shahbaz, M., Hammad, G. and Yasir, M., 2013. Correlation and path analysis of grain yield components in exotic maize (*Zea mays* L.) hybrids. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 12(1), 22-27.
- Munsuz, N., Çaycı, G. ve Ok Sözüdoğru, S., 2001. Toprak Islahı ve Düzenleyiciler (Tuzlu ve Alkali Toprakların Islahı). Ankara Üni. Zir. Fakültesi Yayın No: 1518, Yardımcı ders Kitabı No: 471, Ankara.
- Müjdeci, M. and Üzümcü, E., 2017. The effects of farmyard manure and green manure applications on soil aggregation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (5), 3692-3696.
- Naeini, S. M. and Cook, H. F., 2000. Influence of municipal compost on temperature, water, nutrient status and the yield of maize in a temperate soil. *Soil Use and Management*, 16 (3), 215-221.

- Namlı, A., Akça, M. O., ve Akça, H. 2017. Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(1), 39-47.
- Navas, A., Bermúdez, F. and Machin, J., 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. *Geoderma*, 87 (1-2), 123-135.
- Naveed, S., Rehim, A., Imran, M., Bashir, M. A., Anwar, M. F. And Ahmad, F., 2018. Organic manures: an efficient move towards maize grain biofortification. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7 (3), 189-197.
- Neilsen, G. H. and Hogue, E. J., 1986. Some factors affecting leaf zinc concentration of apple seedlings grown in nutrient solution. *HortScience*, 21 (3), 434-436.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 3*. Chemical methods, 5, 961-1010.
- Nimmo, J. R., and Perkins, K. S., 2002. 2.6 Methods of soil analysis: part 4 physical methods, Aggregate stability and size distribution. 5, 317-328.
- Nouri, J., Khorasani, N., Lorestani, B., Karami, M., Hassani, A. H. and Yousefi, N., 2009. Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential. *Environmental Earth Sciences*, 59(2), 315-323.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: *Methods of Soil Analysis*, part 2, page. A.L., R.H. Miller and R.D. Keeney. *Soil Sci. Soc. of Agron.*, 404.
- Ostos, J. C., López-Garrido, R., Murillo, J. M. and López, R., 2008. Substitution of peat for municipal solid waste-and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub (*Pistacia lentiscus* L.). *Bioresource Technology*, 99(6), 1793-1800.
- Otten, L., 2001. Wet dry composting of organic municipal solid waste: current status in Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 28(S1), 124-130.
- Ozdemir, S., Nuhoglu, N. N., Dede, O. H. and Yetilmezsoy, K., 2020. Mitigation of soil loss from turfgrass cultivation by utilizing poultry abattoir sludge compost and biochar on low-organic matter soil. *Environmental technology*, 41(4), 466-477.
- Ozores-Hampton, M., Bryan, H. H., Schaffer, B. and Hanlon, E. A., 1994. Nutrient concentrations, growth, and yield of tomato and squash in municipal solid-waste-amended soil. *HortScience*, 29 (7), 785-788.
- Pandey, N., Verma, A. K. and Tripathi, R. S., 2007. Integrated nutrient management in transplanted hybrid rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agronomy*, 52(1), 40-42.
- Paulraj, C. and Ramulu, U.S., 1994. Effect of soil application of low levels of urban sewage sludge on the uptake of nutrients and yield of certain vegetables. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 42(3), 485-487.
- Perez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Moral, R., Perez-Murcia, M. D. and Gomez, I., 2000. Effects of sewage sludge application on salinity and physico-chemical properties of a calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 45 (1), 51-56.
- Perez-Murcia, M. D., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Perez-Espinosa, A. and Paredes, C., 2006. Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresource Technology*, 97 (1), 123-130.
- Perucci, P., 1990. Effect of the addition of municipal solid-waste compost on microbial biomass and enzyme activities in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 10 (3), 221-226.
