

**FARKLI pH DERECELERİNE SAHİP TOPRAKLARDA  
ÇÖP KOMPOSTUNUN BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE  
BİTKİ VE TOPRAKTA AĞIR METAL İÇERİĞİNE ETKİSİ**

**VOLKAN ATAV**

**Yüksek Lisans Tezi**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME**

**ANABİLİM DALI**

**Danışman : Dr. Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL**

**2018**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI pH DERECELERİNE SAHİP TOPRAKLARDA ÇÖP KOMPOSTUNUN  
BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE BİTKİ VE TOPRAKTA AĞIR METAL  
İÇERİĞİNE ETKİSİ**

**Volkan ATAV**

**TOPRAK VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL**

**TEKİRDAĞ-2018**

**Her hakkı saklıdır**

Dr. Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL danışmanlığında, Volkan ATAV tarafından hazırlanan “Farklı pH Derecelerine Sahip Topraklarda Çöp Kompostunun Bazı Toprak Özellikleri ile Bitki ve Toprakta Ağır Metal İçeriğine Etkisi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ

*İmza :*

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin SARI

*İmza :*

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI pH DERECELERİNE SAHİP TOPRAKLARDA ÇÖP KOMPOSTUNUN BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE BİTKİ VE TOPRAKTA AĞIR METAL İÇERİĞİNE ETKİSİ

**Volkan ATAV**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL

Kompostlama belediye katı atıklarının yok edilmesi için en fazla tercih edilen yöntemlerden birisidir. Belediye katı atıklarından elde edilen çöp kompostları birçok ülkede organik toprak düzenleyici ve gübre olarak tarım alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, çöp kompostları tarım alanlarında bazı olumsuz etkilere neden olabilir. Çöp kompostlarının ağır metal ve tuz içerikleri tarımsal alanlarda kullanılmadan önce bilinmesi gereken etkenlerden biridir. Bu çalışmanın amacı farklı pH'ya sahip topraklarda çöp kompostunun toprak ve arpa bitkisinde ağır metal içeriklerine ve bazı toprak özelliklerine etkisini incelemektir. Deneme 3 tekerrürlü saksı denemesi olarak kurulmuştur. Çöp kompostu kuru ağırlık üzerinden 0, 5, 10, 15 t da<sup>-1</sup> oranlarında saksılara uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre kompost uygulaması toprakların Cu ve Zn içeriklerini istatistiki olarak önemli (P<0.01) düzeyde artırırken Pb, Ni, Mn ve Fe içeriklerine etkisi önemli bulunmamıştır. Çöp kompostu bitkilerin Zn ve Cu içeriklerini (P<0.01) önemli düzeyde artırırken Pb ve Ni içeriklerine etkisi önemli bulunmamıştır. Kompost uygulamasının hiçbirinde hem toprak hem de bitkide ağır metal içerikleri sınır değerleri aşmamıştır. Toprak-bitki transfer katsayısına göre bitkilerin topraktan aldıkları ağır metal içerikleri (tüm ağır metallerde) asit topraklarda en yüksek sonuçları vermiştir. Araştırma sonuçlarına göre çöp kompostu uygulaması tüm topraklarda organik karbon, elektriksel iletkenlik (EC), kation değiştirme kapasitesi (KDK) ve asit toprakların pH sınırı yükseltmiştir. Toprakların tuz miktarları sınır değerleri aşmasa da kompost uygulaması toprakların tuz içeriklerini önemli

düzeyde arttırmıştır. Araştırma sonuçları göstermiştir ki denemede kullanılan çöp kompostu besin elementi noksanlığı görülen alanlarda Zn ve Cu kaynağı olarak kullanılabilir bir materyaldir. Ayrıca yüksek organik madde içeriği nedeni ile iyi bir toprak düzenleyici olabileceği bu araştırmada ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** çöp kompostu, toprak, pH, ağır metal, arpa

**2018, 87 Sayfa**

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF WASTE COMPOST ON SOIL PROPERTIES AND HEAVY METAL CONTENT OF PLANT AND SOILS WITH DIFFERENT pH LEVEL**

**Volkan ATAV**

Tekirdağ Namık Kemal University

Institute of Applied Sciences

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Danışman: Dr.Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL

The waste compost, derived from city solid waste, are commonly used as an organic soil regulator and a fertilizer in agriculture areas in many countries. However, the waste compost may cause some negative effects in agriculture areas. The heavy metal and salt contents of waste composts are one of the factors that must be known before using them in agriculture areas. In this study, the effects of the waste compost on some properties of soil with different pH, heavy metal content of soil and heavy metal content of plant grown on it (barley). The study was carried out as pot experiment with three replications. The waste compost was applied to the pots in the rates of 0, 5, 10, 15 t da<sup>-1</sup> (dry weight). According to the results of study, compost application significantly increased the Cu and Zn contents of the soils. However, compost application didn't cause an important increase in the contents of Pb, Ni, Mn and Fe. Application of waste compost increased Cu and Zn contents of the plants significantly (P<0.01), but it had no effect on Pb, and Ni contents of plants. None of the compost application has increased heavy metal content above the upper limit values in both soil and plants. According to soil-plant ratio, plants grown on asidic soils had the highest level of heavy metal contents (in the all heavy metals). According to the study results, the waste compost application increased organic carbon, electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC) and pH (in acidic soils) in all soils. The compost application increased the salt content of the soil significantly (P <0.01), although the soil salt contents did not exceed the limit values. The research results showed that the waste compost which was used in study, is a material that can be used as Zn and Cu source in the fields where the nutrition element

deficiency is observed. Also, in this study, it is revealed that the waste compost can be a good soil regulator due to the reason of its high organic matter content.

**Anahtar kelimeler:** waste compost, soil, pH, heavy metals, barley

**2018, 87 Pages**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>2</b>
<b>2. KAYNAK TARAMALARI</b> .....	<b>6</b>
2.1 Çöp Kompostunun Toprak Özelliklerine Etkisi .....	6
2.2. Çöp Kompostunun Toprak ve Bitkide Ağır Metal İçeriğine Etkisi .....	9
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>13</b>
3.1 Materyal.....	13
3.1.1. Yöntem .....	13
3.1.2. Çöp kompostu.....	15
3.1.3. Bitki .....	17
3.2. Yöntem .....	19
3.2.1 Analiz yöntemleri .....	19
3.2.1.1 Toprak analiz yöntemleri.....	19
3.2.1.2. Bitki analiz yöntemleri .....	20
3.2.1.3. Çöp kompostu analiz yöntemleri .....	21
3.2.2. Deneme yöntemi ve denemenin kurulması .....	21
3.2.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması .....	23
3.2.2.2 Bitki örneklerinin alınması ve analize hazırlanması.....	23
3.2.2.3 Verilerin istatistiksel analizleri .....	23
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>24</b>
4.1 Ağır Metal .....	24
4.1.1 Toprak örneklerinin ağır metal sonuçları .....	24
4.1.1.1 Kurşun (Pb) .....	24
4.1.1.2 Nikel (Ni).....	26
4.1.1.3 Çinko (Zn) .....	28
4.1.1.4 Bakır (Cu).....	30
4.1.1.5 Mangan (Mn).....	32



4.1.1.6 Demir (Fe) .....	34
4.1.2 Bitki örneklerinin ağır metal sonuçları .....	37
4.1.2.1 Kurşun (Pb) .....	37
4.1.2.2 Nikel (Ni).....	39
4.1.2.3 Mangan (Mn).....	41
4.1.2.4 Çinko (Zn) .....	43
4.1.2.5 Bakır (Cu).....	45
4.1.2.6 Demir (Fe) .....	47
4.1.3. Ağır metallerin transfer katsayıları .....	49
4.2 Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	50
4.2.1 Organik Karbon (%) .....	50
4.2.2 Toprak Reaksiyonu (pH) .....	53
4.2.3 Toprak Tuzluluğu (EC) .....	55
4.2.4 Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%) .....	57
4.2.5 Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) (cmol kg <sup>-1</sup> ) .....	59
4.2.6 Hacim ağırlığı (db) .....	61
4.2.7. Agregat Stabilitesi .....	63
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>66</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>68</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>73</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprakların bazı analiz sonuçları .....	14
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan toprakların bazı ağır metal analiz sonuçları .....	14
Çizelge 3.3. Toprakta ağır metal sınır değerleri (Anonim 2018a).....	14
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan çöp kompostunun bazı analiz değerleri ve sınır değerler ..	17
Çizelge 4.1. Toprakların Pb içeriğine ait varyans analiz tablosu .....	25
Çizelge 4.2. Topraklarda kurşun içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	25
Çizelge 4.3. Toprakların nikel içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	27
Çizelge 4.4. Topraklarda nikel içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	27
Çizelge 4.5. Toprakların çinko içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4.6. Topraklarda çinko içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	29
Çizelge 4.7. Toprakların bakır içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	31
Çizelge 4.8. Topraklarda bakır içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	31
Çizelge 4.9. Toprakların mangan içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.10. Topraklarda mangan içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	33
Çizelge 4.11. Toprakların demir içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	35
Çizelge 4.12. Topraklarda demir içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	35
Çizelge 4.13. Bitkilerin kurşun içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	38
Çizelge 4.14. Bitkilerde kurşun içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	38
Çizelge 4.15. Bitkilerin nikel içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	40
Çizelge 4.16. Bitkilerde nikel içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	40
Çizelge 4.17. Bitkilerin mangan içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	42
Çizelge 4.18. Bitkilerde mangan içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	42
Çizelge 4.19. Bitkilerin çinko içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	44
Çizelge 4.20. Bitkilerde çinko içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	44
Çizelge 4.21. Bitkilerin bakır içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....	46
Çizelge 4.22. Bitkilerde bakır içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	46
Çizelge 4.23. Bitkilerin demir içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.24. Bitkilerde demir içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	48
Çizelge 4.25. Araştırmada elde edilen ağır metallerin toprak-bitki transfer katsayıları.....	49
Çizelge 4.26. Organik karbon içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	51
Çizelge 4.27. Organik karbon içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	52

Çizelge 4.28. pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....	54
Çizelge 4.29. pH değerlerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	54
Çizelge 4.30. Tuzluluk içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	56
Çizelge 4.31. Tuzluluk içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	56
Çizelge 4.32. Kireç içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	58
Çizelge 4.33. Kireç içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	58
Çizelge 4.34. Toprakların KDK değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	60
Çizelge 4.35. KDK değerlerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	60
Çizelge 4.36. Hacim ağırlığına ait varyans analiz sonuçları .....	62
Çizelge 4.37. Hacim ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	62
Çizelge 4.38. Deneme topraklarının agregat stabilitesi varyans analiz tablosu .....	64
Çizelge 4.39. Agregat stabilitesine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları .....	64

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Toprak örneklerinin alındığı noktaların harita üzerindeki konumları .....	13
Şekil 3.2. Çöp kompostu üretim aşamalarından görüntüler (Anonim 2018b) .....	16
Şekil 3.3. Çöp kompostu uygulanmış saksılarda Sladoran çeşidi arpa bitkisi .....	18
Şekil 3.4. Belirli dozdaki çöp kompostlarının toprak örneği ile karıştırılması .....	22
Şekil 4.1. Deneme topraklarının Pb içerikleri .....	24
Şekil 4.2. Topraklarda bulunan nikel elementine ait değerler .....	26
Şekil 4.3. Toprakta bulunan çinko elementine ait değerler .....	28
Şekil 4.4. Toprakta bulunan bakır elementine ait değerler .....	30
Şekil 4.5. Toprakta bulunan mangan elementine ait değerler .....	32
Şekil 4.6. Toprakta bulunan demir elementine ait değerler .....	34
Şekil 4.7. Bitkilerde bulunan kurşun elementine ait değerler .....	37
Şekil 4.8. Bitkilerde bulunan nikel elementine ait değerler .....	39
Şekil 4.9. Bitkide bulunan mangan elementine ait değerler .....	41
Şekil 4.10. Bitkide bulunan çinko elementine ait değerler .....	43
Şekil 4.11. Bitkide bulunan bakır elementine ait değerler .....	45
Şekil 4.12. Bitkide bulunan demir elementine ait değerler .....	47
Şekil 4.13. Toprakların organik karbon içerikleri .....	51
Şekil 4.14. Toprakların pH değerleri .....	53
Şekil 4.15. Toprakların tuz içerikleri .....	55
Şekil 4.16. Toprakların kireç değerleri .....	57
Şekil 4.17. Toprakların katyon değişim kapasitesi değerleri .....	59
Şekil 4.18. Toprakların hacim ağırlıkları .....	61
Şekil 4.19. Deneme topraklarının agrgat stabilitesi sonuçlarının grafiksel gösterimi .....	63

## SİMGELER DİZİNİ

Pb	: Kurşun
Ni	: Nikel
Mn	: Mangan
Zn	: Çinko
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Mg	: Magnezyum
K	: Potasyum
P	: Fosfor
N	: Azot
Ca	: Kalsiyum
Hg	: Civa
°C	: Santigrat derece
ha	: Hektar
da	: Dekar
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
%	: Yüzde
ark.	: Arkadaşları
EC	: Elektriksel iletkenlik
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma

## ÖNSÖZ

Bana bu konuda çalışma olanağı sağlayan, çalışmam boyunca beni her zaman destekleyen ve yol gösteren, fikir ve görüşlerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL'e, tezin yürütülmesi ve analiz aşamasındaki her türlü yardımından dolayı Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin SARI'ya ve Bahçe Bitkileri Öğretim Üyesi Doç.Dr. Süreyya ALTINTAŞ'a, tezin istatistik değerlendirmelerindeki katkılarından dolayı Tarla Bitkileri Bölümü Öğretim üyesi Dr. Öğretim Üyesi Alpay BALKAN'a, tezin ağır metal analizlerindeki yardımlarından dolayı Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve Dr. Mehmet Ali GÜRBÜZ'e, tezin hazırlanması sırasında destek ve yardımlarını her zaman hissettiğim arkadaşlarıma, hayatım boyunca ve Yüksek Lisans öğrenimimin her safhasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Ağustos, 2018

Volkan ATAV  
Ziraat Mühendisi

## 1. GİRİŞ

Bütün canlılar gibi insanlar da yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli ihtiyaçlarını doğadan karşılarlar. Bu ihtiyaçlar karşılanırken kullanılan doğal kaynakların geri dönüşümü gerçekleşmeyecek şekilde tüketilmesi, insanların doğaya verdikleri zararlar arasında en önemlisidir. Hızla artan insan nüfusu ve kentleşme, doğal kaynakların daha çok tüketildiği bir çağda yaşamamıza neden olmaktadır. Bu kaynakların kullanımı sonrası oluşan atıkların tekrar doğaya kazandırılması tüm canlılık için hayati derecede önem arz etmektedir. Williams (1998)'e göre çöp, ürüne sahip olan kişinin kurtulmak istediği bir obje ya da maddedir. Belediyeye ait atıklar ise genel olarak evsel ve sanayi atıklarını barındıran çöpler olarak tanımlanmaktadır. Yığınlar halinde depolanarak, doğaya tekrar kazanımı gerçekleştirilmeyen çöp birikintileri; sadece buldukları alanda değil, rüzgar gibi nedenlerle taşınmaları sonucunda birçok bölgede toprak ve akarsu gibi doğal kaynakların kirlenmesine neden olmaktadır.

Artan miktardaki katı atıkların yok edilmesi günümüzün en önemli sorunlarından. Katı atıkların büyük bir kısmı çeşitli şekillerde depolanmakta ya da geri dönüştürülmektedir. Katı atıkların üretiminin önlenmesi ve azaltılması bu konuda öncelikle uygulanacak bir yöntem olmakla birlikte üretilen katı atıkların ortadan kaldırılmasında belli başlı birkaç yöntem vardır. Bu yöntemler içinde geri dönüştürme en çevreci ve tercih edilen yöntemdir. Apaydın (1998)'e göre kompostlama, katı ve sıvı atık içindeki bileşiklerin bir tesis içinde biyolojik olarak humusa benzer zararsız ve tarıma elverişli yapıya dönüştürme işlemidir.

Çöp kompostu yüksek organik madde kapsamı ile iyi bir organik gübre olabilecek niteliklere sahiptir. Toprakların, bitki için gerekli olan makro ve mikro besin elementlerini kazanmasını sağlamanın yanında fiziksel şartlarını iyileştirerek uygun bir yetişme ortamı sağlar. Çöp kompostunun besin elementi kapsamı bir organik gübre kadar yüksek olmasa da toprakların fiziksel özelliklerini önemli ölçüde ıslah edici özelliğe sahiptir (Bahtiyar 1985).

Ülkemizde çöp kompostunun üretimi ve tarımsal amaçlarla kullanımı son derece azdır. 2016 verilerine göre toplanan belediye atık miktarı yaklaşık 32 milyon tondur. Toplanan bu atıkların sadece % 0.5'i (146 000 ton) kompostlama tesislerine gönderilmiştir. Toplam

Kompost üretimi son 10 yıl içerisinde giderek azalmıştır. 2006 yılında 606 000 ton kapasiteli 4 tesiste 104 807 ton katı atık işlem görmüş ve 26 648 ton kompost elde edilmiştir. 2010 yılında 55 600 ton kapasiteli 5 tesiste 134 000 ton atık işlem görmüş ve 38 000 ton kompost elde edilmiştir. 2016 yılında ise 424 000 ton kapasiteli 7 kompost tesisinde 140 467 ton atık işlem görmüş ve 20 000 ton kompost elde edilmiştir (Anonim 2017). Tabarasan (1978)'e göre evsel nitelikli katı atıkların kompostlaştırılması sonucu % 65 oranında hacim azalması meydana gelebilir. Evsel nitelikli katı atıkların kompostlaştırılması sonucunda % 50 kompost oluşurken % 15 buhar ve gaz meydana gelmektedir.

Kompostlaştırma işlemi sonucunda elde edilen kompost ürünü, ürün kalitesine bağlı olarak park bahçelerde, tarım alanlarında, seralarda yaygın olarak kullanılabilir (Yıldız ve ark. 2009). Örneğin İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Geri Dönüşüm Tesisinde elde edilen kompostun büyük bir bölümü park ve bahçelerin gübrenmesinde ve AĞAÇ A.Ş. tarafından fidan ve çiçek yetiştirilmesinde kullanılmaktadır (Anonim 2018b).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde sıcaklık, yetersiz yağış ve özellikle aşırı toprak işleme gibi çeşitli nedenlerle tarım topraklarının organik madde içerikleri son derece düşüktür. Topraklarımızın % 21'inde organik madde çok az (<%1), % 54.6'sında az (% 1-2), %18.3'ünde orta (% 2-3) düzeyde bulunmaktadır. Yeterli ve fazla organik madde içeren topraklar ise % 6 civarındadır (Ergene 1993). Sürdürülebilir toprak verimliliği açısından toprakların organik madde miktarının korunması ve hatta artırılması önemlidir. Bunun için topraklara düzenli olarak organik madde ilavesi gereklidir. Bu amaçla çeşitli organik atıkların kompostlaştırılarak topraklara uygulanması yaygın olarak yapılmaktadır. Kompostlaştırılmış organik materyaller toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etki ederler (Hernandez ve ark. 2015, Westerman ve Bicudo 2005). Bu organik materyallerin en önemli özelliği yüksek organik C içerikleridir (Erhart ve Hartl 2010). Çöp kompostları, yoğun tarım yapılan ve bu nedenle organik maddesi azalan tarım topraklarında organik C kaynağı olarak kullanılacak organik materyaldir (Annabi 2007, Hargreaves ve ark. 2008).

Çöp kompostları toprakların kimyasal özelliklerini olumlu yönde etkilerler. Kompost, toprakların organik madde içeriklerini artırır ve buna paralel olarak toprakların katyon değişim kapasitesini (KDK) ve besin elementi içeriğini artırır. Düşük pH'ya sahip



topraklarda pH'yı yükseltir, böylece bitkilerin ağır metal alımını kısıtlar. Ancak tarım topraklarına çöp kompostu uygulamasının bazı sakıncalarına dikkat edilmelidir. Bu sakıncaların en önemlileri çöp kompostunun ağır metal ve tuz içeriğidir. Birçok araştırmada çöp kompostu uygulamasının sınır değerleri aşmasa da toprakların tuz içeriğini ve ağır metal içeriğini arttırdığı belirtilmektedir (Hernandez ve ark. 2015, Yüksel 2015; Hargreaves ve ark. 2008). Erhart ve Hartl 2010' a göre, çöp kompostlarının üretiminde yasal standartlara uyulduğu takdirde topraklarda ağır metal birikimi riski çok düşüktür.

Bütün bu olumlu etkilerinin yanında çöp kompostlarının ağır metal içerikleri diğer organik gübrelere göre daha yüksektir. Çünkü standartlara uygun üretilmeyen kompostların içinde komposta ağır metal verebilecek pil, plastik, metal vb. materyaller bulunabilir (Diacono ve Montemurro 2010). Bu nedenle çöp kompostunun tarımsal amaçlarla kullanımında ağır metal içeriklerinin de dikkate alınması gereklidir. Achiba ve ark. (2009), çöp kompostunun toprak verimliliğini arttırdığını ancak ağır metal içeriği yönünden toprağa olumsuz bazı etkilerinin olabileceğini bildirmiştir.

Ağır metaller, periyodik cetvelin geçiş elementleri olan, özgül ağırlıkları  $5 \text{ gr/cm}^3$ 'den, atom numarası 20'den fazla olan elementlerdir. Bu grubun içine 70 kadar element girmektedir. Ancak ekolojik bakımdan önemli olan 20 element dikkati çekmektedir. Bunlar; Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al elementleridir. Bunlardan Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni elementleri bitki ve hayvanlar için mikro besin maddesi olup izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksik olmamaktadırlar (Yıldız ve ark. 2004).

Ekosfere ulaşan ağır metallerden Zn, Mn, Co, Cu, Ni ve Mo bitki gelişimi için mutlak gerekli iken Al, V, As, Hg, Pb, Cd ve Se toksik etkilidir. Bitki gelişimi için mutlak gerekli element olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Gür ve ark. 2004).

Atom ağırlıkları 63 ile 200 arasında olan kurşun, kadmiyum, cıva, arsenik, krom gibi ağır metaller; mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar birçok

evre ve insan sağlığı problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Vanlı ve ark. 2009).

