



**VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ MISIR
BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE FOSFOR ALIMI
ÜZERİNE ETKİLERİ**

HAVVANUR KURT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANA BİLİM DALI
2019**

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE
FOSFOR ALIMI ÜZERİNE ETKİLERİ

HAVVANUR KURT

TOKAT
2019

Her hakkı saklıdır

Havvanur KURT tarafından hazırlanan "Vermikompost Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gelişimine ve Fosfor Alımı Üzerine Etkileri" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19 NİSAN 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç.Dr. Sezer ŞAHİN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Prof.Dr. Mehmet Ali SAKİN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Doç.Dr. Ayhan KORKMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



ONAY

Prof. Dr. ÇETİN ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

HAVVANUR KURT

2 Nisan 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE FOSFOR ALIMI ÜZERİNE ETKİLERİ HAVVANUR KURT

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. SEZER ŞAHİN)

Özet: Vermikompost, her türlü organik atığın faydalı bir gübre ve etkili bir toprak düzenleyicisine dönüştürüldüğü organik materyaldir. Uzun yıllar yoğun şekilde kullanılan kimyasal gübreler toprak verimliliğini ve mikrobiyal aktiviteleri olumsuz yönde etkilemektedir. Vermikompost ürünleri toprağa bitki besin maddeleri, çeşitli hormonlar, enzimler, humik maddeler ve özellikle organik madde sağlar. Bu çalışma kireçli topraklarda vermikompost ve fosfor dozlarının mısır bitkisinin gelişimi ve fosfor alımı üzerine etkilerini gözlemlemek amacıyla bir saksı çalışması olarak yürütülmüştür. Çalışmada 4 doz vermikompost (kontrol, % 1.5, 3 ve 6) ve her bir vermikompost dozu ile 3 doz fosfor (0, 50 ve 100 ppm) uygulaması değerlendirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde iki faktörlü ve 4 tekerrürlü kurulmuştur. Denemede Everest mısır çeşidi kullanılmıştır. Denemede yer alan tüm bitkiler için optimum düzeyde azot ve potasyum (150 ppm N ve 100 ppm K) uygulanmıştır. Toplam biomas, sap + yaprak yaş ve kuru ağırlıkları, bitki boyu, toprak organik madde miktarı ve yaprakların azot, fosfor, potasyum konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçlar tüm parametreler için önemli bulunmuştur. Vermikompost ve fosforun birlikte kullanılması bitki boyu üzerine % 5 oranında etkili olurken toplam biomas, yaprak ve kök ağırlıkları üzerinde istatistiksel olarak % 1 önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Yaprak N, P ve K konsantrasyonları artan vermikompost ve fosfor uygulamaları ile artış göstermiştir. Kireçli toprakta vermikompost uygulamasının artan dozları fosfor alımının artmasını sağlamıştır

Anahtar Kelimeler: Vermikompost, bitki gelişimi, fosfor alımı, mikrobiyal aktivite, mısır

2019, 54 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

EFFECTS OF VERMICOMPOST APPLICATIONS ON GROWTH AND PHOSPHORUS UPTAKE OF MAIZE PLANTS

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

(SUPERVISOR:) ASSOC. PROF. DR. SEZER ŞAHİN

Abstract: Vermicompost is the name given to organic material in which virtually any organic waste is converted into a useful fertilizer and effective soil conditioner. Chemical substances that have been used intensively for many years have adversely affected soil fertility and microbial activity. Vermicompost products confer plant nutrient elements, various hormones, enzymes, humic substances and especially organic matter to the soil. This study aimed to study the effects of vermicompost application and phosphorus fertilizer rates on zea mays in limy soil conditions. The affect of vermicompost applications was evaluated with four doses of vermicompost (Control, 1.5, 3, and 6%) in three doses of phosphorus applications. So, 0, 50 ppm and 100 ppm phosphorus blocks had all four doses of vermicompost. Optimum level (150 ppm N and 100 ppm K) of N and K fertilisers were applied to all plants tested. Total plant biomass, leaf wet and dry weights, plant height, content of soil organic mater and N, P, K compositions of leaf were measured. Results showed that, the effects of vermicompost application and phosphorus usage on all studied traits were significant. The combined effects of vermicompost and phosphorus application on plant height was significant at 5%, while significance was at 1% on total plant biomass, leaf and root wet and dry weights. Additionally leaf N, P, and K concentrations also increased with vermicompost and phosphorus applications. As a result, we observed increased P uptake levels with increased doses of vermicompost application in limysoils.

Keywords: Vermicompost, plant growth, phosphorus uptake, mikrobial activity, maize

2019, 54 paper

ÖNSÖZ

Araştırma konusunu belirleme, tezin yürütülmesi ve tamamlanmasına kadar her aşamada yardım ve desteğini esirgemeyen ailem ve danışmanım Doç. Dr. Sezer ŞAHİN olmak üzere bu tezde emeği geçen herkese teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

HAVVANUR KURT

2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE VE KISALTMALAR	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ/KURAMSAL TEMELLER/GENEL BİLGİLER.....	11
2.1. Fosfor Bitki Gelişimi İle İlgili Literatürler	11
2.2. Vermikompost Bitki Gelişimi ile İlgili Literatürler	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. MATERYAL.....	22
3.1.1. Denemenin Yeri ve Yılı	22
3.1.2. Denemede Kullanılan Mısır Çeşidi	22
3.1.3. Denemede Kullanılan Toprağın ve Vermikompostun Bazı Özellikleri ..	22
3.2. YÖNTEM.....	24
3.2.1. Denemenin Kurulması	24
3.2.2. Deneme Planı.....	24
3.2.3. Bitki Analizleri	25
3.2.4. Deneme Kurulmadan Önce Deneme Toprağında Yapılan Analizler ...	26
3.2.5. Deneme Sonrası Toprakta Bakteri Sayımı	27
3.2.6. Verilerin Değerlendirilmesi.....	28
4. BULGULAR	29
4.1. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Yaş ve Kök Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi... ..	29
4.2. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Toprak Üstü Aksamının Yaş ve Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi... ..	32
4.3. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bitki Boyu Üzerine Etkisi	36
4.4. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprakların Azot, Fosfor ve Potasyum Konsantrasyonu Üzerine Etkisi.....	38
4.5. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprakların Yaprak Spad Düzeyine Etkileri	41
4.6. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Topraktaki Bakteri Sayısı Üzerine Etkileri.....	42
4.7. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Deneme Sonra Toprağın Organik Madde Miktarı Üzerine Etkisi	43
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	45
6. KAYNAKLAR	49
7. ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Amonyum Molibdat Tetrahidrat
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
B	Bor
Cl	Klor
cm^3	Santimetre küp
CO_2	Karbondioksit
Cu	Bakır
$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Bakır Sülfat Heptahidrat
Fe	Demir
$\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Demir Sülfat Heptahidrat
g	Gram
g^{-1}	Gigolitre
H_2O_2	Perklorik Asit
H_2SO_4	Sülfirik Asit
H_3BO_3	Borik Asit
Ha	Hektar
HCl	Hidroklorik Asit
HNO_3	Nitrik Asit
K	Potasyum
K_2SO_4	Potasyum Sülfat
kg	Kilogram
l	Litre
m	Metre
m^2	Metrekare

Mg	Magnezyum
mg	Miligram
MgNO ₃	Magnezyum Nitrat
mmhos	Milimos
Mn	Mangan
MnSO ₄ .H ₂ O	Magnezyum Sülfat
Mo	Molibden
mol	Molekül
N	Azot
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum Hidroksit
NH ₄ NO ₃	Amonyum Nitrat
NO ₃ ⁻	Nitrat
P	Fosfor
S	Kükürt
s	Saat
Zn	Çinko
µmol	Mikromol
µS	Mikrosiemens

Kısaltmalar

ATP

EC

LF

NiR

NR

SÇKM

SPAD

SPSS

TA

Açıklama

Adenin Tri Fosfat

Elektiriki İletkenlik

Sıvı Gübre

Nitrit Redüktaz

Nitrat Redüktaz

Suda Çözünebilir Kuru Madde

Klorofil Miktarı

Statistical Package for the Social Sciences

Titre Edilebilir Asit

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekiller</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Kapalı havuz sistemi ile üretim yapılan vermikompost üretim alanı.....	5
Şekil 1.2. Doğrudan yerde üretim yapılan vermikompost üretim alanı.....	5
Şekil 1.3. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından yayınlanan vermikompost kimyasal analiz raporu.....	7
Şekil 1.4. Akredite Ziraat ve Veterinerlik Fakültesi Gıda Kontrol Laboratuvarı tarafından yayınlanan vermikompost kimyasal analiz raporu.....	8
Şekil 2.1. Lumbricus rubellis türü toprak solucanı.....	14
Şekil 2.2. Eisenia foetida türü toprak solucanı.....	14
Şekil 3.1. Hasat öncesi mısır bitkisinin görünümü.....	24
Şekil 3.2. Spad-502 metre.....	24
Şekil 4.1. Uygulamaların kök gelişimi üzerine etkileri.....	31
Şekil 4.2. Uygulamaların kök gelişimi üzerine etkileri.....	31
Şekil 4.3. Uygulamaların kök gelişimi üzerine etkileri.....	32
Şekil 4.4. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamına etkisi.....	34
Şekil 4.5. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamına etkisi.....	35
Şekil 4.6. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamına etkisi.....	36
Şekil 4.7. Uygulamaların mısır bitkisinin boyu üzerine etkisi.....	37
Şekil 4.8. En düşük fosfor uygulamasında yaşanan fosfor noksanlık belirtisi.....	40
Şekil 4.9. Deneme öncesi inkübasyonda toprağa % 6 ve % 3 oranında vermikompost uygulanmış saksılar.....	44

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	22
Çizelge 3.2. Vermikompostun fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	23
Çizelge 3.3. Örnek deneme planı.....	25
Çizelge 4.1. Uygulamaların mısır bitkisinin kök yaş ağırlıkları üzerine etkisi (gr/bitki).....	29
Çizelge 4.2. Uygulamaların mısır bitkisinin kök kuru ağırlıkları üzerine etkisi	30
Çizelge 4.3. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamının yaş ağırlıkları üzerine etkisi (gr/bitki).....	33
Çizelge 4.4. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamının kuru ağırlıkları üzerine etkisi (gr/bitki).....	34
Çizelge 4.5. Uygulamaların mısır bitkisinin boyu üzerine etkisi (cm).....	36
Çizelge 4.6. Uygulamaların mısır bitkisinin yapraklarındaki N içeriğine etkileri (%).....	39
Çizelge 4.7. Uygulamaların mısır bitkisinin yapraklarındaki P konsantrasyonu üzerine etkileri (%).....	40
Çizelge 4.8. Uygulamaların mısır bitkisinin yapraklarındaki K konsantrasyonu üzerine etkileri (%).....	41
Çizelge 4.9. Uygulamaların mısır bitkisinin yaprakların Spad miktarı üzerine Etkisi.....	42
Çizelge 4.10. Uygulamaların topraktaki bakteri sayısı üzerine etkileri.....	43
Çizelge 4.11. Uygulamaların deneme sonrası toprağın organik madde miktarı üzerine etkisi.....	44

1. GİRİŞ

Birim alandan daha çok ürün alabilmek için her şeyden önce toprakların verimliliklerinin korunması ve arttırılması gerekir. Toprakların verimlilik güçlerini arttırmanın en etkili yolu bitki besin elementi içeriğinin arttırılmasıdır. Toprağın bitki besin elementi konsantrasyonunu arttırmak da bir anlamda üzerinde yetiştirilen bitkilerin beslenmesi anlamına gelir. Günümüz bitki beslemenin en önemli yapıtaşını Alman kimyacı Justun Von Liebig tarafından ortaya koyulmuştur. Liebig, bitkinin gelişimi için temel olarak 10 besin elementine (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Si) ihtiyaç duyulduğunu savunmuştur (Karaman, 2012). Böylece bitkilerin de doğru şekilde beslenebildikleri ve bu ölçüde daha iyi gelişim gösterebildikleri anlaşılmıştır. Sonraki süreçte gübreleme olarak isimlendirilecek olan bitki besleme üzerine çalışmalar hız kazanmıştır.

Bitki gelişimi için mutlak gerekli olan 16 temel besin elementi organik maddenin yapısına katılanlar (C, H, O), makro besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg, S) ve mikro besin elementleri (Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, B, Cl) olarak sınıflandırılmıştır (Bergmann, 1992). Bitkiler için tüm bitki besin elementlerinin ayrı ayrı önemi vardır. Bitkiler her bir besin elementine farklı miktarlarda ihtiyaç duymasına rağmen herhangi birisinin eksikliğinde veya yokluğunda bitki gelişimi bundan olumsuz yönde etkilenecektir. Nitekim bazı bilim adamları bitki besin elementlerini bitkideki fizyolojik fonksiyonlarına göre sınıflara ayırmışlardır (Mengel ve Kirkby, 2001; Marschner, 2008). Bitkide hayati fonksiyonlarda görev alan makro besin elementlerinden birisi de fosfor elementidir. Bitkide enerji üretimi için karbonhidratların parçalanmasında, hücre bölünmesinden kalıtım karakterlerinin iletişimine, kök gelişimini yönlendirmeye, olgunlaşmanın çabuklaştırılmasına, tohum üretiminin artışına, meyve verimine kadar pek çok önemli faaliyetlerin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır (Kacar ve Katkat, 2009).

Fosforu bitkiler için önemli yapan en önemli husus bitkilerce alınabilecek formda fosforun yetersiz olmasıdır. Topraklardaki yüksek pH, düşük organik madde miktarı, yetersiz nem, yüksek kil kapsamı, toprak bünyesinde bulunan kireç miktarı fosforun yararlılığını düşüren en önemli faktörlerdir (Kacar ve Katkat, 2009).

Dünya genelinde kireçli toprakların 600 milyon hektar olduğu tahmin edilmektedir (Leytem and Mikkelsen, 2005). Bu topraklarda fosforun karbonat minerallerince

tutulması ve Ca ile P'un çökmesi sonucu bitkinin fosfordan yararlanma yüzdesi düşerek üzerinde yetişen bitkiler fosforca noksan olarak yetişmektedir (Bai ve ark., 2013). Bu gibi topraklarda gübre ile uygulanan fosforun sadece % 10-20'si uygulama yılında bitkiler tarafından alınabilmekte ve büyük bir miktarı hızlı bir şekilde fikse olmakta veya alınamaz formda çökelti oluşturmaktadır. (Alamgir ve ark., 2012). Tarım topraklarında fosfor alınabilirliğinin düşük olduğu durumlarda gübrelemeden farklı olarak topraklarda mevcut bulunan, Fe, Al ve Ca fosfatlarca ve organik formda bulunarak yarayırsız durumdaki fosfor bileşiklerinin çözünürlüğünün artmasında başta mikoriza olmak üzere organik materyalin ilavesi ile mikrobiyal aktivitenin artırılması önemli etkide bulunmaktadır.

Kireçli topraklarda fosforun yarayırsızlığını arttırmak için toprağa organik madde ilavesi yaparak fosforun yarayırsızlığını arttırmak amaçlanmaktadır. Organik madde kireçli toprakların kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini düzelterek üretim kapasitesini arttırmaktadır (Nardi ve ark., 2002). Bu gibi topraklara hazırlanmış kompost, dinlendirilmiş hayvan gübreleri ve son yıllarda üretimi artan ve besinsel ve biyokimyasal özellikleri yüksek olan solucan gübresi (vermikompost) uygulanması hem fosfordan yararlanılması hemde diğer özelliklerin düzeltilmesi için çözüm önerilerinden biridir. Alkalin-kireçli topraklardan bitkilerin alabileceği fosfor miktarını artırabilmek ve buna yönelik çalışmalar yapabilmek için bu durumu etkileyen faktörleri ve bazı kimyasal olayları anlamamız gerekmektedir.

