

**VERMİKOMPOSTUN FARKLI TEKSTÜRE
SAHİP TOPRAKLARDA BİTKİ GELİŞİMİNE VE
TOPRAKLARIN FİZİKSEL KİMYASAL
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

TEZCAN AKTAŞ

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

Danşman : Yrd. Doç. Dr. Orhan YÜKSEL

2018

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VERMİKOMPOSTUN FARKLI TEKSTÜRE SAHİP TOPRAKLARDA
BİTKİ GELİŞİMİNE VE TOPRAKLARIN FİZİKSEL, KİMYASAL
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

TEZCAN AKTAŞ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. ORHAN YÜKSEL

TEKİRDAĞ - 2018

Her hakkı saklıdır.

Yrd. Doç. Dr. Orhan YÜKSEL danışmanlığında, Tezcan AKTAŞ tarafından hazırlanan “Vermikompostun Farklı Tekstürlere Sahip Topraklarda Bitki Gelişimine ve Toprakların Fiziksel, Kimyasal Özelliklerine 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 : Doktora Öğretim Üyesi Hüseyin SARI

İmza :

Üye : Doktora Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VERMİKOMPOSTUN FARKLI TEKSTÜRLERE SAHİP TOPRAKLARDA BİTKİ GELİŞİMİNE VE TOPRAKLARIN FİZİKSEL KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Tezcan AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Orhan YÜKSEL

Bu çalışmada, organik bir gübre olan vermikompostun farklı tekstüre sahip iki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bitki gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme 2 aşamalı olarak yürütülmüştür. Birinci aşamada vermikompostun buğday bitkisinin gelişimine etkisi incelenmiştir. İkinci aşamada ise vermikompostun toprak özelliklerine etkisi incelenmiştir. Her iki aşamada kurulan denemeler, 2 toprak çeşidi x 5 vermikompost dozu (0, 2, 4, 8, 16 t da⁻¹ (kuru ağırlık olarak)) x 3 tekerrürlü olarak toplam 30 saksıdan oluşmaktadır. Kuru ağırlık üzerinden hesaplanan vermikompost dozları 5 kg'lık saksılara uygulanmış ve bitki ekimleri yapılmıştır. Deneme süresince başka bir kimyasal uygulanmamıştır. Deneme sonunda elde edilen verilere göre, vermikompost dozları hem killi ve hem de tınlı toprakta gövde ağırlığı, yaprak sayısı (killi toprakta), gövde uzunluğu ve kök uzunluğu (tınlı toprakta) değerlerini arttırdığı ve bu artışların istatistiksel anlamda önemli olduğu bulunmuştur. Denemenin ikinci aşamasında deneme tekrar kurulmuş ve bitki ekimi yapılmadan toprak-vermikompost karışımları laboratuvar koşullarında inkübasyona bırakılmışlardır. Bitki aşaması ile aynı süre sonunda topraklarda fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre kil ve tın bünyeli topraklara uygulanan vermikompost, her iki toprak çeşidinde de organik madde, tuz (EC), Katyon değişim kapasitesi (KDK), yarayışlı P, Mg, Cu ve Zn içeriklerini arttırmıştır. Toprak pH sını düşük pH ya sahip tınlı topraklarda arttırken, yüksek pH ya sahip topraklarda düşürmüştür. Vermikompost toprakların fiziksel özelliklerini de olumlu etkilemiş ve agregat stabilitesini arttırırken hacim ağırlığını düşürmüştür.

Anahtar Kelimeler: vermikompost, toprak, tekstür, (*triticum aestivum* L.), besin elementleri

2018, 54 Sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EFFECT OF VERMICOMPOST ON PLANT GROWTH AND SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES IN SOILS WITH DIFFERENT TEXTURES

Tezcan AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor : Asst. Prof.Dr. Orhan YÜKSEL

This study examined the effect of vermicompost, an organic fertilizer, on the physical and chemical properties of two soil types with different textures and plant development. The experiment is performed in two stages. The first stage examined the effect of vermicompost on the development of wheat, while the second stage examined the effect of vermicompost on soil properties. In both stages, the experimental setup consisted of 30 pots including 2 soil types x 5 different doses of vermicompost (0, 2, 4, 8, 16 t da⁻¹ (dry weight)) x 3 repetitions. Different doses of vermicompost were applied in 4 kg pots and the planting was performed. During the experiment, no other chemical other was applied into the pots. According to the findings obtained from the experiment, vermicompost applied in different doses increased the leaf weight, the number of leaf (clayey soil), shoot length and root length (loamy soil) in both clay soil and loam soils and the increases were statistically significant. In the second stage of the experiment, the setup was built again and the mixtures of soil and vermicompost were incubated in the laboratory environment without planting wheat. At the end of the period equal in time to the period of the first stage, physical and chemical analysis of the soils was performed. The analysis results showed that vermicompost increased organic matter, salt (EC), Cation exchange capacity (CEC), P, Mg, Cu, and Zn in both clay and loam soils. It also increased soil pH in loam soil which has low pH, but decreased pH in soils with high pH. Vermicompost was found to have a positive effect on the physical properties of soils. It also increased aggregate stability and decreased bulk density.

Keywords : vermicompost, texture, soil, *triticum aestivum* L., plant nutrients

2018, 54 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Vermikompostun bitkisel üretime etkisi.....	4
2.3. Vermikompostun toprak özelliklerine üzerine etkisi.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1.3. Bitki.....	13
3.2. Yöntem.....	13
Toprak reaksiyonu (pH).....	14
Toprak tuzluluğu (EC) ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	14
Karbonat (CaCO_3) tayini (%).....	14
Organik madde (%).....	14
Topraklarda makro ve mikro elementlerin belirlenmesi.....	14
Agregat Stabilitesi (%).....	14
Şekil 3.5. Toprak örneklerinden ayrılmış agregatlar.....	18
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	19
4.1.1. Yaprak sayısı (adet).....	19
4.1.2. Gövde ağırlığı.....	20
4.1.3. Gövde uzunluğu (cm).....	22
4.1.4. Kök uzunluğu (cm).....	23
4.1.5. Kök ağırlığı (gram).....	24
4.2.1. Organik Madde.....	26
4.2.2. Toprak reaksiyonu (pH).....	28
4.2.3. Toprak tuzluluğu (EC) ($\mu\text{S m}^{-1}$).....	29
4.2.4. Kireç (CaCO_3).....	31
4.2.5.1. Yarayışlı Fosfor (ppm).....	33

4.2.5.2. Yarayışlı Kalsiyum (Ca) (ppm).....	34
4.2.5.3. Yarayışlı Potasyum (K) (ppm).....	36
4.2.5.4. Yarayışlı Magnezyum.....	37
4.2.5.5. Yarayışlı Bakır (Cu) (ppm).....	38
4.2.5.6. Yarayışlı Demir (Fe) (ppm).....	39
4.2.5.6. Yarayışlı Mangan (Mn) (ppm).....	40
4.2.5.7. Yarayışlı inko (Zn) (ppm).....	41
4.3.1. Agregat Stabilitesi (%).....	42
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
6. KAYNAKLAR.....	62

Çizelge 3. 1 Denemede kullanılan kil bünyeli toprağın analiz değerleri.....	10
Çizelge 3. 2 Denemede kullanılan tın bünyeli toprağın analiz değerleri.....	11
Çizelge 3. 3 Denemede kullanılan vermikompost içeriği.....	12
Çizelge 4. 1 Yaprak sayısına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması	19
Çizelge 4. 2 Yaprak sayısına ait varyans analiz sonuçları.....	20
Çizelge 4. 3 Gövde yaş ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması	20
Çizelge 4. 4 Gövde yaş ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları.....	21
Çizelge 4. 5 Gövde kuru ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması	21
Çizelge 4.6 Gövde kuru ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları	22
Çizelge 4. 7 Gövde uzunluğuna ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması	23
Çizelge 4. 8 Gövde uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4. 9 Kök uzunluğu ait ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması	24
Çizelge 4. 10 Kök uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları.....	24
Çizelge 4. 11 Kök ağırlığı ait ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması.....	25
Çizelge 4. 12 Kök ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları.....	25
Çizelge 4. 13 Kök kuru ağırlığı ait ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması	26
Çizelge 4. 14 Kök kuru ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4. 15 Organik maddeye ait ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması	27
Çizelge 4. 16 Organik maddeye ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4. 17 Toprak reaksiyonuna ait ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması	28
Çizelge 4. 18 Toprak reaksiyonuna ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4. 19 Toprak tuzluluğuna ait ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması	29
Çizelge 4. 20 Toprak tuzluluğuna ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4. 21 Topraktaki karbonat bileşiğine ait ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması..	31
Çizelge 4. 22 karbonat parametresine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	31
Çizelge 4. 23 Toprakların ortalama KDK değerleri ve önemlilik sıralaması	32
Çizelge 4. 24 Toprakların KDK değerlerinden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4. 25 Toprakların ortalama Fosfor değerleri ve önemlilik sıralaması.....	33
Çizelge 4. 26 Toprakların Fosfor (P) verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4. 27 Toprakların ortalama kalsiyum değerleri ve önemlilik sıralaması	35
Çizelge 4. 28 Kalsiyum elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	35

Çizelge 4. 29 Toprakların ortalama potasyum değerleri ve önemlilik sıralaması.....	36
Çizelge 4. 30 Potasyum elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4. 31 Toprakların ortalama magnezyum değerleri ve önemlilik sıralaması.....	37
Çizelge 4. 32 Magnezyum elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları	38
Çizelge 4. 33 Toprakların ortalama bakır değerleri ve önemlilik sıralaması	39
Çizelge 4. 34 Bakır elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4. 35 Toprakların ortalama demir değerleri ve önemlilik sıralaması	40
Çizelge 4. 36 Demir elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4. 37 Toprakların ortalama mangan değerleri ve önemlilik sıralaması	41
Çizelge 4. 38 Mangan elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4. 39 Toprakların ortalama çinko değerleri ve önemlilik sıralaması	42
Çizelge 4. 40 Çinko elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	42
Çizelge 4. 41 Toprakların ortalama agregat stabilitesi değerleri ve önemlilik sıralaması.....	43
Çizelge 4. 42 Agregat stabilitesine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4. 43 Toprakların ortalama hacim ağırlığı değerleri ve önemlilik sıralaması.....	45
Çizelge 4. 44 Hacim ağırlığına ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4. 45 Toprakların ortalama hidrolik iletkenlik değerleri ve önemlilik sıralaması.....	46
Çizelge 4. 46 Hidrolik iletkenliğe ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	47

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1 Esperia ekmeçlik buğday bitkisinin görünümü.....	13
Şekil 3.2 Toprak örneklerini santrifüj edilmesi.....	15
Şekil 3.3 Farklı dozlarda vermikompost uygulanan saksıların görünümü.....	17
Şekil 3.4 Saksılardan bozulmamış toprak örneği alınması.....	18
Şekil 3.5 Toprak örneklerinden ayrılmış agregatlar	18

SİMGELER DİZİNİ

Mg	: Magnezyum
K	: Potasyum
P	: Fosfor
N	: Azot
Cu	: Bakır
Ca	: Kalsiyum
Fe	: Demir
B	: Bor
Mn	: Mangan
Zn	: Çinko
S	: Kükürt
°C	: Santigrat derece
ppm	: Milyonda bir kısım çözelti
ha	: Hektar
da	: Dekar
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
%	: Yüzde
Ark.	: Arkadaşları
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma

ÖNSÖZ

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr Orhan YÜKSEL'e, sayın hocam Prof.Dr. Nuray Mücellâ MÜFTÜOĞLU'na, analizlerimin yapımında desteklerini esirgemeyen Keşan Ticaret Borsası Yönetim Kurulu Başkanı sayın Yusuf YÖRÜK, genel sekreter Emine KAYMAK ve toprak analiz laboratuvarı personeli Özlem SEL, Anıl TABAN ve Mustafa YILMAZ'a, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mart 2018

Tezcan AKTAŞ
Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir bir toprak verimliliği için en önemli öğelerden birisi toprak organik maddesidir. Ülkemizin de büyük bir kısmını kapsayan kurak ve yarı kurak iklime sahip ülkelerin en önemli sorunlarından birisi toprakların organik madde içeriklerinin azlığıdır. Sıcaklık, düşük yıllık yağış miktarı, yanlış toprak işleme, anız yakılması ve özellikle erozyon bu bölgelerde organik madde azlığının önemli sebeplerindendir. Organik madde ihtiyacını doğal yolla karşılayamayan topraklarımızın organik madde ihtiyaçlarının dışarıdan ilave edilecek organik maddelerle karşılanması zorunludur. Organik tarıma ilginin artması, uzun yıllar boyunca verimlilikleri büyük ölçüde mineral gübreleme ile sağlanmaya çalışılan tarım topraklarımıza organik madde uygulamalarının artmasına neden olmaktadır. Organik gübre materyallerinin kullanımı ile birlikte kimyasal gübre kullanımının azalmasıyla beraber toprakların kimyasal özelliklerinin yanında fiziksel özelliklerinin de iyileşmesi sağlanmaktadır. İyi bir ürün verimi için toprakların kimyasal özellikleri kadar fiziksel özelliklerin de bitki gelişimine uygun olması gerekir. Tarım topraklarında organik maddenin öneminin bilinçli çiftçiler tarafından da anlaşılmasına ve organik gübre kullanımının artmasına rağmen halen topraklarımızın organik madde seviyesi son derece düşüktür. Çünkü yukarıda sayılan bazı nedenler ile topraklardan meydana gelen organik madde kaybı, topraklara ilave edilenden daha fazladır. Bu amaçla çeşitli organik madde kaynakları tarım alanlarında kullanılmaktadır. Bu kaynaklara her geçen gün yenileri eklenmekte ve tarımcıların ilgisini çekmektedir. Vermikompost da bu amaçla üretilen ve kullanılan organik materyallerden birisi olarak ön plana çıkmaktadır.