Ağır metallerin etkisi toprakların pH'sına bağlı olarak değişmektedir. Yüksek pH'lı topraklarda; okeltelerin oluşması, H<sup>+</sup>'nın emilimi için rekabetin azalması ve humik maddelerin ağır metal dayanıklılığına katkıda bulunması gibi durumlar nedeniyle ağır metallerin hareketliliği azalmaktadır (Pigozzo ve ark 2006). Fourest ve ark. (1992) yaptıkları bir çalışma ile mantar yetiştiriciliğinde, ağır metal iyonlarının hücre duvarlarından geçerek üründe birikmesinin; ortamın pH değerini ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. McBride (1989) Cd, Cu, Ni ve Zn elementlerinin topraklarda tutunma derecelerinin; pH, organik madde, KDK, kil durumu gibi özelliklere göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Sauve ve ark. (1998) yaptıkları araştırmada pH 3-8 aralığında organik madde miktarına bağlı olarak Pb adsorpsiyonu üzerine çalışmışlar ve pH 3-6,5 aralığında Pb adsorpsiyonunda organik madde miktarına bağlı olmaksızın bir azalma olduğunu göstermişlerdir.

Toprakta ağır metal yarayışlılığı; pH modifikasyonları, organik madde ve gübre amenajmanı, uygun bitki seçimi, fiziksel stabilizasyon, güçlü asitle yıkama, kireçleme, fosforlu gübre uygulaması, ağır metal şelatrleriyle yıkama ve fitoremediasyon teknikleri gibi agronomikal uygulamalarla minimize edilebilir (Okcu ve ark. 2009).

Farklı pH derecelerine sahip topraklarda çöp kompostunun, bazı toprak özellikleri ile bitki ve toprakta ağır metal içeriğine etkisini araştırmak amacıyla yapılan bu araştırma, deneme topraklarının analiz sonuçlarını, toprakta ve bitkide bulunan ağır metal düzeylerini ve elde edilen bütün analiz-ölçüm sonuçlarının istatistik değerlendirmesini kapsamaktadır.

## 2. KAYNAK TARAMALARI

### 2.1 Çöp Kompostunun Toprak Özelliklerine Etkisi

Bahtiyar (1985), yaptığı bir kompost denemesinde kompost ilavesinin; toprak kirecini, pH'sını, elektriksel iletkenliğini, N-P-K kapsamını, toprak organik maddesini önemli derecede arttırdığını, C/N oranını önemsiz derecede küçülttüğünü, organik madde ve nitrojenin toprakta zamanla önemli derecede azaldığını belirlemiştir.

Garcia-Gil ve ark. (2004) çöp kompostunun 20 mg ha<sup>-1</sup> ile 80 mg ha<sup>-1</sup> arasındaki dozlarda toprağa uygulanması halinde kompostun bileşimindeki hümik asitlerin önemli yapısal birimlerinin toprağa geçişinin sağlandığını belirtmişlerdir.

Leaungvutivirog ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada değişik gübreleme çeşidinin (kompost, çiftlik gübresi, kimyasal gübreleme, yeşil gübreleme ve pirinç samanı uygulaması) toprakların kimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada kompost, çiftlik gübresi ve pirinç samanı uygulamalarının kimyasal gübreleme ile karşılaştırıldığında dört seriye ait topraktaki organik madde içeriğini daha fazla arttırdığını bildirmişlerdir.

Mkhabela ve ark. (2005)'a göre genellikle çöp kompostu gübrelemesinin dozu ile toprak pH'sındaki artış orantılıdır. Kompost uygulaması sonucundaki pH'nın artışına, mineralize olan karbon ile ligand değişimler sonucunda açığa çıkan OH<sup>-</sup> iyonları ve K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>2+</sup> gibi katyonların neden olabileceği belirtmiştir.

Zhang ve ark. (2006) düşük verimli topraklara çöp kompostu uygulaması yaparak 4 yıl boyunca bitkilerin aldıkları besin elementlerini ve toprağın bazı kimyasal özelliklerini takip etmişlerdir. Azot alımının en fazla olduğu zaman kompost uygulamasının yapıldığı ilk yıl olup her yıl topraktan alınan azot miktarında düşüş yaşanmıştır. Sülfür için de aynı sonuç bulunmuş olup fosforun çöp kompostundan salınarak bitki tarafından alınması 4 yıl boyunca sabit kalmıştır. Araştırma sonucunda azot emilimi göz önüne alınarak çöp kompostu gübrelemesinin 2 yılda 1 kez yapılmasının ürün verimi açısından en uygun olduğu

belirtmiştir. Çöp kompostundan toprağa salınan ağır metal miktarı her yıl sabit olarak bulunmuştur. Kompost uygulaması, 1. deneme alanı toprağının 0-15 cm derinliğinde pH'yı arttırmışken 15-30 cm derinlikte herhangi bir pH değişimine rastlanılmamıştır. 2. deneme alanı toprağının her iki katmanında da pH değişimi gerçekleşmemiştir. Elektriksel iletkenlik ise her iki toprağın katmanlarında artış göstermiştir.

Alagöz ve ark. (2006), yaptıkları denemede çöp kompostu uygulamasının toprağın toplam azot içeriği üzerine etkisinin % 5 düzeyinde önemli olduğunu belirtmişlerdir. Her düzeyde uyguladıkları çöp kompostunun, toprağın toplam azot içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Achiba ve ark. (2009), kireçli topraklara belirli dozlarda çöp kompostu ile ahır gübresi uygulayarak toprakların kimyasal özellikleri ile ağır metal içeriklerini karşılaştırmışlardır. 5 yıl boyunca bir deneme alanına 0, 40, 80, 120 t ha<sup>-1</sup> çöp kompostu, diğer deneme alanına 0, 40 ve 120 t ha<sup>-1</sup> ahır gübresi uygulaması yapılmıştır. İki deneme alanı topraklarında organik madde içeriği, elektriksel iletkenlik, toplam azot artmışken toprak pH'sında bir miktar düşüş yaşanmıştır. Ahır gübresi uygulanan topraklarda ağır metal birikimi görülmemiş olup çöp kompostu uygulaması yapılan toprakların 20 cm'lik üst tabakasında ağır metal konsantrasyonunun önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.

Carbonell ve ark. (2011) mısır yetiştiriciliğinde çöp kompostu uygulaması ile kimyasal gübrelemenin etkilerini araştırdıkları bir çalışma sonucunda kompost, topraktaki Cu, Pb ve Zn miktarlarını arttırmışken NPK gübrelemesi Cd ve Ni miktarlarını arttırmış, Hg miktarını düşürmüştür. Bitkinin kök sistemi Cr, Ni, Pb ve Hg ağır metallerine karşı bariyer görevi yapmış olduğundan bitki üst aksamlarının bu elementleri emilimi düşük olmuştur. En yüksek ağır metal birikimi bitkinin köklerinde bulunmuştur.

Rajaie ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışma sonucunda çöp kompostu uygulamasının, toprağın ağır metal içeriğinde artışa neden olduğunu ancak bu artışın, domates yetiştiriciliğinde ürüne olumsuz etki yapacak düzeyde olmadığını hatta ürünün bazı mikro besin elementi ihtiyacının bu şekilde karşılandığını belirlemişlerdir. Kompost uygulaması ile

meydana gelebilecek en önemli sorunun toprakta çözünebilir tuz konsantrasyonundaki artış olduğu açıklanmıştır.

Soumare ve ark. (2003), tropikal tarım alanlarında kumlu kil tın ve tınlı kum topraklarda çöp kompostu uygulamasının toprakların organik madde, total azot, yarıyıllı fosfor, potasyum içeriklerinin iyileştirdiğini pH'sını ise yükselttiğini bildirmiştir.

Montemurro ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada topraklara çöp kompostu uygulamasının ayçiçeği bitkisinin N alımı, N kullanımı, verimi ve toprak karakteristikleri üzerine etkisini incelemişler ve deneme sonunda yapılan analiz sonuçlarına göre toprakların kimyasal özelliklerini geliştirdiğini belirlemişlerdir. Özellikle yarıyıllı P, değişebilir K düzeyini ve toplam toprak organik maddesini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Aggelides ve Londra (2000) hacim olarak % 62 çöp kompostu % 21 arıtma çamuru ve % 17 talaş karışımından elde ettikleri organik gübreyi toprak özelliklerine etkisini görmek amacıyla 0, 75, 150, 300 t ha<sup>-1</sup> dozlarında tınlı ve kil topraklara uygulamışlardır. Organik gübrenin uygulanmasıyla birlikte toprakların kimyasal özellikleri direk olarak etkilenmiştir. Hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, total porozite, gözenek büyüklüğü dağılımı, toprak penetrasyon direnci, agregasyon ve agregat stabilitesi gibi toprak fiziksel özellikleri ise gelişme göstermiştir. Araştırmacılar bu toprak özelliklerinin tınlı topraklarda killi topraklardan kompost uygulama dozlarına bağlı olarak daha belirgin olduğunu ifade etmişlerdir.

Hanay ve ark. (2004) tuzlu alkali toprakların jips ve çöp kompostu kullanarak ıslah edilmesi olanakları üzerine yaptıkları bir çalışmada, topraklara ardışık olarak 50 t ha<sup>-1</sup> jips ve 50, 100, 150 t ha<sup>-1</sup> dozlarında olgun çöp kompostunu 5 tekerrür olarak uygulamışlardır. Araştırma sonucunda jips ve takip eden şekilde çöp kompostu uygulamasının yüksek çözünebilir tuzlardan ve değişebilir Na içeriğinden dolayı bozunmuş toprakları etkin olarak iyileştirebileceğini belirtmişlerdir.

Hicklenton ve ark. (2001) hacim olarak 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 oranlarında çöp kompostu ve peat karışımlarının bitki (*Coltoneaster dammeri* cv.) yetiştiriciliği üzerine

yaptıkları bir çalışmada çöp kompostu içeren ortamdaki çözünebilir tuz içeriğinin başlangıçta yükseldiğini fakat 1 ay içinde 1 mS/cm'nin altına düştüğünü belirlemişlerdir.

Weber ve ark. (2007) belediye katı atıklarından elde edilen 2 farklı kompostun ilavesi ile kumlu bir toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimleri incelemek amacıyla kurdukları denemede, topraklara 18, 36 ve 72 t ha<sup>-1</sup> dozlarında kompost uygulamışlardır. Deneme kurulduktan 1 ay sonra ve hasattan sonra olmak üzere 2 dönemde toprak örneklerini almışlardır. Araştırma sonuçlarına göre uygulanan bütün kompostların toprak organik karbonunu arttırması nedeniyle toprakların fiziksel özelliklerini geliştirdiğini belirlemişlerdir. Kompost uygulamasından sonra sadece kısa bir zaman sonra toplam porozite, tarla kapasitesi ve bitkiye yararlı su miktarının istatistiksel düzeyde önemli artışlar gösterdiğini fakat zamanla toprak organik karbon içeriğinin azalmasına rağmen kompost uygulamasından 3 yıl sonra C:N oranının açık olarak arttığını ve bunun nedenini de N kaynaklarının tükenmesi olarak açıklamışlardır. Her iki kompost da tüm deneme periyodu boyunca bitkiye yararlı P, K ve Mg içeriklerinde büyük bir miktarda artışa neden olmuşlardır. Toprak humik maddelerinin bileşiminde yararlı değişimler gözlemlenmiştir. Toprak katyon değişim kapasitesi ve baz saturasyonunun kompost uygulanmış bütün parsellerde arttığını, bu etkinin kompost uygulamasından 1 yıl sonra bile gözlemlendiğini belirlemişlerdir.

## **2.2. Çöp Kompostunun Toprak ve Bitkide Ağır Metal İçeriğine Etkisi**

Achiba ve ark. (2009), kireçli topraklara belirli dozlarda çöp kompostu ile ahır gübresi uygulayarak toprakların kimyasal özellikleri ile ağır metal içeriklerini karşılaştırmışlardır. 5 yıl boyunca bir deneme alanına 0, 40, 80, 120 t ha<sup>-1</sup> çöp kompostu, diğer deneme alanına 0, 40 ve 120 t ha<sup>-1</sup> ahır gübresi uygulaması yapılmıştır. Araştırma sonucunda çöp kompostu uygulaması yapılan toprakların 20 cm'lik üst tabakasında önemli ölçüde ağır metal konsantrasyonunun oluştuğu gözlemlenmiştir.

Baldwin ve Shelton (1999) üç farklı belediye atık kompostu ile yaptıkları çalışmada kireçli ve kireçsiz iki toprağa 0, 25, 50, ve 100 t ha<sup>-1</sup> dozunda çöp kompostu uygulamışlardır. Tütün bitkisi yetiştirdikleri denemede her yıl 3 sefer bitki ve toprak örnekleri alıp metal analizi yapmışlardır. Tütün yapraklarında genel olarak tüm yıllarda ve uygulamalarda Cd, Ni

ve Pb konsantrasyonları belirlenememiştir. Araştırmacılar, belediye katı atık kompostunun Cu ve Zn konsantrasyonunun diğer iki belediye atık kompostuna göre daha düşük olduğundan, tütün yapraklarında da Cu ve Zn konsantrasyonlarının daha düşük bulunduğunu belirtmişlerdir.

Jordao ve ark. (2006), yaptıkları bir çalışmada artan dozlarda çöp kompostu uygulanmış topraklarda pH ve yarayışlı Zn, Cu, Mn, Pb ve Ni içeriklerini incelemişlerdir. Araştırma sonunda, artan dozlarda kompost ilavesinin toprakların pH'sını arttırdığını yarayışlı ağır metallerin konsantrasyonunun  $Zn>Pb>Ni>Cu>Mn$  sıralamasını izlediğini belirlemişlerdir. Daha büyük kentlere ait çöplerden elde edilen çöp kompostunun pH ve yarayışlı ağır metal içeriklerinin daha küçük kentlere göre daha yüksek değerlerde bulunduğunu belirlemişlerdir.

Epstein ve ark. (1992) karışık ve kaynağında ayrılmış iki çöp kompostunda yaptıkları bir çalışmada karışık çöp kompostlarındaki ağır metal içeriğinin USEPA standartlarına göre arıtma çamuru ve arıtma çamuru kompostlarından daha düşük düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Kaynağında ayrılmış çöp kompostunun ağır metal konsantrasyonları karışık çöp kompostlarından daha düşük bulunmasına rağmen iki kompost arasında Cr, Hg ve Ni içerikleri arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır. İki kompost arasında Cd ile % 5, Pb, Cu ve Zn değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur.

Petruzelli ve Pezzarossa (2001) kompostlarda ağır metal içeriğinin kompostun elde edildiği materyal ile yakından ilgili olduğunu, örneğin Cd ve Zn oksit ve hidroksitlerinin küçük pillerde büyük miktarlarda bulunduğunu, metal sülfidlerin (CdS, ZnS) yaygın olarak plastiklerde bulunduğunu, Pb ve Zn oksitlerin tekstil atıklarında çok yaygın iken sülfat ve klorit gibi metal tuzların çöplerin bütün tiplerinde bulunabileceğini belirtmişlerdir.

Soumare ve ark. (2003) tropikal tarım alanlarında kumlu kil tın ve tınlı kum topraklarda çöp kompostu uygulamasından sonra bitkilerin ağır metal alımlarının önemli düzeyde etkilenmediğini bu nedenle topraklara çöp kompostu uygulamasının zararlı bir etkisinin olmayabileceğini ifade etmişlerdir.

Madrid ve ark. (2007) art arda 3 sefer çöp kompostu uygulanmış yoğun tarım yapılan kumlu bir toprakta ağır metal birikimini ve DTPA'da ekstrakte edilebilirliğini inceledikleri 2 yıl 7 ay süren bir çalışmada sera toprakları üzerinde yapılan parsellere 2.1, 2.1 ve 1.8 kg m<sup>-2</sup> dozlarında çöp kompostu uygulamışlar ve deneme sonunda kontrol uygulamasına göre ağır metal içeriğinin arttığını gözlemlemişlerdir. Kompostun ikinci uygulamasından sonra toprağın total Zn ve Pb içeriğinin, 3. uygulamadan sonra ise Cu ve Ni içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir.

Hicklenton ve ark. (2001) hacim olarak 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 oranlarında çöp kompostu ve peat karışımlarının bitki (*Coltostelea dammeri* cv.) yetiştiriciliği üzerine yaptıkları bir çalışmada çöp kompostunda yetiştirilen bitkilerin ağır metal alımının bark ortamındaki alımlardan daha yüksek olmadığını ve çalışmanın hiçbir döneminde besin elementi noksanlığı ya da toksisite belirtisi göstermediğini tespit etmişlerdir.

Pinamonti ve ark. (1997) 3 tane farklı toprak düzenleyicisinin 14 farklı *Malus Domestica* bitkisinde yaptıkları bir çalışmada ahır gübresi, arıtma çamuru ve kavak yongası kompostu ve çöp kompostu kullanmışlar. Bu materyallerden özellikle arıtma çamuru kavak yongası kompostunun Zn, Cu ve Pb miktarları ahır gübresinden daha yüksek bulunmuştur. Çöp kompostunun ise en yüksek konsantrasyonlara sahip olduğunu belirlemişlerdir. 6 yıl süren çalışmada toprak ile meyve ve yapraklarda total ve EDTA'da ekstrakte edilebilir Zn, Cu, Ni, Cd ve Cr içeriklerini gözlemlemişlerdir. Arıtma çamuru ve kavak yongası kompostu, toprak ve bitkide ağır metal düzeylerinde önemli bir artışa neden olmamıştır. Aksine 6 yıl boyunca kullanılan çöp kompostunun topraklarda hem total hem de EDTA ile eksakte edilebilir Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, Cr içeriklerini arttırdığı, bitki ve meyvede total ve eksakte edilebilir Pb ve Cd içeriklerini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Weber ve ark. (2006) belediye katı atıklarından elde edilen 2 farklı kompostun ilavesi ile kumlu bir toprağın fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerindeki değişimleri incelemek amacıyla kurdukları denemede, topraklara 18, 36 ve 72 ton ha<sup>-1</sup> dozlarında kompost uygulamışlar ve deneme kurulduktan 1 ay sonra ve hasattan sonra olmak üzere 2 dönemde toprak örnekleri almışlardır. Deneme sonunda orijini endüstriyel bölgeler olan kompostun, düşük miktarlarda kullanılmış olsa bile, ağır metallerin total konsantrasyonu



üzerine önemli artışa neden olduğunu ancak bu durumun ağır metal içeriği bakımından toprak kalitesinde herhangi önemli bir değişikliğe neden olmadığını belirlemişlerdir.

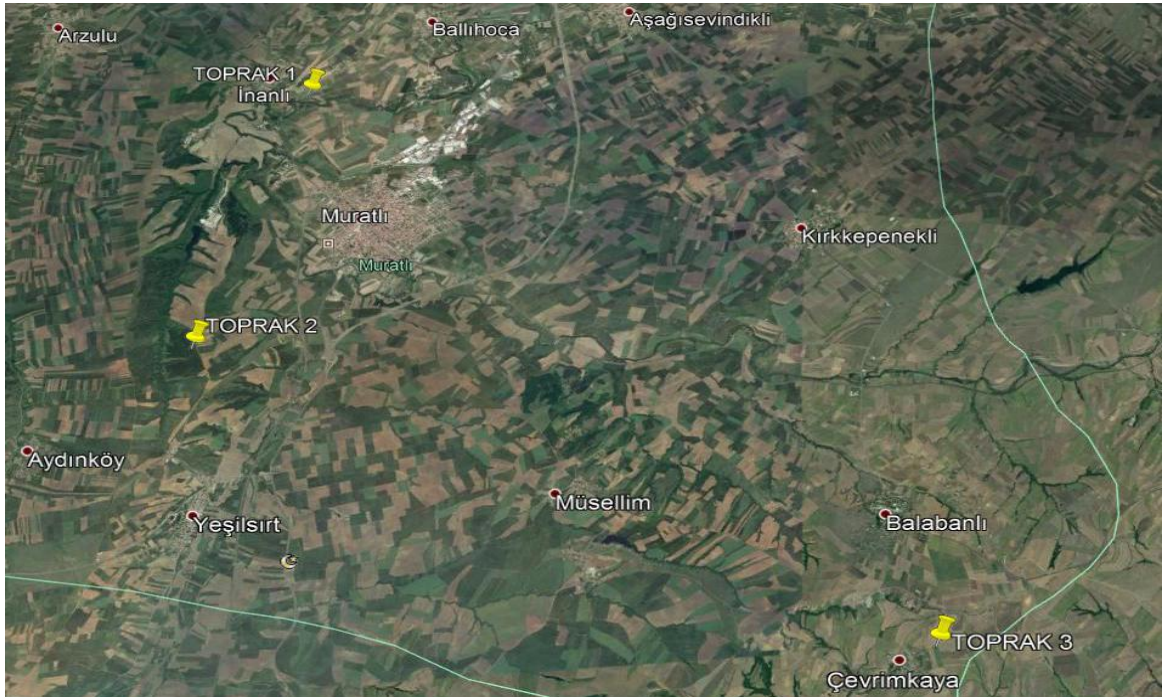
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1. Yöntem

Denemede farklı pH derecesine sahip 3 çeşit toprak kullanılmıştır. Bu topraklardan asit karakterli (Toprak 1) Tekirdağ ilinin Muratlı ilçesine bağlı İnanlı mahallesinden (köy girişine yakın bir tarladan) ( $41^{\circ}12'03''N$ ,  $27^{\circ}28'43''E$ ) alınmıştır. Nötr pH ya sahip toprak (Toprak 2) Muratlı ilçesine bağlı İnanlı mahallesinde özel bir çiftlik arazisinden ( $41^{\circ}08'50''N$ ,  $27^{\circ}27'38''E$ ) alınmıştır. Bazik karakterli toprak (Toprak 3) ise Muratlı İlçesinin Çevrimkaya mahallesinden ( $41^{\circ}05'42''N$ ,  $27^{\circ}36'43''E$ ) alınmıştır (Şekil 3.3).