Fosforun yarayırsız formda olmasına tutulma veya fiksasyon denilmektedir. Toprak çözeltisindeki fosfor çözelti içerisinde bulunan diğer bir takım katyonlar tarafından tutulabileceği gibi kil minerallerinin köşelerinde yer alan katyonlar tarafından da tutulabilmektedir. Fosfor fiksasyonuna etki eden birkaç faktör olması ile birlikte bunlardan biri pH'dır. ($H_2PO_4^-$) ve (HPO_4^{2-}) iyonlarının toprak pH'sına göre bulunma konsantrasyonları ve tutulacakları elementler farklılık göstermektedir. pH 7,2 de her iki iyon da ortalama eşit miktarlarda bulunmakla beraber asidik özellikli toprak çözeltisinde primer ortofosfat konsantrasyonu fazla iken, alkalin-kireçli özellik gösteren toprak çözeltisinde sekonder ortofosfat iyonları daha fazla bulunmaktadır (Karaman ve ark., 2012). Asidik topraklarda Fe-Al fosfat bileşikleri şeklinde görülen tutulma olayı alkalin-kireçli topraklarda Ca-fosfat veya $CaCO_3$ 'lü fosfat bileşikleri şeklinde görülmektedir (Barak, 1999). Asidik toprak çözeltisinde görülen Fe-Al fosfat

bileşikleri sıradan bir yer değiştirme reaksiyonu olmayıp kimyasal bir tutulmadır. Bu nedenle tekrar çözünmeleri neredeyse imkansızdır. Düşük pH özellikli topraklarda fosforun Al ve Fe elementleri ile hızlıca bileşik oluşturmaları Fe ve Al'un düşük pH koşullarında hızlıca serbest hale geçmeleri ve ortamda yoğun bir miktarda bulunmalarından kaynaklanmaktadır.

pH'nın 7'den yüksek olduğu alkalın topraklarda ise tutulma genellikle monokalsiyumfosfat, dikalsiyumfosfat ve trikalsiyumfosfat bileşikleri şeklinde gerçekteşmektedir. Ca ile görülen P fiksasyonlarında monoamonyumfosfat bileşikleri tekrar çözünebilmesine karşın diamonyumfosfat ve triamonyum fosfat bileşikleri tekrar çözünememektedir (Karaman ve ark., 2012). Alkalın-kireçli topraklarda P tutulmasını engellemek veya azaltmak için ortamdaki P konsantrasyonunu artırmak veya Ca'un tamponlanmasını sağlayarak P'a tutunmasını engelleyici etkiler yapmak gerekmektedir (Erdal ve ark., 2000).

Toprağın yapısında bulunan kil mineralleri kolloidal parçacıklar olup elektriksel yüke sahiplerdir. Bu nedenle P fiksasyonuna sebep olan bir başka etken de kil mineralleridir. Asidik topraklarda silikat killerin kenar ve köşelerinde yer alan hidroksil grupları kil mineralinden ayrılarak buralara P bağlanmasına ve böylece fosforun kil minerali tarafından tutulmasına yol açar. Kil minerallerinin yapısında bulunan Al-Fe elementleri de P tutulmasına daha önce bahsedildiği şekilde sebebiyet verebilir. Alkalın-kireçli topraklarda ise P doğrudan kireç veya Ca iyonları ile reaksiyona girerek fiske edilmektedir. Özellikle 1:1 tipi kaolinit grubu kil minerallerinde fiksasyon daha fazla görünür. Çünkü 1:1 tipi kil minerallerinde reaksiyona girmeye hazır halde daha fazla hidroksil grubu bulunmaktadır (Karaman ve ark., 2012).

Verilen bu bilgiler ışığında toprağa sürekli veya çok miktarda P uygulamasının bir çözümlenmediği anlaşılmalıdır. Yüksek miktarda P uygulaması hem ekonomik anlamda gereksiz bir maliyet olacaktır hem de çevre ve insan sağlığına zarar verici etkilere yol açacaktır. Fosfor fiksasyonunu azaltıcı etkenlerden birisi toprak organik maddesidir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki toprağa ilave edilen organik madde miktarına paralel olarak çözülmüş haldeki P konsantrasyonu da artış göstermektedir. Toprak organik madde oranının artması mikrobiyel faaliyetleri artırmak suretiyle dolaylı bir etkiye sahiptir. Ancak organik maddenin yarıyışlı fosfor konsantrasyonunu doğrudan

artırıcı etki yapmasının asıl nedeni organik maddenin parçalanması sırasında ortaya çıkan karbondioksittir. Toprak nemi ile birleşerek çözünen karbondioksit gazı karbonik asite dönüşür. Meydana gelen karbonik asit alkalın-kireçli topraklardaki yarayışsız halde bulunan fosfat bileşiklerini kolay çözünebilen humat ve fosfat anyonlarına dönüştürmekte ve bitkilerce alınabilir fosfor miktarını artırıcı etki yapmaktadır (Kacar ve Katkat, 1998).

Uygulanan inorganik P'un hemen fiksasyona uğrayarak % 75-90 gibi büyük bir bölümünün yarayışsız forma geçmesi yüksek kimyasal gübre maliyetinin yanı sıra istenilen yarayışlı fosfor ihtiyacının da karşılanmasına engel olmaktadır (Gyoreshwar ve ark., 2002). Tarımsal üretim için son derece önem arz eden bu konu üzerine yapılan önemli çalışmalardan bir diğeri de çözünmeyen haldeki kaya P ve Ca-fosfat bileşiklerinin fosfat çözücü bakteriler ve funguslar tarafından yarayışlı hale getirilmesi ve bitki tarafından alınmasını sağlamaktır.

Bu konuda yapılan ilk çalışmalarda ekim öncesi tohumlar P çözücü bakterilerce bulaştırılmış ve akabinde ekim yapılmıştır. Bakteri ile bulaştırılmış tohumların ekilmesi sonrası yapılan gözlemler uygulanan P un yarayışlılığını artırdığını ve bitki gelişimi üzerine olumlu etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Jones ve Darah, 1994; Yadav ve Dadarwal, 1997).

Toprak organik maddesinin, pH özelliklerinin, bitki besin elementi içeriğinin ve organizma faaliyetlerinin bitki besin elementi alımı ve dolayısıyla bitki gelişimi üzerine etkilerinden bahsettik. Son yıllarda üzerinde sayısız çalışma yapılan solucan gübresinin bitki organik maddesini artırdığı, pH dengesi üzerine olumlu etkiler yaptığı, toprak bitki besin elementi ve humik madde içeriğini artırdığı, bitki gelişimi ve toprak yapısı üzerine olumlu etkiler gösterdiği gözlemlenmiştir. Vermikest (solucan dışkısı) ya da kest olarak da isimlendirilen vermikompost, organik atıkların solucanların sindirim sisteminden geçirilmek suretiyle kompostlaştırılması sonucu meydana gelen toprak düzenleyici organik materyaldir (Edwards ve Bohlen 1995). Vermikompost üretiminde, Kırmızı Kaliforniya Solucanı olarak bilinen *Lumbricus rubellis* ve *Eisenia foetida* türleri tercih edilmektedir. Bu türlerin belirlenmesi ile alakalı yapılan bir çalışmada kentsel atıkların kompostlaştırılması için ekzotik ve yerli solucan türleri (*Eisenia foetida* ve *Lempito mauritii*) denemeye alınmış ve 42 günlük yapılan ölçümler sonucunda toplam organik

madde, C:N oranı, toplam NPK ve EC bakımından *Eisenia foetida* türünün daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir (Sharma ve Kaviraj, 2003).

Vermikompost üretimi, Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterildiği gibi kapalı sistemler içerisinde veya dezenfekte edilmiş kapalı bir alanda doğrudan yerde yapılabilir. Üretim materyali (Solucan maması) olarak genelde büyükbaş hayvan gübresi kullanılmakla beraber her türlü bitkisel ve hayvansal atık ilave edilebilir. Çoğunlukla büyük baş hayvan gübresinin tercih edilmesinin sebebi ülkemizde ve dünyada yetiştiriciliğinin yaygın olması, fazlaca bulunabilmesi ve besinsel ve biyokimyasal özelliklerinin bitkiler için elverişli olmasıdır. Son yıllarda yapılan birçok çalışmada farklı bitki kalıntıları ve lağım atığı gibi materyallerin de faydalı bir gübreye dönüştürülmesi için solucan maması olarak kullanımı araştırılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır.



Şekil 1.1. Kapalı havuz sistemi ile üretim yapılan vermikompost üretim alanı (Anonim 2014, <https://www.ekosol.net/>).



Şekil 1.2. Doğrudan yerde üretim yapılan vermikompost üretim alanı (Anonim 2012, <http://www.akmesolidem.com/>).

Solucan gübresi üretiminde solucanlar için oluşturulan yaşam alanlarına yatak veya havuz ismi verilmektedir. Havuzun nem oranı optimum % 80-85 aralığındadır. Solucanlar deri solunumu yaptıkları için hayatlarını devam ettirebilmek için mutlaka yeterli neme ihtiyaç duyarlar. Solucanlar soğuk kanlı (kapalı kan dolaşımına sahip) canlılar olduğu için vücut sıcaklıklar çevre sıcaklığına paralel olarak hareket eder. Bu sebeple optimum gübre verimi için ortam sıcaklığının optimum seviyede (17-24 °C) tutulması gerekir. Vermikompost, besin içeriği, aktif mikrobiyal faaliyet, humik maddeler ve enzimlerce zengin bir organik materyaldir (Lazcano ve ark., 2011). Vermikompost yüksek su tutma kapasitesi ve yüksek poroziteye sahiptir. Ayrıca vermikompostun bünyesinde bulundurduğu mineraller bitkilerce doğrudan alınabilir formdadır (Dominguez, 2004).

Vermikompostu komposttan ayıran en önemli olaylardan birisi kompost termolifik bir ürün iken vermikompost mezofilik bir üründür. Solucanların sindirim sisteminden geçen organik materyal yüksek mikroorganizma ve enzim içeriğine sahip olur. Solucanlar mekanik bir blander işlevi görerek organik maddeyi en küçük yapı taşlarına kadar parçalar, C:N oranını dengeler, fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirir ve bitkiler için oldukça yararlı bir forma dönüştürür (Dominguez ve ark., 2010). Vermikompost, organik kalıntıları yönetmenin etkin bir aracıdır (Garg ve ark. 2006) ve

fosfor içeren besinlerin bitkiler tarafından kullanılabilirliğini artırır (Ghosh ve ark. 1999; Venkatesh ve Eevera 2007). Toprak verimliliği ve bitki optimum gelişimi için gerekli olan gözeneklilik, iyi havalanma, drenaj, su tutma kapasitesi, mikrobiyal aktivite, zengin besin içeriği ve tamponlama kapasitesi gibi fizikokimyasal özellikler vermikompostun sağladığı başlıca faydalardır (Atiyeh ve ark., 2001).

Vermikompostu değerli kılan şey organik atıkların solucanların sindirim sisteminden geçerken maruz kaldığı mikrobiyal kompostlama ve enzim aktiviteleri neticesinde kazandığı yüksek oranda organik karbon ve yarayışlı bitki besin elementleridir (Edwards ve Bohlen, 1996; Parthasarathi ve ark., 2007). Vermikompostun kimyasal analizlerinin yapılması sonucunda topraklarda bulunan değerlere göre ortalama 2 kat Mg, 15 kat N ve 7 kat K ihtiva ettiği tespit edilmiştir (Bridgens, 1981). Şekil 1.3 ve 1.4'te vermikompost ürünlerine ait kimyasal analiz raporları yer almaktadır.



EGE ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü



Toprak Bitki Analiz Laboratuvarı

Vermikompost Analiz Raporu

Tahlil Tarihi ve Yeri: 21.06.2017-Bornova İzmir

pH		8.2
EC	(mS/cm)	3.17
Nem	(%)	36.1
Organik Madde	(%)	50.21
C/N		18.71
Toplam N(Azot)	(%)	1.56
Alınabilir P(Fosfor)	(%)	0.70
Suda Alınabilir P(Fosfor)	(ppm)	50.5
Alınabilir K(Potasyum)	(%)	1.31
Suda Alınabilir K(Potasyum)	(%)	0.84
Alınabilir Ca(Kalsiyum)	(%)	2.84
Suda Alınabilir Ca(Kalsiyum)	(ppm)	19.6
Alınabilir Na(Sodyum)	(ppm)	1900
Suda Alınabilir Na(Sodyum)	(ppm)	441.8
Alınabilir Mg(Magnezyum)	(ppm)	9590
Alınabilir Fe(Demir)	(ppm)	395.4
Alınabilir Zn(Çinko)	(ppm)	70.82
Alınabilir Cu(Bakır)	(ppm)	21.8
Alınabilir Mn(Mangan)	(ppm)	360.6
Suda Çözünür Cl(Klor)	(g/kg gübre)	3.52

Şekil 1.3. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından yayınlanan vermikompost kimyasal analiz raporu

(<https://www.google.com.tr/search?q=vermikompost+analiz+raporu&source>, 2017).



**AKREDİTE ZİRAAT VE VETERİNERLİK FAKÜLTESİ
GIDA KONTROL LABORATUVARI**



Laboratuvar	Akredite Ziraat ve Veterinerlik Fakültesi Gıda Kontrol Laboratuvarı
Yapılacak Analizler	Nem, Kuru Madde, Organik Mad., Ağır Metaller, pH, Ec, Toplam Azot (N), NO ₃ , NH ₄ , Tüm İnorganik Mad.
Numune Geliş Tarihi	23.11.2015 – 14:30
Analiz Tarihi	24.11.2015 - 30.11.2015
Numune Miktarı / Cinsi	1 Kg – Kapalı Ambalaj – Katı Toprak (Solucan Gübresi)
İstemde Bulunan Firma/ Şahıs	CANER ÖZMEN – 0532 510 41 66 İSTANBUL

ANALİZ RAPORU (ANALYSIS REPORT)

Analizler (Analysis)	Birim (Unit)	Metod (Methods)	Analiz Sonucu (Analysis results)
Nem (70-105-131 C)	%	TS 9105	72,50
Kuru Madde	%	TS 9105	27,50
Organik Madde (550-1100 C)	%	TS 9103	54,20
pH (20-25 C)		TS 836	7,72
Ec (20-25 C)	dS/m	1:10	5,84
Toplam (h+f)	%	TS 5869	48,62
Organik Azot	%	Yakma – Kjeldahl	1,90
Toplam Azot - N	%	Dumas- SM 4500 Norg B	2,65
Amonyum NH ₄	%		0,60
Nitrat	%	TS EN ISO 10304-1	0,40
Organik Karbon	%		30,20
Toplam Peroksit (P2O5)	%	Spectro Analytical Inst	1,40
Suda Çözünür Peroksit	%		0,35
Toplam K ₂ O	%	Spectro Analytical Inst	2,10
Suda Çözünür K ₂ O	%		1,50
Toplam MgO	%	Spectro Analytical Inst	1,92
Suda Çözünür MgO	%		0,24
Toplam Na	%	ISO 11885	0,86
Suda Çözünür Na	%		0,48
Toplam CaO	%	Spectro Analytical Inst	7,20
Suda Çözünür CaO	%		0,44
Toplam Fe	%	XRF Metot	0,96
Toplam Mn	%	XRF Metot	0,08
Toplam Cl	%	TS 6229 EN ISO 7393-2	0,20

Analiz Sorumlusu

Birim Sorumlusu

Arş. Gör. Yağmur Nil DEMİREL

Yrd. Doç. Dr. Zeki GÜRLER

Analiz özel istem üzerine yapılmıştır. Analiz sonuçları sadece teslim edilen örnek numune için geçerlidir.

Afyon Kocatepe Üniversitesi | GIDA KONTROL LABORATUVARI | Ahmet Necdet Sezer Kampüsü

Veteriner Fakültesi, AFYONKARAHİSAR | Tel:0272 228 13 12| Fax:0272 228 13 49 |

| E-Mail: gidakontrol@aku.edu.tr

AKÜ AKREDİTE ZİRAAT VE VETERİNERLİK FAKÜLTESİ GIDA KONTROL LABORATUVARI

Şekil 1.4. Akredite Ziraat ve Veterinerlik Fakültesi Gıda Kontrol Laboratuvarı tarafından yayınlanan vermikompost kimyasal analiz raporu (<https://www.google.com.tr/search?q=vermikompost+analiz+raporu&source>, 2015).

Orozco ve ark. (1996) ve Parthasarathi (2004), yaptıkları bir çalışmalar solucan gübresinin bünyesinde bulunan bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından doğrudan ve hızlıca alınabilecek bir formda bulunduğunu bildirmiştir. Ürün kalitesi bakımından vermikompost ürünleri, termofilik kompost (çiftlik gübresi) ürünlerinden fiziksel,

kimyasal ve biyolojik açıdan daha üstün niteliklere ve ekonomik değere sahiptir. Vermikompostun bu denli ilgi görmesinin bir başka sebebi ise yapısında bulundurduğu humik asit bileşikleri ve bitki gelişme düzenleyici bazı aktif maddelerdir (Tomati ve ark., 1990; Parthasarathi ve ark., 2006).