Solucan gübresi olarak bilinen vermikompost organik atıkların solucanlar yardımı ile kompostlaştırılması ile elde edilen organik materyale verilen isimdir. Vermikompost ürünü genelde vermikest (solucan dışkısı, gübresi) veya kısaca kest olarak adlandırılmaktadır. Bu işleminde organik artık/atıklar ortamdaki mikroorganizmalarca fermentasyona uğratılır ve daha sonrasında yer solucanlarının sindirim sisteminden geçerken hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulur (Şimşek-Erşahin 2007). Solucan Gübresi, simbiyotik bakteri ve asimbiyotik mikroorganizmalardan azot fiksasyonu yapan bakteri ve mikoriza mantarlarını içerir. Organik bir materyal olan solucan gübresi, toprak özelliklerini iyileştirici etkisinin yanında bitkilere besin maddeleri sağladığından, organik yetiştiricilik yapılan bütün alanlara uygulanabilmektedir (Demir ve ark 2010).

Vermikompost ile yapılan çalışmalar göstermiştir ki, topraklara uygulanan vermikompost bitkilerin gelişmesini desteklemektedir. Farklı bitkilerde yapılan çalışmalar vermikompostun bitki boyunu, bitki yaş ağırlığını, bitki kök gelişimini istatistiksel olarak arttırdığını göstermektedir (Özkan ve ark. 2016; Sönmez ve ark. 2011). Çünkü vermikompostlar bitki besin elementlerince oldukça zengindirler. Topraklara uygulanan vermikompostların toprakların makro ve mikro besin elementi içeriklerini arttırdığı yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur (Tavalı ve ark. 2013; Tejada ve ark. 2009).

Vermikompostların toprakların kimyasal özelliklerine olduğu kadar, fiziksel özelliklerine de olumlu etkide bulunduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir (Tejada ve ark. 2009). Vermikompostlar yüksek organik madde içerirler ve organik maddenin topraklarda agregasyonu düzenlediği, bu nedenle porozitesini arttırdığı ve artan porozite ile beraber makroporların artması sonucu hacim ağırlığı azalttığı ve özellikle killi topraklarda hidrolik iletkenlik arttırdığı bilinmektedir (Erhart ve Hartl 2010).

Bu çalışmada, ahır gübresinden elde edilen vermikompostun kil içeriği yüksek ve pH değeri hafif alkali olan killi bir toprak ile kil içeriği düşük (kumlu tın) ve pH değeri düşük iki toprakta bitki gelişimi ile toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla kil içeriği yüksek toprak olarak Trakya da yaygın olarak bulunan vertisol topraklar kullanılmıştır. Vertisoller, geniş sahalar halinde Trakya'da ve Doğu, Kuzey-Doğu Anadolu'nun yüksek yaylalarında, lokal olarak da hemen birçok yerde görülen, ana materyalden ileri gelen kilin özelliğine (montmorillonit) bağlı olarak fazla şişme kabiliyetine sahip A-C horizon sıralı, killi ve çok ağır bir toprak tipidir. Ağır killi yapıya sahip olmasından dolayı işlenmesi zor, sıkı topraklardır. Fiziksel özelliklerinin yüksek kil içeriği nedeni ile bozuk olması verimliliğini sınırlandırmaktadır (Dinç ve ark. 1993). Çalışmada bu toprakların bozuk olan fiziksel özelliklerinin vermikompost uygulaması ile iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada kullanılan diğer toprak ise tınlı tekstüre sahip bir topraktır. Aynı zamanda düşük pH'ya sahip olan bu topraklar Trakya'da özellikle kuzey kesimde yaygın olarak bulunurlar. Bu topraklarda verimliliği sınırlandıran faktör düşük pH düzeyidir. Bu nedenle pH'yı yükseltmek ve bitki besin elementlerinin yarayışlılığını arttırmak için bölgede yaygın olarak tarım kireci kullanılmaktadır. Vermikompost düşük pH'ya sahip topraklarda pH'yı yükseltmektedir (Azarmi ve ark. 2008). Bu özelliğinden dolayı vermikompostun düşük pH'ya sahip bu toprakların pH' sını yükseltme potansiyelini göstermek amaçlanmıştır. Topraklara

vermikompost ilavesi ile hem besin elementi takviyesi yapılacak hem de tarım kireci kullanımını azaltılacaktır.

Denemede bitki materyali olarak ekmeçlik buğday çeşidi Esperia (*Triticum aestivum* L.) kullanılmıştır. Trakya'da oldukça yaygın olarak kullanılan bir çeşittir. Esperia bilhassa enerji değeriinin yüksekliği ile ön plana çıkan bir çeşittir.

Bu çalışmada artan dozlarda uygulanan vermikompostun farklı tekstürlere ve aynı zamanda farklı pH'ya sahip topraklarda bitki gelişimine ve toprakların fiziksel, kimyasal özelliklerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Vermikompostun bitkisel üretime etkisi

Açıkbaş ve Bellitürk (2016) artan dozlarda uygulanan vermikompostun Trakya İlkeren/5BB aşısı kombinasyonundaki fidanlarının besin elementi içeriklerine etkilerini incelemişler. Bu amaçla yaptıkları çalışmada, eşit oranlarda toprak, torf ve perlit karışımına vermikompostun %0 (kontrol), %10, %20, %30 ve %40 oranları ilave etmişlerdir. Deneme sonucunda yapılan yaprak analizleri sonucunda; toplam besin elementi içeriklerine uygulamaların etkileri önemli ve farklı bulunduğunu, artan dozlarda verilen vermikompost bitkinin toplam N, P ve K içeriklerini arttırdığını ifade etmişlerdir. İstatistiksel bakımdan uygulamaların K, Ca ve Mg içeriklerine etkisinin, kontrolün ise Fe, Mn, Cu ve B içeriklerine etkisinin önemli bulunduğunu belirlemişlerdir.

Alaboz ve ark. (2017) biber bitkisi üzerine çalıştıkları bir sera denemesinde kumlu tın bir toprakta uyguladıkları farklı vermikompost dozlarının (%0, %0.75, %1.5, %2.25 (w/w)) bitki boyu, toprak üstü yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve verim ile yaprak klorofil içeriğinde sulama düzeylerinin istatistiksel olarak önemli olduğunu ve vermikompost uygulamalarının dispersiyon oranlarında azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir

Bellitürk ve Görres (2012), kompost uygulamalarının ülkemizde hızla yaygınlaşırken, vermikompost uygulamalarının ülkemiz için yeni bir uygulama sayılabilecek nitelikte olduğunu, organik atıkların normal fermentasyon yolu ile kompostlaştırılmasının yanı sıra, toprak solucanları ilave edilerek vermikompost oluşturulması ile de değerlendirilmesinin mümkün olabileceğini belirtmişlerdir.

Buckerfield ve ark. (1998) vermikompost ve kum karışımlarının turp bitkisi gelişimi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada, vermikompostun uygulama miktarıyla hasat ağırlığının doğrusal orantılı olarak arttığını bulmuşlardır. Buna göre %100 vermikompost uygulanan topraklardan, % 10 vermikompost karışımı uygulananlara oranla 10 kat daha fazla ürün alındığını belirtmişlerdir.

Büyükfiliz (2016) vermikompostun ayçiçeği bitkisinin beslenme durumunu incelediği tarla denemesinde topraklara 4 farklı dozda (0, 200, 400 ve 800 kg da⁻¹) vermikompost

uygulamış ve deneme sonunda bitki verimi, tabla çapı ve bitki boyunda önemli artışlar belirlemiştir. En yüksek verim ve tabla çapı 800 kg da⁻¹ uygulamasında elde edilmiştir. Bitki boyu en yüksek vermikompost uygulaması olan (400 kg da⁻¹) parselde tespit edilmiştir. Bitki analizi sonuçlarına göre bitkinin N, P, K, Mg, Ca, Cu ve Mn içerikleri vermikompost uygulamaları ile artmış, Fe, Zn ve B içerikleri vermikompost uygulamaları ile azalmıştır.

Edwards ve Bohlen (1996) vermikompostu, çeşitli organik atıkların bazı toprak solucanları tarafından sindirilmeleri sırasında kompostlaştırılan, bitki besin elementleri, mikroorganizmalar, çeşitli enzimler, organik madde, humik ve fulvik asitçe zengin toprak düzenleyicisi ve aynı zamanda bitki beslemede gübre olarak kullanılabilen bir madde olduğunu ifade etmişlerdir.

Erşahin (2010) da vermikompostun organik artıkların biyolojik parçalanması ile elde edilen yüksek ekonomik değere sahip organik bir ürün olduğu belirtilmektedir.

Gopinath ve ark. (2008) vermikompost, çiftlik gübresi ve lantana kompostunun buğday bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, vermikompost dahil bütün organik uygulamaların mineral gübre uygulamalarına göre dane verimini birinci yıl %36-65 ikinci yıl %23-54 oranında düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Hınıslı (2014) yılında yaptığı araştırmada vermikompostun kıvırcık marulun erkencilik özelliğine etkisinin önemli derecede olduğunu belirtmiştir. Ca, Cu ve Zn elementlerinin kıvırcık marul bitki bünyesine alımında vermikompostun iyi sonuçlar verdiği belirtmiştir.

Köksal ve ark. (2017) sera koşullarında yaptıkları çalışmada, farklı dozlarda (0, 250, 500, 750, 1000 kg da⁻¹) vermikompost uygulamasının pazı (*Beta vulgaris* L. var. cicla) bitkisinin bitki yaş ve kuru ağırlığı ile yaprak enini istatistiksel olarak önemli (P<0,05) seviyede etkilediğini belirlemişlerdir.

Maltaş ve ark. (2017), vermikompostun kırmızı baş lahanaya yetiştiriciliğinde kullanımı üzerine yaptıkları tarla denemesinde artan dozlarda vermikompost uygulamasının kırmızı baş lahananın kalite özellikleri, mineral beslenme durumu ve dekara verim değerlerini olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir. Vermikompost uygulamaları ile ortalama baş ağırlığı ve

dekara verim arasında pozitif bir korelasyon olduğunu ve bitki veriminin kontrole göre yaklaşık %50 arttığını tespit etmişlerdir.

Oo ve ark. (2015) tuzdan etkilenmiş ve etkilenmemiş 2 farklı toprak ile yaptıkları çalışmada topraklara uyguladıkları kompost ve vermikompost materyallerinin mısır bitkisinde bitki boyunu ve toplam kuru madde miktarını her 2 toprakta da kontrol parsele göre arttırdığını belirlemişlerdir.

Özkan ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada artan dozlarda uygulanan vermikompostun ıspanak bitkisinde bitki verimi, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni, bitki ağırlığı, kök ağırlığı ve verim/kök ağırlığı oranı gibi parametreler incelenmiştir. Çalışma sonucunda vermikompost uygulamalarının ıspanak bitkisinde bitki verimi, bitki boyu, yaprak boyu, yaprak eni, bitki ağırlığı ve kök ağırlığı değerlerini arttırdığı ve bu artışların istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenmiştir. Yaprak sayısı değerleri vermikompost miktarı artışı ile birlikte artış göstermiş ancak istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Verim/kök ağırlığı oranı verilen vermikompost miktarı ile genellikle azalmış ancak istatistiksel anlamda bir fark olmadığı belirtilmiştir.

Özkan ve Müftüoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada topraklara artan dozlarda uygulanan vermikompostun marul bitkisi üzerine etkisi araştırılmış ve marul bitkisinde verim, yaprak sayısı, bitki boyu, yaprak boyu, yaprak eni gibi parametreler incelenmiştir. Araştırma sonunda farklı dozlardaki vermikompostun yaprak sayısında istatistiksel anlamda etkili olduğunu belirtmişlerdir. Vermikompostun diğer özellikler üzerinde sayısal olarak değişikliklere neden olmasına rağmen istatistiksel anlamda bir fark bulunamadığı ifade etmişlerdir.

Sönmez ve ark. (2011) vermikompostun ıspanak bitkisi üzerine olan etkisini araştırdığı bir çalışmada, vermikompost uygulamalarının bitki gelişimi, verim, bitkinin mineral madde kapsamı gibi karakteristikler üzerine kontrole oranla önemli artışlar gösterdiğini ve özellikle bitkinin Fe içeriği ile toprağın Ca içeriği üzerine yüksek vermikompost uygulamasının en iyi sonucu verdiğini belirlemişlerdir.

Tavalı ve ark. (2013) karnabahar yetiştiriciliğinde vermikompostun etkilerini belirledikleri bir çalışmada, vermikompost uygulamasının karnabaharın kalite özelliklerini,

mineral beslenme durumunu ve dekara verim değerlerini kontrole göre istatistiksel düzeyde olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir. Ancak, en yüksek vermikompost dozunda karnabahar veriminde azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Karnabahar için ideal vermikompost dozunun ticari gübrelemeye ilave olarak 200 ila 400 kg da⁻¹ olduğunu ifade etmişlerdir.

Tavalı ve ark. (2014) vermikompostun beyaz baş lahana yetiştiriciliği üzerine etkisini incelediği tarla denemesinde artan dozlarda vermikompost uygulamasının beyaz baş lahananın kalite özelliklerini, mineral beslenme durumunu ve verim değerlerini kontrole göre istatistiksel açıdan olumlu etkilediğini belirlemişlerdir. Beyaz baş lahana veriminin kontrol dozuna göre %43.75 arttığını ve uygulanan kimyasal gübreleme ile birlikte verilebilecek uygun vermikompost dozunu 400 kg da⁻¹ olarak önermişlerdir.

Zahmacıoğlu (2017), brokoli bitkisinin fertigasyon tekniği ile farklı gübre ve su uygulamalarının ve uygulanan gübrelerin toprak ve bitki üzerine etkilerinin saptanması amacı ile yaptığı çalışmada, topraklara katı ve sıvı vermikompost ve kimyasal gübre uygulamıştır. Çalışma sonunda genel olarak, farklı sulama uygulamaları ve gübre uygulamalarının, verim ile bitki ve toprağın makro ve mikro besin elementi içeriklerini istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilediğini belirlemiştir. Araştırmada, vermikompost uygulamalarının toprak ve yaprakta bitki besin elementi içerikleri bakımından etkili olduğu tespit edilmiştir.

2.2. Vermikompostun toprak özelliklerine üzerine etkisi

Azarmi ve ark. (2008) domates alanlarında vermikompostun toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini inceledikleri bir çalışmada farklı dozlarda topraklara uyguladıkları vermikompostun en yüksek dozu olan 15 t da⁻¹ vermikompost dozunda toprakların total organik karbon, total N, P, K, Ca, Zn ve Mn içeriklerinin istatistiksel olarak kontrole göre önemli bulunduğunu tespit etmişlerdir. Topraklara uygulanan vermikompostun EC içeriğini kontrol parseline göre önemli düzeyde arttırdığını, toprak pH'sını azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca hacim ağırlığı ve total porozite gibi toprak fiziksel özelliklerinin vermikompost uygulaması ile iyileştiğini bildirmişlerdir.