Denemede kullanılan toprakların alındığı yerlerin haritadaki konumları Şekil 3.1'de, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ise Çizelge 3.1 ve 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Toprak örneklerinin alındığı noktaların harita üzerindeki konumları

**Çizelge 3.1.** Denemede kullanılan toprakların bazı analiz sonuçları

Toprak No	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Organik Madde (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Tekstür (%)			
					Kum	Silt	Kil	Sınıf
Toprak 1	5,25	125,00	1,05	-	63,24	10,72	26,04	SCL
Toprak 2	6,70	189,00	2,88	0,71	37,24	34,72	28,04	CL
Toprak 3	7,62	205,00	1,95	4,86	32,24	23,72	31,2	C

**Çizelge 3.2.** Denemede kullanılan toprakların bazı ağır metal analiz sonuçları

Toprak No	Pb	Ni	Zn	Cu	Mn	Fe
	mg kg <sup>-1</sup>					
Toprak 1	14,24	22,82	29,20	11,10	446,58	15028,05
Toprak 2	25,49	80,10	52,20	20,90	862,52	24915,05
Toprak 3	31,88	96,80	63,60	28,40	660,0	30821,15

**Çizelge 3.3.** Toprakta ağır metal sınır değerleri (Anonim 2018a)

Ağır Metal (Toplam)	6 ≤ pH < 7	pH ≥ 7
	(mg kg <sup>-1</sup> Fırın Kuru Toprak)	
Pb	70	100
Cd	1	1,5
Cr	60	100
Cu	50	100
Ni	50	70
Zn	150	200
Hg	0,5	1,0

### 3.1.2. öp kompostu

Araştırmada kullanılan çöp kompostu, 2001 yılında hizmet vermeye başlayan İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Geri Dönüşüm Tesisinden temin edilmiştir. Bu tesiste İstanbul genelinde toplanan organik içerikli evsel atıklar, kontrollü şartlar altında mikroorganizmalar vasıtası ile doğal olarak işlenmektedir. Günlük 1000 ton evsel atık işleme kapasitesine sahip tesiste yılda ortalama 20 000 ton toprağı ıslah edici, organik değeri yüksek kompost üretilmektedir. Tesiste belediye katı atıklarının yanı sıra Bayrampaşa Hal Müdürlüğü'nden gelen sebze ve meyve atıkları, Büyükşehir Belediyesi Mezarlıklar Müdürlüğü ve Park ve Bahçeler Müdürlüğü, diğer resmi kurum ve kuruluşlar ile özel kişilerden gelen dal-budak atıkları belediye çöpleri ile beraber karıştırılarak kompostlaştırılmaktadır. Atıklar, tünel kompostlaştırma tekniği ile aerobik fermantasyon ile işlenmektedir. Tesise gelen atıklar içinde kompostlanmayan maddeler ayrılmakta ve kalan atıklar 80 mm'lik eleklerden geçirilerek fermantasyon bölümüne gönderilmektedir. 80 mm'den büyük atıklar ise Geri Kazanım Ünitesine gönderilmektedir. Elde edilen kompost (şekil 3.2) Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü tarafından yeşil alanlarda, AĞAÇ A.ř. tarafından fidan ve iek yetiştirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca özel kurum ve kişilere de satış yapılmaktadır (Anonim 2018b).



Şekil 3.2. Çöp kompostu üretim aşamalarından görüntüler (Anonim 2018b)

**Çizelge 3.4.** Denemede kullanılan çöp kompostunun bazı analiz değerleri ve sınır değerler

		Çöp kompostu*	Sınır değerler**
Ağır Metaller (mg kg <sup>-1</sup> )	Kurşun (Pb)	42,80	150
	Kadmiyum (Cd)	2,45	3
	Nikel (Ni)	39,30	120
	Krom (Cr)	53,80	350
	Kobalt (Co)	5,65	-
	Bakır (Cu)	242,10	450
	Çinko (Zn)	533,40	1100
	Mangan (Mn)	379,30	-
	Demir (Fe)	18946,30	-
Nem (%)	14	< 30	
Organik Madde (%)	46,44	> 35	
pH	7,3	5,5-8,5	
EC (dS m <sup>-1</sup> )	5,70	< 10	
C/N	-	10-30	
CaCO <sub>3</sub> (%)	11,02	-	

\* Denemede kullanılan çöp kompostunun deneme öncesi yapılan analiz değerleri

\*\* Kompost Tebliği (Resmi Gazete (sayı 29286)) (Anonim, 2018c).

### 3.1.3. Bitki

Araştırmada deneme mateyal materyali Sladoran arpa çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.3). Arpa bitkisi pH değişimlerine olan dayanıklılığından dolayı seçilmiştir.

Sladoran arpa çeşidi, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından adaptasyon çalışmaları sonucu geliştirilen ve 1998 yılında tescil ettirilen arpa çeşididir. Başakları 2 sıralıdır, uzun ve eğik bir görünüm arz eder. Bitki boyu orta olup 80-85 cm'dir. Danesi iri olup açık sarı renkte ve homojen yapıdadır. Kışlık bir çeşit olup soğuklara dayanıklılığı iyidir. Marmara bölgesinde taban ve yarı taban alanlarında yetiştiriciliği tavsiye edilir. Kardeşlenme kapasitesi yüksek olup verim potansiyeli oldukça yüksektir. Boy uzunluğu orta olup, sap

yapısı kuvvetli ve elastiki olduğundan yatmaya karşı dayanıklıdır. Kullanılacak tohumluk miktarı m<sup>2</sup>'ye 450-500 dane (17-19 kg da<sup>-1</sup>), uygulanacak gübre miktarı 12-15 kg da<sup>-1</sup> saf azot olarak yapılabilir. Külleme ve pas hastalıklarına karşı toleranslıdır. Ayrıca yaygın olarak görülen arpa yaprak hastalıklarına (yaprak leke ve yaprak çizgili leke) karşı da dayanıklılık gösterir. Kalitesi yüksek olup, biralık olarak malt sanayi'nde kullanılabilir. Başaktaki dane irilikleri nispeten homojen bir yapıdadır. Bin dane ağırlığı 38-40 gr, hektolitre ağırlığı 64-66 kg'dır. Protein oranı % 11-12'dir (Anonim 2018d).



Şekil 3.3. Çöp kompostu uygulanmış saksılarda Sladoran çeşidi arpa bitkisi

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1 Analiz yöntemleri**

#### **3.2.1.1 Toprak analiz yöntemleri**

##### **Toprak reaksiyonu (pH)**

Toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5 toprak : saf su karışımında pH-metre ile ölçülmüştür (US. Salinity Lab. Staff 1954).

##### **Toprak tuzluluğu (EC) ( $\text{dS m}^{-1}$ )**

Toprakta tuz (elektriksel iletkenlik) 1:2,5 toprak : saf su karışımında EC-metre ile ölçülmüştür (US. Salinity Lab. Staff 1954).

##### **Organik madde (%)**

Kromik ve sülfürik asit ile işleme tabi tutulmak suretiyle toprak organik maddesindeki organik karbonun tamamının oksitlenmesi sağlanarak oksidasyon için kullanılan kromatin oksidasyona girmeyen kısmının standart demir sülfat çözeltisi ile titre edilerek belirlenmiştir (Nelson ve Sommers 1996).

##### **Kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) (%)**

Toprak örneklerinin kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içerikleri Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Kalsiyum karbonatın hidroklorik asit (HCl) ile reaksiyona girmeleri ile oluşan  $\text{CO}_2$  gazı hacminin ölçülmesiyle hesaplanmıştır (Loeppert ve Suarez, 1996).



### **Katyon değişim kapasitesi (KDK) (cmol kg<sup>-1</sup>)**

Topraklarda katyon değişim kapasitesi amonyum asetat (pH:7) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde topraklar 1 N Sodyum asetat (Na-CH<sub>3</sub>COO) ile muamele edilerek sodyum (Na) ile doyurulmuştur. Fazla tuzlar ve açığa çıkan katyonlar etil alkol ile yıkandıktan sonra toprak 1 N Amonyum asetat (NH<sub>4</sub>-CH<sub>3</sub>COO) ile muamele edilerek NH<sub>4</sub> ile doyurulmuş ve açığa çıkan Na toplanarak miktarı belirlenmiştir (Sumner and Miller, 1996).

### **Agregat stabilitesi (%)**

Metod düşey şekilde aşağı yukarı hareket eden bir elek takımı yardımıyla toprak örneğinin belirli bir süre su içerisinde elenmesi işlemine dayanır. Eleme sonucunda her elek üzerinde kalan agregat miktarları saptanır ve saptanan bu miktarlar tüm agregat ağırlığının yüzdesi olarak tanımlanır (Kemper ve Rosenau 1986).

### **Hacim ağırlığı (db) (g cm<sup>-3</sup>)**

Toprak örneklerinde hacim ağırlığı analizleri kesek (parafinli kesek) yöntemine göre yapılmıştır (Blake ve Hartge 1986).

### **Topraklarda total makro ve mikro elementlerin belirlenmesi**

Fırında 105 °C de kurutulmuş öğütölmüş toprak örneklerinin 1:3 HNO<sub>3</sub>:HCl çözeltisi ile yakılması sonucu elde edilen çözeltide, Spectro Arcos marka Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ile belirlenmiştir (Kacar 1995)

#### **3.2.1.2. Bitki analiz yöntemleri**

Fırında 70 °C de kurutulan ve öğütölen bitki örneklerinin HNO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltisinde yakılması ile elde edilen çözeltide ölçümler Spectro Arcos marka Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ile yapılmıştır (Kacar ve İnal 2010).

### **3.2.1.3. öp kompostu analiz yöntemleri**

#### **Organik madde (Total) (%)**

Yanma kaybı yöntemine (LOI) göre çöp kompostunun 3 saat 650 °C'de yakılması sonucunda geriye kalan kül miktarından hesaplanarak belirlenmiştir (EAWAG 1970).

#### **pH**

Hacim esasından 1:5 kompost-saf su süspansiyonunda pH-metre ile belirlenmiştir (EAWAG 1970).

#### **Tuzluluk (EC) (dS m<sup>-1</sup>)**

Hacim esasından 1:5 kompost-su süspansiyonunda EC-metre ile belirlenmiştir (EAWAG 1970).

#### **Kireç (CaCO<sub>3</sub>) (%)**

Scheibler kalsimetre yöntemi ile belirlenmiştir (EAWAG, 1970).

#### **Ağır metal analizleri (mg kg<sup>-1</sup>)**

Kurutma fırınında 70 °C de kurutularak öğütülen 1 g çöp kompostu örneğinin 1:3 oranında HNO<sub>3</sub>:HCl karışımı ile yakılması ile elde edilen çözeltide Spectro Arcos marka Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) cihazı ile belirlenmiştir.

### **3.2.2 Deneme yöntemi ve denemenin kurulması**

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarı ve Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait yüksek tünelde yürütülen deneme, tesadüf

blokları deneme desenine göre farklı pH'ya sahip 3 toprak çeşidi, 4 çöp kompostu dozu (0, 5, 10, 15 ton da<sup>-1</sup>/kuru ağırlık) ve 3 paralel olmak üzere toplam 36 saksıdan oluşmaktadır.

Denemede kullanılan çöp kompostu 10.08.2016 tarihinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemberburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisinden alınmıştır.

Deneme, 04.10.2016 tarihinde 5 kg kapasiteli plastik saksılar kullanılarak kurulmuştur. 4 mm'lik elekten elenerek tartılan çöp kompostu 1 da (250 000 kg) toprağa 0-5-10-15 t da<sup>-1</sup> olacak şekilde kuru ağırlık üzerinden hesaplanarak 4 kg toprak ile karıştırılarak (Şekil 3.4) plastik saksılara doldurulmuştur.

Saksılara 30 gün sonra, Sladoran çeşidi arpa, her saksıya 22 adet olacak şekilde ekilmiştir. Bitkiler çimlendikten sonra seyreltme yapılarak saksılardaki bitki sayısı eşitlenmiştir. Bitkinin vejetasyonu süresince fenolojik gözlemler yapılmış olup yaklaşık 2 ay sonra (4-5 yapraklı dönemde) bitkiler gövde kısımları kök tacından kesilerek hasat edilmiştir.



**Şekil 3.4.** Belirli dozdaki çöp kompostlarının toprak örneği ile karıştırılması

### **3.2.2.1 Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması**

Bitkilerin hasadı yapıldıktan sonra topraklar kurutularak saksılardan boşaltılmış ve hacim ağırlığı (db) analizi için agregatlar ayrıldıktan sonra tahta tokmaklarla dövülerek öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten elenerek analizler için hazır hale getirilmiştir.

### **3.2.2.2 Bitki örneklerinin alınması ve analize hazırlanması**

Bitkiler 4-5 yapraklı döneme gelince her saksıdan 10 bitki alınarak bitki boyu, yaprak genişliği, yaş ağırlık, kuru ağırlık gibi bitki ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerden sonra bitkiler köktacından kesilerek Kacar ve İnal (2010)'da verilen yöntemlere göre kurutularak öğütülmüş ve analizlere hazır hale getirilmiştir. Yapılan bitki ölçümlerine (tezin konusunu kapsamadığından) tez içerisinde yer verilmemiştir.

### **3.2.2.3. Toprak-bitki transfer katsayısı**

Bitkilerin topraktan metal alım miktarlarını değerlendirmede kullanılan toprak-bitki transfer katsayısı  $c_{plant} = b \times c_{soil}$  formülü ile hesaplanmıştır. Burada b, toprak-bitki transfer katsayısı  $c_{plant}$ , bitkideki metal içeriğini;  $c_{soil}$ , toprakların metal içeriğini ifade etmektedir (Krauss ve ark. 2002).

### **3.2.2.4 Verilerin istatistiksel analizleri**

Deneme sonunda elde edilen verilerde, tesadüf parselleri deneme desenine göre TARİST istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farklar LSD testi ile belirlenmiştir (Steel ve Torrie 1960).

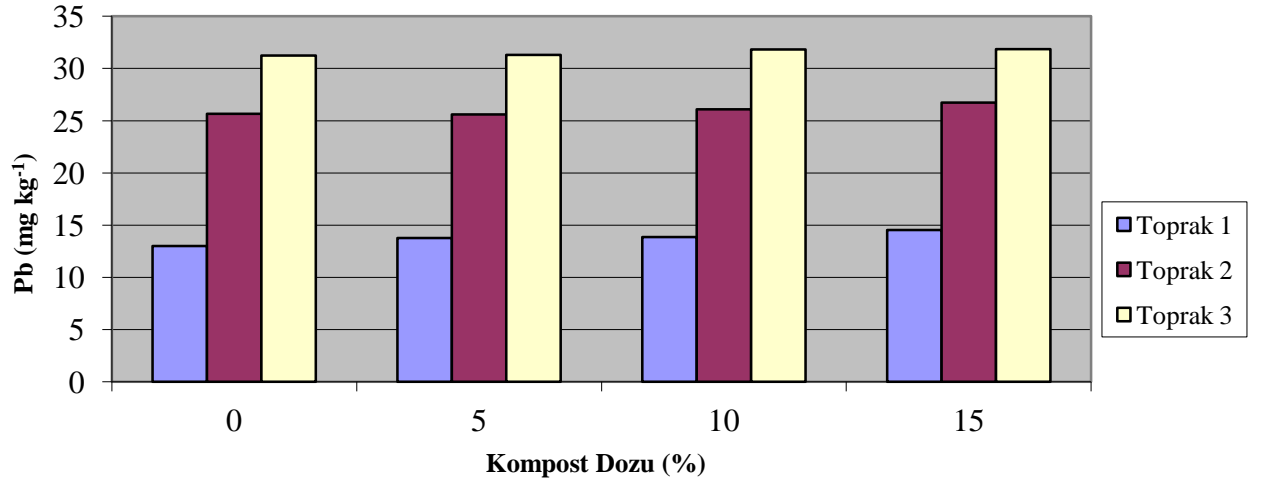
## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Ağır Metal

#### 4.1.1 Toprak örneklerinin ağır metal sonuçları

##### 4.1.1.1 Kurşun (Pb)

Kompost dozu uygulamaları toprak örneklerinin Pb içeriklerini sınırlı da olsa arttırmıştır. Toprak 1’de kontrol dozunda ortalama  $13 \text{ mg kg}^{-1}$  olan Pb değeri  $15 \text{ t da}^{-1}$  kompost dozunda ortalama  $14,52 \text{ mg kg}^{-1}$ ’a yükselmiştir. Toprak 2’de kontrol dozunda ortalama  $25,66 \text{ mg kg}^{-1}$  olan Pb değeri  $15 \text{ t da}^{-1}$  kompost dozunda ortalama  $26,73 \text{ mg kg}^{-1}$ ’a yükselmiştir. Toprak 3’de kontrol dozunda ortalama  $31,22 \text{ mg kg}^{-1}$  olan Pb değeri ise  $15 \text{ t da}^{-1}$  kompost dozunda ortalama  $31,84 \text{ mg kg}^{-1}$ ’a yükselmiştir. Her üç toprakta da en yüksek doz uygulamasında ( $15 \text{ t da}^{-1}$ ) en yüksek sonuçlar bulunmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Deneme topraklarının Pb içerikleri

Topraklardaki Pb içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması ise Çizelge 4.2’de verilmiştir. Varyans analizine göre, topraklara uygulanan çöp kompostunun toprakların Pb içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.1).

**Çizelge 3.1.** Toprakların Pb içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	3.463	1.154	2.126 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	4.345	0.543			
	Genel	11	7.808	0.710			
Toprak 2	Doz	3	2.428	0.809	1.364 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	4.749	0.594			
	Genel	11	7.177	0.652			
Toprak 3	Doz	3	0.936	0.312	1.026 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	2.434	0.304			
	Genel	11	3.370	0.306			

<sup>ns</sup>: önemsiz

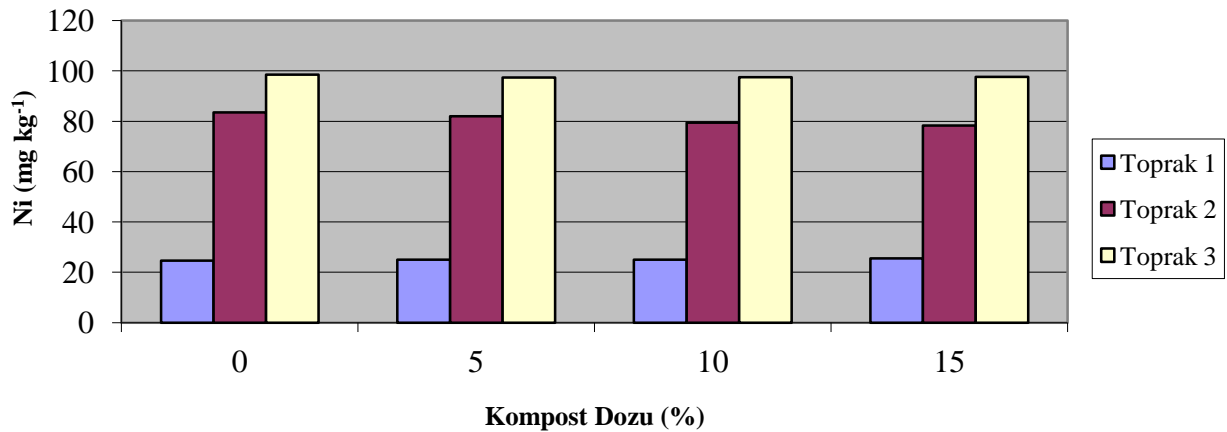
**Çizelge 4.2.** Topraklarda kurşun içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	13,00	25,66	31,24
5	13,75	25,60	31,30
10	13,87	26,10	31,81
15	14,52	26,73	31,84
LSD (P≤0,05)	-	-	-

Araştırma topraklarında Pb içerikleri çöp kompostu uygulaması ile artış göstermiştir. Bu artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmasa da en yüksek doz olan 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda en yüksek düzeye ulaşmıştır. Toprak çeşitleri arasında kıyaslama yapmak için oranlama yapılırsa, Toprak 1’de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu uygulamasında kontrol dozuna göre meydana gelen artış yaklaşık olarak % 12’dir. Bu oran Toprak 2 ve Toprak 3’de sırası ile % 4 ve % 2’dir. Bu oranlara göre Toprak 1’de Pb artışının daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak bu toprakların (Toprak 1) deneme öncesi Pb miktarlarının düşük olması ve bu nedenle oransal olarak artışın daha yüksek bulunması söylenebilir.

#### 4.1.1.2 Nikel (Ni)

Topraklara uygulanan çöp kompostu dozları Ni içeriklerini Toprak 1’de kontrol dozuna göre arttırmıştır. Kontrol dozunda 24,60 mg kg<sup>-1</sup> olan Ni içeriği 15 kg da<sup>-1</sup> kompost dozunda 25,48 mg kg<sup>-1</sup>’a yükselmiştir. Buna karşılık Toprak 2 ve Toprak 3’de Ni içerikleri artan dozlara bağlı olarak artış göstermemiş hatta düşüş göstermiştir (Şekil 4.2). Toprakların deneme öncesi Ni içeriklerinin denemede kullanılan çöp kompostunun Ni içeriğinden yüksek olması, Toprak 2 ve Toprak 3’ün Ni içeriklerinin azalmasına neden olarak gösterilebilir.