Tarımsal üretimin artırılması ve ürün veriminin yükseltilmesi amacıyla yoğun şekilde kullanılan kimyasal gübrelerin hem çevreye ciddi zararlar verdiği hem de toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısında bozulmalara sebep olduğu saptanmıştır (Albiach ve ark., 2000). Vermikompost kullanımı toprak organik maddesini artırmak ve toprağa kimyasal gübre uygulanmasını azaltmak suretiyle bu etkiyi azaltmaktadır.

Tarım topraklarında görülen bir diğer çevresel sorun ise toksisite etkisi gösteren ve tarımsal ürünlerin tüketilmesi sonucu insanlara da sağlık sorunları teşkil eden ağır metallerin birikmesidir. Ağır metal olarak tanımlanan elementler (Pb, Cd, Zn, Al, Cu, Hg vs.) fiziksel özellikleri bakımından yoğunluğu 5 gr/cm^3 'ten daha yüksek olan metaller olarak ifade edilmektedir. Toprakta biriken ağır metallerin nasıl azaltılacağı ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda toprak solucanları kullanılmıştır. Toprak solucanlarının vücutlarında metal biriktirebildiği, bu neticede topraktaki ağır metallerin de etkisinin azaltılabildiği tespit edilmiştir (Tacıroğlu ve ark. 2016). Yapılan çalışmalarda farklı toprak solucanı türlerinin farklı metallere karşı biriktirme kapasitesinin değişkenlik gösterdiği ve *Eisenia foetida* türünün en yüksek birikimi Pb metalinde göstererek toksisiteyi azalttığı saptanmıştır (Hepşen Türkay, 2010).

Solucan gübresi üretimi sürecinde organik substratların ayrışması malonik, fumarik, süksinik asitler ve çözülebilir humik moleküller gibi çeşitli organik asitlerin üretimine yol açar (Atiyeh ve ark. 2002). Fosforun gerek özümsemesi gerekse de mineralizasyonu mikroorganizmaların aracılık ettiği işlemlerdir ve sürece vermikompostun uygulanması topraktaki bu iki sürecin oranlarını arttırmaktadır. Organik asitlerin fikse edilmiş fosforun bitkilerin doğrudan alabileceği forma dönüşmesindeki etkilerden tez çalışmasının giriş kısmındaki fosfor fiksasyonu ile ilgili bölümde geniş şekilde açıklanmıştır. Yapısında organik asitleri ve humik maddeleri çokça bulunduran vermikompostun bağlı fosfor bileşiklerinin çözünmesindeki etkileri de açıkça görünmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı kireç miktarı yüksek sınıfa giren bir toprağa vermikompost ve fosfor dozları uygulanmasının vermikompostun kontrol şartlarına göre mısır bitkisinin gelişimi ve fosfor alımına olan etkilerini araştırmaktır. Elde edilen sonuçlarla vermikompostun bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemek hem de öncelikle kireçli topraklarda P alımı başta olmak üzere bitki besin elementlerinin bitkilerce alınabilirliğine olan etkisini göstermek amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Fosfor Bitki Gelişimi İle İlgili Literatürler

Marschner (1997) fosforun bitki gelişimi için mutlak besin elementlerinden birisi olduğunu ve bitkide toplam kuru madde ağırlığının % 0.3-0.5'ini oluşturduğunu tespit etmekle birlikte fosforun topraktan primer ortofosfat (H_2PO_4) ve sekonder ortofosfat (HPO_4) formunda alındığını ortaya koymuştur.

Gök (2007), fosforun bitkide önemli görevleri olduğunu ve önemli bazı enzimlerin yapısına katıldığını ifade etmiştir. Fosfor; bitkilerde nükleik asitler, koenzimler, nükleotidler, fitatlar, fosfolipidler ve şeker fosfatlar gibi önemli olan birçok enzimin yapısında bulunmaktadır. Fosforun bitki gelişimindeki en önemli görevi enerji depolama ve transferidir.

Rodriguez ve ark. (1999), farklı dozlarda fosfor uygulamasının buğdayda sürgün çıkışı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada fide çıkışından sürgün çıkışına kadar olan ara dönemde toprağa 3 farklı P dozu (0, 60, 200 kg/ha) uygulanmıştır. En yüksek sürgün sayısı 200 kg/ha dozunda gözlemlenmiştir. Fosfor noksanlığının buğdayda sürgün veriminde ve yaprak sayısında azalmalara sebep olduğu tespit edilmiştir. Noksanlığın görüldüğü her bir bitki için de başaklanmayı da olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir.

Colomb ve ark. (2000), toprakta mevcut fosforun mısır bitkisinde yaprak gelişimi, yaprak büyüklüğü ve bitkinin olgunlaşma dinamikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, üç yıl olarak tasarlanan çalışmanın sonuçlarında fosfor noksanlığının yapraklanma oranı ve yaprak büyüklüğünde % 18-27 azalmaya sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca alt yaprakların olgunlaşma oranında % 29 azalma görülmüştür. Tane bağlama da ise % 15-33 azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Watt ve Evans (2003), soya ve beyaz bakla bitkilerinin fosfora duyarlılığı ve buna bağlı kök gelişimini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada saçak kök yapısına sahip olan bakla ve lifli kök yapısına sahip soya bitkilerine P uygulanmadan ve P uygulandıktan sonra olmak üzere kök gelişimi ve toplam biomas üzerine etkilerini gözlemlemişlerdir. Soya bitkisinde 28 ve 35 gün sonraki bulgulara göre fosfor uygulanan bitkilerde toplam kuru madde ağırlığında % 50 artış kaydedilmiştir. Aynı bitkilerin toplam biomas ağırlıkları

gözlemlendiğinde ise % 100'e yakın artış olduğu belirtilmiştir. Bakla ve soya fasulyesinin P'a gösterdikleri farklı tepkilerin bitkilerin meristem ve kök ucu aktivitelerinin farklı olmasından kaynaklandığını ileri sürülmüştür.

Karaca ve Çimrin (2001), adi fiğ ile arpa karışımında N ve P gübrelemenin verim ve kalite üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan araştırmada, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuş olan denemede adi fiğ D-120 hattı ve Tokak 157 arpa çeşidi kullanılmıştır. Azotun iki farklı dozu (0, 6 kg/da) amonyum sülfat formunda, fosforun dört farklı dozu da (0, 4, 8, 12 kg/da) P₂O₅ TSP (triplesüperfosfat) formunda uygulanmıştır. En yüksek yeşil ot ve kuru ot verimi dekara 6 kg N ve 12 kg P₂O₅ dozlarında sırasıyla 668 kg/da ve 291 kg/da olmuştur.

Li ve ark. (2010), alt tabaka kültüründeki farklı Mg ve Ca konsantrasyonlarına bağlı olarak P alımı ve bitki gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma 6 farklı P dozu (0, 31, 62, 124 248 ve 496 mg/l P) ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Ca ve Mg konsantrasyonları da düşük (Ca:160 mg/l ve Mg: 96 mg/l), orta (Ca: 320 mg/l Mg:192 mg/l) ve yüksek (Ca:640 mg/l ve Mg:384 mg/l) olmak üzere 3 farklı doz ile değerlendirilmiştir. Ayrıca KNO₃ olarak 112 mg/l N ve 312 mg/l K solusyonlara ilave edilmiştir. Çalışma sonunda kereviz bitkisinin gelişimi ve P alımının 124-248 mg/l P uygulamasında ve orta düzeyde Ca-Mg konsantrasyonunda en uygun seviyede olduğu belirtilmiştir.

Alamgir ve ark. (2012), farklı P konsantrasyonuna sahip baklagil bitkisi kalıntılarının ve bitkilerin farklı organlarının toprağa karıştırılması sonucu toprak P havuzu konsantrasyonu üzerine etkilerini araştırmak amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Sahip olduğu P konsantrasyonu ve çözünmeye etki edebilecek kimyasal özelliklerine bakılmak suretiyle 10 bitki seçilmiştir. Çalışmada 0, 14, 28 ve 56. Günlerde ölçümler yapılmış ve her bir bitki örneğinin yaptığı etki gözlemlenmiştir. Ayrıca bitkilerin kök ve yapraklarının etkilerine de ayrı ayrı bakılan çalışmada farklı organların farklı çözünürlük süreleri olduğu ve farklı miktarlarda P konsantrasyonuna etki ettikleri tespit edilmiştir.

Şahin ve ark. (2016), farklı dozlarda P uygulamasının soğan ve marul bitkilerinin mineral element konsantrasyonlarına ve kuru madde miktarını araştırmak amacıyla

yürüttükleri çalışmada triple süper fosfat (TSP, % 42) gübresinden 0, 50, 100, 200, 400 mg/kg P düzeyinde uygulanmıştır. Artan forfor dozları ile marul bitkisinde P, Br, Rb konsantrasyonları artarken Ca, S, Fe, Zn, Mn, Ti, Sr, Ba minerallerinin konsantrasyonları azalmıştır. Soğan bitkisinde ise artan dozlara paralel olarak P, As, Rb, Ba konsantrasyonları artarken Cu, Ti ve Co minerallerinin konsantrasyonları azalmıştır. Bitkilerde kuru madde oranı soğan bitkisi için en yüksek miktar 200 mg/kg P uygulamasında, marul bitkisi için ise 50 mg/kg P uygulamasında görülmüştür.

Yurdakul ve Usta (2017), iki farklı ağır bünyeli toprağın (Düver serisi K-K-S oranları: % 1.79, 28.47, 69.74 ve Harran serisi K-K-S oranları: 14.79, 27.62, 56.59) P adsorpsiyon miktarını, toprakların %' kil oranını ve sahip olduğu kil yapısının P adsorpsiyonuna etkisini araştırmış ve bunların organik madde (OM) konsantrasyonu ile olan ilişkisini gözlemlemişlerdir. Düver serisi toprağın P-adsorpsiyon miktarı 167 ppm iken topraktan OM'nin uzaklaştırılması ile bu değer 143 ppm'e düşmüştür. Harran serisinde ise 156 ppm olan değer 154 ppm seviyesine gerilemiştir. Düver serisinin kil minerallerinin P-adsorpsiyon değeri 192 ppm iken OM ilavesi ile 213 ppm'e yükselmiştir. Harran serisinde ise 213 ppm olan kil P-adsorpsiyon değeri OM ilavesi ile 323 ppm seviyesine yükselmiştir. Ancak araştırmacılar organik maddenin kil minerallerinin P adsorpsiyonu ile rekabet halinde olduğunu, bu durumun çok yüksek OM miktarına sahip topraklarda OM tarafından P tutulmasına yol açabileceğini, bu sebeple daha fazla P gübrelemesi gerekebileceğini ileri sürmüşlerdir.

2.1. Vermikompostun Bitki Gelişimine Etkisi ile İlgili Literatürler

Vermikompost, yaklaşık 40 yıldır ABD başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde üretilmekte ve kullanılmaktadır. Bu gübrelerin oluşumunda, dünyada bulunan 3000 solucan türünden Kırmızı Kaliforniya Solucanı olarak bilinen *Lumbricus rubellis* (Şekil 2.1.) ve *Eisenia foetida* (Şekil 2.2.) türleri ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Büyük baş hayvanların dışkıları ve bitkisel materyallerin fiziksel ve kimyasal yapılarının değişimi prensibine dayanarak üretilen solucan gübresi, toprak düzenleyici ve bitki besin maddesi olarak kullanılmaktadırlar. Bu gübrelerin yapımında 1 m³ hammadde içerisinde, yaklaşık 50.000 adet solucan üç ay süresince faaliyette bulunmaktadır (Anonim, 2009).



Şekil 2.1. *Lumbricus rubellis* türü toprak solucanı (<https://www.ekosol.net>, 2015).



Şekil 2.2. *Eisenia foetida* türü toprak solucanı (<https://www.ekosol.net>, 2015).

Bu solucan türlerinin organik gübreler ve bitkisel materyal (ağaç kabukları, yaprak, saman, sebze ve meyve artıkları) ile beslenmeleri ve bu organik materyali vücutlarından

geçirmeleri ile ürettikleri yüksek değerlikli gübre, organik bir kompostlaşma sonucu ortaya çıktığından, biohumus veya vermikompost olarak adlandırılmaktadır (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010). Tarım işletmelerinde üretilenlerin yanında, büyük şehirlerde yiyecek atıkları, ev bahçelerden çıkan katı atıklar da bu solucan türleri tarafından yeniden kullanılabilir hale getirilmektedir. Kendi atıklarını bu yöntemle değerlendirmek isteyenlerin, uygun büyüklükte bir kaba ve bu kabın içine koydukları materyallerin uygun nem içeriğini sağladıktan sonra, bu özel solucanlardan (*Esenia fetida* ve *Lumbricus rubellus*) bırakmaları gerekmektedir.

Solucanlar; sindirim sistemlerinde ürettikleri antibiyotik özellikli maddeleri, aminoasitleri ve vitaminleri dışkılarında karıştırıp, oluşan gübrenin biyolojik özelliklerini iyileştirirler. Ayrıca bileşimlerinde hümik ve fülvik asit gibi bitkilerin beslenmesi için önemli olan büyüme düzenleyici maddeler de bulunmaktadır. Pek çok bitki için yararlı bir materyal olan solucan gübresi, aynı zamanda çok değerli bir toprak düzenleyicidir.

Solucan gübresinin, ticari gübre olarak üretilerek çiftçilerin hizmetine sunulması için özel üretim yerlerine gereksinim bulunmaktadır. Organik atıkların çürütülmesi veya inek gübresi gibi organik maddelerin kullanılmasıyla solucan gübreleri elde edilebilir. Solucan gübresi, simbiyotik bakteri (*Rhizobium*) ve asimbiyotik mikroorganizmalardan azot fiksasyonu yapan bakteri (*Azotobakter*) ve mikoriza mantarlarını içerir (Anonim, 2009). Bu özellikleri ile toprağın canlı yapısına hareketlilik kazandırır. Mikro organizmalar, toprak içinde bulunan ancak bitki tarafından alınamayan besin maddelerini parçalayarak, alınabilir hale dönüştürürler. Ayrıca azot fikse eden bakteriler, havadaki azotun toprağa kazandırılmasını sağlayarak bitki tarafından alınımını kolaylaştırır. Solucanların salgı maddeleri, enzimlerin üretim sürecinde dışkılarında karıştığından, çok sayıda enzim, vitamin, aminoasit, büyüme hormonu gibi maddeler içermektedir. Bunlar, bitkinin daha hızlı gelişmesini ve olumsuz çevre şartlarına karşı dirençli olmalarını sağlamaktadır.