Gopinath ve ark. (2008) vermikompost, çiftlik gübresi ve lantana kompostunun toprak özelliklerine etkisini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada vermikompost dahil bütün organik

uygulamaların mineral gübre uygulamalarına göre toprakların hacim ağırlığını önemli düzeyde düşürdüğünü, pH'ı ve organik karbon içeriğini yükselttiğini belirlemişlerdir. Ancak toprakların yararlı N ve P içeriklerinin mineral gübreli parsellerde daha yüksek bulunduğunu belirtmişlerdir.

Köksal ve ark. (2017) yaptıkları bir sera çalışmasında, topraklara farklı dozlarda (0, 250, 500, 750, 1000 kg da⁻¹) vermikompost uygulamasının sadece toprak kireci üzerine etkide bulunduğunu diğer toprak özelliklerine etkisinin bulunmadığını belirlemişlerdir.

Marinari ve ark. (2000) biyolojik sludge ile yapılan vermikompost ve farklı organik materyallerin toprak özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada, vermikompost dahil bütün organik uygulamaların toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerini düzenlediğini belirlemişlerdir.

Oo ve ark. (2015) tuzdan etkilenmiş ve etkilenmemiş 2 farklı toprakta kompost ve vermikompost uygulamalarının toprakta pH ve EC değerlerini düşürdüğünü KDK, organik karbon, total azot ve alınabilir fosfor miktarını her 2 toprakta da iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Bu uygulamaların tuzdan etkilenmiş parsellerde değişebilir K, Ca, Mg değerlerini artırırken değişebilir Na içeriğini azalttığını belirlemişlerdir. Vermikompost uygulaması ile tuzlu topraklarda kontrol parselde 7.18 olan pH değeri 6.66 ya düşerken tuzsuz topraklarda pH değeri değişmemiştir. Aynı şekilde kontrol parselde tuzlu toprakta 3.60 olan EC değeri 2.29 a düşerken tuzsuz toprakta 0,53 olan EC değeri değişmemiştir. Tuzlu toprakta KDK değeri 4.18 cmol/kg⁻¹ olan kontrol değeri vermikompost uygulamasında 5.75 cmol kg⁻¹ e yükselirken tuzsuz topraklarda kontrol parselde 6.10 cmol kg⁻¹ olan KDK değeri 9.17 cmol kg⁻¹ değerine yükselmiştir. Vermikompost uygulaması ile tuzlu topraklarda kontrol parselde 3.18 gr kg⁻¹ olan TOC değeri 6.64'e, tuzsuz topraklarda ise kontrol dozunda 6.09 olan TOC değeri 7.36 ya yükseldiği belirtilmiştir.

Özkan ve ark. (2016) organik bir gübre olan vermikompostun farklı dozlarını kullanarak bazı bitki ve toprak özellikleri üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmada; toprakta; toprak reaksiyonu, suda çözünebilir tuz miktarı, kireç, organik madde, fosfor ve potasyum özellikleri incelenmiştir. Toprak özelliklerinden; toprak reaksiyonu ve fosfor değerleri arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Vermikompost

uygulaması ile suda çözünebilir tuz, kireç, organik madde miktarında değişme olmuş fakat istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Özkan ve Müftüoğlu (2016) yaptıkları çalışmada, organik bir gübre olan vermikompostun artan dozlarının kullanılmasının toprak reaksiyonu, suda çözünebilir tuz miktarı, kireç, organik madde, bünye, fosfor ve potasyum özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak uygulanan vermikompostun toprak reaksiyonu ve alınabilir fosfor üzerinde etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Sönmez ve ark. (2011) vermikompostun ıspanak bitkisi üzerine olan etkisini araştırdığı bir çalışmada, vermikompost uygulamalarının toprağın pH, EC ve organik madde gibi karakteristikleri tüm uygulamalarda kontrole göre farklı derecelerde arttırdığını belirlemişlerdir.

Sönmez ve Yılmaz (2016), farklı kombinasyonlarda beş farklı biyo-gübrenin killi tın tekstüre sahip bir toprağa uygulanarak agregat oluşumu üzerine etkilerini belirlemişlerdir. 90 günlük inkübasyon süresi sonunda, alg ve vermikompost uygulamalarının 2–1 mm boyuta sahip agregatların miktarında kontrole göre önemli düzeyde artış meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca vermikompost uygulaması ile >4 mm boyuta sahip agregatların miktarında önemli düzeyde artışlar elde edildiğini belirtmişlerdir.

Tejada ve ark. (2009) şeker pancarı şilempesi ve vermikompost kullanarak yaptıkları çalışmada pancar şilempesinin sütrüktür stabilitesini azalttığı, vermikompost ve 1:1 oranın da karıştırılan vermikompost ve pancar şilempesinin ise toprakların stüktür stabilitesini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Hacim ağırlığı değerlerinin ise kontrol parsele göre şeker pancarı şilempesinde %7.5 artarken vermikompost uygulamasında %11.2, vermikompost şeker pancarı şilempesi karışımı uygulamasında ise % 13.2 artığını belirlemişlerdir.

Tejada ve ark. (2009) aynı çalışmada yağmurlama simülasyonu ile yaptıkları çalışmada şeker pancarı şilempesi uygulanan parsellerden meydana gelen toprak kaybının kontrol parselden daha yüksek olurken vermikompost ve vermikompost şilempe karışımı uygulanan parsellerden meydana gelen toprak kaybının kontrole göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırma sonucunda toprak kaybının en az görüldüğü uygulamanın vermikompost uygulaması olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Toprak

Vermikompostun bitki gelişimine ve toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi incelemek amacı ile kurulan saksı denemesinde iki farklı tekstüre sahip toprak çeşidi kullanılmıştır. Denemede kullanılan topraklardan birisi kil diğeri ise tınlı (kumlu tın) tekstüre sahiptir.

Denemede kullanılan kil tekstüre sahip toprak Edirne'nin Keşan İlçesi Altıntaş köyünden (41°00'37" N, 26°40'26" E) alınmıştır. Soil Taxonomy, 2010'a göre Vertisol ordosunun Haploxererts Büyük Grubu içinde yer almaktadır (Soil Survey Staff, 2010). Denemede kullanılan killi toprağın analiz sonuçları Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Denemede kullanılan kil bünyeli toprağın analiz değerleri

Analiz	Birim	Değer	Derece
pH		7,22	Nötr
EC	µS/cm	0,01	Tuzsuz
Kireç	%	6,92	Orta kireçli
Organik madde	%	1,87	Az
Tekstür	Kum	%	38.88
	Kil	%	43.92
	Silt	%	18.20
			Kil (C)
Fosfor	ppm	5,85	Az
Potasyum	ppm	362,50	Fazla
Kalsiyum	ppm	4,840	Fazla
Magnezyum	ppm	396,59	Yeterli
Sodyum	ppm	25,47	
Demir	ppm	2,62	Orta
Çinko	ppm	0,29	Az
Bakır	ppm	2,62	Yeterli
Mangan	ppm	8,01	Az

Vertisoller, koyu renkli veya çok ağır tekstürlü ve düşük organik madde içeren topraklardır. Kil içerikleri %35 i geçmekte bazen %80 i bulmaktadır. En önemli özellikleri smektit kil mineralleri bakımından yüksek olması nedeni ile yılın belli dönemlerinde kuruduklarında büzülme sonunda çatlamlarıdır. Organik madde içerikleri özel koşullarda yüzeyde %5 düzeyinde olmasına karşılık genellikle %1-2 yi geçmemektedir. Verimlilikleri ve besin elementi içerikleri genel olarak iyidir. Bu topraklar arid ve semiarid bölgelerde yaygın olarak bulunmalarına karşın, nemli ve tropik bölgelerde de yer alabilmektedirler (Dinç ve ark. 1993).

Denemede kullanılan tınlı (kumlu kil tın) bünyeli toprak Tekirdağ İli Muratlı İlçesi Ballıhoca Köyünden (41°12'12" N, 27°30'45" E) alınmıştır. Soil Taxonomy, 2010'a göre Entisol ordosunun Xerofluvents Büyük Grubu içinde yer almaktadır (Soil Survey Staff, 2010). Tınlı toprağın deneme öncesi yapılan analiz sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan tınlı toprağın analiz değerleri

Analiz	Birim	Değer	Derece
pH		4,20	Kuvvetli asit
EC	dS m ⁻¹	0,06	Tuzsuz
Kireç	%	0	Çok az
Organik madde	%	1,15	Çok az
	Kum %	58.10	
Tekstür	Kil %	27.74	Kumlu Kil Tın (SCL)
	Silt %	14.16	
Fosfor	ppm	23,62	Yeterli
Potasyum	ppm	91,43	Az
Kalsiyum	ppm	473,67	Az
Magnezyum	ppm	84,46	Az
Sodyum	ppm	7,32	
Demir	ppm	46,87	Fazla
Çinko	ppm	0,32	Az
Bakır	ppm	1,60	Yeterli
Mangan	ppm	69,47	Fazla

Entisoller, kurak iklimden yağışlı iklime kadar değişen çok çeşitli nem ve sıcaklık rejimlerinde bulunabilmektedir. Entisoller diğer ordoların tipik özellik ve karakteristiklerini taşımayan topraklardır. Yüzey horizonlarının organik madde içerikleri %0.5-2.0 arasında değişmektedir. Tekstür tınlı kaba kumdan ağır kile kadar değişebilmektedir. Toprak pH'sı hafif asit ile alkali arasında değişmektedir. Entisoller alan olarak Türkiye'de en çok yer kaplayan bir ordodur. Türkiye topraklarının yaklaşık 70'ini oluştururlar (Dinç ve ark. 1993).

3.1.2. Vermikompost

Araştırmada kullanılan vermikompost Tekirdağ'da bulunan özel bir vermikompost üretim tesisinden temin edilmiştir. Bu tesiste üretilen vermikompost ahır gübresinin kompostlaştırılması ile elde edilmiştir. Vermikompost üretim tesisinden alınan analiz sonuçları Çizelge 3.3 de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan vermikompostun analiz sonuçları

Analizin Adı	Vermikompost
Kuru madde (%)	42,57
Nem (%)	70,6
Organik madde (%)	51,8
Organik karbon (%)	27,8
pH (1/10)	7,6
EC (1/10 vermikompost-su) (dS/m)	5,7
Toplam azot (%)	2,2
Alınabilir P (ppm)	1,2
Toplam K ₂ O (%)	1,8
Toplam CaO (%)	5,9
Toplam MgO (%)	1,26
Suda çözünebilir K ₂ O (%)	1,1
Suda çözünebilir P ₂ O ₅ (%)	0,2
Suda çözünebilir CaO (%)	0,26
Suda çözünebilir MgO (%)	0,13
Suda çözünebilir sodyum (%)	0,41

3.1.3. Bitki

Denemede bitki materyali olarak Esperia (*Triticum aestivum* L.) buğday bitkisi kullanılmıştır (Şekil 3.1). Esperia İtalya orijinli, ekmeklik bir çeşit olup Tasaco Tarım tarafından 2011 yılında tescil edilmiştir. Kışlık gelişme tabiatlı, orta-erkenci bir çeşit olan Esperia, başak yapısı kılçıklı ve beyaz, harman olma kabiliyeti iyi olan bir çeşittir. Dane rengi kırmızı, dane yapısı serttir. Esperia bilhassa enerji değerinin (W 320-450 J) yüksekliği ile ön plana çıkan bir çeşittir (Balkan 2011).



Şekil 3.1. Esperia buğday bitkisinin görünümü

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Yöntemi

Deneme, 2 toprak çeşidi x 5 kompost dozu x 3 tekerrür olmak üzere toplam 30 saksı ile tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur.

Denemede toprak çeşidi olarak kil ve tınlı (kumlu kil tın) tekstüre sahip topraklar kullanılmıştır. Bu topraklara kuru ağırlık üzerinden 5 farklı dozda (0, 2, 4, 8, 16 t da⁻¹/kuru ağırlık) vermikompost uygulanmıştır.

3.2.2. Analiz yöntemleri

3.2.2.1. 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) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

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

Kireç (CaCO_3) (%)

Toprak örneklerinin kireç ($\%\text{CaCO}_3$) içerikleri Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Kalsiyum karbonatın hidroklorik asit (HCl) ile reaksiyona girmeleri ile oluşan CO_2 gazı hacminin ölçülmesiyle hesaplanmıştır (Loeppert ve Suarez, 1996).

Organik madde (%)

Kromik ve sülfürik asit ile işleme tabi tutulmak suretiyle toprak organik maddesindeki organik karbonun tamamının oksitlenmesini sağlamak ve bu oksidasyon için kullanılan kromatın oksidasyona girmeyen kısmının standart demir sülfat çözeltisi ile titre edilmesi ile belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1996).

Topraklarda makro ve mikro elementler

Makro ve mikro element analizleri, 2 mmlik elekten elenmiş ve etüvde 105 derecede kurutulmuş toprak örneklerinde Perkin-Elmer Optima 5300 DV Marka Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ile ölçülmüştür.

Agregat Stabilitesi (%)

Islak eleme yöntemine göre belirlenmiştir. 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^{-3})

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

Hidrolik İletkenlik

Deneme topraklarında hidrolik iletkenlik analizi, saksı örneklerinden bozulmamış toprak örneği alma silindirleri ile alınan belli hacimdeki (100 cm^3) toprak örneklerinde yapılmıştır. Bir hidrolik yük altında bulunan belirli kalınlıktaki bir toprak sütununun gözeneklerinden birim zamanda hacim olarak geçen suyun ölçülmesi ile bulunmuştur (Klute ve Dirksen, 1996).