Şekil 4.2. Topraklarda bulunan nikel elementine ait değerler

Topraklardaki Ni elementi içeriğine ait varyans analiz sonuçları 4.3’de, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması ise Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi

sonuçlarına göre toprakların Ni içeriklerindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

**Çizelge 4.3.** Toprakların nikel içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	1.174	0.391	0.228 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	13.759	1.720			
	Genel	11	14.933	1.358			
Toprak 2	Doz	3	49.024	16.341	2.179 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	59.991	7.499			
	Genel	11	109.015	9.910			
Toprak 3	Doz	3	2.424	0.808	0.140 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	46.116	5.764			
	Genel	11	48.540	4.413			

<sup>ns</sup>: önemsiz

**Çizelge 4.4.** Topraklarda nikel içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	24,60	83,44	98,48
5	25,00	81,91	97,30
10	25,03	79,43	97,50
15	25,48	78,29	97,62
LSD (P≤0,05)	-	-	-

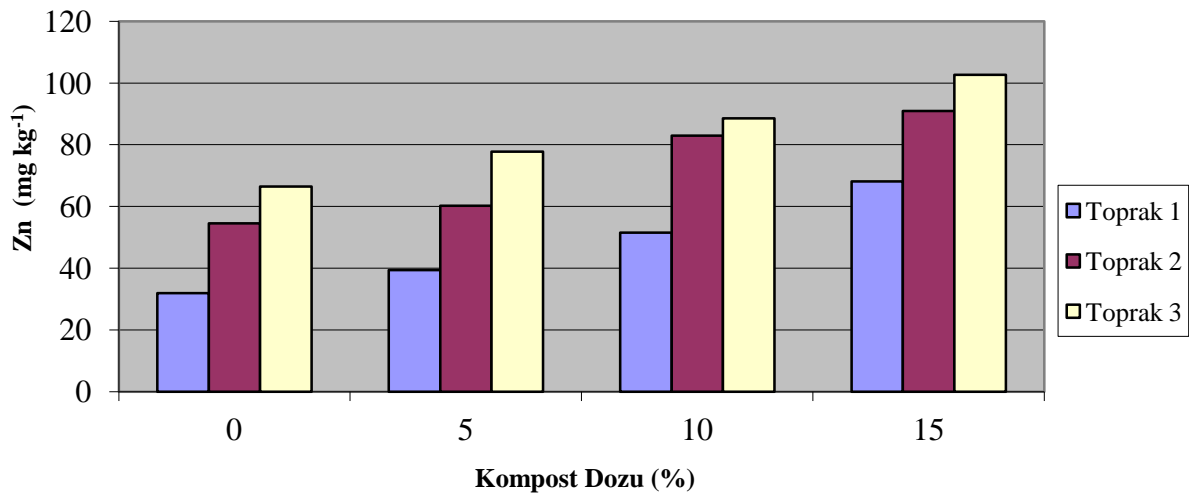


Topraktaki nikel elementi içeriğinde en yüksek değer Toprak 3’de kontrol dozunda 98,48 mg.kg<sup>-1</sup>, en düşük değer ise Toprak 1’de kontrol dozunda bulunmuştur (Şekil 4.2). Toprak pH’sına bağlı olarak toprakların Ni içeriklerinin arttığı görülse de bu durum aslında denemede kullanılan toprakların pH’sına bağlı bir sonuçtur (Çizelge 3.1).

#### 4.1.1.3 Çinko (Zn)

Deneme topraklarının Zn içerikleri artan kompost dozlarına paralel olarak artmıştır. Toprak 1’de kontrol dozunda ortalama 31.87 mg kg<sup>-1</sup> olan Zn içeriği artan doz miktarına paralel olarak artmış ve 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda ortalama 68.14 mg kg<sup>-1</sup>’a kadar yükselmiştir. Toprak 2’de kontrol dozunda ortalama 54.57 mg kg<sup>-1</sup> dan en yüksek kompost dozunda 90,93 mg kg<sup>-1</sup>’a, Toprak 3’de ise ortalama 66.50 mg kg<sup>-1</sup>’den 102.63 mg kg<sup>-1</sup>’e kadar yükselmiştir (Şekil 4.3).

Yapılan istatistik analizlere göre her 3 toprak çeşidinde de artan kompost dozuna paralel olarak artan Zn içeriklerindeki farklılıklar istatistiki olarak önemli (P≤0.01) bulunmuştur (Çizelge 4.5). Yapılan önemlilik testine göre Toprak 1 ve Toprak 3’de en önemli etkiyi 15 mg kg<sup>-1</sup> kompost dozunun gösterdiği, Toprak 2’de ise 15 ve 10 mg kg<sup>-1</sup> kompost dozlarının en önemli etkiyi gösterek aynı grubu oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 4.6).



Şekil 4.3. Toprakta bulunan çinko elementine ait değerler

**Çizelge 4.5.** Toprakların çinko içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	2253.783	751.261	82.694**	4.070	7.590
	Hata	8	72.679	9.085			
	Genel	11	2326.462	211.497			
Toprak 2	Doz	3	2756.287	918.762	36.108**	4.070	7.590
	Hata	8	203.560	25.445			
	Genel	11	2959.847	269.077			
Toprak 3	Doz	3	2138.240	712.747	30.993**	4.070	7.590
	Hata	8	183.974	22.997			
	Genel	11	2322.214	211.110			

\*\* : %1 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.6.** Topraklarda çinko içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

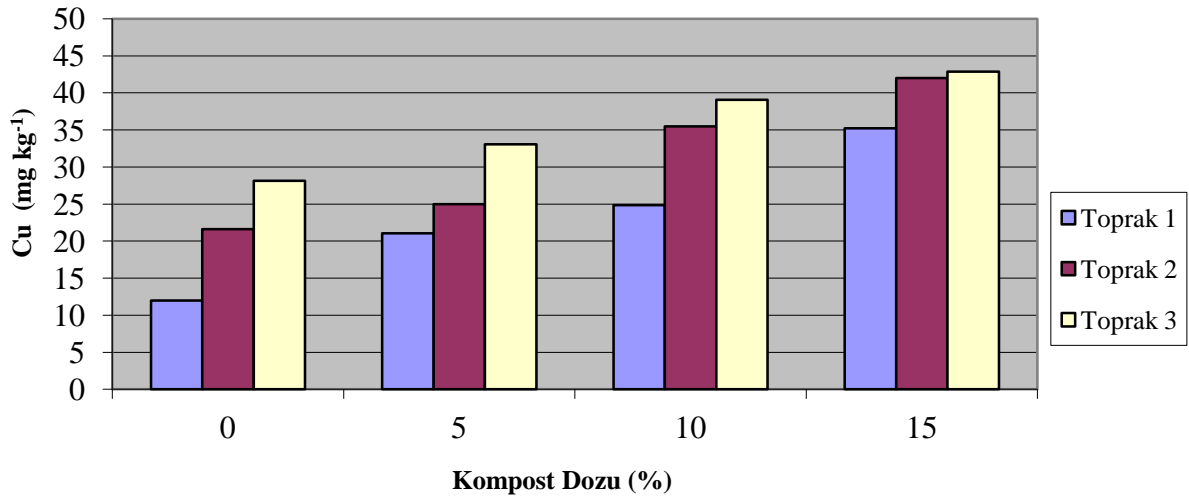
Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	31,87 d	54,57 b	66,50 d
5	39,43 c	60,27 b	77,73 c
10	51,50 b	82,90 a	88,50 b
15	68,14 a	90,93 a	102,63 a
LSD (P≤0,05)	5.675	9.498	9.029

Topraktaki çinko elementi içeriğini toprak çeşitleri açısından irdelendiğinde Toprak 3'de en yüksek, Toprak 1'de ise en düşük sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. Toprak çeşitleri arasındaki bu farklılıklar çöp kompostu ilavesinden ziyade toprakların içeriğinde bulunan Zn içeriğinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Topraklarda meydana gelen Zn artışını oransal olarak ifade etmek için 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozundaki Zn içeriğinin kontrol dozundaki Zn içeriğine oranı göz önüne alınırsa Toprak 1, Toprak 2 ve Toprak 3 için sırası ile 1,14, 0,66, 0,54 bulunmuştur. Bu rakamlar Toprak 1'de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda Zn

içeriğindeki artışın kontrole göre yaklaşık 1 kat arttığını göstermektedir. Bu topraklarda başlangıçtaki Zn içeriklerinin düşük olmasının bu sonuçta etkili olduğu söylenebilir.

#### 4.1.1.4 Bakır (Cu)

Yapılan analiz sonuçlarına göre topraklara ilave edilen çöp kompostu toprakların Cu içeriklerini her üç toprakta da artan dozlara paralel olarak arttırmıştır. Her 3 toprakta da en yüksek Zn içeriği 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu uygulamasında bulunmuştur. Toprak 1’de, kontrol dozunda ortalama 11,96 mg kg<sup>-1</sup> olan Cu içeriği 15 t da<sup>-1</sup> kompost uygulamasında 35,24 mg kg<sup>-1</sup>’a, Toprak 2’de 21,63 mg kg<sup>-1</sup>’den 42,00 mg kg<sup>-1</sup>’a, Toprak 3’de 28,13 mg kg<sup>-1</sup>’den 42,87 mg kg<sup>-1</sup>’a yükselmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Toprakta bulunan bakır elementine ait değerler

Topraklardaki bakır elementi içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması ise Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Yapılan istatistik analizlere göre toprakların Cu içeriklerindeki artışlar her 3 toprak çeşidinde istatistiki olarak önemli ( $P \leq 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.7). Yapılan önemlilik testine göre Toprak 1 ve Toprak 2’de en önemli etkiyi 15 mg kg<sup>-1</sup> kompost dozunun gösterdiğini, Toprak 3’de ise 15 ve 10 mg kg<sup>-1</sup> kompost dozlarının en önemli etkiyi gösterdiği söylenebilir (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.7.** Toprakların bakır içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	835.682	278.561	139.157**	4.070	7.590
	Hata	8	16.014	2.002			
	Genel	11	851.696	77.427			
Toprak 2	Doz	3	796.602	265.534	56.407**	4.070	7.590
	Hata	8	37.660	4.707			
	Genel	11	834.261	75.842			
Toprak 3	Doz	3	380.570	126.857	22.539**	4.070	7.590
	Hata	8	45.027	5.628			
	Genel	11	425.597	38.691			

\*\* : %1 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.8.** Topraklarda bakır içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

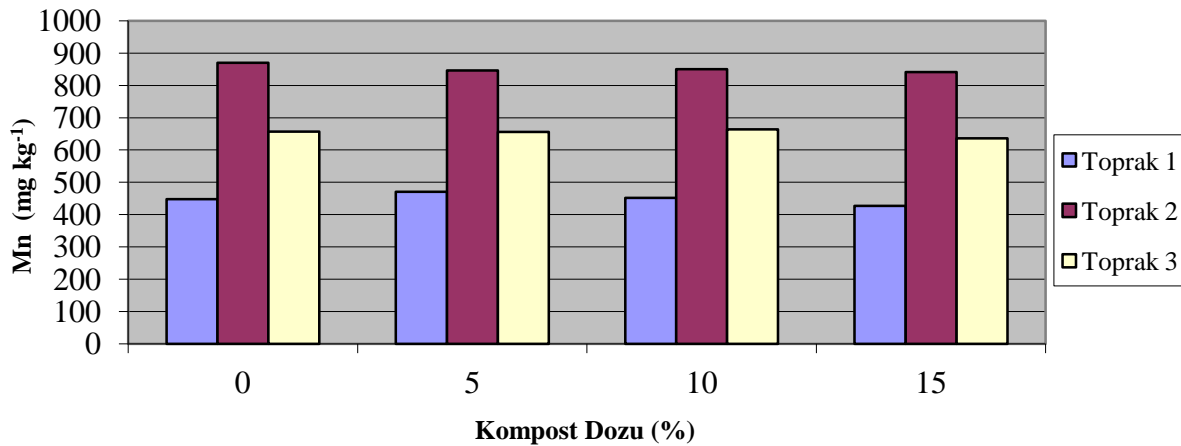
Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	11,96 d	21,63 c	28,13 c
5	21,06 c	25,00 c	33,07 b
10	24,87 b	35,48 b	39,07 a
15	35,24 a	42,00 a	42,87 a
LSD (P≤0,05)	2.664	4.085	4.467

Topraklara uygulanan çöp kompostunun deneme topraklarının Cu içeriklerine etkisi farklı pH'ya sahip toprak çeşitlerine göre farklılık göstermektedir. Toprakların Zn içeriklerinde olduğu gibi Cu içeriklerinde de toprak çeşitleri arasındaki bu farklılığın kompost miktarından ziyade toprakların kendi içeriklerindeki Cu miktarlarından kaynaklandığı söylenebilir. Bu sıralama diğer ağır metallerde olduğu gibi Toprak 1, Toprak 2 ve Toprak 3 sırasını izlemektedir. Toprak 1 diğer topraklara oranla daha kaba tekstürlüdür. Kacar ve İnal (2010), toprakların kaba tekstürlü ve fazla yıkanmış olmasının Cu içeriğinin düşük olmasının nedenlerinden birisi olarak göstermiştir.

Toprak çeşitleri arasında kontrole göre en yüksek Cu artışı sırası ile Toprak 1, Toprak 2 ve Toprak 3'de gerçekleşmiştir. Bu oranlar sırası ile 1,95, 0,95, 0,52 dir. Bu sonuçlara göre artan miktarlarda çöp kompostu uygulaması toprakların Cu içeriklerini kontrol dozuna göre Toprak 1'de yaklaşık 2, Toprak 2'de 1 ve Toprak 3'de ise 0.5 kat arttırmıştır.

#### 4.1.1.5 Mangan (Mn)

Deneme topraklarının Mn içerikleri incelendiğinde artan dozlarda uygulanan çöp kompostu toprakların Mn içeriğine etkisi belirgin olmamıştır. Toprak 1'de kontrol dozunda 448,10 mg kg<sup>-1</sup> olan Mn içerikleri önce 470,25 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar yükselmiş fakat en yüksek dozda (15 t da<sup>-1</sup>) 426,53 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar düşmüştür. Toprak 2'de elde edilen Mn değerleri bütün dozlarda, kontrol dozuna göre daha düşük bulunmuştur. Artan dozlarda ilave edilen çöp kompostu toprakların Mn içeriklerinin azalmasına neden olmuştur. Toprak 3'de de sadece 10 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda Mn sonuçları kontrole göre artış gösterirken, 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda en düşük değer olan 636,36 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar düşmüştür (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Toprakta bulunan mangan elementine ait değerler

Topraklardaki mangan elementi içeriğine ait varyans analiz sonuçlarına göre artan dozlarda topraklara uygulanan çöp kompostunun toprakların Mn içerikleri üzerine etkisi her 3 toprakta da istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.9).

**Çizelge 4.9.** Toprakların mangan içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	2898.464	966.155	1.405 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	5502.144	687.768			
	Genel	11	8400.609	763.692			
Toprak 2	Doz	3	1406.552	468.851	0.084 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	44624.135	5578.017			
	Genel	11	46030.687	4184.608			
Toprak 3	Doz	3	1275.708	425.236	0.394 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	8636.521	1079.565			
	Genel	11	9912.229	901.112			

<sup>ns</sup>: önemsiz

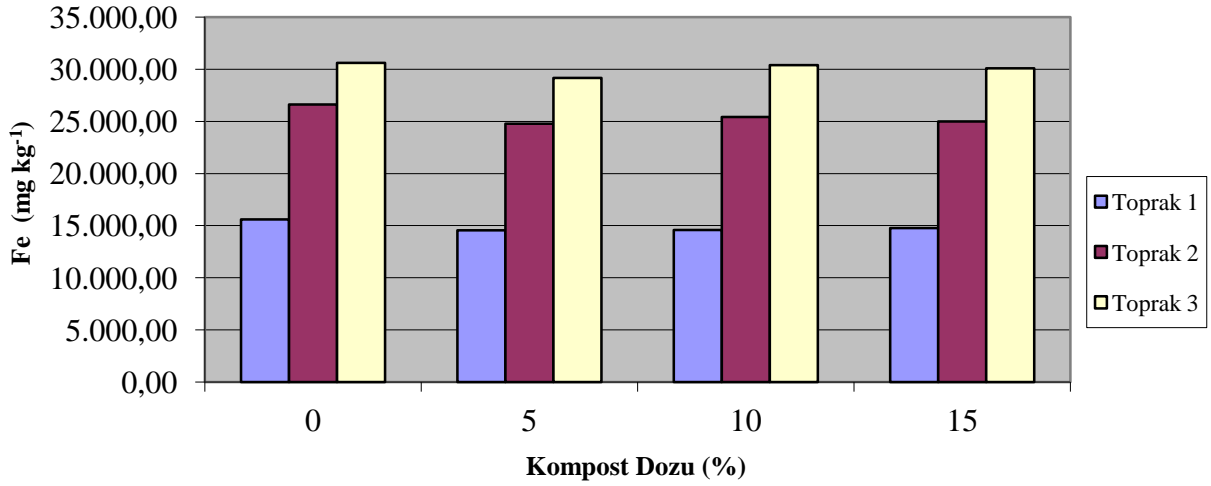
Deneme topraklarının Mn içerikleri Topraktaki mangan elementi içeriğinde en yüksek değer 869,84 mg kg<sup>-1</sup> olarak nötr reaksiyondaki kontrol toprakta, en düşük değer ise 448,10 mg kg<sup>-1</sup> olarak asit reaksiyondaki kontrol toprakta bulunmuştur (Şekil 4.5). Çöp kompostunun Mn içeriği toprak örneklerinin Mn içeriğinden düşüktür ve bu nedenle toprakların Mn içeriklerine etkisi görülmemiştir.

**Çizelge 4.10.** Topraklarda mangan içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	448,10	869,84	656,70
5	470,25	846,79	656,00
10	452,07	850,40	664,23
15	426,53	841,00	636,36
LSD (P≤0,05)	-	-	-

#### 4.1.1.6 Demir (Fe)

Farklı dozlarda topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların Fe içeriklerini her 3 toprakta da kontrole göre düşürmüştür. Toprak 1’de kontrol dozunda 15 596,08 mg kg<sup>-1</sup> olan Fe içeriği 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 14 781,55 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur. Benzer şekilde Toprak 2 ve Toprak 3’de 26 605,28 ve 30 776,45 mg kg<sup>-1</sup> olan kontrol değerleri 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda sırası ile 24 996,18 ve 30 101,65 mg kg<sup>-1</sup>’a kadar düşmüştür (Şekil 4.6 ve Çizelge 4.8).



Şekil 4.6. Toprakta bulunan demir elementine ait değerler

Topraklardaki demir elementi içeriğine ait varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.11), uygulanan dozların toprakların Fe içeriğine etkisi istatistik olarak önemli bulunmamıştır.

**Çizelge 4.11.** Toprakların demir içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Var. Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	2148864.6	716288.2	1.383 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	4142513.9	517814.2			
	Genel	11	6291378.5	571943.5			
Toprak 2	Doz	3	4869213.7	1623071.2	1.468 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	8845318.0	1105664.8			
	Genel	11	13714531.6	1246775.6			
Toprak 3	Doz	3	3652958.0	1217652.7	1.216 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	8012724.2	1001590.5			
	Genel	11	11665682.3	1060516.6			

<sup>ns</sup>: önemsiz**Çizelge 4.12.** Topraklarda demir içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	15.596,08	26.605,28	30.605,78
5	14.556,05	24.781,28	29.160,72
10	14.581,95	25.432,35	30.390,78
15	14.781,55	24.996,18	30.101,65
LSD (P≤0,05)	-	-	-

Artan dozlarda topraklara uygulanan çöp kompostunun toprakların ağır metal içeriklerine etkisini genel olarak irdeleyecek olursak; çöp kompostu toprakların Zn ve Cu içeriklerini üç toprakta da istatistiksel olarak önemli (P≤0.01) düzeyde arttırmışlardır. Pb ve Ni (Toprak 1’de) içeriklerinde hafif de olsa bir artış olmasına rağmen, bu artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Toprakların Mn ve Fe içerikleri ise genel olarak çöp kompostu ilavesi ile azalma göstermiştir. Ancak bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

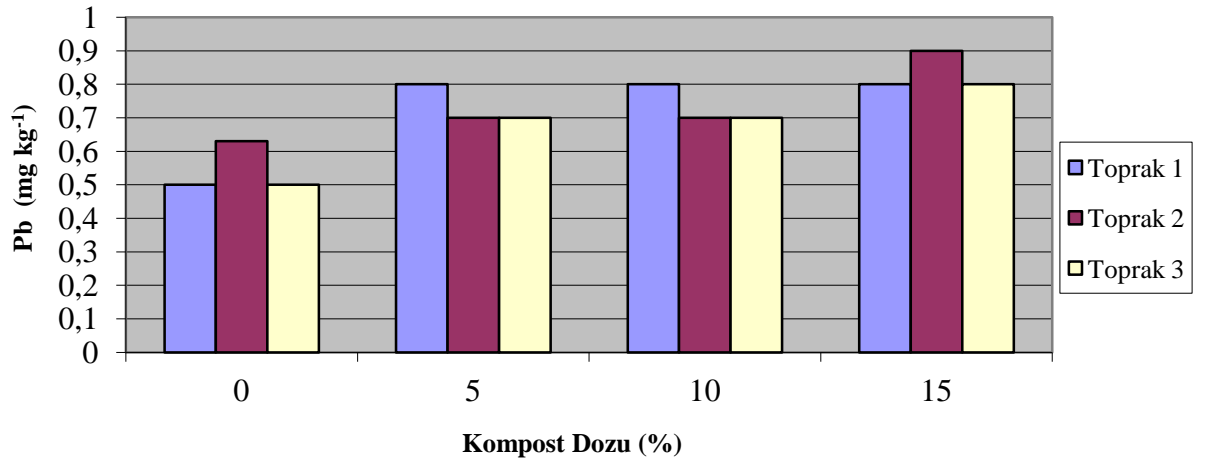


Denemede kullanılan çöp kompostunun kaynağı materyal kısmında da bahsedildiği gibi Bayrampaşa Hal Müdürlüğü'nden gelen sebze ve meyve atıkları, Büyükşehir Belediyesi Mezarlıklar Müdürlüğü ve Park ve Bahçeler Müdürlüğü, diğer resmi kurum ve kuruluşlar ile özel kişilerden gelen dal-budak atıkları ve karışık belediye atıklarıdır. Bu karışımların oranına (Bitkisel atık: Evsel ve sanayi atık) bağlı olarak çöp kompostunun ağır metal içeriği değişmektedir. Genel olarak bitkisel atıkların oranının fazla olması ve evsel ve sanayi atıklarının da kompostlamadan önce çeşitli yöntemlerle içindeki organik olmayan ve ağır metal içerebilecek maddelerin ayıklanması nedeni ile kompostun ağır metal içeriğinin düşük olması toprakların ağır metal içeriklerine etkisini Cu ve Zn dışında sınırlandırmıştır. Smith (2009) da kaynağında ayıklanmış çöp kompostlarının ağır metal içeriğinin mekanik olarak ayıklanmış çöp kompostlarından daha düşük olduğunu belirtmiştir. Çöp kompostu ve toprak analizlerine göre çöp kompostunun ağır metal içerikleri sınır değerlere ulaşmamıştır (Çizelge 3.3). Toprak örneklerinde de Ni dışında sınır değerlere ulaşan ağır metal bulunmamıştır (Çizelge 3.4 ve Çizelge 4.12). Çöp kompostlarının standartlara uygun olarak üretilmesi durumunda ağır metal riskinin çok düşük olduğu Epstein (1992) de belirtilmiştir. Denemede kullanılan çöp kompostunun ağır metal içerikleri Fe> Zn> Mn> Cu>Pb>Ni sıralaması izlemiştir ve bu içerik çeşitli faktörlere göre değişmektedir. Örneğin, Jordao ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışmada farklı büyüklükteki şehirlere ait çöplerden elde edilen kompostunun farklı metal konsantrasyonuna ve sıralamasına sahip olduğunu büyük bir şehirde Zn> Pb> Ni >Cu >Mn sıralaması bulunurken, daha küçük kentlerden elde edilen kompostta bu sıralamanın Zn> Pb> Cu> Ni>Mn şeklinde değiştiğini belirtmişlerdir. Genel olarak araştırmacılar topraklara uygulanan çöp kompostunun toprakların ağır metal içeriklerini arttırdığını belirlemişlerdir (Yuksel 2015; Smith 2009; Jordao ve ark. 2006; Baldwin ve Shelton 1999)

## 4.1.2 Bitki örneklerinin ağır metal sonuçları

### 4.1.2.1 Kurşun (Pb)

Çöp kompostu uygulaması toprak örneklerinde olduğu gibi her 3 toprakta da arpa bitkisinin Pb içeriklerini kontrole göre arttırmıştır. Toprak 1’de kontrol dozunda 0,50 mg kg<sup>-1</sup> olan Pb içeriği diğer dozlarda 0,80 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Toprak 2 ve Toprak 3’de kontrol dozunda 0,63 ve 0,50 mg kg<sup>-1</sup> olan Pb içeriği 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda sırası ile 0,90 ve 0,80 mg kg<sup>-1</sup>’a yükselmiştir (Şekil 4.7 ve Çizelge 4.14).