- Pietz, R. I., Peterson, J. R., Hinesly, T. D., Ziegler, E. L., Redborg, K. E. and Lue-Hing, C., 1983. Sewage sludge application to calcareous strip-mine spoil: 11. effect on spoil and corn cadmium, copper, nickel, and zinc 1. *Journal of Environmental Quality*, 12 (4), 463-467.
- Pinamonti, F., 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51(3), 239-248.
- Pinamonti, F., Stringari, G. and Zorzi, G., 1997. Use of compost in soilless cultivation. *Compost Science & Utilization*, 5 (2), 38-46.

- Pizzeghello, D., Berti, A., Nardi, S. and Morari, F., 2011. Phosphorus forms and P-sorption properties in three alkaline soils after long-term mineral and manure applications in north-eastern Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141 (1-2), 58-66.
- Plaza, C., Sanz, R., Clemente, C., Fernández, J. M., González, R., Polo, A. and Colmenarejo, M. F., 2007. Greenhouse evaluation of struvite and sludges from municipal wastewater treatment works as phosphorus sources for plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(20), 8206-8212.
- Reynolds, W. D. and Elrick, D. E., 2002. *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods*, 5, 844-858.
- Richards, L.A. 1954. Origin and nature of saline and alkali soils. In: *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agricultural Handbook No:60, USDA, Washington, D.C., USA, 1-6.
- Robson, A. D. and Reuter, D. J., 1981. Diagnosis of copper deficiency and toxicity. In: Loneragan JF, Robson AD, Graham RD, editors. *Copper in Soils and Plants*. London: Academic Press, 287–312.
- Santos, F.L. and Serralheiro, R.P., 2000. Improving infiltration of irrigated Mediterranean soils with polyacrylamide. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76 (1), 83-90.
- Saviozzi, A., Biasci, A., Riffaldi, R. and Levi-Minzi, R., 1999. Long-term effects of farmyard manure and sewage sludge on some soil biochemical characteristics. *Biol. Fertil. Soils*, 30 (1-2), 100-106.
- Schimansky, C., 1981. The influence of certain experimental parameters on the flux characteristics of Mg-28 in the case of barley seedlings in hydroculture experiments. *Landwirtschaftliche Forschung*, 34 (3), 154-163.
- Sen, K.K., Bhadoria P.B.S., and Datta, B., 1995. Influence of soil conditioners on soil physical-properties and maize growth. *Tropical Agriculture* 72(1), 23-27.
- Serdar, S., Aksakal, E. L. ve Öztaş, T., 2019. Iğdır üniversitesi tarımsal uygulama ve araştırma merkezi deneme alanı toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (4), 2346-2363.
- Sezen, Y., 1995. *Toprak Kimyası*. Atatürk Üni. Yayınları No: 790. Ziraat Fakültesi Yayın No: 322. Ders Kitapları Serisi No: 71. Erzurum.
- Shah, Z. and Ahmad, M. I., 2006. Effect of integrated use of farm yard manure and urea on yield and nitrogen uptake of wheat. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1 (1), 60-65.
- Shanmugam, G. S. and Warman, P. R., 2004. Soil and plant response to organic amendments to three strawberry cultivars. *Proceedings of the International Humic Substances Society*. Embrapa (Pub.), Sao Pedro, 230-232.
- Shannon, M. C., 1978. Testing salt tolerance variability among tall wheatgrass lines 1. *Agronomy Journal*, 70 (5), 719-722.
- Shannon, M., 1984. *Breeding, Selection and Genetics of Salt Tolerance*. Salinity Tolerance in Plants, Strategies for Crop Improvement. Ed. R.C. Stables and G.H. Toenniesen. John Wiley and Sons, New York.
- Shiralipour, A., McConnell, D. B. and Smith, W. H., 1992. Physical and chemical properties of soils as affected by municipal solid waste compost application. *Biomass and Bioenergy*, 3 (3-4), 261-266.
- Shirani, H., Hajabbasi, M. A., Afyuni, M. and Hemmat, A., 2002. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 68 (2), 101-108.
- Shuval, H.I., 1990. *Wastewater Irrigation in Developing Countries*. Summary of World Bank Technical, 51 p, Washington, USA.