Kasyon değişim kapasitesi (KDK)

Topraklarda kasyon değişim kapasitesi amonyum asetat (pH:7) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde topraklar 1 N Sodyum asetat ($\text{Na-CH}_3\text{COO}$) ile muamele edilerek sodyum (Na) ile doyurulmuştur. Fazla tuzlar ve açığa çıkan kasyonlar etil alkol ile yıkandıktan sonra toprak 1 N Amonyum asetat ($\text{NH}_4\text{-CH}_3\text{COO}$) ile muamele edilerek NH_4 ile doyurulmuş ve açığa çıkan Na toplanarak miktarı belirlenmiştir (Sumner and Miller, 1996).



Şekil 3.2. KDK analizinde toprak örneklerinin santrifüj edilmesi

3.2.2.2. Bitki Analiz Yöntemleri

Aşağıda verilen özelliklere ait sayım ve ölçümler her saksıdan tesadüfi olarak alınan 5 bitki üzerinde yapılmıştır (Balkan, 2011).

Yaprak sayısı (adet): Örnek bitkilerin tam olarak açılmış yaprakları sayılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Gövde uzunluğu (cm): Örnek bitkilerin kök tacı ile yapraklarının en uç noktası arasındaki mesafe ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök uzunluğu (cm): Örnek bitkilerin kök tacı ile köklerinin en uç noktası arasındaki mesafe ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Gövde yaş ve kuru ağırlığı (g): Örnek bitkiler kök tacından kesilerek gövdeleri yaş ve kuru olarak (etüvde 60 °C’de kurutularak) 0.01 (g) hassas terazide tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök yaş ve kuru ağırlığı (g): Örnek bitkilerin kökleri kök tacından kesilerek yaş ve kuru olarak (etüvde 60 °C’de kurutularak) 0.01 (g) hassas terazide tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

3.2.2.3. Verilerin İstatistiksel Analizleri

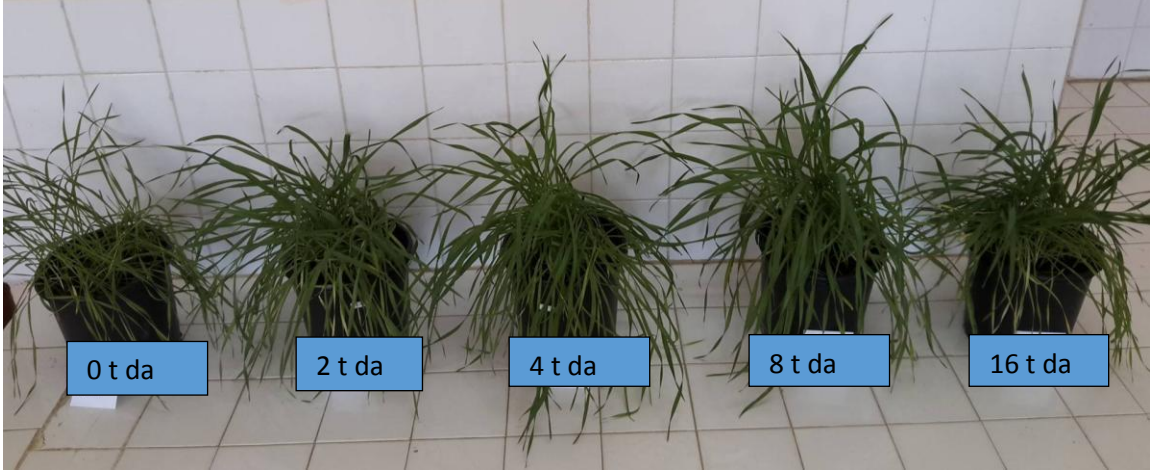
Deneme sonunda elde edilen verilerde tesadüf parselleri deneme desenine göre TARİST istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farklar LSD testi ile belirlenmiştir (Steel ve Torrie 1960).

3.2.3. Denemenin Kurulması ve Örneklerin Alınması

Deneme çalışmasının Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Vermikompostun farklı tekstürlere sahip topraklarda bitki gelişimine ve toprakların fiziksel, kimyasal özelliklerine etkisini ortaya koymak için yapılan deneme 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla deneme 2 defa kurulmuştur. Birinci denemede vermikompostun bitki gelişimine olan etkileri belirlemek için, ikinci denemede ise toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini belirlemek için kurulmuştur.

Denemenin birinci aşaması için Bölüm 3.1.1’ de belirtilen noktalardan iki farklı tekstüre sahip 2 farklı toprak örneği alınarak laboratuvara getirilmiş, kurutulmuş ve

öğütülerek 2 mm' lik eleklerden elenmiştir. Deneme için hazır hale getirilen deneme planındaki dozlarda kuru ağırlık hesabı ile vermikompost ilave edilerek topraklar 5 kg'lık drenajı açık plastik saksılara doldurulmuştur. Bu işlem için önce toprağın ve vermikompostun nem düzeyi belirlenmiştir. Toprak için 105 °C de, vermikompost için 60 °C de nem tayinleri yapılarak topraklara ilave edilecek vermikompost miktarı hesaplanmıştır. Saksılar kuru ağırlık üzerinden 0 (%100 toprak)-2-4-8-16 t da⁻¹ olacak şekilde kompost ilavesi yapılarak yaklaşık 20 gün laboratuvar koşullarında bekletilmiş ve 20 Mart 2016 tarihinde her saksıya 20 adet olacak şekilde esperia ekmeklik buğday çeşidi ekilmiştir. Yaklaşık 90 gün sonra bitki boyları 30 cm olunca 10 Haziran 2016 tarihinde denemenin 1 aşaması sona erdirilmiş ve metod bölümünde belirtildiği şekilde bitki hasatları yapılarak aynı gün içerisinde yaprak sayısı, gövde uzunluğu, kök uzunluğu ve kök ağırlığı gibi bitki ölçümleri alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Farklı dozlarda vermikompost uygulanan saksıların görünümü

Birinci denemede bitki hasatları sırasında özellikle kök ölçümleri sırasında kökler topraktan yıkanarak ayrılmış ve ölçümleri yapılmıştır. Bitki ölçümlerinden sonra geriye kalan toprak, vermikompostun toprak özelliklerine etkisini belirlemek için gerekli özellikleri kaybettiği için deneme (vermikompostun toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini belirlemek için) 24 Ağustos 2016 tarihinde tekrar kurulmuştur. Bu aşamada, birinci denemede kullanılan ve fazlası depolanan toprak ve vermikompost kullanılmıştır. Tekrar nem belirlemesi yapılan toprak ve vermikompost kuru ağırlık üzerinden hesaplanarak 0 (%100 toprak)-2-4-8-16 t da⁻¹ olacak şekilde karıştırılarak 5 kg'lık saksılara doldurulmuştur. Saksılar laboratuvar koşullarında yaklaşık 90 gün bekletilmiş ve 22 Kasım tarihinde sona erdirilmiştir. Hidrolik iletkenlik ve hacim ağırlığı gibi analizlerin yapılabilmesi için saksılardan öncelikle

bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri 100 cm³ hacminde metal silindirlerin saksı topraklarına çakılması şeklinde alınmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4. Saksılardan bozulmamış toprak örneği alınması

Bozulmamış toprak örnekleri alındıktan sonra kalan topraklar saksılardan çıkarılarak bir kısmı öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten elenerek analizler için hazır hale getirilmiştir. Örneklerin bir kısmı ise agregat stabilitesi analizi için agregatlar (2-1 mm) elde edecek şekilde öğütülerek elenmiş ve depolanmıştır. Örneklerin kalan kısmı parafinli kesek yöntemi ile hacim ağırlığı tayini yapabilmek için kesekli halde saklanmıştır (Şekil 3.5). 2 mm'den elenen topraklarda toprak reaksiyonu (pH), toprak tuzluluğu (EC), Kireç (CaCO₃), organik madde, kation değişim kapasitesi (KDK), yarıyışlı fosfor, yarıyışlı potasyum, yarıyışlı kalsiyum, yarıyışlı magnezyum, yarıyışlı bakır, yarıyışlı çinko, yarıyışlı demir ve yarıyışlı mangan analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.5. Toprak örneklerinden ayrılmış agregatlar

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bitki özellikleri

4.1.1. Yaprak sayısı

Vermikompostun buğday bitkisinde yaprak sayısına ait değerler incelendiğinde, tın bünyeli toprakta en yüksek verim ortalama 5,47 adet ile 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta ise en yüksek yaprak sayısına 4 t da⁻¹ ve 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda ulaşılmış ve ortalama 5,67 adet bulunmuştur (Çizelge 4.1). Genel olarak vermikompost dozunun artışına paralel olarak yaprak sayısı değerlerinde bir artış görülmüştür.

Çizelge 4.1 Yaprak sayısına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (adet)	Tınlı Toprak Ortalama (adet)
0	4.47 c	4.60
2	5.13 b	4.47
4	5.67 a	5.40
8	5.47 ab	4.93
16	5.67 a	5.47
LSD (P≤0,05)	0.451	-

Deneme bitkilerinde yaprak sayısı değerleri ile yapılan varyans analizine göre dozlar arasındaki farklılık killi topraklarda istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmasına karşın, tınlı topraklardaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.2). Killi topraklarda yapılan önemlilik testinde 4 t da⁻¹ ve 16 t da⁻¹ dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluşturmuştur. Bütün dozlar kontrole göre önemli farklılık göstermiştir. Çıtak ve ark. (2011) topraklara uygulanan vermikompostun ıspanak bitkisinin yaprak sayısı üzerine istatistiksel olarak önemli artış sağladığını, Köksal ve ark. (2017) ise vermikompost uygulamasının pazı bitkisinin yaprak sayısını arttırdığını ancak bu artışların istatistiki olarak önemli bulunmadığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2. Yaprak sayısına ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	3.051	0.763	12.435**	3.480	5.990
	Hata	10	0.613	0.061			
	Genel	14	3.664	0.262			
Tınlı Toprak	Doz	4	2.469	0.617	1.837	3.480	5.990
	Hata	10	3.360	0.336			
	Genel	14	5.829	0.416			

** : %1 düzeyinde önemli

4.1.2. Yaş ve kuru gövde ağırlığı

Vermikompostun buğday bitkisinde gövde yaş ağırlığı değerleri incelendiğinde genel olarak her iki bünyeli toprakta da artan vermikompost dozları gövde yaş ağırlığı değerlerini kontrole göre arttırmıştır. Hem kil hem de tın bünyeli topraklarda 8 t da⁻¹ vermikompost dozunda en yüksek gövde yaş ağırlığı değerleri elde edilmiş ve sırası ile ortalama 10,70 g ve 9,66 g bulunmuştur (Çizelge 4.3). Her iki toprak çeşidinde de en yüksek doz olan 16 t da⁻¹ dozunda 8 t da⁻¹ dozuna göre azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.3. Yaprak yaş ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (g)	Tınlı Toprak Ortalama (g)
0	3.39 b	2.74 c
2	8.9 a	4.58 b
4	9.07 a	8.84 a
8	10.70 a	9.66 a
16	10.11 a	8.83 a
LSD (P≤0,05)	2.475	1.824

Yaprak yaş ağırlığına ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde vermikompost dozlarının yaprak yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisinin her iki toprak çeşidinde de istatistiksel anlamda önemli ($P \leq 0.01$) ve pozitif olduğunu göstermiştir. Yapılan önemlilik testinde kil toprakta 2, 4, 8, 16 t da⁻¹, tınlı toprakta ise 4, 8, 16 t da⁻¹ en önemli etkiyi göstermiştir.

Çizelge 4.4. Yaş gövde ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	102.204	25.551	13.805**	3.480	5.990
	Hata	10	18.509	1.851			
	Genel	14	120.713	8.622			
Tınlı Toprak	Doz	4	113.230	28.308	28.148**	3.480	5.990
	Hata	10	10.057	1.006			
	Genel	14	123.287	8.806			

** : %1 düzeyinde önemli

Vermikompost uygulaması her iki toprak çeşidinde de buğday bitkisinde kuru gövde ağırlığı üzerine olan etkisi yaş gövde ağırlığına benzer olmuş ve bütün dozlarda kontrole göre artış sağlamıştır. Genel olarak bu artışlar artan dozlara paralel gerçekleşmiştir. Killi topraklarda 16 t da⁻¹ kompost dozu en yüksek sonucu verirken, tınlı topraklarda 8 t da⁻¹ kompost dozu en yüksek sonucu vermiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Gövde kuru ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (g)	Tınlı Toprak Ortalama (g)
0	0.547 b	0.650 b
2	1.167 a	0.833 b
4	1.183 a	1.317 a
8	1.427 a	1.543 a
16	1.457 a	1.307 a
LSD ($P \leq 0,05$)	0.580	0.343

Kuru gövde ağırlığı değerleri üzerine yapılan varyans analizine göre, vermikompostun etkisi killi topraklarda %5 ($P \leq 0.01$), tınlı topraklarda ise %1 ($P \leq 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6). Yapılan önemlilik testinde killi topraklarda 2, 4, 8 ve 16 t da⁻¹, tınlı topraklarda ise 4, 8 ve 16 t da⁻¹ vermikompost dozu en önemli etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. Kuru gövde ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	1.607	0.402	3.957*	3.480	5.990
	Hata	10	1.016	0.102			
	Genel	14	2.623	0.187			
Tınlı Toprak	Doz	4	1.666	0.416	11.690**	3.480	5.990
	Hata	10	0.356	0.036			
	Genel	14	2.022	0.144			

*: %5 düzeyinde önemli

** : %1 düzeyinde önemli

Bitki gövde ağırlığı verileri hem yaş hem de kuru ağırlık için en yüksek uygulama olan 16 t da⁻¹ kompost dozunda 8 t da⁻¹ kompost dozuna göre ya azalma göstermiş ya da artış oranı düşmüştür. Bu durum yüksek dozlarda meydana gelen tuz miktarındaki artıştan kaynaklanabilir. Tuz miktarları en yüksek dozlar olan 8 ve 16 t da⁻¹ kompost dozlarında killi topraklarda sırası ile 2248.7 ve 2759.7 $\mu\text{S cm}^{-1}$, tınlı topraklarda ise 1526.0 ve 2629.3 $\mu\text{S cm}^{-1}$ bulunmuştur. Bu değerler oldukça yüksek sayılabilir ve deneme bitkisinin gelişimini kısıtlayabilir.