Arancon ve ark. (2004), vermikompost uygulamalarının (5 ve 10 ton/ha) çilek bitkisinin gelişimi ve verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Vermikompost dozları toprağın 10 cm derinliğine vermişlerdir. Buna ilave olarak N-P-K'lı gübreleri başlangıçta uygulamışlardır. Araştırmacılar yetiştiricilik sonrasında bitkinin yaprak alanının % 37, bitki kök biomasında % 37, çiçeklenmede % 40 ve pazarlanabilir meyve sayısında % 35 artışlar gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Aracon ve ark. (2005), vermikompostun domates boynuzlu kurdunun (*Manduca quinquemaculata*) ve salatalık böceğinin çizgili ve benekli türlerinin (*Acalymma vittatum* ve *Diabotrica undecimpunctata*) bitkiye verdiği zarar ve popülasyonlarının baskılanmasına etkisini araştırmışlardır. Çalışma tarla ve sera şartlarında saksı çalışması olarak yapılmış olup saksı toprağı (*Metromix 360*) % 0, 20, 40 oranlarında kullanılmıştır. Vermikompost dozları ise 1.25 t/ha ve 2.5 t/ha dozlarında uygulanmış ve kontrol saksılarında sadece inorganik gübreleme 100-90-100 NPK kg/ha oranında verilmiştir. Çizgili salatalık böceği popülasyonu 2.5 t/ha VC uygulaması ile kontrole göre % 60 oranında azalmıştır. Benekli salatalık böceğinde yine 2.5 t/ha VC uygulaması ile %25 azalma görülmüştür. Domates boynuzlu kurdu popülasyonunda ise 1.25 t/ha VC uygulaması daha çok etkili olmuş ve böcek popülasyonunda % 50 azalma tespit edilmiştir. Vermikompost uygulamasının 24 saatlik süreçte böcek zararını da önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

Argüello ve ark. (2006), vermikompostun sarımsak bitkisinin dış oluşturma dinamikleri, yapısal olmayan karbonhidrat içeriği, verimi ve dış kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada 2 kg'lık saksılar kullanılmış, kontrol V0 (% 0) ve V1 (%50) olmak üzere 2 farklı doz üzerinde gözlem yapılmıştır. Vermikompost uygulaması sonucunda yaş dış ağırlığı 9.98 g'dan 28.2 g'a yükselirken hasat indeksi de % 67.7'den % 80'e çıkmıştır. Ayrıca V1 uygulaması ile dış oluşumunda erkencilik görülürken dış dolun süresi uzamış ve bundan dolayı sulu çözeltilisinin daha zengin hale geldiği bildirilmiştir. Araştırmanın 30. gününde V0 ve V1 bitkilerinin toplam çözünmüş karbonhidrat içerikleri sırasıyla 63 ve 49 mg/g iken 128. Günde her ikisi için de 30 mg/g civarında ölçülmüştür. 240 günün sonunda bu değerler V0 için 35 mg/g iken V1 için 64 mg/g olarak kaydedilmiştir. Vermikompost uygulanan bitkilerde scorodose (sarımsak bitkisinde depo edilen polisakkarit) oranı 2.5 mg/g iken V0 bitkilerinde 1.6 mg/g olarak belirlenmiştir. Vermikompostun bitki gelişiminin yanısıra toprak pH sını düzenlediği ve elektiriksel iletkenliği tuzluluk sorunu oluşturmadan artırdığı ifade edilmiştir.

Zaller (2007), saksı ortamında turbanın yerine alternatif olarak vermikompostun kullanılabilir bir materyal olup olamayacağını araştırmıştır. Çalışmasında vermikompostu çimlenme süresine, biyokütle miktarına, verim ve kalite kriterlerine etkisi bakımından incelemiştir. Vermikompostu % 0, 20, 40, 60, 80 ve 100 (v/v)

oranlarında turba ile karıştırarak uygulamıştır. Denemede üzerinde çalışılan 3 çeşitten 2'si % 100 turba uygulamasında erken çimlenme gösterirken 1'inde % 100 vermikompost uygulanan çeşit erken çimlenme göstermiştir. Ayrıca vermikompostun bitki gelişimi ve biomas üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir. Araştırmacı optimum vermikompost uygulamasının saksı kültüründe etkili bir alternatif olduğunu bildirmiştir.

Banik ve ark. (2007), çeşitli bakteriler tarafından ayrışabilen organik materyallerin (inek gübresi, suda yaşayan yabancı otlar, çimen ve katı belediye atıkları) vermikompostun kimyasal içeriği ve enzim aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Uygulamada ayrıca vermikompostu kireç ve çeşitli bakteri popülasyonu ile inokulasyona tabi tutmuşlardır. İnek gübresinden elde edilen vermikompostun besin içeriği, enzim aktivitesi ve mikrobiyel etkinlik bakımından daha üstün olduğu belirtilmiştir. Kireç (CaCO_3) inokulasyonu (5 g/kg) ise besin içeriğine etki etmemesine rağmen enzim aktivitesinde etkili olmuştur. Ayrıca kireç ve bakteri inokulasyonunun birlikte uygulanması vermikompostun kalitesini önemli derecede artırmıştır.

Chand ve ark. (2007), vermikompost ve çinko ile zenginleştirilmiş kompostun sardunya bitkisinin ot ve yağ verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kontrol (T_1), 12.5 ppm Fe (T_2), 25 ppm Fe (T_3), 5 g/kg VC (T_4), 12.5 ppm Fe + 2.5 g kg VC (T_5), 25 ppm Fe + 2.5 g kg VC (T_6), 5 g/kg Zn ile karışık kompost (T_7), 12.5 ppm Fe + 2.5 g/kg Zn ile karışık kompost (T_8) ve 25 ppm Fe + 2.5 g kg Zn ile karışık kompost (T_9) uygulamaları yapılmıştır. En yüksek ot verimi (T_4) uygulamasında elde edilmiştir. En yüksek yağ verimi ise (T_8) ve (T_6) uygulamalarında görülmüş olup kontrol bitkisine göre artış oranı sırası ile % 113 ve % 100 olarak tespit edilmiştir.

Lazcano ve ark. (2010), vermikompostun deniz çamı ağacının tohumlarında çimlenme yüzdesi ile bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Pinus pinoster türüne ait 6 farklı döl üzerinde yapılan çalışma kontrol (perlit+kum), katı vermikompost ve vermikompost özü (sıvı) ile 4 tekrür olarak toplamda 72 saksı üzerinden planlanmıştır. Deneme sonuçları hem katı hem de sıvı VC uygulanan saksılardaki bitkilerin çimlenme yüzdesinin kontrol saksılarındaki bitkilere oranla % 16 daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca VC uygulanarak çimlenen fidelerin daha

yüksek besin elementi içeriğine sahip olmalarına rağmen kök biomas miktarları daha düşük tespit edilmiştir. VC uygulamasının rizosfer bölgesindeki aktif enzimatik substrat miktarını arttırdığı da gözlemlenmiştir.

Aira ve ark. (2010), çeşitli gübrelerin (inorganik, katı tavşan gübresi, vermikompost) artan dozlarda uygulanmasının mısır bitkisinin genotipine ve rizosfer bölgesindeki bakteri ve fungus aktivitelerine etkisini araştırmışlardır. Standart (80:24:20 kg/ha NPK) ve yüksek (120:36:30 kg/ha NPK) dozlarda olmak üzere iki farklı dozda gübreleme yapılmıştır. Organik gübreleme ise % 25 oranında yapılmış ve geri kalan % 75'lik kısım inorganik gübre ile tamamlanmıştır. Çalışma sonucunda fungal aktivitenin sadece gübreleme dozuna ilgi gösterdiği ancak bakteriyel aktivitenin organik gübreye de hassasiyet gösterdiği tespit edilmiştir. Mısır bitkisinin genotipinin gübrelemeden etkilenmediği ancak C:N oranının değişimi ile rizosfer bölgesi aktivitesinin etkilendiği öne sürülmüştür.

Jouquet ve ark. (2011), inorganik NPK, kompost ve vermikompost uygulamalarının yapısı bozulmuş tropikal topraklarda bitki gelişimi ve makro besin elementlerinin tutulması üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada verilen NPK (CH_4N_2O ; % N= 46.3, K_2O ; % K= 60, P_2O_5 ; % P= 16) miktarları 20 t/ha olacak şekilde verilmiş olup 1 kovaya denk gelen miktar 3.4 g N, 6.0 g P, 2.1 g K'dır. Vermikompost ve kompost her bir kovaya 90.5 g ilave edilmiştir. Uygulamalar sonucunda hem vermikompost hem de kompost uygulamaları toprağın pH, organik materyal ve besin içeriği özelliklerini kimyasal gübrelemeye göre daha olumlu etkilemiştir. Kimyasal gübreleme sonucu N ve K besin elementleri tutumunun organik gübrelemeye göre sırasıyla % 10 ve % 5 oranında daha az olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar organik kompostların bitki gelişimini etkileyerek ve toprak özelliklerini iyileştirerek kimyasal gübrelemeden daha etkili olduğunu ileri belirtmişlerdir.

Hadi ve ark. (2011), vermikompost ve bazı temel aminoasitlerin farklı dozlarda uygulanmasının Papatya bitkisinin gelişimi, temel yağ üretimi miktarı ve ürettiği yağın kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Vermikompost uygulaması V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 (0, 5, 10, 15, 20 t/ha) dozlarında uygulanırken amino asit karışımları eşit miktarda ancak 3 farklı şekilde (F_1 : Gelişme döneminde, F_2 : Çiçeklenme döneminde, F_3 : Hem gelişme hem çiçeklenme döneminde) uygulanmıştır. V_5 dozu uygulanan bitkilerin

boyunun (41.8 cm) kontrol bitkilerinin boyuna (25.3 cm) oranla % 60 daha uzun olduğu tespit edilmiştir. V₅ dozu uygulanan bitkilerin kuru çiçek verimi, yaş çiçek verimi ve temel yağ üretimi üzerine etkileri sırasıyla % 85, % 83 ve % 15 oranlarında olmuştur. Aminoasit uygulamasında ise F₃ şeklinde yapılan uygulamanın F₁ ve F₂ şeklinde yapılan uygulamalara oranla tüm parametrelerde olumlu sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Makode ve ark. (2015), vermikompostun hint portakalında kalite ve ürün miktarı üzerine etkilerini araştırmak amacıyla çalışma yapmışlardır. Toplamda 1000 ağaç üzerinden yürütölen çalışmada 500 ağaca 10'ar kg vermikompost uygulanmıştır. Çalışma sonucunda 2014 senesinde vermikompost uygulanan ağaçlarda uygulanmayanlara oranla verimde % 34 oranında artış gözlemlenirken 2015 senesinde vermikompost uygulanan ağaçlarda uygulanmayanlara oranla % 32 oranında artış tespit edilmiştir. Toplam ürün veriminde 2014'te vermikompost uygulanan ağaçlarda uygulanmayanlara oranla % 40 artış olurken 2015 senesinde bu oran % 61 olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada haziran ayında uygulanan 10 kg'lık vermikompost uygulamasının ürün miktarı, meyve ağırlığı ve verim üzerine önemli etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

Amyanpoori ve ark. (2015), mısır bitkisinde yetiştiriciliğinde vermikompost ve fosfor kaynağını farklı dozlarda süperfosfat uygulamışlardır. 5000 kg/ha ve 10000 kg/ha vermikompost uygulamasına ek olarak % 50, 75, 100 oranlarında inorganik fosfor uygulaması yapılmıştır. Sonuç olarak vermikompost ve inorganik fosfor dozları arttıkça bitkinin klorofil içeriği, fiziksel gelişimi, verimi ve diğer özellikleri istatistiksel olarak artış göstermiştir. En yüksek değerler 10000 kg/ha vermikompost ve % 100 fosfor uygulamanın yer aldığı parsellerde elde edilmiştir.

Das ve ark. 2015, fosfor ile zenginleştirilmiş vermikompostun (VC-P) yer fıstığı bitkisinin verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Denemede sırası ile şu fraksiyonlar uygulanmıştır: (T₁) % 100 P, (T₂) % 75 P + % 25 VC-P, (T₃) % 50 P + % 50 VC-P, (T₄) % 25 P + % 75 VC-P, (T₅) % 100 VC-P, (T₆) % 125 VC-P, (T₇) % 150 VC-P. En yüksek verim (T₇) fraksiyonunda 2400.5 kg/ha olarak elde edilirken en düşük ürün verimi (T₁) fraksiyonundan 1479.0 kg/ha olarak elde edilmiştir. Kuru madde oranında ise max-min değerler sırasıyla (T₇) uygulaması için 4402.86 g/m² ve (T₁) uygulaması için 1096.66 g/m² olarak tespit edilmiştir. Çalışmada P ile zenginleştirilmiş

vermikompost uygulamasının inorganik P uygulamasına göre oldukça etkili olduğu ifade edilmiştir.

Mehrizi ve ark. (2015), kireçli topraklarda P tutulması ve tutulan P miktarının çözünmüş forma geçme oranları üzerine vermikompostun (VC), humik asitin (HA) ve fulvik asitin (FA) etkilerini gözlemlenmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Yapılan çalışmada % 2 ve % 4 olmak üzere iki farklı ölçekte şu fraksiyonlar sırası ile uygulanmıştır: VC, VC+HA+FA, HA+FA, HA, FA, kontrol. Kireçli topraklara yapılan bu uygulamalar ile topraklar 24, 360, 720 ve 1080 saat aralıklarla analiz edilmiştir. Çalışma sonunda en yüksek etkiyi % 4 vermikompost uygulanan toprak örneğinde belirtmişlerdir. Yürütülen çalışmada humik maddelerin de toprakta P varlığını ve yayınlılığını arttırdığı belirtilmiştir.

Şahin ve ark. (2016), farklı organik kompost uygulamalarının toprakta bulunan mevcut P kaynakları ile mikrobiyal biomas P konsantrasyonuna katkısını ve fosfataz enzim aktivitesine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada organik kompost olarak 4'er farklı dozda (% 125, 100, 75, 50) vermikompost (VC), çiftlik gübresi kompostu (ÇGK) ve mine çalısı bitkisi kompostu (MÇK) uygulanmıştır. Denemede ayrıca 3 farklı bitki için inorganik gübreleme yapılmıştır. İnorganik gübre kaynağı olarak üre, TSP ve KCl kullanılmış olup, tahıl için NPK 120-60-40, fasulye için 90-60-40 ve bamyaya için 80-60-60 oranlarında inorganik gübreleme yapılmıştır. Araştırma sonucunda VC, fosfataz enzim aktivitesi, mevcut P konsantrasyonu ve mikrobiyal biomas etkenlerine çiftlik gübresi kompostundan daha fazla olumlu etki yapmıştır. Mine çalısı kompostu ise artan dozlarda toksik etki yapmış ve enzim aktivitesi ile arasında ilişki kurulamamıştır.

Muhammad ve ark. (2016), farklı dozlarda uygulanan inorganik P'un vermikompost ile birlikte uygulanmasının taze fasulye bitkisinin gelişimi, verimi ve bazı temel bitki besin elementlerini (NPK) alımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Vermikompost V_0 , V_1 (0 ve 2 t/ha), P ise P_1 ve P_2 (0, 37.5 ve 75 kg/ha P_2O_5) dozlarında uygulanmıştır. Çalışma sonuçları V_1P_2 dozunun uygulandığı bitkinin (62.67 cm) kontrol bitkisine (32.67 cm) göre bitki boyunda yaklaşık % 50 artış sağladığını göstermiştir. Bin dane ağırlıkları karşılaştırıldığında en yüksek verim V_1P_2 uygulamasında (46.67 g), en düşük verim V_0P_0 uygulamasında (20 g) kaydedilmiştir. Ayrıca V_1P_2 dozu uygulanan bitkilerde toplam P alımı 12 kg/ha, V_1P_1 dozu uygulanan bitkilerde 8.97 kg/ha, kontrol

bitkilerinde ise 2.10 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada vermikompost uygulamasının bitki gelişimi üzerine olumlu etkilerinin yanında bitki besin elementlerinin yararlılığını arttırdığı ve alımını kolaylaştırdığı belirlenmiştir. Bahuguna ve ark. (2016), farklı dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun vermikompost ile uygulanmasının yüksek rakımlı bir bölgede yetiştirilen tatlı biber bitkisinde verim ve kalite kriterlerine katkılarını araştırmışlardır. Yapılan araştırmada 4 doz N (0, 40, 80, 120 kg/ha), 3 doz P (0, 30, 60 kg/ha) ve 3 doz K (0, 30, 60 kg/ha) uygulanırken vermikompost tek doz olarak (20 ton/ha) olarak uygulanmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek değerler bitki boyu(60.17 cm), bitki başına düşen meyve sayısı (21.8 adet), toplam verim (841 g/bitki) ve saksı başına düşen verim (13.16 g/saksı) olmak üzere T20 dozunda (NPK-120:40:60 kg/ha, VC-20 ton/ha) elde edilmiştir. Meyve uzunluğu, meyve genişliği ve meyve ağırlığı karşılaştırıldığında ise en yüksek verimler sırası ile 4.97, 3.40 cm ve 66.07 g olarak T10 (NPK-120:40:60 kg/ha) dozunda elde edilmiştir. En iyi sonuçların elde edildiği dozlarda kontrol bitkisine oranla % 25-50 arasında artış olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca en erken olgunlaşma T20 dozunda (78.33 gün) ve T10 dozunda (80 gün) iken en geç olgunlaşma kontrol bitkilerinde (90.67 gün) kaydedilmiştir.

Jabeen ve Ahmad (2016), Ayçiçeği bitkisinin azot metabolizması ve bitki gelişiminin tuzluluk stresi altında vermikompost ve organik biogaz bulamacına verdiği tepkiyi araştırmışlardır. Toplamda 45 saksı ile gerçekleştirilen çalışmada 3 farklı tuzluluk etkisi (EC:0, 0.5, 4.8, 8.6 dS/m) altında çalışılmıştır. Organik madde ilave edilen saksılarda bitki gelişimi ile nitrat ve protein içeriği artarken Na, Cl, amonyum ve aminoasit konsantrasyonu azalmıştır. Ayrıca N asimilasyon enzimlerinin ativitiesinde de artış tespit edilmiştir.