Şekil 4.7. Bitkilerde bulunan kurşun elementine ait değerler

Varyans analizine göre, bitkilerin Pb içerikleri çöp kompostu uygulaması ile sınırlı da olsa artış göstermiştir. Ancak bu artışlar üç toprakta da istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.13).

**Çizelge 4.13.** Bitkilerin kurşun içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	0.203	0.068	3.857 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.140	0.018			
	Genel	11	0.343	0.031			
Toprak 2	Doz	3	0.120	0.040	3.692 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.087	0.011			
	Genel	11	0.207	0.019			
Toprak 3	Doz	3	0.142	0.047	2.714 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.140	0.017			
	Genel	11	0.282	0.026			

<sup>ns</sup>: önemsiz

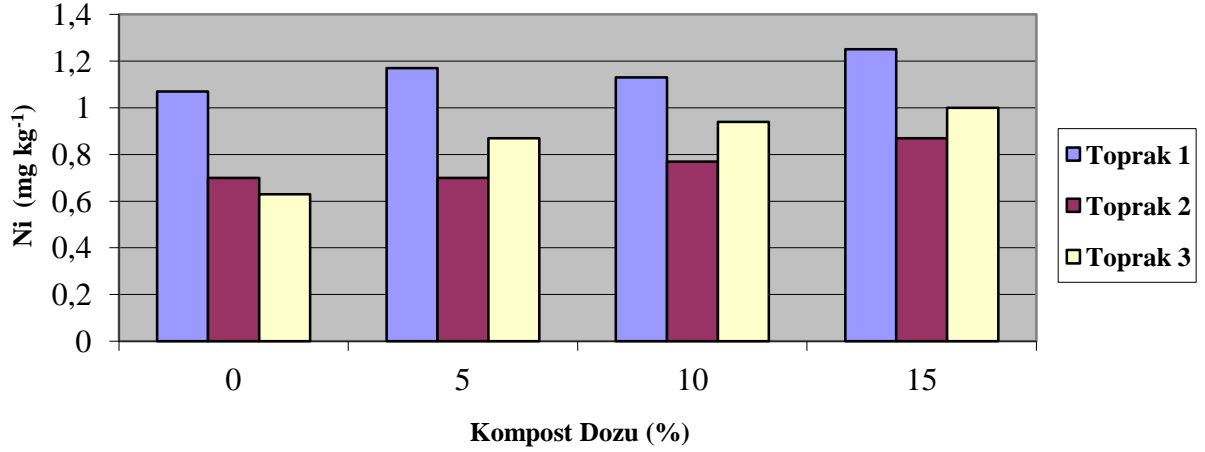
**Çizelge 4.14.** Bitkilerde kurşun içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	0,50	0,63	0,50
5	0,80	0,70	0,70
10	0,80	0,70	0,70
15	0,80	0,90	0,80
LSD (P≤0,05)	-	-	-

Çöp kompostunun bitkide kurşun içeriğinin etkisine ait değerler incelendiğinde Toprak 1, Toprak 2 ve Toprak 3’de kompost dozundaki artışın Pb elementinin değerlerinde bir miktar artışa neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7). Bitkilerin topraktan aldıkları ağır metal içeriklerini ortaya koymak için hesaplanan toprak-bitki transfer katsayısı Tablo 4.25’de verilmiştir. Bu tabloya göre toprak-bitki transfer katsayısı Toprak 1 > Toprak 2 > Toprak 3 sıralamasını izlemiştir. Bu sonuçlara göre toprak pH’larının düşmesi bitkilerin ağır metal alımının arttığını göstermektedir. Asit karakterli (Toprak 1) topraklarda bitkilerin ağır metal alım oranları daha yüksek bulunmuştur. Bu değerler artan kompost dozu ile de genel olarak artış göstermiştir. Ağır metallerin yarıyışlılığı üzerine pH önemli bir faktördür (Smith 2009). Ağır metallerin bitkilere yarıyışlılığının pH ile yakından ilgili olduğu ve düşük pH’ya sahip topraklarda ağır metal alımının daha fazla olduğu çeşitli literatürlerde bildirilmektedir (Sağlam ve ark 1994; Hargreaves ve ark. 2008 ).

#### 4.1.2.2 Nikel (Ni)

Bitki örneklerinin Ni içerikleri incelendiğinde (Şekil 4.8 ve Çizelge 4.12), topraklara uygulanan çöp kompostunun bitkilerin Ni içeriklerinde artışa neden olduğu görülmektedir. Ancak bu artışlar hiç bir doz da bitki için sınır değerleri aşmamıştır. En yüksek ortalama Ni değeri  $1,25 \text{ mg kg}^{-1}$  dir ve bu değer Kacar ve Katkat (2010)'da verilen değerlerle uyumludur. Toprak 1, 2 ve 3'de kontrol dozlarında sırası ile  $1,07, 0,70, 0,63 \text{ mg kg}^{-1}$  olan Ni içerikleri  $15 \text{ t da}^{-1}$  kompost dozunda sırası ile  $1,25, 0,87, 1,00 \text{ mg kg}^{-1}$  bulunmuştur (Şekil 4.8 ve Tablo 4.16).



Şekil 4.8. Bitkilerde bulunan nikel elementine ait değerler

Bitkilerde Ni içeriğine ait varyans analiz sonuçları (Çizelge 4.15) incelendiğinde, yukarıda verilen dozlar arasındaki farklılıklar her 3 toprakta da istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

**Çizelge 4.15.** Bitkilerin nikel içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	0.052	0.017	1.116 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.125	0.016			
	Genel	11	0.177	0.016			
Toprak 2	Doz	3	0.056	0.019	1.595 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.093	0.012			
	Genel	11	0.149	0.014			
Toprak 3	Doz	3	0.231	0.077	2.754 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.223	0.028			
	Genel	11	0.454	0.041			

<sup>ns</sup>: önemsiz**Çizelge 4.16.** Bitkilerde nikel içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

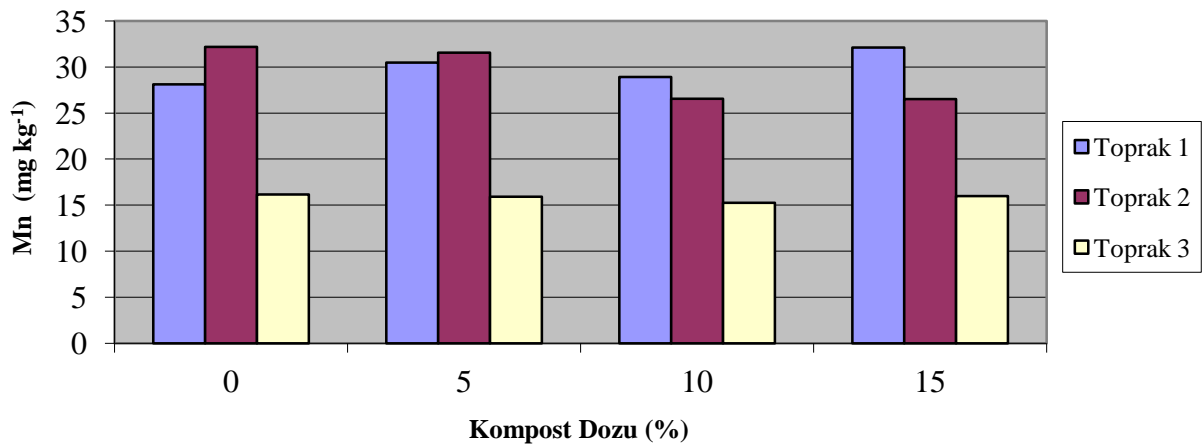
Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	1,07	0,70	0,63
5	1,17	0,70	0,87
10	1,13	0,77	0,94
15	1,25	0,87	1,00
LSD (P≤0,05)	-	-	-

Farklı pH'ya sahip bu toprakların ağır metal içerikleri de birbirinden farklıdır. Toprakların Ni içerikleri Toprak 3 > Toprak 2 > Toprak 1 sıralaması içermektedir. Aynı şekilde bitkilerin Ni içerikleri de topraklara paralel şekilde bir sıralama göstermiştir. Kacar ve Katkat (2010)'a göre, Ni bitkiler tarafından kolay ve hızlı bir şekilde alınır ve alınan Ni miktarı ile gelişme ortamının Ni miktarı arasında doğrusal ilişki vardır. Ancak bitki örneklerindeki Ni artışının pH'ya bağlı olarak etkisini koymak için hesaplanan toprak-bitki transfer katsayısına göre (Çizelge 4.25), düşük pH'ya sahip Toprak 1'de bu katsayı 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 0,049 bulunurken, Toprak 2 ve Toprak 3'de sırası ile 0,011 ve 0,010 bulunmuştur. Bu sonuca göre Toprak 1'de bitkilerin Ni alımlarının oransal olarak diğer

topraklardan daha fazla olduğu görülmektedir. Toprak pH'sı Ni alımı üzerine önemli derecede etkilidir. Toprak pH'sının 4,5'den 6,5 e yükseldiğinde yulaf tanesinde Ni miktarının yaklaşık 8 kat azaldığı belirlenmiştir (Kacar ve Katkat 2010).

#### 4.1.2.3 Mangan (Mn)

Farklı pH'ya sahip topraklarda yetişen arpa bitkisinin Mn içeriği, Toprak 1'de kontrole göre 5 ve 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda artış şeklinde görülürken, Toprak 2 ve Toprak 3'de ise belirgin düşüşler şeklinde görülmüştür (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.18). Özellikle Toprak 2'de kontrol dozunda ortalama 32,20 mg kg<sup>-1</sup> olan Mn değeri 10 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 26,57 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar düşmüştür. Toprak 3'de ise 16,15 mg kg<sup>-1</sup> olan kontrol değeri, 10 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda ortalama 15,25 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar düşükten sonra, 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda ortalama 17,00 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur. Bitkilerin Mn içerikleri Kacar ve Katkat (2010)'da verilen limit değerler göz önünde bulundurulduğunda bazı örneklerin az bazı örneklerin ise yeter düzeyde Mn içeriğine sahip oldukları görülmektedir. Bu durumda çöp kompostu uygulaması ile arpa bitkisinde Mn içeriklerinin sınır değerleri aşmadığı söylenebilir.



Şekil 4.9. Bitkide bulunan mangan elementine ait değerler

Bitkilerde mangan elementi içeriğine ait varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.17), dozlar arasındaki farklılıklar Toprak 1’de istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunurken, Toprak 2 ve Toprak 3’de önemli bulunmamıştır. Ortalama değerler üzerinden yapılan önemlilik (LSD) testine göre (Çizelge 4.18), Toprak 1’de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu en önemli etkiyi göstermiştir.

**Çizelge 4.17.** Bitkilerin mangan içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0,05	0,01
Toprak 1	Doz	3	28,611	9,537	5,858*	4,070	7,590
	Hata	8	13,023	1,628			
	Genel	11	41,634	3,785			
Toprak 2	Doz	3	85,877	28,626	3,765 <sup>ns</sup>	4,070	7,590
	Hata	8	60,830	7,604			
	Genel	11	146,707	13,337			
Toprak 3	Doz	3	1,435	0,478	1,817 <sup>ns</sup>	4,070	7,590
	Hata	8	2,105	0,263			
	Genel	11	3,540	0,322			

<sup>ns</sup>: önemsiz

\*: %5 düzeyinde önemli

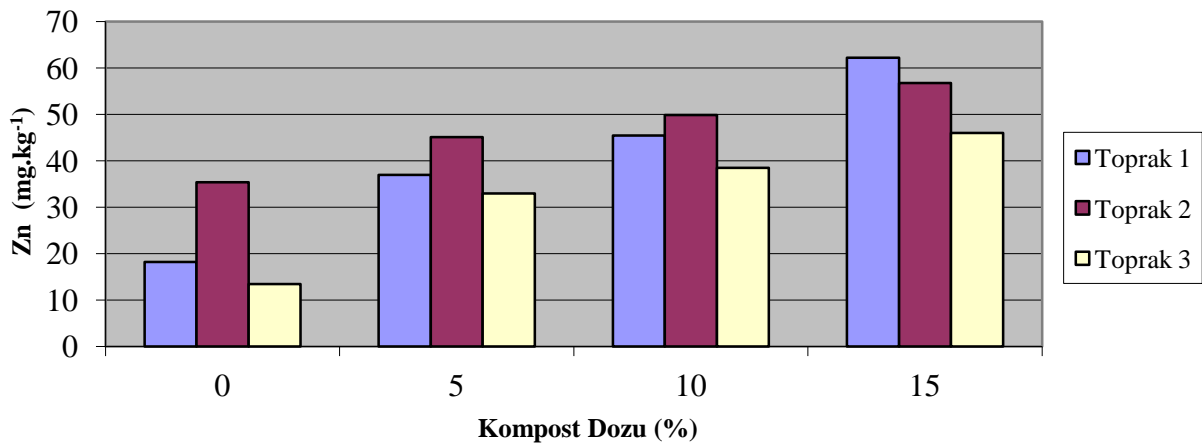
**Çizelge 4.18.** Bitkilerde mangan içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	28,103 b	32,20	16,15
5	30,467 ab	31,57	15,93
10	28,900 b	26,57	15,25
15	32,133 a	26,53	16,00
LSD (P≤0,05)	2,402	-	-

Toprak-bitki transfer katsayısına göre düşük pH'ya sahip olan Toprak 1'de bitki örneklerinin Mn içeriklerinin oransal olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Toprak çeşitleri arasında bu katsayılar Toprak 1, Toprak 2 ve Toprak 3 sıralaması izlemektedir. Bu sonuca göre bitkilerin Mn içeriklerinin toprakların pH değerlerine bağlı olarak değiştiğini söyleyebiliriz. Kacar ve Katkat (2010), toprakta çözünebilir Mn miktarı üzerine etki eden faktörlerden birisinin pH olduğunu ve toprak çözeltilisinin ortam pH'sının bir birim yükselmesi ile  $Mn^{+2}$  konsantrasyonunun 100 kat azaldığını bildirmiştir.

#### 4.1.2.4 Çinko (Zn)

Deneme sonunda alınan bitki örneklerinde yapılan analizlere göre, topraklara artan dozlarda uygulanan çöp kompostu bitkilerin Zn içeriklerini 3 toprakta da artan dozlara paralel olarak arttırmıştır (Şekil 4.10 ve Çizelge 4.20). Toprak 1'de kontrol dozunda  $18,23 \text{ mg kg}^{-1}$  bulunan Zn değeri artan dozlarla birlikte artmış ve  $15 \text{ t da}^{-1}$  kompost dozunda  $62,23 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a kadar çıkmıştır. Toprak 2'de kontrol dozunda  $35,40 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunan Zn değeri ise  $15 \text{ t da}^{-1}$  kompost dozunda  $56,77 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Toprak 3'de aynı şekilde kontrol dozunda  $13,47 \text{ mg kg}^{-1}$  iken  $15 \text{ t da}^{-1}$  kompost dozunda  $46,03 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a yükselmiştir (Şekil 4.10 ve Çizelge 4.20).



Şekil 4.10. Bitkide bulunan çinko elementine ait değerler



Yapılan istatistiki analize göre, çöp kompostu uygulamasının bitkilerin Zn içeriğine etkisi her üç toprakta da istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.19). Yapılan LSD testine göre her üç toprakta da 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu önemli pozitif etkiyi kontrol dozu ise en kötü etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.19.** Bitkilerin çinko içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	3014.527	1004.84	80.889**	4.070	7.590
	Hata	8	99.380	12.423			
	Genel	11	3113.907	283.082			
Toprak 2	Doz	3	724.825	241.608	9.263**	4.070	7.590
	Hata	8	208.676	26.085			
	Genel	11	933.501	84.864			
Toprak 3	Doz	3	1744.948	581.649	162.405**	4.070	7.590
	Hata	8	28.652	3.581			
	Genel	11	1773.599	161.236			

\*\* : %1 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.20.** Bitkilerde çinko içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

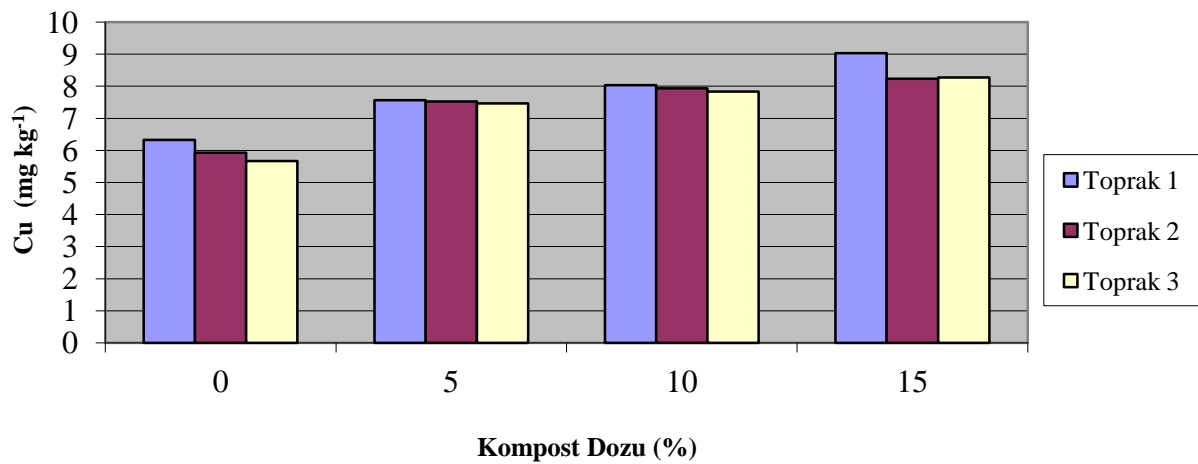
Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	18,23 d	35,40 d	13,47 d
5	37,00 c	45,10 c	33,00 c
10	45,47 d	49,87 ab	38,52 b
15	62,23 a	56,77 a	46,03 a
LSD (P≤0,05)	6.636	9.616	3.563

Kacar ve Katkat (2010)'a göre arpa bitkisinin Zn içeriği 15-70 mg kg<sup>-1</sup> arasında ise yeterli olarak sınıflandırılmıştır. Bu araştırma da arpa bitkisinde elde edilen sonuçlara göre en düşük değer 17,10 mg kg<sup>-1</sup>, en yüksek değer 64,00 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur. Buna göre arpa bitkisinin Zn içerikleri yeter düzeyde bulunmuştur ve sınır değerleri aşmamıştır.

Toprak pH'sının bitkilerin Zn içeriğine etkisini ortaya koymak için hesaplanan toprak-bitki transfer katsayısına göre bitkilerin Zn içerikleri oransal olarak en fazla Toprak 1'de artış göstermiştir (Tablo 4.25). Ancak Toprak 1'de mobilite katsayıları doz artışı ile birlikte düşme eğilimi göstermiştir. Örneğin, kontrol dozunda ortalama 0,529 olan katsayı doz artışı ile paralel olarak azalmış ve 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 0,256 bulunmuştur. Buna neden olarak uygulanan çöp kompostunun doz artışı ile beraber toprakların pH'sını arttırması ve bu nedenle bitkilerin Zn alımlarının azalması gösterilebilir. Toprak pH'sı kısmında incelendiği gibi topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların pH'sını asit topraklarda (Toprak 1) önemli düzeyde yükseltmiştir.

#### 4.1.2.5 Bakır (Cu)

Bitki örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre topraklara artan dozlarda uygulanan çöp kompostu bitkilerin Cu içeriklerini artan doz miktarlarına paralel olarak attırmıştır (Şekil 4.11). Toprak 1'de 6,33 mg kg<sup>-1</sup> olan kontrol değeri 15 t da<sup>-1</sup> dozunda 9,03 mg kg<sup>-1</sup>'a yükselmiştir. Toprak 2'de 5,93 mg kg<sup>-1</sup> olan kontrol değeri 15 t da<sup>-1</sup> kontrol dozunda 8,23 mg kg<sup>-1</sup>'a, aynı şekilde Toprak 3'de 5,67 mg kg<sup>-1</sup> olan kontrol değeri 15 t da kompost dozunda 8,27 ye yükselmiştir (Şekil 4.11 ve Çizelge 4.22).