4.1.3. Gövde uzunluğu (cm)

Deneme bitkilerinde gövde uzunluğu değerleri genel olarak vermikompost miktarının artışı ile beraber artış göstermektedir. Değerler incelendiğinde tın bünyeli toprakta en yüksek gövde uzunluğu 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda ortalama 46,40 cm olarak bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta ise en yüksek ortalama değer 46,90 cm ile 8 t da⁻¹ vermikompost dozunda belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Gövde uzunluğuna ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (cm)	Tınlı Toprak Ortalama (cm)
0	36.67 b	35.73 c
2	44.00 a	39.93 bc
4	43.63 a	44.50 ab
8	46.90 a	43.87 ab
16	44.17 a	46.40 a
LSD (P≤0,05)	3.800	5.609

Deneme bitkilerinin gövde uzunluğu değerleri üzerinde yapılan varyans analizine göre (Çizelge 4.8) topraklara farklı dozlarda uygulanan vermikompostun istatistiksel olarak önemli etkide bulunduğu, bu etkinin killi toprakta %1 (P≤0.01), tınlı toprakta %5 (P≤0.05) düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Yapılan önemlilik testinde killi toprakta 2, 4, 8 ve 16 t da⁻¹ dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluştururken, tınlı topraklarda 16 t da⁻¹ en önemli etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.7). Vermikompost yüksek organik madde ve besin elementi içeriği nedeni ile bitkilerin gelişimini olumlu olarak etkilemektedir. Köksal ve ark. (2017) pazı bitkisinde, Oo ve ark. (2015) mısır bitkisinde ve Çıtak ve ark. (2011) ise ıspanak bitkisinde vermikompost uygulamasının bitki boyunu önemli düzeyde arttırdığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.8. Gövde uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	174.169	43.542	9.978**	3.480	5.990
	Hata	10	43.640	4.364			
	Genel	14	217.809	15.558			
Tınlı Toprak	Doz	4	217.797	54.449	5.727*	3.480	5.990
	Hata	10	95.080	9.508			
	Genel	14	312.877	22.348			

*: %5 düzeyinde önemli

** : %1 düzeyinde önemli

4.1.4. Kök uzunluğu (cm)

Vermikompostun buğday bitkisinde kök uzunluğu üzerine etkisini gösteren değerler (Çizelge 4.9)'da verilmiştir. Kök uzunluğu değerleri incelendiğinde tın bünyeli topraklarda 2 t da⁻¹ ve 16 t da⁻¹ vermikompost dozlarının birbirine yakın etkide bulunduğu görülmektedir. Kök uzunluğuna ait en yüksek değer 2 t da⁻¹ kompost dozunda ortalama 17,89 cm, 16 t da⁻¹ kompost dozunda ise ortalama 17,86 cm olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Kök uzunluğu parametresine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama	Tınlı Toprak Ortalama
0	-	15.21 b
2	-	17.89 a
4	-	15.87 ab
8	-	15.08 b
16	-	17.86 a
LSD (P≤0,05)	-	2.156

Varyans analizi sonuçlarına göre vermikompost uygulamasının farklı dozlarının %5 düzeyinde önemli farklı etkide bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.10). Yapılan önemlilik testinde 2 t da⁻¹ ve 16 t da⁻¹ dozları en önemli etkiyi göstermiş ve birlikte birinci grubu oluşturmuştur (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.10. Kök uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz					3.480	5.990
	Hata						
	Genel						
Tınlı Toprak	Doz	4	23.432	5.858	4.169*	3.480	5.990
	Hata	10	14.052	1.405			
	Genel	14	37.484	2.677			

*: %5 düzeyinde önemli

4.1.5. Yaş ve kuru kök ağırlığı

Vermikompostun buğday bitkisinde yaş kök ağırlığı üzerine etkisini gösteren değerler incelendiğinde, tın bünyeli toprakta yaş kök ağırlığı kontrole göre genel olarak arttırmıştır. En yüksek değer 8 t da⁻¹ vermikompost dozunda 0,81 g olarak bulunmuştur. Ancak bu artışlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.11 ve 4.12).

Çizelge 4.11. Yaş kök ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (g)	Tınlı Toprak Ortalama (g)
0	-	0.47
2	-	0.59
4	-	0.45
8	-	0.81
16	-	0.52
LSD (P≤0,05)	-	-

Çizelge 4.12. Yaş kök ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz						
	Hata						
	Genel						
Tınlı Toprak	Doz	4	0.252	0.063	0.914	3.480	5.990
	Hata	10	0.690	0.069			
	Genel	14	0.943	0.067			

Tınlı topraklarda elde edilen kuru kök ağırlığı verilerine göre, topraklara uygulanan vermikompostun bitkilerde kuru kök ağırlık üzerine etkisi açık olarak belirlenememiştir. Genel olarak kompost dozları kuru kök ağırlıklarını (8 t da⁻¹ dozu hariç) kontrol dozuna göre düşürmüştür. Ancak yine de en yüksek kök kuru ağırlığı değeri 8 t da⁻¹ kompost dozunda gerçekleşmiştir. Ancak bu farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 14).

Çizelge 4.13. Kök kuru ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar	Killi Toprak	Tınlı Toprak
(t da ⁻¹)	Ortalama (g)	Ortalama (g)
0	-	0.300
2	-	0.247
4	-	0.187
8	-	0.313
16	-	0.247
LSD (P≤0,05)	-	-

Çizelge 4.14. Kök kuru ağırlığı parametresine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz						
	Hata						
	Genel						
Tınlı Toprak	Doz	4	0.031	0.008	0.828	3.480	5.990
	Hata	10	0.092	0.009			
	Genel	14	0.123	0.009			

4.2. Toprakların Kimyasal Özellikleri

4.2.1. Organik Madde

Toprakların organik madde analiz sonuçlarına göre; toprakların organik madde içerikleri her iki toprak çeşidinde de artan vermikompost dozlarına paralel olarak artmıştır. Tın bünyeli topraklarda kontrolde ortalama %1,15 olan organik madde değeri 16 t da⁻¹ kompost dozunda %2,55'e yükselmiştir. Aynı şekilde kil bünyeli toprakta da uygulanan vermikompost dozuna paralel olarak organik madde içerikleri artmış ve 16 t da⁻¹ kompost dozunda %3,31'e kadar yükselmiştir.

Çizelge 4.15. Organik maddeye ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (%)	Tınlı Toprak Ortalama (%)
0	1.87 c	1.15 c
2	2.01 c	1.21 c
4	2.11 c	1.29 c
8	2.67 b	1.80 b
16	3.31 a	2.55 a
LSD (P≤0,05)	0.314	0.212

Deneme topraklarının organik madde varyans analizine göre artan kompost dozları her iki toprak çeşidinde de toprakların organik madde değerleri üzerine %1 (P≤0,01) düzeyinde olumlu ve önemli etkide bulunmuştur. Yapılan önemlilik testinde her iki toprakta da 16 t da⁻¹ dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4.16. Organik maddeye ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	4.261	1.065	35.815**	3.480	5.990
	Hata	10	0.297	0.030			
	Genel	14	4.559	0.326			
Tınlı Toprak	Doz	4	4.208	1.052	77.613**	3.480	5.990
	Hata	10	0.136	0.014			
	Genel	14	4.343	0.310			

** : %1 düzeyinde önemli

Denemede kullanılan vermikompost yaklaşık %50 organik madde içermektedir. Bu nedenle de uygulandıkları toprakların organik madde içeriklerini arttırmışlardır. Uygulanan vermikompost dozları arttıkça organik madde içerikleri de artmıştır. Yapılan birçok Vermikompost çalışmasında toprakların organik madde içeriklerinin istatistiksel olarak arttığı bildirilmiştir (Tavalı ve ark. 2014; Mahmoud ve Ibrahim 2012).

4.2.2. Toprak reaksiyonu (pH)

Vermikompost uygulaması deneme topraklarının pH değerlerini kil bünyeli topraklarda düşürmüş, tın bünyeli topraklarda ise yükseltmiştir. Farklı dozlarda uygulanan vermikompost ile killi topraklarda pH değeri kontrol dozunda 7.22 den, 16 t da⁻¹ dozunda 7,01 e kadar düşmüştür. Tın bünyeli topraklarda ise kontrol dozunda 4,20 olan pH değeri 16 t da⁻¹ dozunda 5,17 kadar yükseltmiştir (Çizelge 4.17). Hafif alkali pH ya sahip kil bünyeli toprakta doz arttıkça pH'nın azaldığı, asit karakterli tın bünyeli toprakta ise doz arttıkça pH'nın yükseldiği görülmektedir.

Çizelge 4.17. Toprak reaksiyonuna ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama	Tınlı Toprak Ortalama
0	7.22 b	4.20 d
2	7.28 a	4.51 c
4	7.22 b	4.57 c
8	7.10 c	4.92 b
16	7.01 d	5.17 a
LSD (P≤0,05)	0.048	0.203

Topraklara uygulanan vermikompostun deneme topraklarında pH üzerine etkisi istatistiki olarak da önemli (P≤0.01) bulunmuştur (Çizelge 4.18). Vermikompostun etkisi killi topraklarda negatif, tınlı topraklarda ise pozitif olmuştur. Uygulanan vermikompost düşük pH ya sahip tınlı topraklarda sahip olduğu alkali katyonların ve organik maddenin ayrışması sonucu ortaya çıkan maddelerin pH'yı yükseltici etkisi nedeni ile yükselmiştir. Hafif alkali pH ya sahip killi topraklarda ise daha çok pH'yı dengeleyici rol oynamış ve yüksek olan pH'yı düşürmüştür. Gutierrez-Miceli ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada koyun gübresinden elde edilen vermikompostun toprakların pH'sını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Tavalı ve ark. (2014), killi bir toprakta 400 kg da⁻¹ vermikompost uygulamasının toprak pH'sını 7.92'den 7.68'e düşürdüğünü bildirmişlerdir. Toprak pH'sındaki bu düşüşün nedeni olarak topraktaki organik maddenin parçalanması ile ortaya çıkan çeşitli ayrışma ürünlerinin ve organik asitlerin toprak asitliğini desteklemesi ayrıca toprak bakterilerinin faaliyetleri ve bitkilerin kökleri ile yaptıkları solunum sonucu açığa çıkan CO₂'in su ile birleşerek H₂CO₃ oluşturması olarak

ifade etmişlerdir. Çıtak ve ark. (2011)'ise 7.75 pH'ya sahip killi bir toprağa 200 kg da⁻¹ vermikompost uygulamasının pH üzerine istatistiki olarak etkide bulunmadığını belirlemiştir.

Çizelge 4.18. Toprak reaksiyonuna ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	0.141	0.035	51.296**	3.480	5.990
	Hata	10	0.007	0.001			
	Genel	14	0.148	0.011			
Tınlı Toprak	Doz	4	1.718	0.430	34.496**	3.480	5.990
	Hata	10	0.125	0.012			
	Genel	14	1.843	0.132			

** : %1 düzeyinde önemli

4.2.3. Toprak tuzluluğu

Araştırmada elde edilen verilere göre topraklara farklı dozlarda ilave edilen vermikompost her iki toprak çeşidinde de tuz içeriklerini dozlara paralel olarak arttırmıştır. Buna göre kil bünyeli topraklarda kontrol dozunda 1,458 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) olan EC değeri 16 t da⁻¹ dozunda 2760 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) değerine ulaşmıştır. Tın bünyeli topraklarda ise kontrol dozunda 0,59 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) olan EC değeri artan dozlarda birlikte artmış ve 16 t da⁻¹ dozunda 2629 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) bulunmuştur (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Toprak tuzluluğuna ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Tınlı Toprak Ortalama ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
0	1458.0 c	590.0 e
2	1555.7 c	935.3 d
4	1610.0 c	1203.0 c
8	2248.7 b	1526.0 b
16	2759.7 a	2629.3 a
LSD (P≤0,05)	298.951	165.600

Vermikompost uygulanmış kil ve tın bünyeli topraklarda toprak tuzluluğuna (EC) ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Toprak tuzluluğuna ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	3765419.6	941354.9	34.857**	3.480	5.99
	Hata	10	270060.0	27006.0			
	Genel	14	4035479.6	288248.5			
Tınlı Toprak	Doz	4	7305761.6	1826440.4	220.405**	3.480	5.990
	Hata	10	82867.3	8286.7			
	Genel	14	7388628.9	527759.2			

** : %1 düzeyinde önemli

Deneme sonunda elde edilen EC değerleri üzerinde yapılan istatistiki analizlere göre, her iki toprak çeşidinde de toprak tuzluluğu yönünden uygulamalar arasında istatistiksel anlamda %1 ($P \leq 0.01$) düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur. Toprak tuzluluğuna ait ortalama değerler Çizelge 4.14’de verilmiştir. Yapılan önemlilik testinde killi ve tınlı topraklarda 16 t da^{-1} dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluşturmuştur. Bütün dozlar kontrole göre önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 4.20).

Denemede kullanılan Vermikompostun EC değeri $5,7 \text{ dS m}^{-1}$ ($5700 \mu\text{S cm}^{-1}$)’dir ve bu değer oldukça yüksektir. Topraklara ilave edilen bu yüksek tuzluluğa sahip vermikompost da toprakların EC değerini yükseltmiştir. Deneme de kullanılan saksıların drenajı kapalı olduğundan verilen sulama suları tuzun yıkanmasını önlemiştir. Doğal koşullarda yıkanmadan dolayı tuz birikiminin azalması beklenen bir durumdur ancak kapalı sistemlerde vermikompostun toprakların tuz içeriğini arttırması olağandır. Topraklara ilave edilen vermikompostun toprakların EC değerini arttırdığı yapılan bazı çalışmalarda ortaya konmuştur (Çıtak ve ark. 2011; Tavalı ve ark. 2014).

4.2.4. Kireç (CaCO₃)

Deneme sonunda elde edilen kireç değerleri incelendiğinde topraklara ilave edilen vermikompost kil toprakların kireç içeriklerinde dalgalı bir sonuç verirken, tın bünyeli toprakların kireç içerikleri üzerinde etkide bulunmamıştır. Kil bünyeli topraklarda kontrol dozunda %6,92 olan kireç içeriği önce azalmış ve 4 t da⁻¹ kompost dozunda %5,26 ya düşmüştür. Diğer dozlarda tekrar yükselerek 16 t da⁻¹ kompost dozunda %6,80 ye yükselmiştir. Tın bünyeli topraklarda ise herhangi bir etki göstermemiştir. Tın bünyeli topraklar asit karakterli ve kireç içeriği eser olan topraklar olmasına rağmen uygulanan vermikompost toprakların kireç içeriğini etkilememiştir (Çizelge 4.21). Özkan ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada topraklara uyguladıkları vermikompostun, kireç içeriğine istatistiksel olarak etkide bulunmadığını belirlemiştir.