Zhu ve ark. (2017), kurşun (Pb^{2+}) ve Kadmiyum (Cd^{2+}) ağır metallerinin inek gübresi ve bundan üretilen vermikompost ile tutulması üzerinde çalışma yapmışlardır. Başlangıç konsantrasyonları sırasıyla 100, 150, 200, 300, 500, 800, 1000 mg/L Pb^{2+} ve Cd^{2+} olarak ayarlanmıştır. İnek gübresinde Pb^{2+} absorpsiyon (emme) oranı % 39.57 ile % 99.22 arasında değişirken vermikompostta % 69.43 ile % 99.88 arasında olduğu tespit edilmiştir. İnek gübresi ve vermikompostun Pb^{2+} desorpsiyon (geri bırakma) oranları ise sırasıyla % 0.30-6.59 ve % 0.09-0.30 değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. İnek gübresinde Cd^{2+} adsorpsiyon oranı % 15.23-83.48 arasında iken vermikompostun Cd^{2+}

adsorpsiyon oranı % 17.59-97.72 aralığında bulunmuştur. İnek gübresi ve vermikompostun Cd²⁺ için desorpsiyon oranları ise sırasıyla % 0.76-8.56 ve % 0.00-2.51 aralığında olduğu belirtilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme yeri ve yılı

Bu çalışma 2017 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde bulunan üzerinde gölge tülü (% 30, siyah renkli) olan kapatılmış alanda saksı çalışması olarak gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Denemede kullanılan mısır çeşidi

Denemede; bitkisel materyal olarak MAY tohum firmasına ait atdışi Everest Mısır (*Zea mays L.*) çeşidi kullanılmıştır.

3.1.3. Denemede kullanılan toprağın ve vermikompostun bazı özellikleri

Deneme toprağı Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Arazisinden 20 Nisan 2017 tarihinde 0-30 cm derinlikten alınarak sera içerisinde kurutulma işlemi yapılmıştır. Araziden alınıp 4 mm lik elekten geçirildikten sonra kurutulmuş ve deneme için bir ay boyunca serada solarizasyon işlemi yapıldıktan sonra denemeye hazır hale getirilmiştir. Denemede kullanılacak toprak materyalinin özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Toprak seçiminde deneme konusuna uygun olarak kireç içeriğı % 16.8 olan bir toprak seçilmiştir. Hava kuru topraktan 5 kg tartılarak 8 lik saksılara koyulmuştur.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Kireç (%)	16.8
pH (1 : 2.5)	7.92
Total tuz %	0.044
Organik madde (%)	1.17
Total N (%)	0.14
Yarayışlı P ₂ O ₅ (kg/da)	3.37
Tekstür	Killi tın
Demir (ppm)	1.86
Çinko (ppm)	0.32

Denemede kullanılacak vermikompost Ekosolfarm firmasından temin edilmiştir. Özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Vermikompostun fiziksel ve kimyasal özellikleri

pH (1 : 2.5)	7.80
EC (1 : 2.5) μ S/cm	1450
Organik madde (%)	48,95
Total N (%)	1.90
C/N	14.94
P (%)	2.05
K (%)	0.8

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin kurulması: Saksı denemesi 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Plastik 8’lik saksılara kontrol uygulamalarında 5000 g toprak tartılmıştır. Vermikompost uygulaması saksılara ağırlık olarak toprak ağırlığının % 0, 1,5, 3 ve 6’sı olarak tartılıp saksılara karıştırılmış ve üzeri 5000 g gelecek şekilde toprakla karıştırılmıştır. Mısır tohumu saksılara 4’er adet olarak ekilmiştir. 2 bitkiye seyretilmiştir. Fosfor uygulama aşamasında deneme toprağındaki fosfor düzeyi kontrol olarak kabul edilip kontrol, 50 ve 100 ppm olarak fosforik asitten uygulanmıştır. Bitkilerin gelişimini sağlamak amacıyla 150 ppm N ve 100 ppm K amonyum nitrat ve potasyum nitrat kaynaklarından temin edilmiştir. Fosfor uygulaması tohum ekimi ile azot ve potasyum uygulaması üçe bölünüp uygulanmıştır. Bu gübrelemeye ilave olarak 5 ppm Fe demir sülfat kaynağından ve 2,5 ppm Zn çinko sülfat kaynağından verilmiştir.

3.2.2. Deneme planı: Denemede 4 vermikompost dozu (% 0, 1,5, 3, 6) x 3 fosfor dozu (0, 50 100 ppm) ve 4 tekerrür olacak şekilde deneme 48 saksıdan oluşmuştur. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde iki faktörlü ve 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme planı Çizelge 3.3’de verilmiştir. Denemeye ait resimler Şekil 3.1., 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Hasat öncesi mısır bitkisinin görünümü



Şekil 3.2. Toprağa % 6 vermikompost saksı toprağı

Çizelge 3.3. Örnek deneme planı

V0P0	V0P0	V0P0	V0P0
V0P1	V0P1	V0P1	V0P1
V0P2	V0P2	V0P2	V0P2
V1P0	V1P0	V1P0	V1P0
V1P1	V1P1	V1P1	V1P1
V1P2	V1P2	V1P2	V1P2
V2P0	V2P0	V2P0	V2P0
V2P1	V2P1	V2P1	V2P1
V2P2	V2P2	V2P2	V2P2
V3P0	V3P0	V3P0	V3P0
V3P1	V3P1	V3P1	V3P1
V3P2	V3P2	V3P2	V3P2

V0: % 0 P0: 0 ppm

V1: % 1.5 P1: 50 ppm

V2: % 3 P2: 100 ppm

V3: % 6

V: Vermikompost, P: fosfor;

3.2.3. Bitki Analizleri:

Mısır bitkisinin gelişimini takiben 45 günde mısır bitkisinin köklerinden temizlenerek bitkiler hasat edilmiştir. Bitkilerin kök ve kök üstü yaş ağırlıkları ile bitkilerinin boy ölçümleri yapılmıştır. Bitkiler laboratuvar ortamında saf su ile yıkandıktan sonra 68 C de kurutularak kök ve kök üstü aksamalarının kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Spad ölçümü yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc. Japon) ile yapılmıştır.



Şekil 3.3. Spad-502 metre cihazı

Mineral besin elementi analizleri: Uygulamaların besin elementi üzerine nasıl etki yaptıkları, besin elementi alımlarını incelemek için bitki yapraklarının mineral besin element durumlarına bakılarak belirlenmiştir. Bitkilerin yaprakları kurutulduktan sonra mikrodalga cihazında (Mars Xpress) yaş yakma metoduna göre $H_2O_2-HNO_3$ asit karışımında yakılmıştır. Daha sonra bu örneklerde ICP cihazında P, K, Fe ve Zn okuması yapılmıştır. Bitkide N Kjeldahl destilasyon methoduna göre (Bremner, 1965) yapılmıştır.

3.2.4. Deneme kurulmadan önce deneme toprağında yapılan analizler

Mekanik analiz: Bouyouces hidrometresi esasına göre % kum, silt, kil oranlarının belirlenmesi ve tekstür üçgeninden yararlanılarak tekstür sınıfının belirlenmesine dayanmaktadır (Gee ve Boudier, 1986).

Toprak reaksiyonu (pH): Toprak örneği saf su ile 1:2,5 oranında sulandırılmış olup süspansiyon cam bagetle ara sıra karıştırılarak 30 dakika bekletildikten sonra cam elektrotlu Neel pH metresi ile belirlenmiştir (Jackson, 1958).

Elektriksel iletkenlik (EC): Toprak örneği 1:2,5 oranında sulandırılarak Conductivity meter ile tespit edilmiştir (Richards, 1954).

Organik madde: Modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemiyle dikromat yükseltgenmesi esasına göre belirlenmiştir. Bu yöntemin temel prensibi, toprağı kromik ve sülfürik asit ile işleme tabi tutarak, kapsadığı organik karbonun kromat ($Cr_2O_7^-$) ile oksitlenmesini sağlamak ve bu oksidasyon için kullanılan miktardan arta kalan kromatın

standart demir sülfat ile titre edilmesi suretiyle toprakta bulunan karbonu saptayarak, buradan organik madde miktarını bulmaya yöneliktir (Jackson, 1958).

Kireç: Scheibler kalsimetresi kullanılarak ölçülmüştür. Yöntemin temel prensibi, toprağın seyreltik hidroklorik asit ile scheibler kalsimetresinde işleme tabi tutulması, böylece karbonatlardan açığa çıkan CO₂ gazının kapalı bir boruda tutularak hacminin ölçülmesi ve bu ölçümden yola çıkılarak toprağın karbonat içeriğinin hesaplanması esasına dayanmaktadır (Allison ve Moodie, 1965).

Alınabilir fosfor: Olsen ve ark. (1954) yöntemine göre toprak 0,5 M NaHCO₃ (pH:8,5) ile ekstrakte edilip, ekstrakte fosfor kolorimetrik olarak belirlenmiştir.

Değişebilir potasyum: Richars (1954) bildirildiği şekilde toprağın 1,0 N amonyum asetatla (pH 7,0) ekstraksiyonundan K fleym fotometresi ile belirlenmiştir.

DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Mn, Zn (mg/kg): Toprakta bitkiler tarafından alınabilir demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) formlarını en iyi yansıtan, toprakta kilyet ve adsorbe edilmiş halde bulunan formlardır. Bu formlardaki mikro besin elementlerini en iyi ekstrakte edebilen ekstraksiyon çözeltisi ise DTPA (Diethylene Triamin Pentaacetic Acid) ekstraksiyon çözeltisidir. Elde edilen süzükte Fe, Cu, Mn, Zn ölçümleri ICP (Inductively Coupled Plasma) emisyon spektrofotometrede yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

3.2.5. Deneme sonrası toprakta bakteri sayımı

Vermikompost uygulaması yapılan saksı ortamlarından üst toprakta toplam bakteri sayımı yapılmıştır. Uygulama yapılan örneklerdeki bakteri sayımı Plate Count Agar besi yeri kullanılmıştır. Vermikompost uygulaması yapılan topraklardan 10'ar gram tartılmıştır. Tartılan örnekler içerisinde 90 ml pepton çözeltisi (1.0 g pepton, 8,5 g NaCl, 1000 ml saf su) bulunan erlenmayerlere konularak çalkalayıcıda 150 rpm'de 2 saat çalkalanmıştır. Daha sonra her bir örnekten 10⁶ seyreltme serisi hazırlanmıştır. Son üç seriden 1'er ml alınarak steril petriye eklenmiştir. Daha sonra petrilerin üzerine steril edilmiş ve 45°C sıcaklıktaki Plate Count Agar (PCA) (15–20 ml) ilave edilmiştir. Her bir uygulama için 2 petri kullanılmıştır. Uygulama yapılan petriler 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda petrilerdeki koloni sayımları yapılmış ve ortalamalar alınarak örnekteki bakteri yoğunluğu (hücre/ml) belirlenmiştir (Boran ve ark., 2017).

3.2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

İstatiksel analizler

Vermikompost ve fosfor dozlarının bitkilerin verim parametreleri ve besin elementi konsantrasyonları üzerine etkileri varyans analizi ile test edilip uygulamalar arası farklar DUNCAN gruptandırılması ile gruptandırılmıştır. Analizlerde SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır.



4. BULGULAR

Kireçli killi tınlı bir toprakta farklı oranlarda vermikompost ve fosfor uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi ve incelenen diğer özellikler üzerine etkileri ve buna ait istatistiki değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

4.1. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Kök Yaş ve Kök Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Uygulamaların mısır bitkisinin kök yaş ağırlıkları ve kök kuru ağırlıkları üzerine etkisi Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2’de verilmiştir. Vermikompost uygulamaları mısır bitkisinin 45 günlük gelişiminde kök yaş ağırlıklarını istatistiksel olarak % 1 önem düzeyinde artırmıştır. Kontrol uygulamasında kök yaş ağırlık 33.30 gr/bitki iken V1 dozunda 36.82 gr/bitki, V2 dozunda 38.04 gr/bitki ve en yüksek vermikompost uygulamasında (V3) 46.35 gr/bitki olarak tespit edilmiştir. Fosfor özellikle bitki gelişimin ilk dönemlerinde bitki için çok daha fazla kullanılmaktadır. Kireçli bir toprakta ise fosfor kalsiyum karbonat ile tepkimeye girerek bitkilerin kullanmakta zorluk çektiği kalsiyum fosfat şeklinde çökelti oluşturmaktadır. İlave edilen fosforlu gübrelere bitki gelişimindeki etkisi yapılan çalışmalarda da ortaya konmuştur.

Çizelge 4.1. Uygulamaların mısır bitkisinin kök yaş ağırlıkları üzerine etkisi (gr/bitki)*

Uygulamalar	Kök yaş ağırlık (gr/bitki)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	25.16 e	36.45 c	38.31 c	33.30 c
V1	29.42 cd	38.47 c	42.47 bc	36.82 bc
V2	29.12 cd	37.89 c	47.18 b	38.04 b
V3	31.85 cd	46.70 b	60.50 a	46.35 a
Ortalama**	28.88 C	39.87 B	47.11 A	

V.K. 14.2

*: değerler dört tekerrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

Çalışmamızda kullanılan toprak yapısı killi tınlı toprak tekstürüne sahip olup fosfor fiksasyonun artmasına neden olan toprak tipleri arasında yer almaktadır. Çalışmamızda fosfor uygulamalarının artması ile kök yaş ağırlığı istatistiksel olarak artmıştır (p<0,01)

(Çizelge 4.1). Saksılar içerisindeki fosfor düzeyi kontrol olarak kabul edilmiş olup ortalamalarda kök yaş ağırlığı 28.88 gr/bitki iken saksılara 50 ppm P uygulamasında 39.87 gr/bitki ve 100 ppm P uygulamasında 47.11 gr/bitki olarak belirlenmiştir. Çalışmada vermikompost ve fosfor uygulamalarının interaksyonu kök yaş ağırlığı bakımından % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. En düşük kök yaş ağırlığı 25.16 gr/bitki V0P0 uygulamasında elde edilirken en yüksek kök yaş ağırlık 60.50 gr/bitki V3P2 uygulamasından elde edilmiştir. Toprak içerisine katılan organik madde su alımını ve su tuma kapasitesini artırarak bitkinin uygulanan besin elementlerinden yararlanma oranını artırmaktadır.