Şekil 4.11. Bitkide bulunan bakır elementine ait değerler

Bitkilerde bakır elementi içeriğine ait varyans analiz sonuçları 4.21’de, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması ise Çizelge 4.22’de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre topraklara uygulanan çöp kompostu üç toprakta da bitkilerin Cu içeriklerine % 1 düzeyinde önemli pozitif etkide bulunmuştur. LSD testine göre Toprak 1 ve Toprak 2’de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu tek başına farklı önemli etkide bulunmuştur. Toprak 3’de ise 5, 10, 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozları farklı önemli etkide bulunarak beraberce grup oluşturmuşlardır.

**Çizelge 4.21.** Bitkilerin bakır içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	11.303	3.768	15.483**	4.070	7.590
	Hata	8	1.947	0.243			
	Genel	11	13.249	1.204			
Toprak 2	Doz	3	9.443	3.148	26.599**	4.070	7.590
	Hata	8	0.947	0.118			
	Genel	11	10.389	0.944			
Toprak 3	Doz	3	11.743	3.914	7.855**	4.070	7.590
	Hata	8	3.987	0.498			
	Genel	11	15.729	1.430			

\*\* : %1 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.22.** Bitkilerde bakır içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

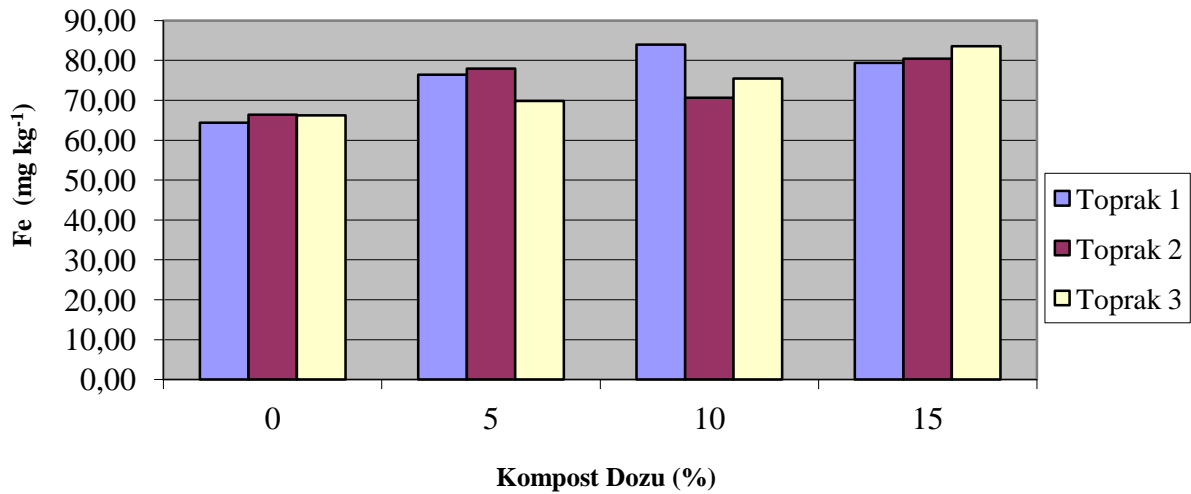
Kompost Dozları (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	6,33 c	5,93 d	5,67 b
5	7,57 b	7,53 c	7,47 a
10	8,03 b	7,93 ab	7,83 a
15	9,03 a	8,23 a	8,27 a
LSD (P≤0,05)	0.929	0.648	1.329

Arpa bitkisinde 5-25 mg kg<sup>-1</sup> Cu yeterli olarak sınıflandırılmaktadır (Kacar ve Katkat 2010). Deneme bitkilerinde ise bu değerler 5.00-9.70 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Buna göre topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların Cu içeriklerini arttırmasına rağmen sınır değerleri aşmamıştır.

Toprak pH'sı bitkilerin Cu alımına etki eden önemli faktörlerden biridir (Smith 1999). Bitkilerin Cu alımını gösteren Toprak-bitki transfer katsayısına göre (Tablo 4.25) oransal olarak bitkilerin en yüksek Cu alımı Toprak 1'de gerçekleşmiştir. Toprak 2 ve Toprak 3 arasında ise bu değerler birbirine yakındır. Toprak 1'de Toprak-bitki transfer katsayısı değerleri Zn'de olduğu gibi doz artışına paralel olarak azalmaktadır. Topraklara uygulanan çöp kompostu özellikle Toprak 1'de pH değerlerinin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle artan pH bitkilerin Cu alımlarının oransal olarak düşmesine neden olduğu söylenebilir.

#### 4.1.2.6 Demir (Fe)

Topraklara uygulanan çöp kompostu bitkilerin Fe içeriklerini üç toprak çeşidinde de hemen hemen artan dozlara paralel olarak artmıştır. Toprak 1'de ortalama 64,37 mg kg<sup>-1</sup> olan Fe içeriği 10 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 83,94 mg kg<sup>-1</sup>'a, Toprak 2'de 66,37 mg kg<sup>-1</sup> olan kontrol değeri 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 80,40 mg kg<sup>-1</sup>'a, Toprak 3'de ise 66,24 mg kg<sup>-1</sup> olan kontrol değeri 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 83,57 mg kg<sup>-1</sup>'a yükselmiştir (Şekil 4.12 ve Çizelge 4.24).



Şekil 4.12. Bitkide bulunan demir elementine ait değerler

Bitkilerde Fe içeriğine ait varyans analiz sonuçları 4.23’de, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması ise Çizelge 4.24’de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre topraklara uygulanan çöp kompostu bitkilerin Fe içerikleri üzerine Toprak 1 ve Toprak 2’de % 1 düzeyinde Toprak 3’de ise % 5 düzeyinde önemli ve pozitif etkide bulunmuştur. LSD testine göre Toprak 1’de 10 t da<sup>-1</sup> kompost dozu, Toprak 2 ve Toprak 3’de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu önemli etkiyi sağlamışlardır.

**Çizelge 4.23.** Bitkilerin demir içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	629,269	209,756	10,168**	4.070	7.590
	Hata	8	165,029	20,629			
	Genel	11	794,297	72,209			
Toprak 2	Doz	3	377.845	125.948	13.497**	4.070	7.590
	Hata	8	74.655	9.332			
	Genel	11	452.501	41.136			
Toprak 3	Doz	3	513,502	171,167	5.791*	4.070	7.590
	Hata	8	236,475	29,559			
	Genel	11	749,977	68,180			

\*: %5 düzeyinde önemli

\*\* : %1 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.24.** Bitkilerde demir içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	64,37 b	66,37 b	66,24 b
5	76,42 a	77,94 a	69,82 b
10	83,94 a	70,63 b	75,44 ab
15	79,37 a	80,40 a	83,57 a
LSD (P≤0,05)	8,552	5,752	11,983

Toprak-bitki transfer katsayısına göre (Çizelge 4.25) bitkilerin topraktan Fe alımı oransal olarak Toprak 1’de en yüksek bulunmuştur. Bu katsayı Toprak 1’de kontrol dozunda 0,0041’den, 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 0,0054’e yükselmiştir. Bu katsayı doz artışına paralel olarak artmıştır. Toprak 2’de 0,0025’den 0,0032’ye yükselen toprak-bitki transfer katsayısı Toprak 3 de 0,0022’den 0,0028’e yükselmiştir. Diğer ağır metallerde olduğu gibi Fe’de düşük pH’ya sahip Toprak 1’de bitkiler tarafından en fazla alınmıştır.

#### 4.1.3. Ağır metallerin transfer katsayıları

Deneme sonuçlarına göre topraktan bitkiye geçen ağır metallerin transfer katsayıları Çizelge 4.25’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Araştırmada elde edilen ağır metallerin toprak-bitki transfer katsayıları

Toprak	Doz (t da <sup>-1</sup> )	Pb	Ni	Mn	Zn	Cu	Fe
TOPRAK 1	Kontrol	0,0385	0,0434	0,0627	0,5722	0,5294	0,0041
	5	0,0582	0,0467	0,0648	0,9383	0,3592	0,0053
	10	0,0577	0,0453	0,0639	0,8828	0,3230	0,0058
	15	0,0551	0,0491	0,0753	0,9133	0,2563	0,0054
TOPRAK 2	Kontrol	0,0247	0,0084	0,0370	0,6487	0,2743	0,0025
	5	0,0273	0,0085	0,0373	0,7483	0,3013	0,0031
	10	0,0268	0,0097	0,0312	0,6016	0,2236	0,0028
	15	0,0337	0,0111	0,0315	0,6243	0,1960	0,0032
TOPRAK 3	Kontrol	0,0160	0,0064	0,0246	0,2025	0,2014	0,0022
	5	0,0224	0,0089	0,0243	0,4245	0,2258	0,0024
	10	0,0220	0,0096	0,0230	0,4353	0,2005	0,0025
	15	0,0251	0,0102	0,0251	0,4485	0,1928	0,0028

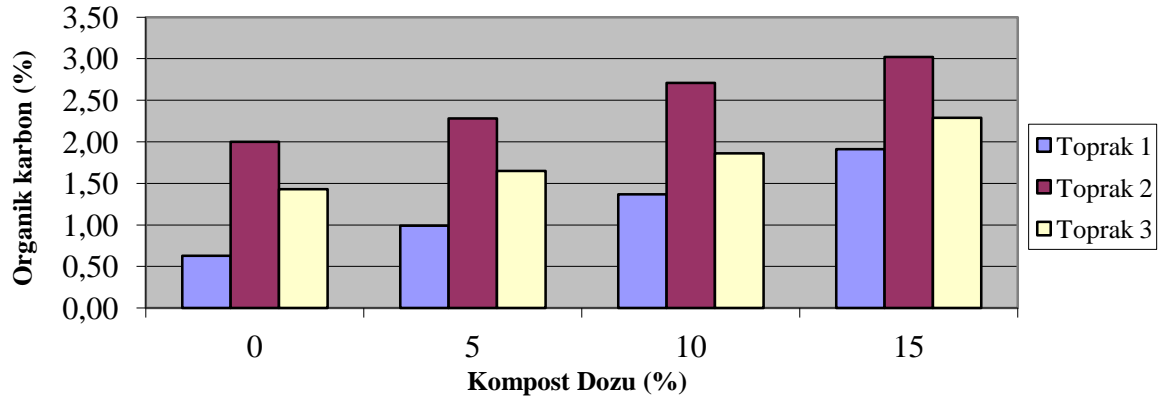
Topraklara uygulanan çöp kompostu, bitkilerin ağır metal içeriklerini genel olarak arttırmıştır. Ancak bu artışlar Zn, Cu Fe ve Mn (Asit toprakta) elementlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemede kullanılan çöp kompostu Zn, Cu, Fe ve Mn bakımından deneme topraklarından daha zengindir ve bu nedenle topraklara uygulanması ile bitkilerin de ağır metal içeriğini arttırmıştır. Pb ve Ni içerikleri ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Baldwin ve Shelton (1999) çöp kompostu uygulamasın yapılan topraklarda yetiştirilen tütün yapraklarında Pb ve Ni konsantrasyonunun genel olarak deneme süresi olan 3 yıl boyunca tespit edilemediğini belirlemişlerdir.

Toprak-bitki transfer katsayılarına göre tüm ağır metaller Toprak 1 de en yüksek sonucu vermiştir. Buna göre topraklara uygulanan çöp kompostu asit topraklarda diğer topraklara göre bitkilerin ağır metal içeriklerini daha fazla arttırmıştır. Ancak toprak-bitki transfer katsayılarındaki artış genel olarak dozlarla birlikte artış göstermektedir. Ağır metallerin bitkiler tarafından alınmasında toprağın ve toprağa uygulanan kompostun ağır metal konsantrasyonunun önemli olduğu Smith (1999) da belirtilmiştir.

## **4.2 Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri**

### **4.2.1 Organik Karbon (%)**

Farklı pH'ya sahip topraklara uygulanan çöp kompostu üç toprakta da organik karbon (OC) miktarlarını dozlara paralel olarak arttırmıştır (Şekil 4.13). Toprak 1'de kontrol dozunda % 0.63 olan OC içerikleri 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda % 1.91'e yükselmiştir. Toprak 2 ve Toprak 3'de de aynı şekilde yükselişler görülmüş ve kontrol dozunda % 2 ve % 1.43 olan OC değerleri sırasıyla % 3.02 ve % 2.29'a yükselmiştir (Çizelge 4.26).



Şekil 4.13. Toprakların organik karbon içerikleri

Toprakların OC içeriğine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.26'da, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması Çizelge 4.27'de, verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların OC içerikleri üzerine üç toprakta da %1 düzeyinde önemli ve pozitif etkide bulunmuştur. Yapılan LSD önemlilik testine göre (Çizelge 4.26), Toprak 2 ve Toprak 3'de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu en önemli etkiyi gösterirken Toprak 1 de ise 10 ve 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu beraber grup oluşturmuşlardır.

Çizelge 4.26. Organik karbon içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	2.692	0.897	23.618**	4.070	7.590
	Hata	8	0.304	0.038			
	Genel	11	2.996	0.272			
Toprak 2	Doz	3	1.829	0.610	9.402**	4.070	7.590
	Hata	8	0.519	0.065			
	Genel	11	2.347	0.213			
Toprak 3	Doz	3	1.202	0.401	12.755**	4.070	7.590
	Hata	8	0.251	0.031			
	Genel	11	1.453	0.132			

\*\* : %1 düzeyinde önemli



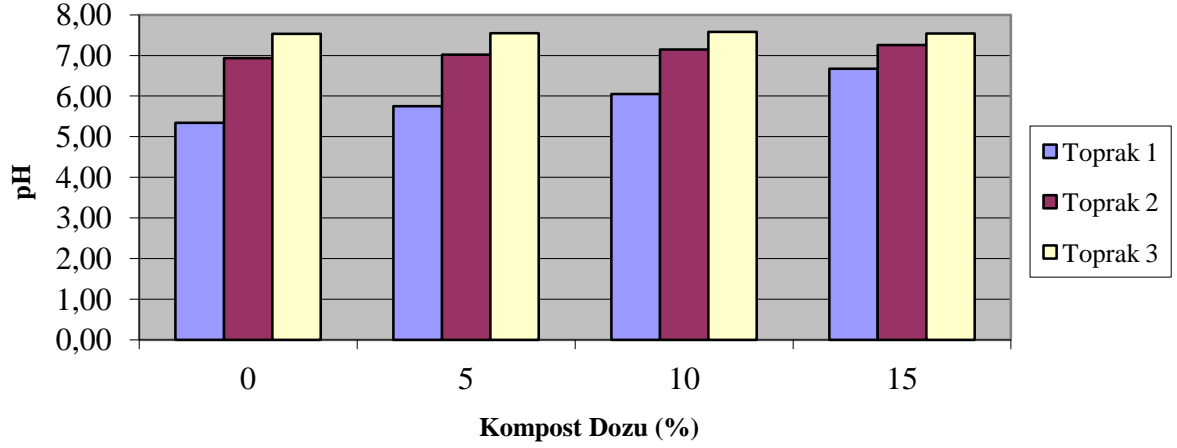
**Çizelge 4.27.** Organik karbon içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (%)		
0	0,63 b	2,00 c	1,43 c
5	0,99 ab	2,28 bc	1,65 bc
10	1,37 a	2,71ab	1,86 b
15	1,91 a	3,02 a	2,29 a
LSD (P≤0,05)	0,367	0,479	0,334

Araştırmada kullanılan çöp kompostu yüksek organik madde (OM) içeriği (% 41) nedeni ile toprakların OC içeriğini arttırmıştır. Birçok araştırmacı çöp kompostlarının yüksek OM içerdiğini ve toprakların OM ve dolayısı ile OC içeriklerini önemli düzeyde arttırdığını bildirmişlerdir (Pedra ve ark. 2007, Weber ve ark. 2014, Füleky ve Benedek 2010). Albiach ve ark. (2001), farklı organik materyal uygulanan topraklarda OM içeriğini en fazla çöp kompostunun arttırdığını ifade etmiştir. Bastida ve ark. (2007) çöp kompostu uygulanmış topraklarda en yüksek dozda (260 Mg ha<sup>-1</sup>), OC miktarının 4,30 g kg<sup>-1</sup>'den 12 g kg<sup>-1</sup>'a yükseldiğini belirtmiştir. Diacono ve Montemurro (2010) uzun dönem organik düzenleyicilerin uygulanması ile toprakların OC miktarlarının gübrelenmemiş olanlara göre % 90, kimyasal gübrelere göre % 100 arttığını bildirmiştir. Çöp kompostları diğer organik materyallere göre ayrışmaya oldukça dirençlidirler. Araştırmacılar tarafından bunun nedeni olarak çöp kompostlarının başlangıçta düşük azot, düşük pH ve yüksek yağ içeriğine sahip olması nedeni ile mikroorganizma aktivitesini yavaşlatması ve böylece kompostun ayrışmasının geç başlaması olarak açıklanmaktadır (Atagana ve ark. 2003, Neves ve ark. 2009). Bunu destekleyen bir çalışmada (Weber ve ark. 2007) çöp kompostunun toprakların organik madde içeriğine etkisinin en az 3 yıl boyunca gözlemlendiği belirtilmektedir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda farklı kompost dozları uygulansalar da sürdürülebilir OM miktarı için topraklara düzenli olarak uygulanan yıllık 6-7 t ha<sup>-1</sup> kompost dozunun yeterli olabileceğini belirtmektedir (Erhart ve Hartl 2010).

#### 4.2.2 Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprakların pH analiz sonuçlarına göre topraklara uygulanan çöp kompostu, düşük pH'ya sahip Toprak 1'de pH'ı belirgin şekilde, nötr pH'ya sahip Toprak 2'de hafif şekilde artırırken, yüksek pH'ya sahip Toprak 3'de hemen hemen aynı kalmıştır (Şekil 4.14). Toprakların pH değerleri; Toprak 1'de kontrol dozunda 5,34'den 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 6,67'ye, Toprak 2'de kontrol dozunda 6,93'den 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 7,26'ya ve Toprak 3'de kontrol dozunda 7,53'den 10 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 7,58'e yükselmiştir (Şekil 4.14 ve Çizelge 4.28).



Şekil 4.14. Toprakların pH değerleri

Toprakların pH değerlerine ait ortalama değerlerden elde edilen varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28'de ve önemlilik sıralaması ise Çizelge 4.29'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre artan dozlarda uygulanan çöp kompostu toprakların pH değerlerini sadece Toprak 1'de % 1 düzeyinde önemli ve pozitif etkilerken, diğer topraklar üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. Toprak 1 değerleri üzerinde yapılan LSD testine göre 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu en önemli etkiyi göstermiş ve tek başına birinci grubu oluşturmuştur.

**Çizelge 4.28.** pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	2.842	0.947	24.181**	4.070	7.590
	Hata	8	0.313	0.039			
	Genel	11	3.155	0.287			
Toprak 2	Doz	3	0.181	0.060	3.281 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.147	0.018			
	Genel	11	0.328	0.030			
Toprak 3	Doz	3	0.004	0.001	0.752 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	0.014	0.002			
	Genel	11	0.018	0.002			

<sup>ns</sup>: önemsiz

\*\* : %1 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.29.** pH değerlerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

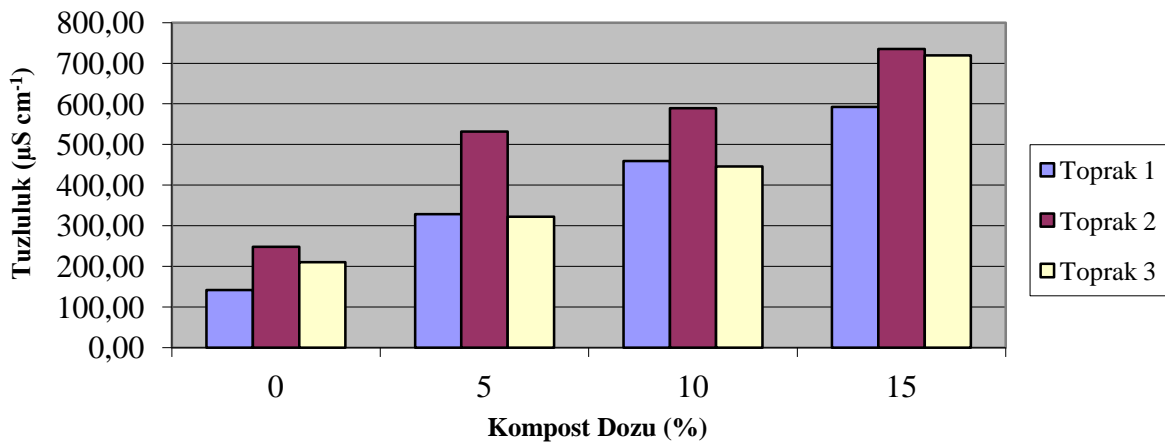
Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama		
0	5,34 c	6,93	7,53
5	5,75 b	7,02	7,55
10	6,05 b	7,15	7,58
15	6,67 a	7,26	7,54
LSD (P≤0,05)	0,373	-	-

Çalışma topraklarında çöp kompostu uygulaması düşük pH'ya sahip topraklarda pH'yı yükseltici etkide bulunurken, orta ve yüksek pH'ya sahip topraklarda etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Genellikle çöp kompostu gübrelemesinin dozu ile toprak pH'sındaki artış orantılıdır. Çöp kompostu içeriğinde pH'yı yükseltici özelliklere sahip CaCO<sub>3</sub> gibi bileşikler, mineralize olan karbon ile ligand değişimler sonucunda açığa çıkan OH<sup>-</sup> iyonları ve Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup> gibi kationlar nedeni toprakların pH'sını yükseltebilir (Mkhabela ve ark. 2005).