- Singh, J. P., Karamanos, R. E. and Stewart, J. W. B., 1986. Phosphorus-induced zinc deficiency in wheat on residual phosphorus plots. 1. *Agronomy Journal*, 78 (4), 668-675.

- Singh, R. P. And Agrawal, M. (2007). Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of *Beta vulgaris* plants. *Chemosphere*, 67(11), 2229-2240.
- Singh, R. P. and Agrawal, M., 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, 28 (2), 347-358.
- Smith, S. R., 1994. Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soils. I. Nickel, copper and zinc uptake and toxicity to ryegrass. *Environmental Pollution*, 85 (3), 321-327.
- Sojka, R.E., Bjorneberg, D.L., Entry, J.A., Lentz, R.D. and Orts, W.J., 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Advances in Agronomy*, 92, 75-162.
- Soon, Y. K., Bates, T. E. And Moyer, J. R., 1978. Land application of chemically treated sewage sludge: II. effects on plant and soil phosphorus, potassium, calcium, and magnesium and soil pH. *Journal of Environmental Quality*, 7 (2), 269-273.
- Sort, X. and Alcañiz, J.M., 1999a. Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation. *Land Degradation & Development*, 10 (1), 3-12.
- Sort, X. and Alcañiz, J.M., 1999b. Modification of soil porosity after application of sewage sludge. *Soil & Tillage Research*, 49 (4), 337-345.
- Soumaré, M., Demeyer, A., Tack, F. M. G. and Verloo, M. G., 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology*, 81 (2), 97-101.
- Soumare, M., Tack, F. M. G. and Verloo, M. G., 2003. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, 86 (1), 15-20.
- Speir, T. W., Van Schaik, A. P., Percival, H. J., Close, M. E. and Pang, L., 2003. Heavy metals in soil, plants and groundwater following high-rate sewage sludge application to land. *Water, Air, and Soil Pollution*, 150 (1-4), 319-358.
- Sposito, G., Lund, L. J. and Chang, A. C., 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: 1. fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. 1. *Soil Science Society of America Journal*, 46 (2), 260-264.
- SPSS, Inc., 2004. SPSS Inc. SPSS® 13.0 Base User's Guide, Prentice Hall.
- Stamatiadis, S., Doran, J.W. and Kettler, T., 1999. Field and laboratory evaluation of soil quality changes resulting from injection of liquid sewage sludge. *Applied Soil Ecology*, 12 (3), 263-272.
- Sui, Y. and Thompson, M. L., 2000. Phosphorus sorption, desorption, and buffering capacity in a biosolids-amended mollisol. *Soil Science Society of America Journal*, 64 (1), 164-169.
- Sumner, M. E. And Miller, W. P., 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*, USA, 5, 1201-1229.
- Şeker, C. Ve Ersoy, İ., 2005. Değişik organik gübreler ve leonarditin toprak özellikleri ve mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) gelişimi üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (35), 46-50.
- Taban, S., and Alpaslan, M., 1996. The effects of zinc fertilization on zinc, iron, copper, manganese and chlorophyll contents of maize. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 2 (1), 69-73.
- Tadesse, T., Dechassa, N., Bayu, W. and Gebeyehu, S., 2013. Effects of farmyard manure and inorganic fertilizer application on soil physico-chemical properties and nutrient balance in rain-fed lowland rice ecosystem. *American Journal of Plant Sciences*, 4 (02), 309-316.
- Tamoutsidis, E., Papadopoulos, I., Tokatlidis, I., Zotis, S. and Mavropoulos, T., 2002. Wet sewage sludge application effect on soil properties and element content of leaf and root vegetables. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (9), 1941-1955.

- Tamrabet, L., Bouzerzour, H., Kribaa, M. and Makhlouf, M., 2009. The effect of sewage sludge application on durum wheat (*Triticum durum*). International Journal of Agriculture and Biology, 11 (6), 741-745.