Çizelge 4.2. Uygulamaların mısır bitkisinin kök kuru ağırlıkları üzerine etkisi (gr/bitki)*

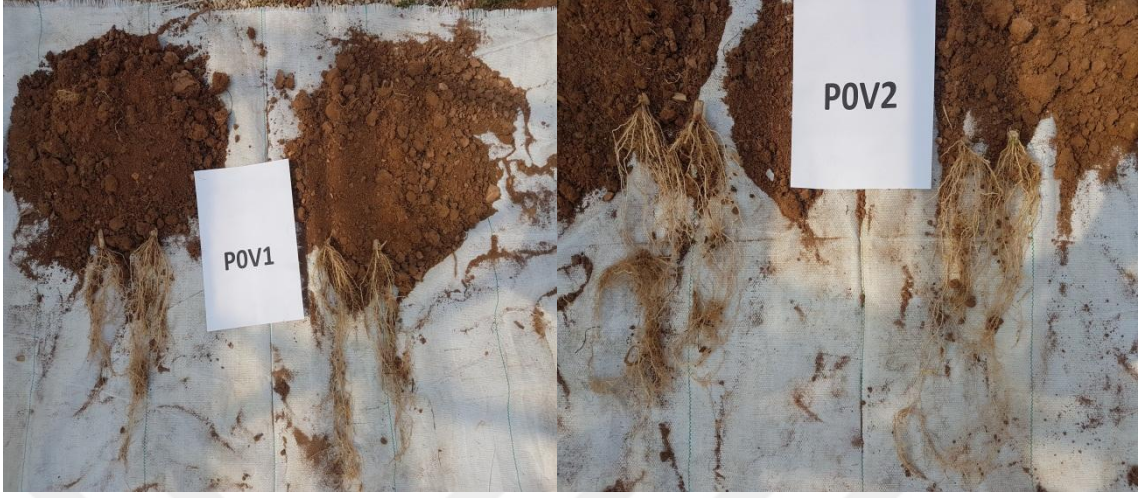
Uygulamalar	Kök kuru ağırlık (gr/bitki)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	7.18 e	8.79 cd	10.31 c	8.66 d
V1	7.53 de	9.15 cd	12.19 bc	9.62 c
V2	7.15 de	9.84 c	13.07 b	10.02 b
V3	7.95 d	12.53 b	15.62 a	12.03 a
Ortalama**	7.45 C	10.07 B	12.79 A	

V.K. 20.1

*: değerler dört tekerrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
 Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

Mısır bitkisinin kök kuru ağırlıkları üzerine vermikompost dozları, fosfor dozları ve vermikompost x fosfor uygulamaları interaksyonu % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 4.2). Bitkilerde oluşan vejetatif aksama karşılık oluşturduğu kuru madde oranıdır. Çalışmamızda elde edilen kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığının uygulamalardan paralel olarak etkilendiği belirlenmiştir. Vermikompost ortalaması dikkate alındığında kontrolde kök kuru ağırlıkları ortalaması 8.66 gr/bitki iken V1 uygulamasında 9.62 gr/bitki, V2 uygulamasında 10.02 gr/bitki ve V3 uygulamasında 12.03 gr/bitki olarak belirlenmiştir. Saksılara uygulanan fosfor düzeyi arttıkça oluşan kök kuru ağırlıkları artmıştır (p<0,01) (Çizelge 4.2). Sırasıyla kök kuru ağırlıkları 7.45 gr/bitki, 10.07 gr/bitki ve 12.79 gr/bitki olarak tespit edilmiştir. Deneme sonunda uygulamaların kök gelişimine ait etkilerini görebilmek ve tartımları gerçekleştirmek için

kökler zarar verilmeden çıkarılmış ve resimleri çekilmiştir. Köklere ait resimler Şekil 4.1, 4.2., ve 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Uygulamaların kök gelişimi üzerine etkileri



Şekil 4.2. Uygulamaların kök gelişimi üzerine etkileri



Şekil 4.3. Uygulamaların kök gelişimi üzerine etkileri

4.2. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Toprak Üstü Aksamının Yaş ve Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Bitkiler çıkışından itibaren 45 günlük gelişiminde toprak üstü aksamından kesilerek yaş ağırlıkları alınmıştır. Bitkiler saf sudan geçirildikten sonra kurutularak kuru ağırlıkları alınmıştır. Mısır bitkisinin toprak üstü aksamının yaş ve kuru ağırlıkları üzerine vermikompost ve fosfor uygulamalarının etkisi Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Vermikompost uygulamaları mısır bitkisinin toprak üstü aksam miktarı üzerine istatistiksel olarak % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Ortalamalar bakımından kontrol uygulamasında toprak üstü aksam 48.72 gr/bitki iken V1 uygulamasında 75.61 gr/bitki, V2 uygulamasında 90.02 gr/bitki ve V3 uygulamasında 95.78 gr/bitki olarak tespit edilmiştir. Vermikompostun saksı içerisindeki ağırlığının % 6 oranında toprak üst kısmına karıştırılmasıyla kontrole kıyasla yaklaşık % 96'larda bir artış gerçekleştirdiği görülmektedir. Verilen literatür özetlerinde vermikompostun bitki gelişimi üzerine etkileri, etki yüzdesi farklı olmuştur. Çalışmaların amaçları, ekolojisi, toprak özellikleri, besin durumları gibi faktörler değiştiğinde bu gibi organik gübrelerin etkisi değişmektedir.

Çizelge 4.3. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamının yaş ağırlıkları üzerine etkisi (gr/bitki)*

Uygulamalar	Sap + yaprak (gr/bitki)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	26.65 e	48.78 d	70.75 c	48.72 d
V1	53.75 cd	83.25 bc	89.86 b	75.61 c
V2	70.75 c	94.75 b	104.56 a	90.02 b
V3	76.75 c	102.25 ab	108.34 a	95.78 a
Ortalama**	56.97 C	82.25 B	93.29 A	

V.K. 22.6

*: değerler dört tekrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
 Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

Fosfor bitkide iyi bir kök gelişimi gerçekleştirirken kök gelişimi ile birlikte dolaylı olarak vejetatif aksamın gelişimini de olumlu yönde etkilemektedir. Ortalamalar dikkate alındığında kontrolde (P0) toprak üstü aksam 56.97 gr/bitki iken 50 ppm ve 100 ppm P uygulamasında sırasıyla 82.25 gr/bitki ve 93.29 gr/bitki olarak gerçekleşmiştir. Tarımsal uygulamalarda fosforlu gübrelerin yarısından fazlası hatta tahıllarda tamamı ekimle birlikte verilmektedir. Bitkinin gelişiminin ilk dönemlerinde fosfordan yeterince yararlanamaması bitki biomasının düşmesine neden olacaktır. İnteraksiyon uygulamaları dikkate alınır V0P0 uygulamasında en düşük toplam toprak üstü aksam 26.65 gr/bitki olarak tespit edilmiştir. Vermikompost uygulamalarının artması ve fosforlu gübre dozlarının artması bu miktarın artmasına neden olmuştur. En yüksek toplam toprak üstü aksam V3P2 uygulamasında 108.34 gr/bitki olarak tespit edilmiştir. Bitkilerin uygulamalar neticesinde toprak üstü gelişimleri Şekil 4.4., 4.5. ve 4.6'da verilmiştir.

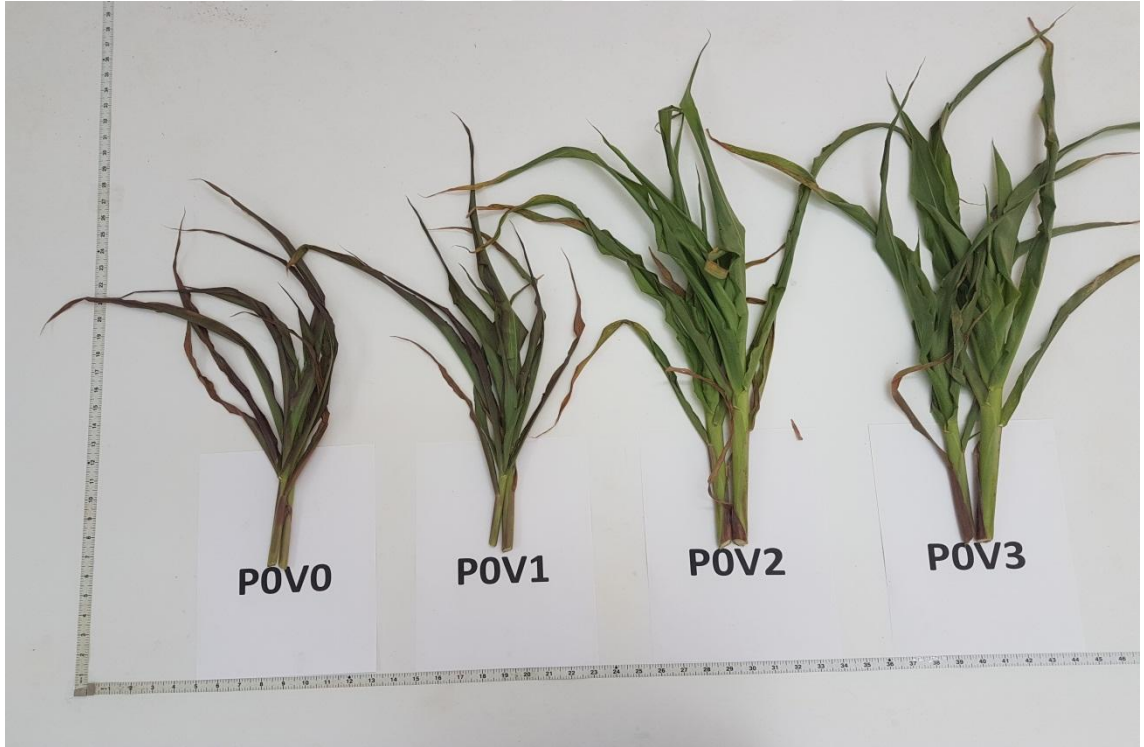
Tahıllarda bitkilerin oluşturduğu kuru madde miktarı ve içeriğindeki besin elementlerinin yüksekliği bitki ile beslenecek canlılar için son derece önemlidir. Yapılan çalışmada toprağa ilave verilen organik materyal ve artan fosfor dozlarının toprak üstü kuru maddesini istatistiksel olarak % 1 önem seviyesinde arttırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamının kuru ağırlıkları üzerine etkisi (gr/bitki)*

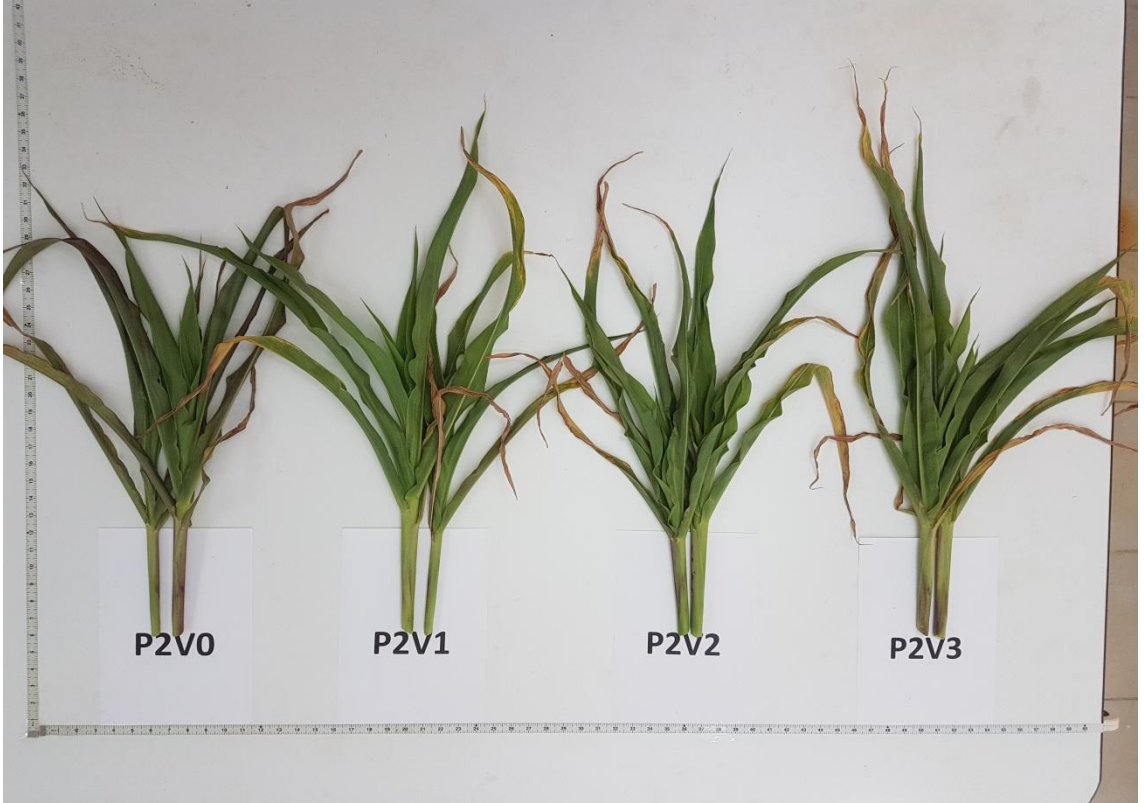
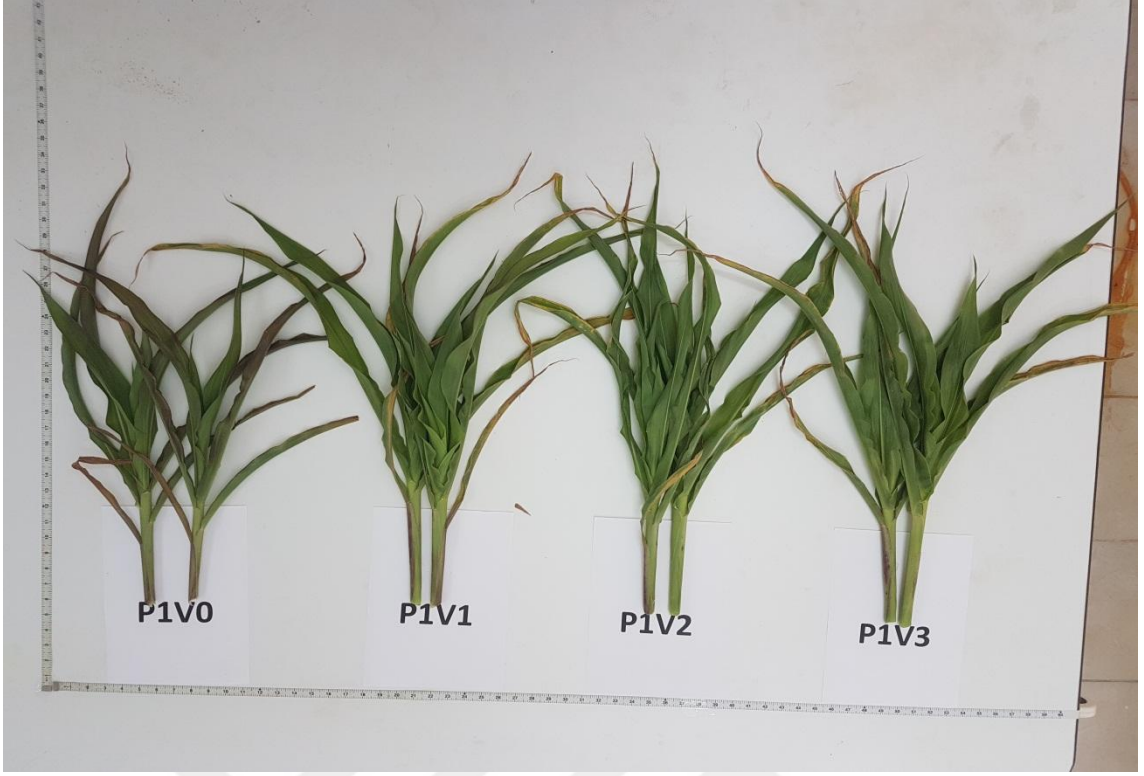
Uygulamalar	Sap + yaprak (gr/bitki)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	5.42 e	14.49 c	13.76 c	11.22 c
V1	9.57 d	17.43 b	18.56 b	15.18 c
V2	12.54 cd	23.45 ab	23.67 ab	19.88 b
V3	14.34 c	24.56 ab	26.56 a	21.82 a
Ortalama**	10.46 B	19.98 A	20.63 A	

V.K. 25.1

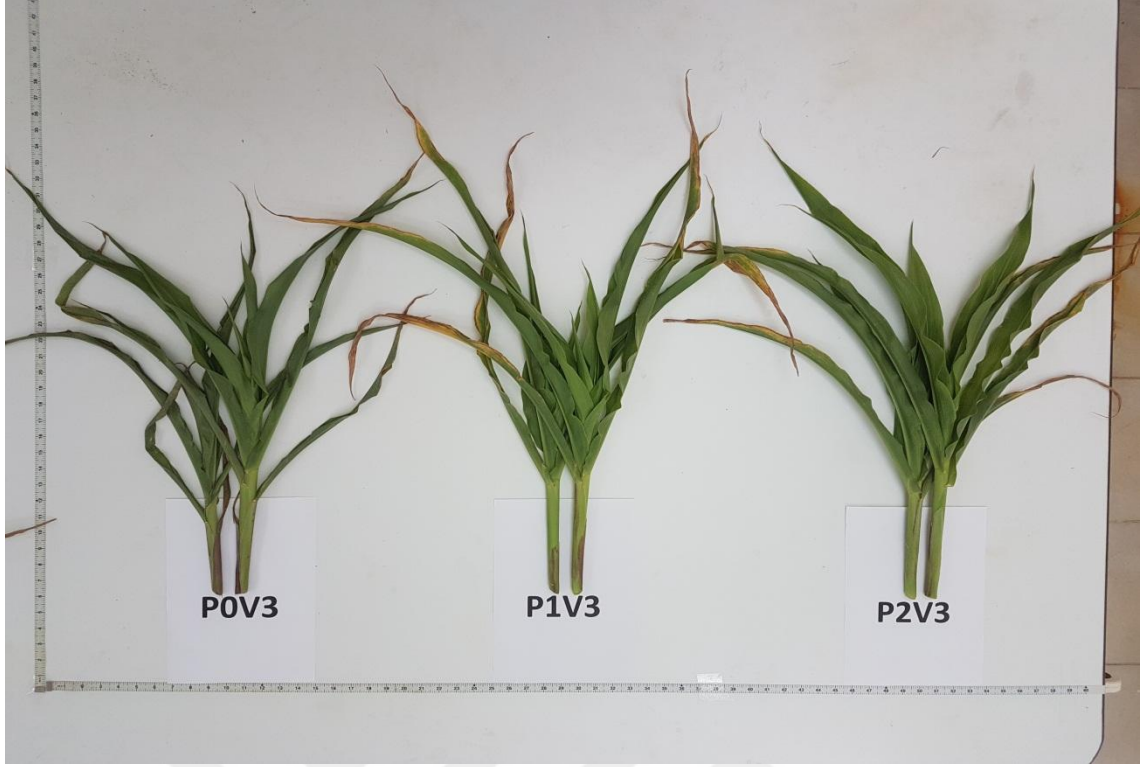
*: değerler dört tekrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.4. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamına etkisi