Bu çalışmayı destekler şekilde birçok araştırmacı topraklara uygulanan çöp kompostunun düşük pH'ya sahip topraklarda pH'yı yükselttiğini nispeten yüksek pH'ya sahip topraklarda çöp kompostunun pH üzerine etkisinin önemli olmadığını belirtmişlerdir. Zheljzkov ve Warman (2004) iki farklı bitkide yaptığı çalışmada topraklara ilave edilen çöp kompostu ile kontrolde 5,33 ve 5,99 olan pH değerlerinin 6,56 ve 6,61 e kadar yükseldiğini, aynı şekilde Zhang ve ark. (2006), iki farklı lokasyonda yürüttüğü çalışmasında 5,8 ve 6,0 olan kontrol değerlerinin 200 t ha<sup>-1</sup> dozunda sırası ile 6,7 ve 6,5'e yükseldiğini bildirmiştir. Carbonell ve ark. (2011) ise pH'sı 8,42 olan tınlı kumlu bir toprağa 50 Mg ha<sup>-1</sup> çöp kompostu uygulamasının toprakların pH'sı üzerine etkili olmadığını belirlemiştir.

#### 4.2.3 Toprak Tuzluluğu (EC)

Çöp kompostu uygulaması toprakların tuzluluğunu (EC) içeriklerini üç toprak çeşidinde de doz artışına paralel olarak arttırmıştır (Şekil 4.15). Toprak 1'de kontrol dozunda 141,60  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olan EC değeri en yüksek doz olan 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 592,33  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ye kadar yükselmiştir. Toprakların tuzluluk içeriklerindeki artış Toprak 1 ve Toprak 2'de de benzer şekilde meydana gelmiştir. Toprak 1 ve Toprak 2'de kontrol dozlarında 247,73 ve 209,33  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olan EC değerleri 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda sırası ile 735,00 ve 719,67  $\mu\text{S cm}^{-1}$  değerlerine yükselmişlerdir (Çizelge 4.30).



Şekil 4.15. Toprakların tuz içerikleri

Topraklarda tuzluluğa ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.30'da, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması Çizelge 4.31'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre çöp kompostu uygulamasının toprakların EC değerlerine yaptığı etki istatistiki olarak üç toprakta da % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan LSD testine göre Toprak 1 ve Toprak 3'de en önemli etkiyi 15 t da<sup>-1</sup> sağlamış ve tek başına grup oluşturmuştur. Toprak 2'de ise 5, 10 ve 15 t da<sup>-1</sup> uygulamaları beraberce aynı etkiyi göstererek grup oluşturmuşlardır.

**Çizelge 4.30.** Tuzluluk içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Var. kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	332647.760	110882.587	29.863 <sup>**</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	29704.480	3713.060			
	Genel	11	362352.240	32941.113			
Toprak 2	Doz	3	375608.227	125202.742	8.374 <sup>**</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	119616.953	14952.119			
	Genel	11	495225.180	45020.471			
Toprak 3	Doz	3	433121.667	144373.889	56.847 <sup>**</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	20317.620	2539.702			
	Genel	11	453439.287	41221.753			

<sup>\*\*</sup>: %1 düzeyinde önemli

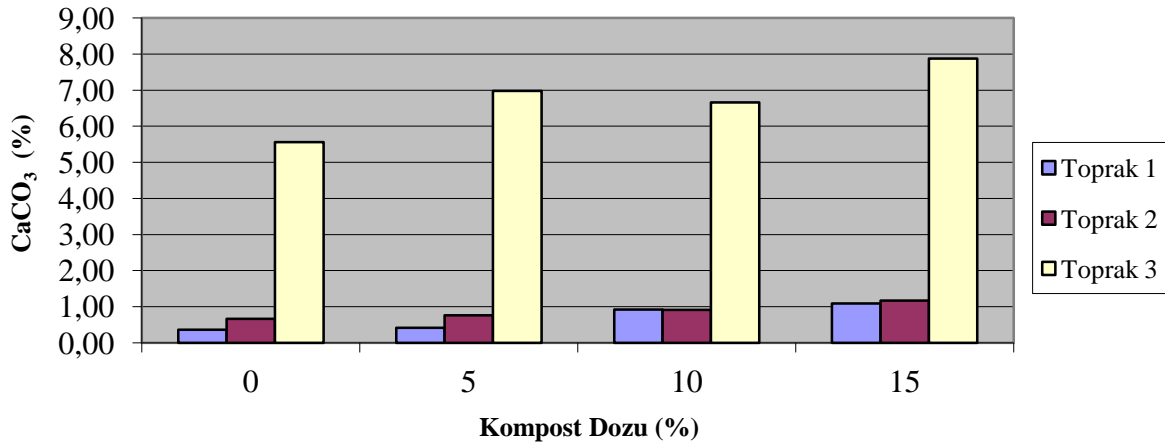
**Çizelge 4.31.** Tuzluluk içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (µS cm <sup>-1</sup> )		
0	141,60 d	247,73 b	209,33 d
5	328,33 c	532,00 a	322,00 c
10	459,33 c	589,67 a	445,67 b
15	592,33 a	735,00 a	719,67 a
LSD (P≤0,05)	114,731	230,232	94,887

Topraklara çöp kompostu uygulamalarında dikkat edilmesi gereken unsurların başında çöp kompostunun tuz içeriği gelmektedir. Araştırmada kullanılan çöp kompostunun EC değeri 5,70 dS m<sup>-1</sup> bulunmuştur. Bu değer oldukça yüksektir ve dolayısı ile toprakların tuz içeriğinin artmasına neden olmaktadır. Araştırmacılar topraklara uygulanan çöp kompostlarının toprakların tuz içeriklerini doz miktarına bağlı olarak arttırdığını bildirmişlerdir. Hernandez ve ark. (2015) çöp kompostu uygulamasının özellikle yüksek dozlarda toprakların EC'sini arttırdığını belirtmişlerdir. Hicklenton ve ark. (2001) yaptıkları bir araştırmada farklı organik materyaller içinde en yüksek EC değerinin çöp kompostu uygulamasında bulunduğunu ve başlangıçta yüksek olan EC değerinin zamanla düştüğünü belirlemişlerdir. Bu çalışmada artan dozlarda topraklara verilen çöp kompostu toprakların EC değerlerini arttırsa da en yüksek dozda bile tuzluluk sorunu yaratacak düzeye ulaşmamıştır. Hamidpour ve ark. (2012), çöp kompostunun toprakların EC değerlerini arttırdığını ancak hiçbir dozda buğday bitkisi için sınır değeri aşmadığını bildirmiştir.

#### 4.2.4 Kireç (CaCO<sub>3</sub>) (%)

Araştırma sonucunda elde edilen analiz sonuçlarına göre, çöp kompostu uygulaması üç toprakta CaCO<sub>3</sub> içeriklerini arttırmıştır. Toprak 1'de kontrol dozunda ortalama % 0.36 bulunan CaCO<sub>3</sub> değeri en yüksek dozda % 1.09'a yükselmiştir. CaCO<sub>3</sub> değeri Toprak 2'de ortalama % 0.67 den % 1.17'ye, Toprak 3'de ise ortalama % 5.66 dan % 7.87'ye yükselmiştir (Şekil 4.16 ve Çizelge 4.33).



Şekil 4.16. Toprakların kireç değerleri

Toprakların kireç içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması izelge 4.32’de, verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları ise izelge 4.33’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizine göre topraklara uygulanan çöp kompostu Toprak 1 ve Toprak 3 zerine % 1, Toprak 2 zerine ise % 5 düzeyinde önemli ve pozitif etkide bulunmuştur.

**Çizelge 4.32.** Kireç içeriğine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	1.170	0.390	53.307**	4.070	7.590
	Hata	8	0.059	0.007			
	Genel	11	1.229	0.112			
Toprak 2	Doz	3	0.433	0.144	7.046*	4.070	7.590
	Hata	8	0.164	0.020			
	Genel	11	0.597	0.054			
Toprak 3	Doz	3	8.962	2.987	7.758**	4.070	7.590
	Hata	8	3.081	0.385			
	Genel	11	12.042	1.095			

\*: %5 düzeyinde önemli

\*\* : %1 düzeyinde önemli

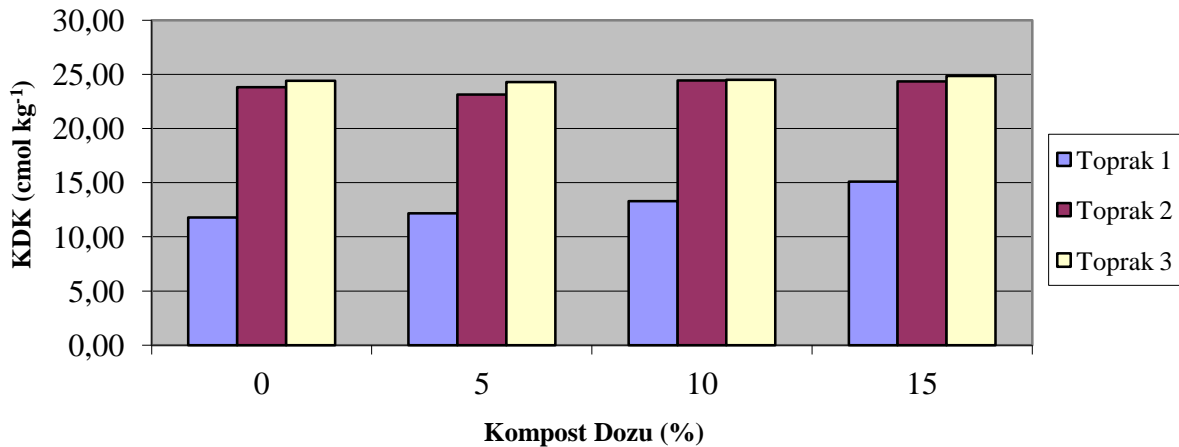
**Çizelge 4.33.** Kireç içeriğine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (%)		
0	0,36 c	0,67 b	5,56 c
5	0,42 c	0,76 b	6,98 ab
10	0,92 b	0,91 ab	6,66 b
15	1,09 a	1,17 a	7,87 a
LSD (P≤0,05)	0,161	0,269	1,168

Topraklara uygulanan çöp kompostu yaklaşık % 11 CaCO<sub>3</sub> içermektedir ve dolayısı ile toprakların kireç düzeylerini arttırmıştır. Bu artışlar Toprak 1 olarak isimlendirilen ve hemen hemen kireç içermeyen asit karakterli toprakta oran olarak en yüksek değere ulaşmıştır. Toprak 1’de kontrol dozuna göre artış yaklaşık 2 kat, Toprak 2’de yaklaşık 1 kat, Toprak 3’de ise yaklaşık 0,5 kat bulunmuştur. Denemede kullanılan toprakların kireç oranları birbirinden farklıdır ve bu kireç miktarları toprak pH’larını etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle kireç oranı düşük topraktan yüksek toprağa doğru bu artış oranları sıralanmaktadır. Çöp kompostunun toprakların CaCO<sub>3</sub> içeriklerini arttırdığı çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Avnimelech ve ark., 1994; Kluge ve Bolduan, 2001)

#### 4.2.5 Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) (cmol kg<sup>-1</sup>)

Farklı pH ya sahip topraklara uygulanan çöp kompostu Toprak 1’de belirgin, Toprak 2 ve Toprak 3’de ise hafif bir şekilde toprakların KDK değerlerini arttırmıştır (Şekil 4.17). Toprak 1’de kontrol uygulamasında 11,77 cmol kg<sup>-1</sup> olan KDK, 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 15,10 cmol kg<sup>-1</sup>’a yükselmiştir. Bu değerler Toprak 2’de 23,80’den 24,35 cmol kg<sup>-1</sup>’a ve Toprak 3’de ise 24,41 den 24,84 cmol kg<sup>-1</sup>’a yükselmiştir (Çizelge 4.35).



Şekil 4.17. Toprakların katyon değişim kapasitesi değerleri



Toprakların kation değişim kapasitelerine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.34, ortalama değerler ve önemlilik sıralaması Çizelge 4.35’de verilmiştir. Bu varyans analizine göre çöp kompostu uygulamalarının Toprak 1’in KDK değerleri üzerine yaptığı etki % 1 düzeyinde pozitif önemli bulunmuştur. Toprak 2 ve Toprak 3’de meydana gelen etki ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

**Çizelge 4.34.** Toprakların KDK değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	20.094	6.698	14.339**	4.070	7.590
	Hata	8	3.737	0.467			
	Genel	11	23.831	2.166			
Toprak 2	Doz	3	3.278	1.093	2.738 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	3.193	0.399			
	Genel	11	6.472	0.588			
Toprak 3	Doz	3	0.505	0.168	1.288 <sup>ns</sup>	4.070	7.590
	Hata	8	1.045	0.131			
	Genel	11	1.550	0.141			

<sup>ns</sup>: önemsiz

\*\* : %1 düzeyinde önemli

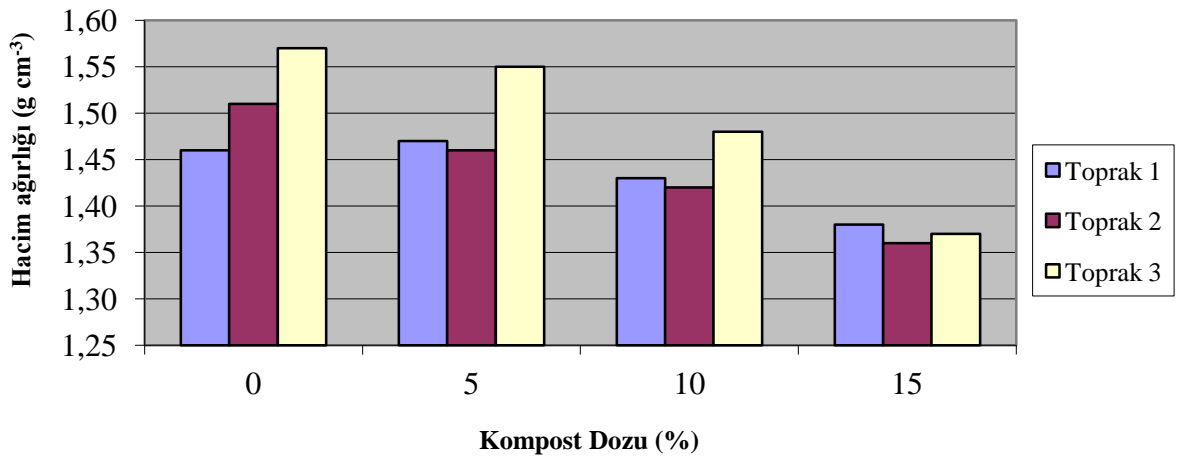
**Çizelge 4.35.** KDK değerlerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (cmol kg <sup>-1</sup> )		
0	11,77 c	23,80	24,41
5	12,17 bc	23,13	24,29
10	13,30 b	24,43	24,49
15	15,10 a	24,35	24,84
LSD (P≤0,05)	1,287	-	-

Kayon değişim kapasitesi (KDK), önemli toprak özelliklerinden birisidir ve topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların KDK değerlerini attırmıştır ancak bu artışlar sadece düşük KDK'ya sahip Toprak 1'de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çöp kompostları yüksek miktarda organik madde içerirler ve bu nedenle öncelikle toprakların organik madde içeriklerini ve dolayısı ile de KDK'sını arttırlar (Gallardo-Lara ve Nogales 1987). Çünkü organik madde ile KDK arasında yakın bir ilişki vardır. OM arttıkça KDK'da artar (Loveland ve Webb 2003). Toprakların organik madde içeriği artınca toprakların kolloid miktarı artar, yüzey alanı genişler ve değişebilir şekilde tutulan katyonların miktarı artar (Sağlam ve ark., 1994). Nortcliff ve Amlinger (2008), organik maddenin toprakların KDK değerlerini % 20 ile % 70 arasında, Hamat ve ark (2010) ise % 25 ile % 90 arasında arttırdığını belirtmişlerdir.

#### 4.2.6 Hacim ağırlığı (db)

Deneme topraklarının hacim ağırlığı değerleri, topraklara uygulanan çöp kompostunun toprakların hacim ağırlığı değerlerini üç toprak çeşidinde de düşürdüğünü göstermektedir (Şekil 4.18). Toprak 1'de kontrol dozunda 1,46 g cm<sup>-3</sup> olan hacim ağırlığı değeri 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda 1,38 g cm<sup>-3</sup>'e, Toprak 2'de 1,51'den 1,36 g cm<sup>-3</sup>'e, Toprak 3'de ise 1,57'den 1,37 g cm<sup>-3</sup>'e kadar düşüş göstermiştir (Çizelge 4.34).



Şekil 4.18. Toprakların hacim ağırlıkları

Toprakların hacim ağırlığına ait varyans analizi incelendiğinde, çöp kompostunun toprakların hacim ağırlığı değerlerine Toprak 1 ve Toprak 3’de % 1, Toprak 2’de ise % 5 düzeyinde önemli negatif etkide bulunduğunu göstermiştir (Çizelge 4.36). Yapılan LSD testine göre her üç toprakta da 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunun en önemli etkiyi sağladığını göstermiştir (Çizelge 4.37).

**Çizelge 4.36.** Hacim ağırlığına ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Asit Toprak	Doz	3	0.016	0.005	17.228**	4.070	7.590
	Hata	8	0.003	0.000			
	Genel	11	0.019	0.002			
Nötr Toprak	Doz	3	0.034	0.011	7.084*	4.070	7.590
	Hata	8	0.013	0.002			
	Genel	11	0.047	0.004			
Alkali Toprak	Doz	3	0.077	0.026	11.681**	4.070	7.590
	Hata	8	0.018	0.002			
	Genel	11	0.095	0.009			

\*: %5 düzeyinde önemli

\*\* : %1 düzeyinde önemli

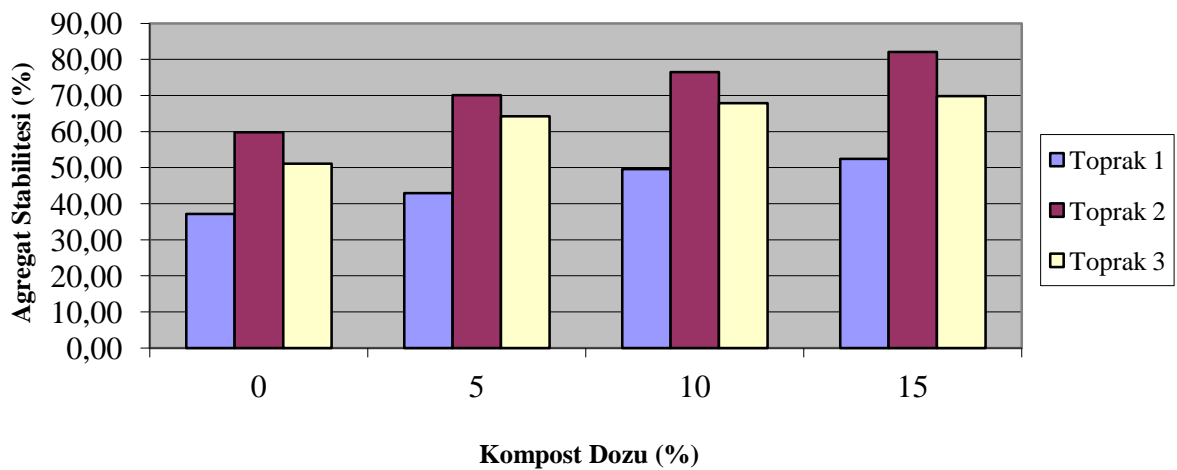
**Çizelge 4.37.** Hacim ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (g cm <sup>-3</sup> )		
0	1,46 ab	1,51 a	1,57 a
5	1,47 a	1,46 ab	1,55 ab
10	1,43 b	1,42 bc	1,48 b
15	1,38 d	1,36 c	1,37 c
LSD (P≤0,05)	0,034	0,076	0,088

Topraklara artan dozlarda uygulanan çöp kompostunun toprakların hacim ağırlığını düşürdüğü çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuştur (Zamani ve ark. 2016, Civeira 2010). Araştırmacılara göre topraklara ilave edilen çöp kompostunun yüksek OM içeriği nedeni ile hacim ağırlığı düşmektedir. Çöp kompostu uygulaması ile toprakların hacim ağırlığındaki azalışın nedeni olarak birkaç neden söylenebilir. Bunlardan birisi, organik maddenin daha iyi bir agregasyon sağlaması nedeni ile poroziteyi arttırması ve dolayısı ile hacim ağırlığının düşürmesi (Hemmat ve ark. 2010, Eibisch ve ark. 2015), bir diğeri ise toprağın daha düşük yoğunluktaki organik madde ile karıştırılması nedeni ile karışımın ağırlığının azalması ve dolayısı ile hacim ağırlığının düşmesi (Maylavarapu ve Zinati 2009) sayılabilir.

#### 4.2.7. Agregat Stabilitesi

Topraklara uygulanan çöp kompostu 3 toprakta da agregat stabilitesini arttırmıştır. Toprak 1’de kontrol dozunda ortalama % 37.20 olan agregat stabilitesi artan kompost dozlarına bağlı olarak artış göstererek en yüksek kompost dozu olan 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda ortalama % 52.47’ye yükselmiştir. Toprak 2 ve Toprak 3’de de aynı şekilde kontrol dozunda ortalama % 59.78 ve % 69.81 olan agregat stabilitesi değerleri 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda sırası ile ortalama % 82.05 ve % 69.81 bulunmuştur (Çizelge 4.39 ve Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Deneme topraklarının agrgat stabilitesi sonuçlarının grafiksel gösterimi

Çöp kompostu uygulamasının agregat stabilitesi değerleri üzerine etkisini istatistiksel olarak ortaya koymak için yapılan varyans analizi Çizelge 4.38’de verilmiştir. Bu tabloya göre artan miktarlarda topraklara uygulanan çöp kompostu 3 toprak çeşidinde de agregat stabilitesi üzerine % 1 düzeyinde önemli ve pozitif etkide bulunmuştur. Kompost dozları arasında yapılan önemlilik sıralamasında Toprak 1 ve Toprak 2’de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu, Toprak 3’de ise 10 ve 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozları en önemli etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.39).