Çizelge 4.21. Deneme Topraklarının CaCO₃ analiz sonuçları ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (%)	Tınlı Toprak Ortalama (%)
0	6.92 a	0.00
2	6.22 ab	0.00
4	5.26 b	0.00
8	5.98 ab	0.00
16	6.47 a	0.00
LSD (P≤0,05)	1.036	0.00

Çizelge 4.22. CaCO₃ parametresine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	
Killi Toprak	Doz	4	4.531	1.133	3.493*	3.480	Doz
	Hata	10	3.242	0.324			Hata
	Genel	14	7.773	0.555			Genel
Tınlı Toprak	Doz	4					
	Hata	10					
	Genel	14					

*: %5 düzeyinde önemli

4.2.5. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK)

Denemede farklı dozlarda uygulanan vermikompost toprakların KDK değerlerini her iki toprak çeşidinde de artan dozlara paralel olarak arttırmıştır. Tınlı topraklarda ortalama 20.72 me 100g⁻¹ olan KDK değerleri artan dozlara birlikte artmış ve en yüksek doz olan 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 27.85 me 100g⁻¹ e yükselmiştir. Tınlı topraklarda da kontrol dozunda ortalama 11.09 me/100g⁻¹ olan KDK değerleri killi topraklarda olduğu gibi artan dozlara artarak 16 t da⁻¹ kompost dozunda ortalama 16.00 me 100g⁻¹ e yükselmiştir (Çizelge4.23).

Çizelge 4.23 Toprakların ortalama KDK değerleri ve önemlilik sıralaması

Dozlar	Killi Toprak	Tınlı Toprak
(t da ⁻¹)	Ortalama	Ortalama
0	20.72 e	11.09e
2	22.09 d	11.76d
4	23.84 c	13.49c
8	25.05b	14.43b
16	27.85a	16.00a
LSD (P≤0,05)	0.479	0,445

Vermikompostun killi ve tınlı toprakların KDK değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak da önemli (P≤0.01) bulunmuştur. Yapılan önemlilik testine göre her iki toprakta da 16 t da⁻¹ kompost dozu en önemli etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.24).

Topraklara organik madde ilavesinin toprakların KDK değerlerini arttırdığı bilinmektedir. Organik madde ile CEC arasında yakın bir ilişki vardır. Toprakların OM miktarı arttıkça KDK da artar (Loveland ve Webb 2003). Nortcliff ve Amlinger (2008), organik maddenin toprakların CEC değerlerini 20% ve 70% arasında, Hemmat ve ark. (2010) ise %25 ve 90 arasında arttırdığını belirlemişlerdir. Vermikompost uygulamasının toprakların KDK'sini arttırdığı Mahmoud ve Ibrahim (2012)' de belirtilmektedir.

Çizelge 4.24. KDK parametresine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	91.091	22.773	328.991**	3.480	5.990
	Hata	10	0.692	0.069			
	Genel	14	91.783	6.556			
Tınlı Toprak	Doz	4	47.511	11.878	198.914**	3.480	5.990
	Hata	10	0.597	0.060			
	Genel	14	48.108	3.436			

** : %1 düzeyinde önemli

4.3. Makro Besin Elementleri

4.3.1. Yarayışlı Fosfor

Denemede kullanılan kil ve tın bünyeli topraklara farklı dozlarda verilen vermikompost toprakların yarayışlı fosfor içeriğini dozlara paralel olarak belirgin şekilde arttırmıştır (Çizelge 4.25). Kil bünyeli topraklarda kontrol dozunda 5,85 ppm olan yarayışlı fosfor içerikleri dozlara birlikte artış göstermiş ve 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 18,65 ppm'e yükselmiştir. Tın bünyeli toprak uygulamalarında da kontrol dozunda 23,65 ppm olan yarayışlı fosfor içerikleri aynı şekilde artan dozlara artarak 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 39,47 ppm'e yükselmiştir.

Çizelge 4.25. Fosfor elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (ppm)	Tınlı Toprak Ortalama (ppm)
0	5.85 c	23.62 d
2	6.21 c	26.01 cd
4	8.46 c	28.01 c
8	12.12 b	33.43 b
16	18.65 a	39.47 a
LSD (P≤0,05)	2.854	3.952

Fosfor elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları Çizelge 4.26’de verilmiştir. Deneme sonunda elde edilen veriler üzerinde yapılan istatistiki analize göre her iki toprakta da dozların toprakların fosfor içerikleri üzerine etkisi %1 ($P \leq 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan önemlilik testinde 16 t da^{-1} dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4.26. Fosfor (P) verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	338.945	84.736	34.438**	3.480	5.990
	Hata	10	24.605	2.461			
	Genel	14	363.550	25.968			
Tınlı Toprak	Doz	4	485.949	121.487	25.746**	3.480	5.990
	Hata	10	47.187	4.719			
	Genel	14	533.137	38.081			

** : %1 düzeyinde önemli

Yüksek oranda P içeren Vermikompostun toprakların P içerikleri arttırması beklenebilir. Mahmoud ve Ibrahim (2012) ve Özkan ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada topraklara uygulanan vermikompostun toprakların P içeriklerini belirgin bir şekilde ve istatistiksel olarak önemli düzeyde arttırdığını belirtmişlerdir.

4.3.2. Yarayışlı Kalsiyum (Ca)

Farklı dozlarda uygulanan vermikompost tın bünyeli topraklarda dozlara paralel olarak yarayışlı Ca içeriğini arttırırken kil bünyeli topraklarda karışık sonuç vermiştir. Tın bünyeli topraklarda kontrol dozunda 473,7 ppm olan yarayışlı Ca değeri 16 t da^{-1} vermikompost dozunda 753,7 ppm’e yükselmiştir. Kil bünyeli topraklarda ise kontrol dozunda 4840,0 ppm olan yarayışlı Ca değeri 8 t da^{-1} vermikompost dozuna kadar düşüş göstermiş fakat 8 t da^{-1} kompost dozunda en yüksek değer olan 4950,0 ppm’e ulaşmıştır. Deneme topraklarının kireç değerlerine benzer şekilde 16 t da^{-1} vermikompost dozunda tekrar azalmıştır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Kalsiyum elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (ppm)	Tınlı Toprak Ortalama (ppm)
0	4840.0	473.7 d
2	4650.0	523.0 c
4	4790.0	550.0 c
8	4950.0	655.2 b
16	4780.0	753.7 a
LSD (P≤0,05)	-	40.380

Vermikompostun toprakların yarayışlı Ca içeriklerine olan etkisi killi topraklarda istatistiki olarak önemli (P≤0.01) bulunurken, tınlı topraklara olan etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Kalsiyum elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	0.137	0.034	0.682	3.480	5.990
	Hata	10	0.502	0.050			
	Genel	14	0.639	0.046			
Tınlı Toprak	Doz	4	151967.45	37991.86	77.109**	3.480	5.990
	Hata	10	4927.045	492.704			
	Genel	14	156894.49	11206.75			

** : %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.28'de görüldüğü gibi kil ve tın bünyeli toprakta kalsiyum elementi yönünden uygulamalar arasında %1 önem düzeyi olduğu görülmektedir. Yapılan önemlilik testinde 16 t da⁻¹ dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluşturmuştur.

4.3.3. Yarayışlı Potasyum (K)

Deneme topraklarının yarayışlı K içerikleri izelge 4.29’de verilmiştir. Değerler incelendiğinde tın büniteli toprakta yarayışlı K içerikleri artan vermikompost dozuna paralel olarak artış göstermiş ve kontrol dozunda 91 ppm olan yarayışlı K içeriği, 16 t da⁻¹ kompost dozunda 281 ppm e yükselmiştir. Kil büniteli toprakta ise yarayışlı K içerikleri, yüksek dozlarla birlikte artarak 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 385 ppm’e yükselmiştir.

Çizelge 4.29. Potasyum elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar	Killi Toprak	Tınlı Toprak
(t da ⁻¹)	Ortalama (ppm)	Ortalama (ppm)
1	326.51	91.43 e
2	289.39	112.01 d
3	308.28	139.41 c
4	363.92	179.12 b
5	384.52	280.87 a
LSD (P≤0,05)	-	16.553

Vermikompost uygulanan farklı büniteli topraklarda potasyum elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları izelge 4.30’de verilmiştir. Toprakta bulunan potasyum elementi yönünden uygulamalar arasında killi topraklarda istatistiksel anlamda bir fark bulunmazken, tınlı topraklarda vermikompostun toprakların yarayışlı K içeriklerine etkisi istatistiksel olarak önemli (P≤0.01) bulunmuştur. Tınlı toprakların yarayışlı K içerikleri üzerinden yapılan önemlilik testinde 16 t da⁻¹ dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluşturmuştur.

Araştırmada kullanılan vermikompost killi toprakların yarayışlı K içeriklerine etkili olmazken, tınlı toprakların yarayışlı K içeriklerini önemli düzeyde arttırmıştır. Vermikompost uygulaması ile killi toprakların da yarayışlı K içerikleri kontrol uygulamasına göre artmıştır ancak bu artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Killi topraklar K bakımından daha zengin olduğundan (izelge 3.1 ve 3.2) uygulanan vermikompostun yarayışlı K zerine etkisi sınırlı kalmıştır. zkan ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada topraklara uygulanan Vermikompostun toprakların K içeriklerine etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunmadığını

belirtmişlerdir. Mahmoud ve Ibrahim (2012) yaptıkları çalışmada topraklara uygulanan Vermikompostun toprakların yararışlı K içeriklerini belirgin bir şekilde ve istatistiksel olarak önemli arttırdığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.30. Potasyum elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	18458.673	4614.668	2.411	3.480	5.990
	Hata	10	19140.711	1914.071			
	Genel	14	37599.384	2685.670			
Tınlı Toprak	Doz	4	67210.483	16802.621	202.998**	3.480	5.990
	Hata	10	827.967	82.797			
	Genel	14	68038.451	4859.889			

** : %1 düzeyinde önemli

4.3.4. Yararışlı Magnezyum

Denemede kil ve tın bünyeli topraklar artan dozlarda uygulanan vermikompost her iki toprak çeşidinde de yararışlı Mg içeriklerini artan dozlara paralel olarak arttırmıştır. Kil bünyeli toprakta kontrol dozunda 397 ppm olan yararışlı Mg değeri 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 493 ppm'e yükselmiştir. Tın bünyeli topraklarda ise kontrol dozunda 84 ppm olan yararışlı Mg değeri 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 183 ppm'e yükselmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Magnezyum elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (ppm)	Tınlı Toprak Ortalama (ppm)
0	396.59 c	84.46 e
2	402.03 c	98.70 d
4	441.23 bc	111.62 c
8	460.54 ab	138.74 b
16	492.95 a	183.31 a
LSD (P≤0,05)	48.083	11.362

Çizelge 4.32’de verilen varyans analiz tablosuna göre, topraklara uygulanan vermikompost toprakların yarayışlı magnezyum içeriklerini önemli düzeyde ($P \leq 0.01$) arttırmıştır. Yapılan önemlilik testine göre her iki toprak çeşidinde de en yüksek uygulama olan 16 t da^{-1} vermikompost dozu en önemli etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Magnezyum elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	19633.559	4908.390	7.026**	3.480	5.990
	Hata	10	6.986.349	698.635			
	Genel	14	26619.908	1901.422			
Tınlı Toprak	Doz	4	18268.955	4567.239	117.085**	3.480	5.990
	Hata	10	390.080	39.008			
	Genel	14	18659.035	1332.788			

** : %1 düzeyinde önemli

4.4. Mikro besin elementleri

4.4.1. Yarayışlı Bakır (Cu)

Deneme topraklarının yarayışlı Cu içerikleri incelendiğinde, artan dozlarda uygulanan vermikompost her iki toprak çeşidinde de yarayışlı Cu içeriklerini artan dozlara paralel olarak arttırmıştır (Çizelge 4.33). Kil ve tın bünyeli topraklarda kontrol dozunda 2,62 ve 1,60 ppm olan yarayışlı Cu içerikleri 16 t da^{-1} dozunda sırasıyla 6,13 ve 4,59 ppm bulunmuştur.

Çizelge 4.33’da görüldüğü gibi toprakta bulunan yarayışlı bakır elementi yönünden uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli ($P \leq 0.01$) bir fark bulunmuştur. Yapılan önemlilik testinde 16 t da^{-1} dozu en önemli etkiyi göstermiş ve birinci grubu oluşturmuştur.

Tavalı ve ark. (2014), vermikompost uygulamasının toprakların yarayışlı Cu içeriklerine istatistiki olarak etkide bulunmadığını belirlemiştir.

Çizelge 4.33. Bakır elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (ppm)	Tınlı Toprak Ortalama (ppm)
0	2.617 d	1.603 e
2	2.803 cd	2.007 d
4	3.443 c	2.287 c
8	4.550 b	3.290 b
16	6.130 a	4.593 a
LSD (P≤0,05)	0.759	0.264

Çizelge 4.34. Bakır elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	25.360	6.340	36.461**	3.480	5.990
	Hata	10	1.739	0.174			
	Genel	14	27.098	1.936			
Tınlı Toprak	Doz	4	17.314	4.329	205.859**	3.480	5.990
	Hata	10	0.210	0.021			
	Genel	14	17.524	1.252			

** : %1 düzeyinde önemli

4.4.2. Yarayırlı Demir (Fe)

Artan dozlarda uygulanan vermikompost denemede kullanılan iki toprak çeşidinde de yarayırlı Fe içeriklerini genel olarak düşürmüştür (Çizelge 4.35). Killi topraklarda toprakların yarayırlı Fe içerikleri bütün uygulamalarda kontrole göre azalmıştır. Kontrol uygulamasında 17 ppm olan yarayırlı Fe içerikleri 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 10 ppm'e düşmüştür. Aynı şekilde tın bünyeli topraklarda kontrol dozunda 47 ppm olan yarayırlı Fe içerikleri 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda 39 ppm'e düşmüştür.