- Tangolar, S., Özdemir, G., Gürsöz, S., Çakir, A. ve Tangolar, S. G., 2007. Bazı organik gübre uygulamalarının asmanın (*Vitis vinifera* L. *çiloreş*) fenolojik gelişmesi ile salkım, tane ve sıra özellikleri üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (2), 319-325.
- Tejada, M. and Gonzalez, J.L., 2007. Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. Soil & Tillage Research, 93 (1), 197-205.
- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L. and Hernandez, M. T., 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Biology and Biochemistry, 38 (6), 1413-1421.
- Thomas, G. W., 1996. Soil pH and soil acidity. Methods of soil analysis: part 3 chemical methods, USA, 5, 475-490.
- Tirmizi, S.A., Javed, I., Saeed, A. and Samina, F., 1996. A study of the inorganic elements in vegetable and soil samples of the polluted and nonpolluted areas of Bahawalpur city (Pakistan). Hamdard-Medicus, 39 (3), 90-95.
- Topçuoğlu, B., Önal, M. K. and Arı, N., 2003. Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi I. bitki besinleri ve ağır metal içerikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (1), 87-96.
- Tsadilas, C. D., Matsi, T., Barbayiannis, N. and Dimoyiannis, D., 1995. Influence of sewage sludge application on soil properties and on the distribution and availability of heavy metal fractions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 26 (15-16), 2603-2619.
- Tsadilas, C. D., Mitsios, I. K. and Golia, E., 2005. Influence of biosolids application on some soil physical properties. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36 (4-6), 709-716.
- Turan, M. and Aydin, A. (2005). Effects of different salt sources on growth, inorganic ions and proline accumulation in corn (*Zea mays* L.). European Journal of Horticultural Science, 70, 149-155.
- Türkmen, C., 2004. Kireçli toprak sisteminde kentsel arıtma çamurunun arpa bitkisinin gelişimi bazı ağır metallerin alımı üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak ABD, Ankara.
- Uysal, H. ve Taysun, A., 1995. Kümeleşmeyi sağlayan bazı polimerlerin toprak özellikleri ile birlikte laboratuvar şartlarında erozyona etkileri. İlhan Akalan Toprak-Çevre Semp., Ankara Üni. Ziraat Fak., Ankara.
- Uysal, H., 1986. Gediz Havzasındaki farklı büyük toprak gruplarına ait su erozyonu etkisi altındaki eğimli tarım alanlarında Polivinilalkol (PVA)'ün agregatlaşmaya etkileri üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üni. Fen Bilimleri Enst., İzmir.
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N., 1974. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınları Serisi No: 28. Ankara.
- Ünal, M. and Katkat, A.V., 2009. The effects of food industry sludge on soil properties and growing of maize (*Zea mays* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment, 7 (2), 435-440.
- Veeresh, H., Tripathy, S., Chaudhuri, D., Hart, B. R. and Powell, M. A., 2003. Competitive adsorption behavior of selected heavy metals in three soil types of India amended with fly ash and sewage sludge. Environmental Geology, 44(3), 363-370.
- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Sci. 37 (1), 29-37.
- Wallace, A. and Wallace, G.A., 1986. Effect of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton, and lettuce seedling. Soil Science, 141 (5), 313-316.

- Wang, L., Sun, X., Li, S., Zhang, T., Zhang, W. and Zhai, P., 2014. Application of organic amendments to a coastal saline soil in north China: effects on soil physical and chemical properties and tree growth. *PloS one*, 9, 1-9.
- Wang, X., Chen, T., Ge, Y. and Jia, Y., 2008. Studies on land application of sewage sludge and its limiting factors. *Journal of Hazardous Materials*, 160 (2-3), 554-558.
- Wang, X., Ren, Y., Zhang, S., Chen, Y. and Wang, N., 2017. Applications of organic manure increased maize (*Zea mays* L.) yield and water productivity in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*, 187, 88-98.
- Warman, P. R. and 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 (9), 1029-1038.