**Çizelge 4.38.** Deneme topraklarının agregat stabilitesi varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Toprak 1	Doz	3	421.518	140.506	70.061**	4.070	7.590
	Hata	8	16.044	2.005			
	Genel	11	437.562	39.778			
Toprak 2	Doz	3	821.574	273.858	97.839**	4.070	7.590
	Hata	8	22.393	2.799			
	Genel	11	843.966	76.724			
Toprak 3	Doz	3	639.410	213.137	187.835**	4.070	7.590
	Hata	8	9.078	1.135			
	Genel	11	648.488	58.953			

\*\* : %1 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.39.** Agregat stabilitesine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Dozlar (t da <sup>-1</sup> )	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
	Ortalama (%)		
0	52.467 a	59.780 d	51.107 c
5	49.577 b	70.130 c	64.197 b
10	42.967 c	76.473 b	67.913 a
15	37.197 d	82.053 a	69.810 a
LSD (P≤0,05)	2.666	3.150	2.006

Toprak çeşitlerine göre agregat stabilitesinde meydana gelen değişimin oranı Toprak 1'de % 41 iken Toprak 2 ve Toprak 3'de yaklaşık % 37'dir. Bu oranlara göre çöp kompostu uygulaması kontrole göre en fazla artışı Toprak 1'de göstermiştir. Toprak 1 ile ifade edilen asit karakterli topraklar diğer topraklara oranla daha kaba bünyeli ve kil içeriği daha düşüktür. Dolayısı ile başlangıç topraklarının agregat stabilitesi de düşüktür ve bu topraklara uygulanan çöp kompostunun etkisi oransal olarak daha yüksek bulunmuştur. Topraklara uygulanan çöp kompostu kireç ve alkali katyonlarca zengindir. Çöp kompostu uygulaması ile bu toprakların kireç ve dolayısı ile Ca içerikleri artmakta ve bu nedenle agregasyonları da belirgin bir şekilde artmaktadır.

Çeşitli organik madde ilavelerinin topraklarda agregasyonu düzenlediği ve agregat stabilitesini arttırdığı çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur (Karami ve ark. 2012, Leroy ve ark. 2008). Kavdir ve Killi (2008), yüksek oranda organik madde içeren zeytin katı atığının killi tın tekstüre sahip toprakların agregat stabilitesini önemli düzeyde arttırdığını belirtmiştir. Bu çalışmada topraklara uygulanan çöp kompostu yüksek düzeyde organik madde içermektedir (yaklaşık % 46) ve dolayısı ile çöp kompostu toprakların agregat stabilitesini arttırmıştır. Agregat stabilitesi üzerine olan olumlu etkinin nedeni olarak çöp kompostunun yüksek humik asit içeriğine sahip olması söylenebilir. Albiach ve ark. (2001), topraklara uygulanan 5 farklı organik madde içinde çöp kompostun en iyi humik asit kaynağına sahip olduğunu ifade etmiştir. Hernandez ve ark. (2015), çöp kompostu uygulamasının toprakların humik asit miktarını arttırdığını ve bu artışın yüksek dozlarda daha fazla olduğunu belirtmiştir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çöp kompostu uygulaması, farklı pH'ya sahip toprakların Zn ve Cu içeriklerini istatistiksel olarak önemli düzeyde arttırmış, diğer ağır metaller üzerine istatistiksel olarak etkide bulunmamıştır. Bitki örneklerinde ise çöp kompostu uygulaması Zn, Cu, Fe ve Mn (asit toprakta) üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Çöp kompostu uygulaması ile toprakların (Ni hariç) ağır metal içerikleri Çizelge 3.4 de verilen sınır değerleri aşmamıştır. Sadece Ni, Toprak 1 ve Toprak 2 de sınır değerleri aşmıştır ancak denemede kullanılan toprak örneklerinin Ni içeriklerinin yüksek olması bu sonuca sebep olmuştur. Bitki örneklerinde ise hiçbir ağır metal sınır değerlere ulaşmamıştır.

Ağır metaller için hesaplanan toprak-bitki transfer katsayısına göre ağır metallerin tümünde asit karakterli olan Toprak 1 deki sonuçlar en yüksek bulunmuştur. Toprak-bitki transfer katsayısı Toprak 1, Toprak 2, Toprak 3 sıralamasını izlemiştir. Bu sonuçlara göre bitkilerin asit topraklarda ağır metal alımlarının arttığı söylenebilir. Toprak-bitki transfer katsayıları genel olarak artan doz miktarına paralel olarak artmaktadır. Topraktaki ve topraklara uygulanan çöp kompostundaki ağır metallerin konsantrasyonları bu sonuçta etkilidir.

Topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların OM, EC, CaCO<sub>3</sub> içerikleri üzerine istatistiksel düzeyde önemli etkide bulunmuştur. Topraklara tek seferde çöp kompostu uygulaması yapılan ve saksı denemesi olarak yürütülen bu çalışma da toprakların organik madde içerikleri asit topraklarda 3, diğer topraklarda 2 kat artış göstermiştir. Çöp kompostları toprakların pH'sı üzerine asit topraklarda istatistiki olarak önemli etkide bulunurken, nötr ve alkali topraklarda istatistiksel olarak etkide bulunmamıştır. Önceki çalışmalara göre genel olarak kompost, düşük pH'ya sahip topraklarda pH'yı yükselterek etkide bulunmaktadır. Çöp kompostu KDK değerleri üzerine sadece asit topraklarda önemli etkide bulunmuştur. Burada KDK üzerine olan etkinin daha çok denemede kullanılan asit toprağın kil içeriğinin düşük olması ile ilgili olduğu bilinmelidir.

Çöp kompostu toprakların hacim ağırlığı ve agregat stabilitesi değerlerine istatistiki olarak önemli etkide bulunmuştur. Artan organik madde içeriğine bağlı olarak toprakların

hacim ağırlığı azalmıştır. Çöp kompostu, toprakların OM içeriklerini ve OM'ye bağlı olarak humik asit miktarlarını arttırması sonucu agregasyonu düzenler. makro gözeneklerin miktarı artar. Toprakların agregasyonunun iyileşmesi ile agregatların dayanıklılığı artar ve dolayısı ile toprakların agregat stabilitesi de artar. Bu nedenle hacim ağırlığı düşer. Bu olaylar birbirine bağlı olarak meydana gelir.

Denemede kullanılan çöp kompostunun karışımında bitki atıkları önemli paya sahiptir. Bu nedenle ağır metal içerikleri sınır değerlerin altındadır. Deneme sonunda elde edilen verilere göre topraklara verilen çöp kompostu ile toprakların ağır metal içerikleri sınır değerlere ulaşmamıştır. Aynı şekilde bitki örneklerinin Pb ve Ni gibi ağır metalleri alımı önemli düzeyde artmamıştır. Ancak bir çok kaynakta ağır metal olarak sözedilen ve bitkiler için mutlak gerekli mikro besin elementi olarak kabul edilen, fazlalığı bitkilere toksik etki yapan Cu ve Zn, kompost ilavesiyle artan dozlara paralel olarak hem bitkide hem de toprakta önemli düzeyde artış göstermiştir.

Araştırma sonuçlarına göre topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerini düzenleyici etkide bulunmuştur. Özellikle yüksek organik madde içeriği nedeni ile organik toprak düzenleyicisi ile Zn ve Cu kaynağı olarak kullanılabilir bir materyaldir. Ayrıca bu çalışmada da kullanılan çöp kompostu yüksek oranda tuz içermektedir ve toprakların tuz içeriklerini istatistiksel olarak (% 1) arttırmıştır. Bu nedenle çöp kompostlarının kullanımında, çöp kompostunun ağır metal ve tuz içeriklerinin göz önünde bulundurulması ve aşırı dozlardan kaçınılması gerekmektedir.

Bu çalışmada tek seferde yapılan çöp kompostu uygulamasının toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini (pH ve tuz içeriği haricinde) olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Topraklara çöp kompostu uygulamasının düzenli olarak yapılması bu olumlu etkilerin sürekli olmasını sağlayacaktır.



## 6. KAYNAKLAR

- Achiba B A, Gabteni N, Lakhdar A, Laing GD, Verloo M, Jedidi N, 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 and Environment*, 130: 156-163.
- Aggelides SM, Londra PA (2000). Effects of Compost Produced From Town Wastes and Sewage Sludge on the Physical Properties of a Loamy and Clay Soil. *Bioresource Technology*, 71: 253-259.
- Alagöz Z, Yılmaz E, Öktüren F (2006). Organik Materyal İlavesinin Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2): 245-254.
- Albiach R, Canet R, Pomares F, Ingelmo F (2001). Organic Matter Components and Aggregate Stability After the Application of Different Amendments to a Horticultural soil. *Bioresource Technology*, 76(2): 125-129.
- Anonim (2018 a). Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik. TC. Resmi Gazete (03.08.2010), Sayı: 27661. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/08/20100803-5.htm>, (erişim tarihi, 15.07.2018)
- Anonim (2018b). Kompost Geri Kazanımı. <http://www.istac.istanbul/tr/temiz-istanbul/evsel-atiklar/kompost-geri-kazanimi>. (erişim tarihi, 27.08.2017).
- Anonim (2018c). Kompost Tebliği. 5.03.2015 tarih ve 29286 sayılı Resmi Gazete <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150305-8.htm>. (erişim tarihi, 27.08.2018).
- Anonim (2018d). Sladoran. <https://arastirma.tarim.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=33> (erişim tarihi, 10.05.2018).
- Anonim (2017). Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24877> (erişim tarihi, 27.08.2018).
- Annabi M, Houot S, Francou C, Poitrenaud M, Le Bissonnais Y (2007). Soil Aggregate Stability Improvement with Urban Composts of Different Maturities. *Soil Science Society of America Journal Abstract*, 71: 413–423.
- Apaydın Ö (1998). Katı Atık Bertaraf Yöntemlerinin İrdelenmesi ve Trabzon Kenti Evsel Katı Atıklarından Geri Kazanılabilir Madde Miktarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KATÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Atagana IH, Haynes RJ, Wallis FM (2003). Co-Composting of Soil Heavily Contaminated with Creosote with Cattle Manure and Vegetable Waste for the Bioremediation of Creosote-Contaminated Soil. *Soil & Sediment Contamination*, 12: 885-899.
- Avnimelech Y, Shkedi D, Kochba M, Yotal Y (1994). The Use of Compost for the Reclamation of Saline and Alkaline Soils. *Compost Science of Utilization* 2(3): 6-11.

- Bahtiyar M (1985). Çöp Kompostlarının Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerinde Araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(1): 29-38.
- Baldwin K R, Shelton J E (1999). Availability of heavy metals in compost-amended soil. Bioresource Technology, 69, 1-14.
- Blake GR, Hartge KH (1986). Bulk density. Methods of Soil Analysis. Part 1. In: A. Klute (Ed.), Physical ve Mineralogical Methods. 2nd edn. Agronomy, 9. American Society of Agronomy, Madison, 363-382.
- Bastida F, Moreno JL, Garcia C, Hernández T (2007). Addition of Urban Waste to Semiarid Degraded Soil: Long-Term Effect. Pedosphere, 17(5), 557-567.
- Carbonell G, Imperial RM, Torrijos M, Delgado M, Rodriguez JA (2011). Effects of Municipal Solid Waste Compost and Mineral Fertilizer Amendments on Soil Properties and Heavy Metals Distribution in Maize Plants. Chemosphere, 85(10): 1614-1623.
- Civeira G (2010). Influence of Municipal Solid Waste Compost on Soil Properties and Plant Reestablishment in Peri-Urban Environments. Chilean Journal of Agricultural Research, 70: 416-425.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2872 Sayılı Çevre Kanunu, 14 Mart 1991 tarih 20814 sayılı Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2872 Sayılı Çevre Kanunu, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 5 Mart 2015 tarih 29286 sayılı Kompost Tebliği.
- Eibisch N, Durner W, Bechtold M, Fuß R, Mikutta R, Woche SK, Helfrich M (2015). Does Water Repellency of Pyrochars and Hydrochars Counter Their Positive Effects on Soil Hydraulic Properties?. Geoderma, 245: 31-39.
- Epstein EA, Chaney RL, Henry C, Logan TJ (1992). Trace Elements in Municipal Solid Waste Compost. Biomass Bioenergy, 3(3-4): 227-228.
- Ergene A (1993). Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üni. Zir. Fak. Yayın No: 586. Ziraat Fakültesi Yayın No: 267. Ders Kitapları Serisi No: 42. Erzurum.
- Erhart E, Hartl W (2010). Compost Use in Organic Farming. In: E Lichtfouse (Ed.), Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming, Springer, Netherlands, 311-345.
- Fourest E, Jean-Claude Roux (1992). Heavy Metal Biosorption by Fungal Mycelial by Products Mechanism and Influence of pH. Applied Microbiology and Biotechnology, 37: 399-403.
- Füleky G, Benedek S (2010). Composting to recycle biowaste. In: Lichtfouse, E. (Ed.), Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science, Springer, Netherlands, pp. 319-346.
- Gallardo-Lara F, Nogales R (1987). Effect of the Application of Town Refuse Compost on the Soil-Plant System: a review. Biological Wastes, 19: 35-62.
- Garcia-Gil JC, Ceppi S, Velasca M, Polo A, Senesi N (2004). Longterm Effects of Amendment with Municipal Solid Waste Compost on the Elemental and Acid Functional Group Composition and pH-Buffer Capacity of Soil Humic Acid. Geoderma, 121: 135-142.

- Gür N, Topdemir A, Munzuroğlu Ö, Çobanoğlu D (2004). Ağır Metal İyonlarının ( $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Hg}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$ ) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. *F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2): 177-182.
- Hamidpour M, Afyuni M, Khadivi E, Zorpas A, Inglezakis V (2012). Composted Municipal Waste Effect on Chosen Properties of Calcareous Soil. *Int. Agrophys*, 26: 365–374.
- Hanay A, Buyuksonmez F, Kiziloglu FM, Canbolat MY (2004). Reclamation of Saline-Sodic Soils with Gypsum and MSW Compost. *Compost Sci.Util*, 12(2): 175-179.
- Hargreaves JC, Adl MS, Warman PR (2008). A Review of the Use of Composted Municipal Solid Waste in Agriculture. *Agriculture Ecosystem Environment*, 123: 1-14.
- Hemmat A, Aghilinategh N, Rezainejad Y, 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): 43-50.
- Hernandez T, Garcia E, García C (2015). Strategy for Marginal Semiarid Degraded Soil Restoration: A Sole Addition of Compost at a High Rate. A Five-Year Field Experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 89: 61-71.
- Hicklenton PR, Rodd V, Warman PR (2001). The Effectiveness and Consistency of Source Separated Municipal Solid Waste and Bark Composts as Components of Container Growing Media. *Scientia Horticulturae*, 91: 365-378.
- Jordao CP, Nascentes CC, Cecon PR, Fontes RLF, Pereira JL (2006). Heavy Metal Availability in Soil Amended With Composted Urban Solid Wastes. *Environ Monit Assess*, 112(1-3): 309-326.
- Kacar B (1995). Toprak Analizleri. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No 3, Ankara, 705.
- Kacar B, İnal A (2010). Bitki Analizleri (2. Basım). Nobel Yayınları, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri, 63. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara, 892.
- Kacar B, Katkat AV (2010). Bitki besleme (5. Baskı). Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kachenko AG, Singh B (2006). Heavy Metals Contamination in Vegetables Grown in Urban and Metal Smelter Contaminated Sites in Australia. *Water Air Soil Pollut*, 169: 101-123.
- Kavdir Y, Killi D, (2008). Influence of Solid Waste Applications on Soil pH, Electrical Conductivity, Soil Nitrogen Transformations, Carbon Content and Aggregate Stability. *Bioresour. Technol*, 99: 2326–2332.
- Karami A, Homae M, Afzalinia S, Ruhipour H, Basirat S (2012). Organic Resource Management: Impacts on Soil Aggregate Stability and Other Soil Physico-chemical Properties. *Agric Ecosyst Environ*, 148: 22–8.
- Kemper WD, Rosenau RC (1986). Aggregate Stability and Size Distribution. In Klute (ed) *Methods of Soil Analysis. Part 1. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison*, 425-442
- Kluge, R., Bolduan, R., 2001. Several Years Application of Compost-Effects on Physical and Microbiological Properties of Soil. In: *Proceeding of Applying Compost Benefits and Needs, Brussels*, 225-228.

- Krauss M, Wilcke W, Kobza J, Zech W (2002). Predicting Heavy Metal Transfer From Soil to Plant: potential use of Freundlich-type functions. *J Plant Nutr Soil Sci*, 165: 3–8.
- Leaungvutivirog C, Sunantapongsuk V, Limtong P, Nakapraves P, Piriyaaprin S (2004). Effects of Organik Fertilizer on Soil Improvement in Mab Bon, Tha Yang, Satuk and Renu Series for Corn Cultivation on Thailand. *Symposium (57)*, 1899, Thailand.
- Leroy B, Herath H, Sleutel S, De Neve S, Gabriëls D, Reheul D (2008). The Quality of Exogenous Organic Matter: Short-term Effects on Soil Physical Properties and Soil Organic Matter Fractions. *Soil Use Manag*, 24: 139–47.
- Loeppert RH, Suarez DL (1996). Carbonate and Gypsum. In: Sparks D.L. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods*. SSSA Book Series: 5, Madison, pp. 437-474
- Madrid F, López R, Cabrera F (2007). Metal Accumulation in Soil After Application of Municipal Solid Waste Compost under Intensive Farming Conditions. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 119(3–4): 249–256.
- McBride MB (1989). Reactions Controlling Heavy Metal Solubility in Soils. *Advances in Soil Science*, 10: 1-56.
- Mkhabela M, Warman PR (2005). The Influence of Municipal Solid Waste Compost on Yield, Soil Phosphorus Availability and Uptake by Two Vegetable Crops, Grown in a Pugwash Sandy Loam Soil in Nova Scotia. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 106: 57–67.
- Montemurro F, Maiorana M, Convertini G, Fornaro F (2005). Improvement of Soil Properties and Nitrogen Utilization of Sunflower by Amending Municipal Solid Waste Compost. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(3): 369–375.
- Mylavarapu RS, Zinati GM (2009). Improvement of Soil Properties Using Compost for Optimum Parsley Production in Sandy Soils. *Scientia Horticulturae*, 120(3): 426-430.
- Nelson DW, Sommers LE (1996). Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: Sparks D.L. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods*. SSSA Book Series: 5, Madison Wisconsin, 961-1010.
- Neves L, Ferreira V, Oliveira R (2009). Co-composting Cow Manure with Food Waste: The Influence of Lipids Content. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 34: 986-991.
- Nortcliff S, Amlinger F, (2001). N and C Pools-what is Their Fate in Compost Amended Systems? Introduction. In: *Proceedings of Seminar “Applying Compost Benefits and Needs”*, Brussels, 19-36.
- Okcu M, Tozlu E, Kumlay M, Pehlivan M (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Iğdır.
- Petruzzelli G, Pezzarossa B (2001). Sorption and availability dynamics of heavy metals in compost amended systems. *Proceedings of the Applying Compost Benefits and Needs (179-190)*, Brussels.
- Pigozzo ATG, Lenzi E, Junior JL, Scapin C, Da Costa ACS (2006). Transition Metal Rates in Latosol Twice Treated With Sewage Sludge. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(3): 515–526.

- Pinamonti F, Stringari G, Gasperi F, Zorzi G (1997). The Use of Compost: Its Effects on Heavy Metal Levels in Soil and Plants. *Resources Conservation and Recycling*, 21: 129-143.
- Rajaie M, Tavakoly AR (2016). Effects of Municipal Waste Compost and Nitrogen Fertilizer on Growth and Mineral Composition of Tomato. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 5: 339-347.
- Sağlam T, Bahtiyar M, Cangir C, Tok HH (1993). *Toprak Bilimi*. Anadolu Matbaa Yayınları. Tekirdağ.
- Sauve S, McBride M, Hendershot W (1998). Soil Solution Speciation of Lead (II): Effects of Organic Matter and pH. *Soil Science Society American Journal*, 62(3): 553–846.
- Serra Wittling C, Houot S, Barriuso E (1996). Modification of Soil Water Retention and Biological Properties by Municipal Solid Waste Compost. *Compost Science and Utilization*, 4: 44-52.
- Smith S R (2009). A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environ. Int.*, 35, 142-156.
- Soumare M, Tack FMG, Verloo MG (2003). Characterisation of Malian and Belgian Solid Waste Composts with Respect to Fertility and Suitability for Land Application. *Waste Management*, 23: 517–522.
- Steel RGD, Torrie JH (1960). *Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Approach*. New York, McGraw-Hill.
- Diacono M, Montemurro F (2010). Long-term Effects of Organic Amendments on Soil Fertility. *Agronomy*, 30: 401-422.
- Tabarasan O (1978). *Katı Atıkların Toplanması Uzaklaştırılması ve Zararsız Hale Getirilmesi*, İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- U.S. Salinity Lab Staff (1954). *Diagnosis and Improvement Saline and Alkali Soils*. Agr. Handbook 60, U.S.A.
- Yıldız N (2004). *Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yıldız Ş, Ölmez E, Kiriş A (2009). *Kompost Teknolojileri ve İstanbul’da Uygulamaları*. İstanbul.
- Yuksel O (2015). Influence of Municipal Solid Waste Compost Application on Heavy Metal Content in Soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187:313.
- Vanlı Ö, Yazgan M (2009). *Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği*. İstanbul.
- Weber J, Karczewska A, Drozd J, Licznar M, Licznar S, Jamroz E (2006). Agricultural and Ecological Aspects of a Sandy Soil as Affected by the Application of Municipal Solid Waste Composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 1294-1302.
- Westerman PW, Bicudo JR (2005). Management Considerations for Organic Waste Use in Agriculture. *Bioresource Technology*, 96: 215–221.
- Williams PT (1998). Waste. In: *Waste Treatment and Disposal*. John Willey and Sons, England, 53-54.

- Zamani J, Afyuni M, Sepehrnia N, Schulin R (2016). Opposite Effects of Two Organic Wastes on the Physical Quality of an Agricultural Soil. Archives of Agronomy and Soil Science, 62(3): 413-427.
- Zhang M, Heaney D, Henriquez B, Solberg E, Bittner E (2006). A Four Year Study on Influence of Biosoilds/MSW Cocompost Application in Less Productive Soils in Alberta. Compost Science and Utilization. Vol:14. No:1., Canada, 68-80.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Volkan ATAV 01.03.1984 tarihinde Hatay’da doğdu. Lise eğitimini Kocaeli Cahit Elginkan Anadolu Lisesi’nde tamamladı. Üniversite eğitimini Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde tamamladı. Pınarhisar Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.