Çizelge 4.35. Demir elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar	Killi Toprak	Tınlı Toprak
(t da ⁻¹)	Ortalama (ppm)	Ortalama (ppm)
0	16.587	46.870
2	11.537	46.660
4	10.900	43.813
8	14.887	44.083
16	10.390	38.663
LSD (P≤0,05)	-	-

Vermikompost uygulamasının toprakların yarayırlı Fe içeriklerine olan etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.36)

Çizelge 4.36. Demir elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değeri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	89.067	22.267	1.584	3.480	5.990
	Hata	10	140.542	14.054			
	Genel	14	229.610	16.401			
Tınlı Toprak	Doz	4	131.498	32.875	3.055	3.480	5.990
	Hata	10	107.623	10.762			
	Genel	14	239.121	17.080			

4.4.3. Yarayırlı Mangan (Mn)

Deneme topraklarının yarayırlı Mn içerikleri killi topraklarda artan dozlara göre karışık değerler verirken, tın bünyeli topraklarda yüksek dozlarda düşüş kaydetmiştir (Çizelge 4.37). Killi topraklarda kontrol uygulamasında 8,01 ppm olan yarayırlı Mn değeri 2 t da⁻¹ vermikompost dozunda 7,25 ppm'e düşerken 4 t da⁻¹ dozunda 8,71 e yükselmiştir. 8 t da⁻¹ vermikompost dozunda tekrar düşen yarayırlı Mn içerikleri en yüksek vermikompost dozu olan 16 t da⁻¹ dozunda en yüksek değer olan 8,99 ppm'e yükselmiştir. Tın bünyeli topraklarda ise uygulanan vermikompost genel olarak toprakların yarayırlı Mn içeriklerini düşürmüş ve kontrol dozunda 69,47 ppm olan yarayırlı Mn değerleri 16 t da⁻¹ dozunda 43,57 ppm olmuştur.

Çizelge 4. 37. Mangan elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (ppm)	Tınlı Toprak Ortalama (ppm)
0	8.01	69.47 a
2	7.25	73.51 a
4	8.71	67.57 ab
8	7.79	60.79 b
16	8.99	43.57 c
LSD (P≤0,05)	-	8.145

Vermikompostun toprakların yarayışlı Mn içeriklerine olan etkisi tınlı topraklarda istatistiki olarak önemli (P≤0.01) bulunurken, killi topraklardaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.38). Yarayışlı Mn değerleri ile yapılan önemlilik sıralamasında kontrol ve 2 t da⁻¹ kompost dozu en önemli etkiyi göstermiştir.

Çizelge 4.38. Mangan elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	5.899	1.475	2.292	3.480	5.990
	Hata	10	6.435	0.643			
	Genel	14	12.333	0.881			
Tınlı Toprak	Doz	4	166.976	416.744	20.787**	3.480	5.990
	Hata	10	200.479	20.048			
	Genel	14	1867.454	133.390			

** : %1 düzeyinde önemli

4.4.4. Yarayışlı inko (Zn)

Artan dozlarda uygulanan vermikompost denemede kullanılan killi ve tınlı toprakların yarayışlı Zn içeriklerini doz artışına paralel olarak arttırmıştır. Kontrol uygulamasında Killi topraklarda 0,29 ppm, tınlı topraklarda 0,32 ppm bulunan yarayışlı Zn içerikleri 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda sırası ile 2,60 ve 2,95 ppm bulunmuştur. Her iki toprakta da vermikompost dozu arttıkça toprakların yarayışlı Zn içerikleri artmıştır (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Çinko elementine ait ortalama değerler ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (ppm)	Tınlı Toprak Ortalama (ppm)
0	0.293 d	0.317 e
2	0.520 d	0.607 d
4	0.827 c	0.903 c
8	1.447 b	1.700 b
16	2.603 a	2.953 a
LSD (P≤0,05)	0.269	0.129

Vermikompost uygulamasının toprakların yarayışlı Zn içeriklerine olan etkisi, varyans analizi sonucuna göre her iki toprakta da %1 düzeyinde (P≤0.01) önemli bulunmuştur Çizelge 4.40). Her iki toprak çeşidinde de 16 t da-1 kompost dozu en önemli etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.40. Çinko elementine ait verilerden elde edilen varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	10.304	2.576	117.380**	3.480	5.990
	Hata	10	0.219	0.022			
	Genel	14	10.524	0.752			
Tınlı Toprak	Doz	4	13.495	3.374	665.886**	3.480	5.990
	Hata	10	0.051	0.005			
	Genel	14	13.546	0.968			

** : %1 düzeyinde önemli

4.5. Toprak Fiziksel Özellikleri

4.5.1. Agregat Stabilitesi (%)

Denemede farklı dozlarda uygulanan vermikompost kil topraklarda sadece 2 t da⁻¹ ve 8 t da⁻¹ kompost dozunda toprakların agregat stabilitesini kontrol parsele göre arttırırken diğer dozlarda agregat stabilitesi değerleri kontrol uygulamasına göre düşüş kaydetmiştir. Tın

bünyeli topraklarda ise bütün dozlarda kontrol uygulamasına göre artış görülmektedir. (Çizelge 4.41). Vermikompostun agregat stabilitesi üzerine olan etkileri istatistiki olarak killi topraklarda önemsiz, tınlı topraklarda ise önemli ($P \leq 0.01$) bulunmuştur. Yapılan önemlilik testinde 2 t da⁻¹ ve 4 t da⁻¹ vermikompost dozları en önemli etkiyi göstererek beraberce grup oluşturmuşlardır.

Çizelge 4.41. Toprakların Agregat stabilitesi ortalama değerleri ve Önemlilik Sıralaması

Dozlar (t da ⁻¹)	Killi Toprak Ortalama (%)	Tınlı Toprak Ortalama (%)
0	79.85	70.97 b
2	80.51	80.85 a
4	78.39	83.32 a
8	81.67	81.77 a
16	79.56	80.36 a
LSD ($P \leq 0,05$)	-	5.413

Çizelge 4.42. Toprakların agregat stabilitesi varyans analizi

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	17.538	4.384	0.392	3.480	5.990
	Hata	10	111.991	11.199			
	Genel	14	129.529	9.252			
Tınlı Toprak	Doz	4	285.229	71.307	8.054**	3.480	5.990
	Hata	10	88.538	8.854			
	Genel	14	373.767	26.698			

** : %1 düzeyinde önemli

Organik madde ilavelerinin topraklarda agregasyonu düzenlediği ve agregat stabilitesini arttırdığı çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur (Karami ve ark. 2012, Leroy ve ark. 2008). Bu organik materyaller içinde özellikle yüksek humik madde içerenlerin agregasyon üzerine dolayısı ile de agregat stabilitesine daha fazla etkide bulunduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. Humik asit içeriği yüksek olan materyaller topraklarda strüktürü geliştirir ve strüktür stabilitesini artırır (Karami ve ark. 2012). Agregat stabilitesi ile

humic asit arasında önemli bir korelasyon vardır (Tejada ve Gonzalez, 2007, Piccolo ve ark. 1992). Vermikompostlarda humic asitce zengin bir materyaldir (Arancon ve ark. 2006). Bu nedenle toprakların agregasyonu üzerine olumlu etkide bulunduğu söylenebilir.

Topraklara farklı dozlarda uygulanan vermikompost özellikle tınlı topraklarda agregat stabilitesini arttırmış, killi topraklarda ise genel olarak azaltmıştır. Bu duruma neden olarak, toprakların yüksek kil içeriklerinin, organik maddenin agregasyona etkisini sınırlandırması gösterilebilir. Yüksek kil içeren topraklarda kilin toprak tanelerini bağlayıcı etkisinden dolayı agregat stabilitesi yüksektir. Topraklarda kil oranının artması ile toplam agregat miktarı artar ayrıca bizzat kilin daha iri sekonder yapılar halinde agregatlaşma derecesi de artar. Bu nedenle kil kolloidlerinin iri taprak taneciklerinin agregatlaşmasını sağlamasının yanında daha çok kendi aralarında birbirini bağlayıcı bir fonksiyona sahip oldukları söylenebilir. Toprağın kil miktarı azaldıkça organik madde ve agregasyon arasındaki ilişki artmakta, kil miktarı %25 in altına düştüğünde çok yüksek seviyeye ulaşan bu ilişki, kil miktarı %35 i aştığında önemsiz olabilmektedir (Bahtiyar 1997). Tınlı topraklarda yapılan vermikompost uygulaması bütün dozlarda kontrole göre agregat stabilitesi değerlerini önemli düzeyde arttırmıştır. Ancak kontrol dozunda ortalama %70.97 olan agregat stabititesi değerleri başlangıçta hızlı bir artış göstererek 2 t da⁻¹ dozunda %80.85'e yükselmiş, 4 t da⁻¹ dozunda %83.32' e yükseldikten sonra daha yüksek dozlarda azalmıştır. Vermikompostun tuz içeriği yapılan analize göre 5.7 mS cm⁻¹ dir ve oldukça yüksektir (Çizelge 3.3). Bu nedenle her iki toprak çeşidinde de tuz içeriklerini artan dozlara paralel olarak arttırmıştır. Tınlı topraklarda EC değeri en yüksek dozda (2629) kontrol dozuna (590) göre yaklaşık 5 kat artmıştır. Yüksek dozlarda meydana gelen bu tuz artışının agregatların dayanıklılığının azalmasına neden olabileceği söylenebilir. Toprakların tuz içeriklerinin (özellikle Na içerenlerin) topraklarda agregatların dayanıklılığı üzerinde olumsuz etkide bulunabileceği çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. Deneme sonucunda elde edilen yarıyıllı Na sonuçlarına göre, toprakların yarıyıllı Na içerikleri en yüksek doz olan 16 t da⁻¹ vermikompost dozunda killi topraklarda yaklaşık 5-6 kat, tınlı topraklarda ise yaklaşık olarak 20 kat artmıştır. Denemede kullanılan vermikompostun yüksek oranda Na içermesi (%0.41 (suda çözünebilir)) nedeni ile doz artışına bağlı olarak artan Na içeriğinin topraklarda agregasyon üzerine etkisini sınırlandığı söylenebilir. Topraklarda agregasyon üzerine yapılan çalışmalarda agregat stabilitesi ile toprakların Na içerikleri arasında önemsiz negatif bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir (Gümüş ve ark. 2016, Anapalı 1994).

4.5.2. Hacim Ağırlığı (db)

Artan dozlarda uygulanan vermikompost deneme topraklarının hacim ağırlığı değerlerini belirgin şekilde düşürmüştür. Topraklara uygulanan vermikompost miktarı arttıkça hacim ağırlığı değerleri azalmıştır. Killi topraklarda kontrol dozunda 1,51 g cm⁻³ olan hacim ağırlığı, 16 t da⁻¹ dozunda 1,31 g cm⁻³ e kadar düşmüştür. Tınlı topraklarda da aynı şekilde kontrol dozunda 1,56 g cm⁻³ olan hacim ağırlığı 16 t da⁻¹ dozunda 1,35 g cm⁻³ bulunmuştur (Çizelge 4.43). Topraklara uygulanan vermikompostun toprakların hacim ağırlığı üzerine olan etkisi istatistiki olarak her iki toprak çeşidinde de önemli (P≤0.01) bulunmuştur. Yapılan önemlilik testine göre her iki toprak çeşidinde de 16 t da⁻¹ vermikompost dozu en önemli etkiyi göstermiştir (Çizelge 4.43)

Çizelge 4.43 Toprakların Hacim Ağırlığı ortalama değerleri ve Önemlilik Sıralaması

Dozlar	Killi Toprak	Tınlı Toprak
(t da ⁻¹)	Ortalama (g cm ⁻³)	Ortalama (g cm ⁻³)
0	1.51 a	1.56 a
2	1.47 ab	1.53 ab
4	1.45 ab	1.49 bc
8	1.39 bc	1.44 c
16	1.31 c	1.35 d
LSD (P≤0,05)	0.082	0,048

Çizelge 4.44. Toprakların Hacim Ağırlığı Varyans Analizi

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	0.073	0.018	8.944**	3.480	5.990
	Hata	10	0.020	0.002			
	Genel	14	0.093	0.007			
Tınlı Toprak	Doz	4	0.084	0.021	30.057**	3.480	5.990
	Hata	10	0.007	0.001			
	Genel	14	0.091	0.007			

** : %1 düzeyinde önemli

Vermikompostun toprakların hacim ağırlığını düşürmesinin nedeni basit olarak iki şekilde açıklanabilir. Bazı araştırmacılar topraklara daha düşük yoğunluktaki organik madde karıştırılmasının karışımın ağırlığını azaltması nedeni ile toprakların hacim ağırlığının azaldığını söylerken (Maylavarapu ve Zinati 2009), bazı araştırmacılar ise topraklara uygulanan kompostlaştırılmış organik maddelerin toprakta iyi bir agregasyon sağlaması nedeni ile poroziteyi arttırması (Hemmat ve ark. 2010; Eibisch ve ark. 2015) ve bu nedenle kütlenin ağırlığının azalması nedeni ile hacim ağırlığının azaldığını öne sürmektedirler.

4.5.3. Hidrolik İletkenlik (cm h^{-1})

Vermikompost uygulaması ile toprakların hidrolik iletkenlik değerleri tınlı topraklarda kontrol dozuna göre artışlar göstermiştir. Ancak bu artışlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Bu değerler toprakların hidrolik iletkenlik sınıflamasında yavaş sınıfındadır. Hidrolik iletkenlik değerlerinde artış olmasına rağmen, hidrolik iletkenlik sınıfında değişiklik yaratacak kadar farklılık göstermemiştir. Killi topraklarda ise dozlara bağlı olarak belirgin bir değişiklik görülmemiştir (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.45 Toprakların hidrolik iletkenlik ortalama değerleri ve önemlilik sıralaması

Dozlar (t da^{-1})	Killi Toprak Ortalama (cm h^{-1})	Tınlı Toprak Ortalama (cm h^{-1})
0	0.073	0.269
2	0.038	0.415
4	0.085	0.338
8	0.053	0.396
16	0,063	0.457
LSD ($P \leq 0,05$)	-	-

İstatistiki analizde de hidrolik iletkenlik değerleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.45). Bu değerler hidrolik iletkenlik sınıflamasında çok düşük sınıfa girmektedir. Denemede kullanılan killi toprakların yüksek kil ve şişen tipte kil minerali içerikleri topraklara uygulanan vermikompostun hidrolik iletkenlik üzerine etkisini sınırlandırmıştır. Analizde su akışı hemen hemen sifıra yakındır. Analiz sırasında satire edilen bu toprakların şiştikleri görülmüştür. Bu şişme nedeni ile topraktaki sıkışmanın arttığı

ve yüksek kil nedeni ile düşük olan hidrolik iletkenliğin sıfıra yakın çıkmasına neden olduğu söylenebilir. Suarez ve ark. (1984) toprakların şişmesinin hidrolik iletkenlik üzerine azaltıcı etkide bulunabileceğini belirtmiştir. Topraklarda kil içeriği ve kil tipi ile hidrolik iletkenlik arasında önemli bir ilişki vardır. Kil miktarının artışı hidrolik iletkenliğin düşmesinin nedenlerindedir (Bahtiyar, 1997).