- Weber, J., Karczewska, A., Drozd, J., Licznar, M., Licznar, S., Jamroz, E. and Kocowicz, A., 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 39 (6), 1294-1302.
- Wei, Q.F., Lowery, B. and Peterson, A.E., 1985. Effects of sludge application on physical properties of a silty clay loam soil. *J. Environ. Qual.*, 14 (2), 178-180.
- Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y. and Shimaoka, T., 2017. Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 51-65.
- Withers, P. J., Clay, S. D. and Breeze, V. G., 2001. Phosphorus transfer in runoff following application of fertilizer, manure, and sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, 30 (1), 180-188.
- Wong, J. W. C., Chan, C. W. Y. and Cheung, K. C., 1998. Nitrogen and phosphorus leaching from fertilizer applied on golf course: Lysimeter study. *Water, Air, and Soil Pollution*, 107(1-4), 335-345.
- Wong, J.W.C., Li, G.X. and Wong, M.H., 1996. The growth of *Brassica Chinensis* in heavy-metal-contaminated sewage sludge compost from Hong Kong. *Bioresource Technology*, 58 (3), 309-313.
- Yadav, R. L., 1998. Factor productivity trends in a rice–wheat cropping system under long-term use of chemical fertilizers. *Experimental Agriculture*, 34 (1), 1-18.
- Yağmur, B. ve Okur, B., 2018. Bazı doğal toprak düzenleyicilerin mısır (*Zea Mays* L.) bitkisinin verim parametreleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55 (4), 111-120.
- Yağmur, B., Bülent, O., Ekrem, Ö., and Nur, O., 2019. A preliminary study on response of iron content and yield of corn to different rates of sewage sludge. *Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 29 (1), 63-70.
- Yolcu, H., 2008. Kaba yem olarak kullanılan arpa ve buğday çeşitlerinde ahır gübresi uygulaması I: morfolojik, verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23 (3), 137-144.
- Yuksel, O., 2015. Influence of municipal solid waste compost application on heavy metal content in soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187 (6), 313.
- Zahid L. and Niazi, M. F. K., 2006. Role of ristech material in the reclamation of saline-sodic soils. *Pakistan Journal of Water Resources* 10, 43–49.
- Zaka, M. A., Mujeeb, F., Sarwar, G., Hassan, N. M. and Hassan, G., 2003. Agromelioration of saline sodic soils. *Online J. Biol. Sci*, 3 (3), 329-334.
- Zhang, J. B., Yang, J. S., Yao, R. J., Yu, S. P., Li, F. R., & Hou, X. J., 2014. The effects of farmyard manure and mulch on soil physical properties in a reclaimed coastal tidal flat salt-affected soil. *Journal of Integrative Agriculture*, 13 (8), 1782-1790.
- Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Solberg, E. and Bittner, E., 2006. A four-year study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Science & Utilization*, 14 (1), 68-80.

- Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., Caldwell, C. D., MacLeod, J. and Grimmett, M., 2006. Compost, manure, and gypsum application to timothy/red clover forage. *Journal of Environmental Quality*, 35 (6), 2410-2418.
- Zinati, G. M., Li, Y., Bryan, H. H., Mylavarapu, R. S. and Codallo, M., 2004. Distribution and fractionation of phosphorus, cadmium, nickel, and lead in calcareous soils amended with composts. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 39 (1), 209-223.
- Zuo, W., Gu, C., Zhang, W., Xu, K., Wang, Y., Bai, Y., Shan, Y. and Dai, Q., 2019. Sewage sludge amendment improved soil properties and sweet sorghum yield and quality in a newly reclaimed mudflat land. *Science of The Total Environment*, 654, 541-549.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Faruk TOHUMCU
Doğum tarihi:	07-09-1981
Doğum Yeri:	Erzurum
Uyruğu:	Türkiye Cumhuriyeti
Adres:	Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Iğdır.
Tel:	05305171507
E-mail:	fthumcu@gmail.com
Eğitim	
Lise:	Adnan Menderes Lisesi, 1998
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 2007
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011
Doktora:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Ziraat Mühendisleri Odası.	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	