Çizelge 4.46 Toprakların Hidrolik iletkenlik Varyans Analizi

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	Hesaplanan F Değeri	F Tablo değerleri	
						0.05	0.01
Killi Toprak	Doz	4	0.004	0.001	0,198	3.480	5.990
	Hata	10	0.049	0.005			
	Genel	14	0.053	0.004			
Tınlı Toprak	Doz	4	0.064	0.016	0.341	3.480	5.990
	Hata	10	0.469	0.047			
	Genel	14	0.533	0.038			

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Vermikompostun farklı tekstürlere sahip topraklarda bitki gelişimine ve toprakların fiziksel, kimyasal özelliklerine etkisinin incelenmesinin amaçladığı bu çalışmada, artan dozlarda uygulanan vermikompostun tınlı ve killi bünyeye sahip topraklarda bitki gelişimine ve toprak özelliklerine olumlu etkide bulunduğu görülmüştür. Deneme sonucunda elde edilen verilere göre, uygulanan vermikompost dozlarının hem killi ve hem de tınlı toprakta gövde ağırlığı, gövde uzunluğu, kök ağırlığı önemsiz ve killi toprakta yaprak sayısı kök uzunluğu (tınlı toprakta) değerlerini arttırdığı ve bu artışların istatistiksel anlamda önemli olduğu bulunmuştur.

Artan dozlarda uygulanan vermikompost her iki toprak çeşidinde de organik madde içeriğini, EC ve KDK değerini, yarayışlı P, Mg, Cu, Zn içeriklerini arttırmıştır. Bu artışlar istatistiki olarak da önemli bulunmuştur. Toprakların Mn, K ve Ca içeriklerini ise tınlı topraklarda istatistiki olarak önemli arttırmıştır. Fe içeriklerine olan etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Toprakların kireç içerikleri killi topraklarda azalırken tınlı topraklarda değişmemiştir. Toprakların pH değerleri asit karakterli olan tınlı topraklarda artarken, killi topraklarda azalmıştır. Mn ise killi topraklarda artarken tınlı topraklarda azalmıştır. Topraklara uygulanan vermikompost fiziksel özelliklerden agregat stabilitesini her iki toprak çeşidinde de arttırırken, hacim ağırlığını belirgin bir şekilde düşürmüştür. Vermikompostun hidrolik iletkenlik üzerine etkisi ise belirgin olmamıştır.

Vermikompostun bitki gelişimine ve toprakların kimyasal özelliklerine olan olumlu etkilerinden dolayı bir gübre materyali olarak tercih edilmektedir. Ancak araştırma sonuçları göstermiştir ki denemede kullanılan vermikompost toprakların fiziksel özellikleri üzerine de etkilidir. Ancak ülkemizde vermikompostların maliyetlerinin yüksek olması tarla tarımında istenilen miktarda kullanımını kısıtlayabilmektedir. Bu nedenle daha çok seracılık gibi küçük ölçekli üretim alanlarda kullanımı yaygındır. Hangi tarımsal üretimde kullanılırsa kullanılsın vermikompostların ya da benzeri organik materyallerin kullanımının arttırılması sürdürülebilir bir toprak verimliliği için gereklidir.

Tarla tarımında vermikompost kullanımında maliyetlerin yüksek olması topraklara uygulama miktarının düşmesine ya da sadece kök civarına verilmesine neden olmaktadır. Bu uygulama bitki besin elementi bakımından toprakları zenginleştirebilir ancak fiziksel

özelliklere etkisi sınırlı kalabilir. Bu araştırma sonuçlarında da görülebileceği gibi genel olarak topraklara uygulanan vermikompost dozu arttıkça etkisi daha belirgin olmaktadır.

Vermikompost uygulamalarında dikkat edilmesi gerekli unsurlardan birisi vermikompostun tuz içeriğidir. Bu çalışmada topraklara uygulanan kompost dozlarına paralel olarak toprakların tuz içeriklerinin belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Vermikompost uygulamaları en yüksek dozlarda tuz içeriğini killi topraklarda yaklaşık 1 kat, tınlı topraklarda ise yaklaşık 4 kat arttırmıştır. Toprakta tuzluluk sınırına ulaşmasa da, tuzluluk önemli şekilde artmıştır. Bu çalışmada fiziksel özelliklere etkiyi görebilmek amacı ile vermikompost dozları yüksek uygulanmıştır. Ayrıca drenajları kapalı saksılarda deneme kurulmuştur. Bu nedenle topraklarda tuzluluğun yükselmesi beklenen bir sonuçtur. Tarla tarımında az miktarda kullanım ve yağışlar sonucunda yıkanma tuz sorununu en aza indirecektir. Ancak seralarda ve saksı yetiştiriciliğinde uzun dönemli kullanımlarda tuzluluk sorun oluşturabilir.

6. KAYNAKLAR

- Üretime Ne Sunabilir. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran-1 Temmuz 2010, Erzurum, 330-334.
- Gopinath KA, Saha S, Mina BL, Pande H, Kundu S, Gupta HS (2008). Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. *Nutr Cycl Agroecosyst* 82: 51–60.
- Gutierrez-Miceli FA, Santiago-Borraz J, Molina Açıkbaş B ve Bellitürk K (2016). Vermikompostun Trakya İlkeren/5BBAşı Kombinasyonundaki Asma Fidanlarının Bitki Besin Elementi İçeriklerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13:04
- Alaboz P, Işıldar A, Müjdecı M ve Şenol H (2017). Effects of Different Vermicompost and Soil Moisture Levels on Pepper (*Capsicum annuum*) Grown ve Some Soil Properties. *YYÜ. Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1): 30-36.
- Anapalı, Ö (1994). Iğdır Ovası Tuzlu-Sodyumlu Topraklarında Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Agregasyon Üzerine Etkileri. *Atatürk Ü. Zir. Fak. Der.*, 25 (3), 436-444.
- Arancon NQ, Edwards CA, Lee S, Byrne R (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42(1): 65-69.
- Azarmi R, Giglou MT ve Taleshmikal RD (2008). Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology* 7(14): 2397-2401.
- Balkan A (2011). Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Kurağa Dayanıklılıkla İlişkili Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerin Saptanması Üzerine Araştırmalar. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ, 216 s.
- Bahtiyar M (1997). Toprak Fiziği. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Tekirdağ.
- Bellitürk K ve Görres JH (2012). Balancing Vermicomposting Benefits with Conservation of Soil and Ecosystems at Risk of Earthworm Invasions, VIII. International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, Çeşme İzmir, p: 302-306.
- Blake GR ve Hartge KH (1986). Bulk density. In: A. Klute (Editor), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical ve Mineralogical Methods*. 2nd edn. Agronomy, 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp: 363- 382.
- Buckerfield JC, Webster KA (1998). Worm worked waste boosts grape yields prospects for vermicompost use in vineyards. *Australia and New Zealand Wine Ind. J.*, 13: 73-76.
- Büyükfiliz F (2016). Vermikompost gübrelemesinin ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisinin Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. 1-44
- Çıtak S, Sönmez S, Koçak F, Yaşın S (2011). Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. l.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1): 56-69.
- Demir H, Sönmez İ, Polat E (2010). Ülkemiz için Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi. *International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems*, Famagusta, 3-7 Şubat 2010, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, sayfa:15.

- Dinç U, Şenol S, Kapur S, Atalay İ, Cangir C (1993). Türkiye Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları No: 51, Adana.
- Edwards CA, ve Bohlen PJ (1996). Biology and Ecology of Earthworms, 3rd. ed. Chapman and Hall, New York, 39-40.
- Eibisch N, Durner W, Bechtold M, Fuß R, Mikutta R, Woche SK ve Helfrich M (2015). Does water repellency of pyrochars and hydrochars counter their positive effects on soil hydraulic properties?. *Geoderma*, 245, 31-39.
- Erhart E, Hartl W (2010). Compost use in organic farming. In Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming. Springer Neth. (pp. 311-345).
- Erşahin S (2010). Vermikompost Ürünleri Organik JAM, Nafate CC, Abud-Archila M, Llaven MAO, Rincón-Rosales R, LucDendooven R. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98:15, 2781-2786.
- Gümüş İ, Şeker C, Negiş H, Özyaytekin HH, Karaarslan E, Çetin Ü (2016). Buğday Ekili Alanlarda Agregat Stabilitesine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, TARGİD Özel Sayı 236-242 DOI: 10.17100/nevbiltek.06676
- 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.
- Hınıslı N (2014). Vermikompost Gübresinin Kıvırcık Bitkisinin Gelişmesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ve Diğer Bazı Organik Kaynaklı Gübrelerle Karşılaştırılması Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- 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, 22–28.
- Kemper WD, RC Rosenau, (1986). Aggregate stability and size distribution. In A Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.* p. 425-442
- Klute A, Dirksen C (1996). Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods. In: Klute, D. A. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 1-Physical and Mineralogical Methods, Second Edition, SSSA Book Series: 5, Madison, Wisconsin*, pp.687-734
- Köksal SB, Aksu G, Altay (2017). Vermikompostun Bazı Toprak Özellikleri ve Pazı Bitkisinde Verim Üzerine Etkisi *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 5 (2): 123–128.
- Leroy BLM, Herath HMSK, Sleutel S, De Neve S, Gabriels D, Reheul D, Moens M (2008). The quality of exogenous organic matter: short-term effects on soil physical properties and soil organic matter fractions. *Soil Use and Management* 24, 139–147.
- 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
- Loveland P, Webb J (2003). Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research*, 70(1), 1-18.
- Mahmoud EK, Ibrahim MM (2012). Effect of vermicompost and its mixtures with water treatment residuals on soil chemical properties and barley growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(3): 431-440.

- Maltaş A, Tavalı İ, Uz İ, Kaplan M (2017). Kırmızı baş lahanası (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra) yetiştiriciliğinde vermikompost uygulaması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 (2), 155-161.
- Marinari S, Masciandaro G, Ceccanti B, Grego S (2000). Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresour. Technol.* 72, 9–17.
- Maylavarapu RS, Zinati GM (2009). Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scienta Horticulturae*, 120, 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*, pp. 961-1010
- 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, 22-23 November 2001, pp. 19-36.
- Oo AN, Iwai CB, Saenjan P (2015). Soil properties and maize growth in saline and non-saline soils using cassava-industrial waste compost and vermikompost with or without earthworm, *Land Degrad. Dev*, 26: 300–310.
- Özkan N, Dağlıoğlu M, Ünser E, Müftüoğlu NM (2016). Vermikompostun Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) Verimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1): 1-5.
- Özkan N, Müftüoğlu NM (2016). Farklı dozlardaki vermikompostun marul verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. VII. Ulusal Bahçe Bit. Kong., 25-29 Ağustos. Çanakkale, s. 110.
- Piccolo A, Zaccheo P, Genevini PG (1992). Chemical characterization of humic substances extracted from organic-waste-amended soils. *Bioresource technology*, 40(3), 275-282.
- Soil Survey Staff (2010). *Keys to soil taxonomy*, (11. Baskı). USDA, National Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln
- Sönmez S, Çıtak S, Koçak F, Yaşın S (2011). Vermikompost ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ispanak (*Spinacia oleracea* var. L.) Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. *Batı Akdeniz Tar. Ar. Ens. Derim Dergisi*, 28(1): 56-69.
- Sönmez M ve Yılmaz E (2016). Biyo–Gübre uygulamalarının agregat oluşumu üzerindeki rolü. *Mediterranean Agricultural Sciences* 29(3): 131-137
- Steel RGD, Torrie JH (1960). *Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Approach*. New York, McGraw-Hill.
- Sumner ME, Miller WP (1996). Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In: Sparks D.L. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods. SSSA Book Series: 5, Madison, Wisconsin*, pp. 1201-1229.
- Şimşek-Erşahin Y (2007). Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (2), 99-107.
- Tavalı İE, Maltaş AŞ, Uz İ, Kaplan M (2013). Karnabaharın (*Brassicaoleracea* Var. Botrytis) Verim, Kalite ve Mineral Beslenme Durumu Üzerine Vermikompostun Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 26(2): 115-120.

- Tavalı İE, Maltaş AŞ, Uz İ, Kaplan M (2014). Vermikompostun beyaz baş lahananın (*Brassica oleracea* var. Alba) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (1), 61-67.
- Tavalı İE, Uz İ, Orman Ş (2014). Vermikompost ve Tavuk Gübresinin Yazlık Kabağın (*Cucurbita pepo* L. cv. Sakız) Verim ve Kalitesi ile Toprağın Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri, Akdeniz Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2): 119-124.
- Tejada M, García-Martínez AM, Parrado (2009). Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. *Catena* 77 (3), 238–247.
- U.S. Salinity Lab. Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. Agro. Handbook, 60, U.S.A.
- Zahmacıoğlu A (2017). Sera Koşullarında Vermikompost ve Amonyum Nitrat Uygulamalarının Brokoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) Bitkisine Etkisinin Toprak ve Yaprak Analizleriyle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

ÖZGEÇMİŞ

Tezcan AKTAŞ 22.02.1988 tarihinde Keşan'da doğdu ilköğretimi Altıntaş köyünde liseyi Keşan lisesinde okudu. 2011 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi kazandı. 2014 yılında mezun olup aynı yıl Namık Kemal Üniversitesi Toprak Bilimli ve Bitki besleme Bölümün de yüksek lisansa başladı. 2015 yılında Keşan Ticaret Borsasın da laboratuar sorumlusu olarak işe başladı halen aynı görevde çalışmaktadır.