Şekil 4.5. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamına etkisi



Şekil 4.6. Uygulamaların mısır bitkisinin toprak üstü aksamına etkisi

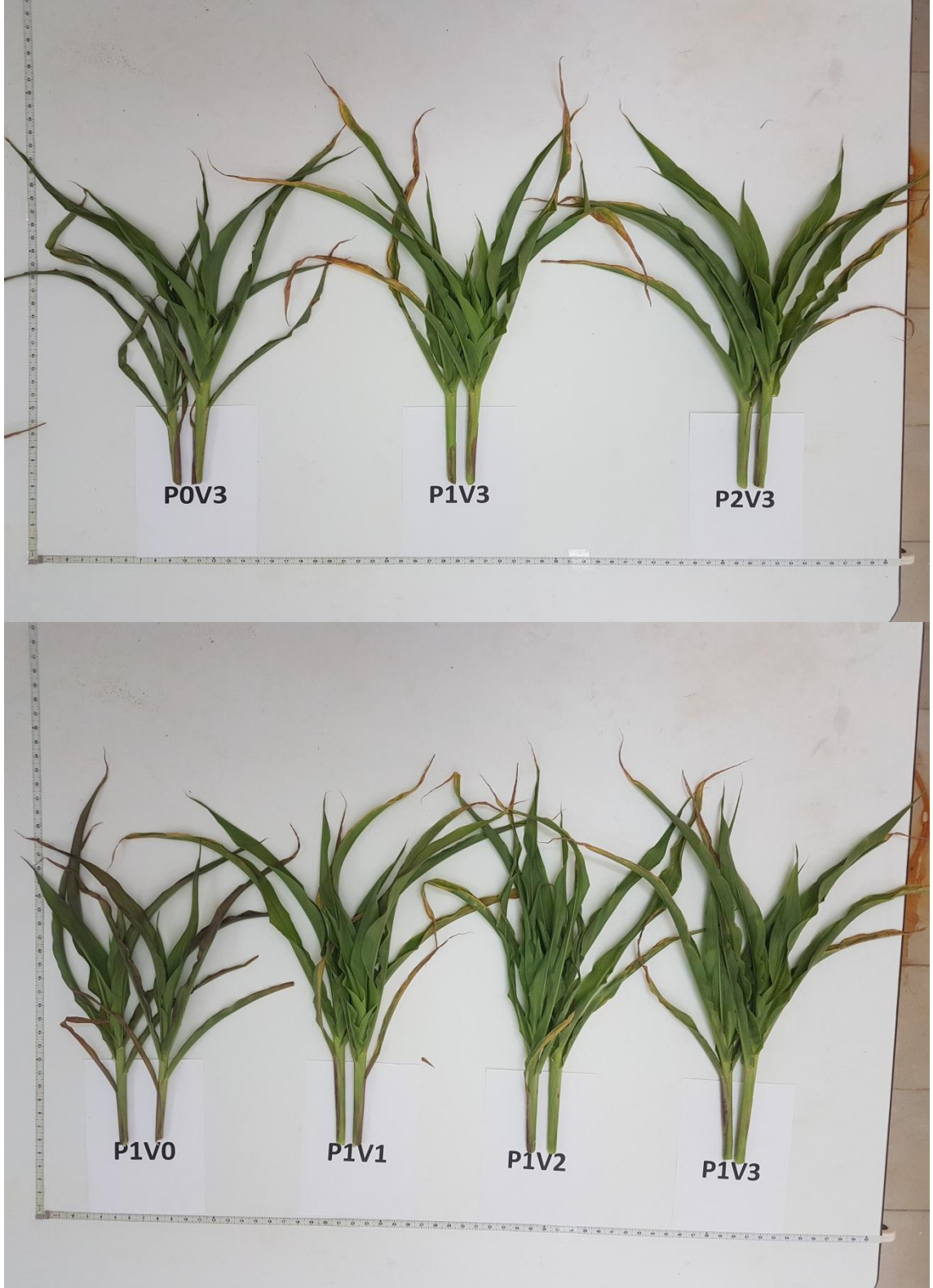
4.3. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Bitki Boyu Üzerine Etkisi

Vermikompost ve fosfor uygulamaları mısır bitkisinin 45 günlük gelişiminde bitki boyu üzerine istatistiksel olarak % 5 önem seviyesinde etkili bulunmuştur(Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Uygulamaların mısır bitkisinin boyu üzerine etkisi (cm)*

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)			Ortalama*
	P0	P1	P2	
V0	18.4 c	21.0 bc	21.3 bc	20.2 c
V1	22.1 bc	25.1 b	26.4 a	24.5 b
V2	23.5 b	24.6 b	26.6 a	24.9 a
V3	24.0 b	24.1 b	27.1 a	25.1 a
Ortalama*	22.0 C	23.4 B	25.4 A	

*: değerler dört tekerrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.7. Uygulamaların mısır bitkisinin boyu üzerine etkisi

En düşük bitki boyu 18.4 cm olarak V0P0 uygulamasından elde edilirken en yüksek bitki boyu 27.1 cm ile V3P2 uygulamasından elde edilmiştir. Bitki gelişiminde biomas

artışı topraktan kaldırdığı besin elementi ile ilişkilidir. Daha fazla besin elementi alımı diğer besin elementlerinin alımını da olumlu yönde etkilemektedir. Bitki besin elementlerinden azot, fosfor ve potasyumun ideal oranları bitki gelişimini olumlu yönde teşvik etmektedir. Uygulamaların bitki boyu üzerine etkisi Şekil 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

4.4. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprakların Azot, Fosfor ve Potasyum Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

Çalışmada yer alan vermikompost ve fosfor dozlarının artışı ile bitkinin yapraklarında besin elementlerinden azot konsantrasyonu üzerine vermikompost uygulaması istatistiksel olarak % 5, fosfor uygulaması ise % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Vermikompost x fosfor interaksiyonu ise % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 4.6.). Ortalamalar dikkate alındığında vermikompostun kontrol uygulamasında yetişen mısır bitkisinin yaprak N konsantrasyonu % 2.43 ike V2 uygulamasında yaprak N konsantrasyonu % 2.55 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde fosfor dozlarının artması ile bitkinin gelişimine paralel olarak topraktan kaldırdığı besin elementi miktarında artışlar gerçekleşmiştir. Ortalamalarda P0 uygulamasında % 2.15 iken yaprak N konsantrasyonu P2 uygulamasında % 2.62 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.4'de toprak üstü aksamında uygulamaların dozları arttıkça bitkinin oluşturduğu kuru madde miktarında artışların yaşandığı görülmüştür. Bitkilerin besin elementi miktarı kuru maddedeki örneklerdeki dokulardan eşit miktarlarda alınarak yapılmaktadır. Bu analiz için örneğin 0.2 gram bitki kuru maddesi alınmıştır. Buradan yola çıkılarak bitkinin oluşturmuş olduğu kuru madde miktarı oranında daha fazla besin elementi sömürmektedir. Örneğin P0V0 uygulamasında kuru madde miktarı 5.42 gr/bitki ve yaprak N konsantrasyonu % 2.04 ve topraktan kaldırdığı N miktarı 132 mg/saksı iken V3P2 uygulamasında kuru madde miktarı 26.56 gr/bitki ve yaprak N konsantrasyonu % 2.71 ve topraktan kaldırdığı (sömürdüğü) N miktarı 719.7 mg/saksı olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar toprağa atılan gübrenin organik madde miktarının artışı ile alımının yükseldiğini göstermektedir.

Çizelge 4.6. Uygulamaların mısır bitkisinin yapraklarındaki N içeriğine etkileri (%)*

Uygulamalar	Bitki yaprak N konsantrasyonu (%)			Ortalama*
	P0	P1	P2	
V0	2.04 e	2.47 bc	2.48 bc	2.43 c
V1	2.08 de	2.67 b	2.58 b	2.44 b
V2	2.13 d	2.82 a	2.72 a	2.55 a
V3	2.35 c	2.59 b	2.71 a	2.51 a
Ortalama**	2.15 B	2.61 A	2.62 A	

V.K. 6.1

*: değerler dört tekerrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
 Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

Mısır bitkisinin yapraklarının P konsantrasyonu üzerine vermikompost dozları ve fosfor dozları uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak % 1 önem seviyesinde olmuştur. Ortalamalar bakımından V0 uygulamasında yaprak P konsantrasyonu % 0.15 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.7.). Bu değer Jones ve ark. (1991) mısır bitkisinin 30 cm'den kısa döneminde yaprak P konsantrasyonu için belirtilen noksan seviyesinde (< % 0.3) tespit edilmiştir. Jones ve ark., (1991), % 0.30-0.50 P konsantrasyonu yeterli üstünü fazla olarak belirtmişlerdir. Bitki yapraklarının yeterli duruma gelmesi 50 ppm ve 100 ppm uygulamalarında tespit edilmiştir. Bitkinin noksanlık durumu yetiştiricilik süresinde çekilen resimler ile görselleştirilmiştir.

P1 dozunda ortalamalarda yaprak P konsantrasyonu % 0.30 ve P2 uygulamasında % 0.38 olarak tespit edilmiştir. Saksılara uygulanan vermikompost miktarı ile ortalamalar dikkate alındığında artışlar gerçekleştirilmiştir. Bitki yaprak P konsantrasyonları % 0.25 ile % 0.30 arasında değişmektedir. İnteraksiyonlar dikkate alındığında % 1 önem seviyesinde etkilendiği görülmektedir. En yüksek yaprak P konsantrasyonu V3P2 uygulamasında % 0.42 olarak tespit edilmiştir. Denemedeki yaprak fosfor değişimi Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Uygulamaların mısır bitkisinin yapraklarındaki P konsantrasyonu üzerine etkileri (%)*

Uygulamalar	Bitki yaprak P konsantrasyonu (%)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	0.15 e	0.25 c	0.35 b	0.25 b
V1	0.15 e	0.29 bc	0.34 b	0.26 b
V2	0.16 e	0.32 bc	0.39 ab	0.29 a
V3	0.15 e	0.34 b	0.42 a	0.30 a
Ortalama**	0.15 C	0.30 B	0.38 A	

VK. 10.3

*: değerler dört tekrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.8. En düşük fosfor uygulamasında yaşanan fosfor noksanlık belirtisi

Çizelge 4.8. Uygulamaların mısır bitkisinin yapraklarındaki K konsantrasyonu üzerine etkileri (%)*

Uygulamalar	Bitki yaprak K konsantrasyonu (%)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	1.42 c	2.12 bc	2.45 a	1.98 b
V1	1.48 c	2.18 bc	2.41 ab	2.02 a
V2	1.41 c	2.07bc	2.41 ab	1.96 b
V3	1.39 c	2.09 bc	2.32 b	1.93 c
Ortalama**	1.42 C	2.11 B	2.39 A	

V.K. 20.9

*: değerler dört tekrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

Vermikompost dozları bitki yapraklarının K konsantrasyonları üzerine istatistiksel olarak % 5 önem seviyesinde etkili olurken fosfor dozları % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 4.8). Vermikompost x fosfor dozları interaksyonu % 1 önem seviyesinde etkili olmuştur. Vermikompost uygulamasında ortalamalar dikkate alındığında en düşük yaprak K konsantrasyonu % 1.93 ile V3 uygulamasında tespit edilirken V1 uygulamasında % 2.02 K konsantrasyonu elde edilmiştir (Çizelge 4.8.). Bitkilerin oluşturduğu kuru madde miktarları arttıkça dokulardaki K konsantrasyonlarında da değişimler yaşanmaktadır. Fosfor uygulamaları arttıkça bitki gelişimine paralel olarak topraktan kaldırılan besin elementleri artmaktadır (P<0,01). Bu durumu P0, P1 ve P2 uygulamalarında elde edilen sonuçlar ortaya koymaktadır. P0 uygulamasında yaprak K konsantrasyonu % 1.42 iken P1 uygulamasında % 2.11 ve P2 uygulamasında % 2.39 olarak tespit edilmiştir. İnteraksiyonlarda en yüksek K konsantrasyonu V0P2 uygulamalarında tespit edilmiştir.

4.5. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Yaprakların Yaprak Spad Düzeyine Etkileri

Yaprağın yeşil renk yoğunluğu (SPAD) klorofil konsantrasyonu ile yakın ilişkisi bulunmaktadır. Klorofil molekülünün merkezi elementlerinden birisi azottur. Azot noksanlığında yaprak renk içerikleri düşmektedir. Bitki gelişiminin ilk dönemlerinde

zayıf alınan fosfor zayıf kök gelişimi yapmaktadır. İyi gelişemeyen bitkiler yapraklarına besin elementini taşıyamaz ve yaprak alanı küçülmektedir.

Çizelge 4.9. Uygulamaların mısır bitkisinin yaprakların Spad miktarı üzerine etkisi*

Uygulamalar	Bitki yaprak Spad değerleri			Ortalama*
	P0	P1	P2	
V0	8.2 c	9.5 bc	10.5 b	9.4 c
V1	8.7 c	9.8	10.8 ab	9.7 b
V2	8.6 c	10.2 b	11.2 a	10.0 a
V3	8.6 c	9.5 bc	11.4 a	9.8 b
Ortalama*	8.5 C	9.75 B	10.9 A	

V.K. 3.1

*: değerler dört tekerrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

Yaprak Spad değerleri üzerine vermikompost ve fosfor dozları istatistiksel olarak % 5 önem düzeyinde etkili olmuştur. Bitki gelişimi arttıkça vejetatif aksamdaki artış besin elementi alımını artırarak özellikle azot alımını arttırmıştır. Bu artış ile yapraklardaki azot birikimi yaprak Spad değerlerinin artmasına neden olmuştur. Vermikompost x fosfor dozu interaksiyonu istatistiksel olarak % 5 önem düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 4.9.). En yüksek yaprak Spad değeri 11.4 ve 11.2 ile V3P2 ve V2P2 uygulamalarından elde edilmiştir.

4.6. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Topraktaki Bakteri Sayısı Üzerine Etkileri

Vermikompost gibi organik kökenli gübreler toprağa karıştırıldığında toprak canlılığını artırmaktadır. Bu canlılık toprak içerisinde var olan sistemlerin olumlu çalışmasını sağlamaktadır. Bu sistemlerin başında topraktaki besin elementlerin çözünürlüğünün artırılmasıdır. Çalışmada toprağa vermikompost uygulaması ile bakteri yoğunluğunun artışında istatistiksel olarak % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Fosfor uygulamasının etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4.10. Uygulamaların topraktaki bakteri sayısı üzerine etkileri*

Uygulamalar	Bakteri yoğunluğu (hücre/ml)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	1.12x10 ³	1.18x10 ³	1.21x10 ³	1.17x10³ c
V1	2.14x10 ³	2.12x10 ³	2.02x10 ³	2.09x10³ c
V2	1.54x10 ⁴	1.75x10 ⁴	1.43x10 ⁴	1.57x10⁴ b
V3	2.54x10 ⁴	2.75x10 ⁴	2.46x10 ⁴	2.58x10⁴ a

Ortalama Ö.D.

*: değerler dört tekrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir.

Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

4.7. Vermikompost ve Fosfor Uygulamalarının Deneme Sonra Toprağın Organik Madde Miktarı Üzerine

Deneme topraklarına % 0, 1.5, 3 ve 6 oranlarında kuru vermikompost üst toprağa karıştırılmış ve 1 hafta inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra tohumlar ekilerek fosfor uygulamaları yapılmıştır. Deneme sonunda saksıların üst kısmındaki toprak karıştırılarak toprak organik maddesi üzerine uygulamaların etkisine bakılmıştır. Vermikompost uygulamaları toprak organik madde miktarını artırırken (P<0,01) fosfor uygulamasının toprak organik madde üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.11.). Vermikompost uygulamasının kontrolünde organik madde miktarı % 1.10 iken V3 uygulamasında % 1.35 olarak ölçülmüştür. Saksılara uygulanan vermikompostun kök rizosfer bölgesindeki organik madde seviyesinin artışına sebep olmuştur. Organik madde seviyesindeki artış toprağın su tuma kapasitesini artırma özelliğindedir. Deneme öncesi % 6 ve % 3 seviyelerinde toprağa vermikompost uygulanmış saksıların resmi Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.11. Uygulamaların deneme sonrası toprağın organik madde miktarı üzerine etkisi*

Uygulamalar	Toprak organik madde miktarı (%)			Ortalama**
	P0	P1	P2	
V0	1.08 c	1.12 c	1.11 c	1.10 d
V1	1.18 bc	1.22 bc	1.21 bc	1.20 c
V2	1.29 b	1.31 b	1.31b	1.30 b
V3	1.38 a	1.34 ab	1.33 ab	1.35 a
Ortalama Ö.D.	1.23	1.24	1.24	

V.K. 5.6

*: değerler dört tekrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı
Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.9. Deneme öncesi inkübasyonda toprağa % 6 ve % 3 oranında vermikompost uygulanmış saksılar

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Vermikompost ve fosfor dozlarının bitkide oluşturduğu bioamas artışı çalışmamızda çıkan en önemli sonuçlardan birisi olmuştur. İncelenen kök yaş ağırlığı kontrole göre 33.30 gr/bitki iken en yüksek vermikompost dozunda ise 46.35 gr/bitki olarak bulunmuştur. Yine kök kuru ağırlığında kontrole göre en yüksek vermikompost dozu % 50'lerde artışlara neden olmuştur. Ortalamalar bakımından kontrol uygulamasında toprak üstü aksam (sap + yaprak) 48.72 gr/bitki iken V1 uygulamasında 75.61 gr/bitki, V2 uygulamasında 90.02 gr/bitki ve V3 uygulamasında 95.78 gr/bitki olarak tespit edilmiştir. Vermikompostun saksı içerisindeki ağırlığının % 6 oranında toprak üst kısmına karıştırılmasıyla kontrole kıyasla yaklaşık % 96'larda bir artış gerçekleştirdiği görülmektedir. Vermikompost uygulamalarıyla toprak üstü aksamın kuru ağırlığında yaklaşık % 85'lerde bir artış gerçekleşmiştir. Toprağa organik madde katma ile toprak çözeltilisinde bulunan kirecin fosforu tutma oranı düşmektedir. Yine organik madde ilavesi toprağın su tutma kapasitesini artırarak bitkinin toplam sudan yararlanma oranını artırmaktadır. Moreno ve ark. (1960), yürüttükleri çalışmada organik maddenin toprakta bulunan Ca iyonları ile birleşerek toprak çözeltilisindeki P ile rekabete girdiğini ve böylece P fiksasyonunu azaltıcı etki yaptığını ortaya koymuşlardır. Vermikompost ile yapılan birçok çalışmada bitkinin vejetatif aksamı üzerine vermikompost uygulamasının olumlu etkileri olurken oluşan meyve veriminin de arttığı bildirilmektedir. Arancon ve ark. (2004), vermikompost uygulaması ile çilek bitkisinde kök bioamasının % 37 arttığını ve pazarlanılabilir meyvede % 35 artış gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Makode ve ark. (2015), vermikompostun dozlarının portakalda verimdeki etkisinin ilk yıl % 32 ve ikinci yıl ise % 61'lerde olduğunu bildirmişlerdir. Vermikompostun bitki gelişimindeki bu etkiyi yaparken toprak özelliklerini iyileştirmesi, besin elementlerinin alımını artırması toprak içerisindeki canlılığı ve su tutma kapasitesini geliştirmesi gibi özelliklerinden ileri gelmektedir. Literatür özetlerindeki vermikompost çalışmalarının özetlerinde bu özelliklere değinilmiştir. Banik ve ark. (2007), vermikompost uygulaması ile kireçli bir toprakta enzim aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Bu özellik ise toprak canlılığının bir göstergesi olup atılacak kimyasal gübrelerin bitki tarafından alınabilir hale gelmesi bu canlıların popülasyonundaki artışla gerçekleşmektedir.

Çalışmamızda mısır bitkisine fosforlu gübre verilmesiyle bitkinin toplam biomasında istatistiksel düzeyde artışlar yaşanmıştır. Bitkinin kök yaş ağırlığı P0 uygulamasında 28.88

gr/bitki iken 100 ppm P uygulamasında 47.11 gr/bitki olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde kök kuru ağırlıklarında da istatistiksel düzeyde artışlar gözlenmektedir. İyi bir kök gelişimi bitkinin su ve besin elementi alımını artırmaktadır. Mısır bitkisinin toprak üstü aksamı kontrol uygulamasında 56.97 gr/bitki olarak bulunurken, P2 uygulamasın 93.29 gr/bitki olarak belirlenmiştir. Fosfor uygulaması ile beraber P1 ve P2 uygulamalarında % 40 ve % 45 lik artışlar yaşanmıştır. Çalışmamızda vermikompost ve fosfor uygulamalarının birlikte olan etkisi incelendiğinde istatistiksel anlamda artışlar ve interaksiyonlarda da olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir. En yüksek biomas artışları V3P2 uygulamalarında gerçekleşmiştir. Bu durum vermikompost uygulamasının fosforlu gübrelemenin topraktaki yayılabilirliğini arttırdığını ve bitki tarafından alımını gerçekleştirdiğini göstermektedir. Organik madde kireçli toprakların kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini düzelterek üretim kapasitesini arttırmaktadır (Nardi ve ark., 2002). Alkalin-kireçli topraklarda P tutulmasını engellemek veya azaltmak için ortamdaki P konsantrasyonunu artırmak veya Ca'un tamponlanmasını sağlayarak P'a tutunmasını engelleyici etkiler yapmak gerekmektedir (Erdal ve ark., 1999). Topraktaki organik madde seviyesindeki artış ile fosfor yayılabilirliği arasındaki ilişki araştırmacılar tarafından şu şekilde açıklanmaktadır. Organik maddenin yayılabilir fosfor konsantrasyonunu doğrudan artırıcı etki yapmasının asıl nedeni organik maddenin parçalanması sırasında ortaya çıkan karbondioksittir. Toprak nemi ile birleşerek çözünen karbondioksit gazı karbonik asite dönüşür. Meydana gelen karbonik asit alkalin-kireçli topraklardaki yayılabilir halde bulunan fosfat bileşiklerini kolay çözünebilir humat ve fosfat anyonlarına dönüştürmekte ve bitkilerce alınabilir fosfor miktarını artırıcı etki yapmaktadır (Kaçar ve Katkat, 1998). Nitekim fosforlu gübreler ve vermikompost ile fosforlu gübreleri çalışan araştırmacılar da verim ilişkisini organik madde fosfor alım ilişkisine bağlamışlardır. Amyanpoori ve ark. (2015), mısır bitkisi yetiştiriciliğinde vermikompost ve fosfor kaynağını farklı dozlarda süperfosfat uygulamışlardır. 5000 kg/ha ve 10000 kg/ha vermikompost uygulamasına ek olarak % 50, 75, 100 oranlarında inorganik fosfor uygulaması yapılmıştır. Sonuç olarak vermikompost ve inorganik fosfor dozları arttıkça bitkinin klorofil içeriği, fiziksel gelişimi, verimi ve diğer özellikleri istatistiksel olarak artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Das ve ark. 2015, fosfor ile zenginleştirilmiş vermikompostun (VC-P) Yer fıstığı bitkisinin verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Denemede sırası ile şu fraksiyonlar uygulanmıştır: (T₁) % 100 P, (T₂) % 75 P + % 25 VC-P, (T₃) % 50 P + % 50 VC-P, (T₄) % 25 P + % 75 VC-P, (T₅) % 100 VC-P, (T₆) % 125 VC-P, (T₇) % 150 VC-P. En

yüksek verim (T₇) fraksiyonunda 2400.5 kg/ha olarak elde edilirken en düşük ürün verimi (T₁) fraksiyonundan 1479.0 kg/ha olarak elde edilmiştir. Kuru madde oranında ise max-min değerler sırasıyla (T₇) uygulaması ile 4402.86 g/m² ve (T₁) uygulaması için 1096.66 g/m² olarak tespit edilmiştir. Çalışmada P ile zenginleştirilmiş vermikompost uygulamasının inorganik P uygulamasına göre oldukça etkili olduğu ifade edilmektedir. Şahin ve ark. (2016), toprağa organik madde ilave etmenin mikrobial biyoması artırarak fosfataz enzim aktivitesini artırdığı; Muhammad ve ark. (2016), taze fasülye bitkisine inorganik P'un vermikompost ile uygulanmasında verim artışlarının yaşandığını bu artışların yaşanmasında inceledikleri özelliklerde besin elementi alımlarının vermikompost uygulaması ile arttığını bildirmişlerdir. Bir diğer araştırmacı Das ve ark. (2015), fosforca zenginleştirilmiş vermikompostun yer fıstığında verimi arttırdığını bildirmiştir. Bu verim artışının inorganik fosforlu gübrelemeden daha fazla olduğunu araştırmalarında ortaya koymuşlardır.

Çalışmamızda uygulamaların yaprak N, P ve K konsantrasyonlarını istatistiksel düzeyde arttırdığını belirlenmiştir. Mısır bitkisinin gelişiminde 30 cm lik boya eriştiği dönemde Jones ve ark. (1991)'in bildirdiği sınır değerlerde kontrol uygulamasında bitki yaprak sınır değerleri yetersiz çıkarken fosfor ve vermikompost dozlarındaki artış ile yaprak besin elementi konsantrasyonlarının sınır değerlere yaklaştığı görülmektedir. Bitki yapraklarındaki N konsantrasyonlarında hem vermikompost hem de fosfor uygulamalarının etkisi eşit düzeyde olmuştur. Yaprak P konsantrasyonlarında fosforlu gübrelemenin etkisi ise fosfor dozu arttıkça % 100 lere P konsantrasyonu artış göstermiştir. Ortalamalar dikkate alındığında kontrolde yaprak P konsantrasyon % 0.15 iken P1 uygulamasında % 0.30 ve P2 uygulamasında yaprak P konsantrasyonu % 0.38 olarak tespit edilmiştir. Yaprak P konsantrasyonuna vermikompost uygulaması etki etmiştir ancak P uygulaması kadar değildir. Muhammad ve ark. (2016), inorganik P ve vermikompost uygulamasının taze fasülyede NPK alımını artırdığını bildirmişlerdir. Bahuguna ve ark. (2016), farklı dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun vermikompost ile uygulanmasının yüksek rakımlı bir bölgede yetişen tatlı biber bitkisinde verim ve kalite kriterlerine katkılarını araştırmışlardır. Kontrol uygulamasına göre NPK uygulamalarının farklı kombinasyonlarında verim artışının gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Vermikompost içerisindeki besin elementi düzeyindeki zenginliği de uygulamalar neticesinde çıkan sonuçların artışlarına etkisini göz ardı etmemek gerekir. Çalışmada kullanılan vermikompostun fosfor içeriği yüksektir.

Çalışmamızda yaprakların SPAD değerleri fosfor dozları arttıkça ve vermikompost dozlarının artmasıyla artış göstermiştir. Bitki gelişimine bağlı olarak topraktan kaldırdığı besin elementi özellikle N miktarındaki artış yaprakların koyu renk almasını sağlamaktadır. Amyanpoori ve ark. (2015), Mısır bitkisi yetiştiriciliğinde vermikompost ve fosfor kaynağını farklı dozlarda süperfosfat uygulamışlardır. Araştırmacılar yaprak klorofil miktarının fosfor ve vermikompost miktarı arttıkça arttığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda vermikompostun toprak içerisindeki organik madde düzeyini arttırdığını ve buna bağlı olarak topraktaki canlılığın göstergesi olan bakteri yoğunluğunu arttırdığı yapılan analizler neticesinde ortaya konmuştur. Toprak içerisindeki canlılık özellikle kök rizosfer bölgesindeki mikrobiyal aktivite burada bulunan besin elementlerin yararlılığını artırmaktadır. Banik ve ark. (2007), çeşitli bakteriler tarafından ayrışabilen organik materyallerin (inek gübresi, suda yaşayan yabancı otlar, çimen ve katı belediye atıkları) vermikompostun kimyasal içeriği ve enzim aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Uygulamada ayrıca vermikompostu kireç ve çeşitli bakteri popülasyonu ile inokulasyona tabi tutmuşlardır. İnek gübresinden elde edilen vermikompostun besin içeriği, enzim aktivitesi ve mikrobiyel etkinlik bakımından daha üstün olduğu belirtilmiştir. Kireç (CaCO_3) inokulasyonu (5 g/kg) ise besin içeriğine etki etmemesine rağmen enzim aktivitesinde etkili olmuştur. Ayrıca kireç ve bakteri inokulasyonunun birlikte uygulanması vermikompostun kalitesini ve etkisini önemli derecede artırmıştır. Bu yararlı olan bitki besin elementleri bitki tarafından alındığında gelişim artışı ortaya çıkmaktadır. Toprak organik maddesinin artışı su tutma kapasitesini artırmak için en temel yollardan birincisidir.

Vermikompost materyali hem bitki gelişimine katkı sağlayan hem de toprak yapısını düzenleyen bir kompozisyon içermektedir. Yapılan çalışma ve daha pek çok çalışmada vermikompostun topraktan besin elementi alımını artırdığını, bitki gelişimini teşvik ettiğini, toprakta organik madde ve humik maddelerin oranını artırdığını ve mikrobiyal aktivitenin artmasına katkı sağladığını göstermektedir. Ayrıca vermikompost kullanımının yaygınlaşması ile ekolojik dengenin olumlu yönde etkileneceği kesin olarak söylenebilir. Bu durum üzerinde hem vermikompostun atıkların ortadan kaldırılmasındaki etkisi hem de sentetik gübre kullanımının azaltılmasındaki rolü etkili olmaktadır. Vermikompost materyalinin kullanılması ile sentetik gübrelerin de yararlılığının arttığı çalışmamızdan çıkan önemli sonuçlardan birisidir. Ancak vermikompost sentetik gübrelerin yerini alacak bir materyal olarak değil önemli bir destek materyal ve çevre dostu bir toprak düzenleyici olarak düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

- Albiach, R., R. ve Canet, F., 2000. Pomares and F. Ingelmo: Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresour. Technol.*, 75, 43-48.
- Amyanpoori, S., Ovassi, M. ve Fathinejad, E., 2015. Effect of vermicompost and triple superphosphate on yield of corn (*Zea Mays* L.) in Behbahan. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. Volume-3(VI).
- Anonim, 2009. Bionat Üstün Nitelikli Solucan Gübresi, Broşür, Agrostar, Antalya.
- Alamgir, M., McNeill, A., Tang, C. ve Marschner, P., 2012. Changes in soil P pools during legume residue decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*. 49, 70-77.
- Allison, L.E. ve Moodie, C.D., 1965. Carbonate, In C. A. Black et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2, *Agronomy* 9,1379- 1400 Amer. Soc. of Agron, Inc., Madison, Wisconsin, U.SA .
- Aira, M., Gomez-Brandon, M., Lazcano, C., Baath, E. ve Dominguez, J., 2010. Plant Genotype Strongly Modifies the Structure and Growth of Maize Rhizosphere Microbial Communities. *Soil Biology&Biochemistry*, 42:2276-2281.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. ve Metzger, J. D., 2004. Influences of vermicompost applications to strawberries: Part 1. Effects on growth and yield. *Bioresource Technology*, 93(2):145–153.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P. ve Metzger, J.D., 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse, *Applied Soil Ecology* 39, 91-99.
- Arancon, N.Q., Galvis, P.A. ve Edwards, C.A., 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicompost. *Bioresource Technology* 96, 1137-1142.
- Argüello, J. A., Ledesma, A., Nunez, S. B., Rodriguez, C.H. ve Goldfarb, M. C., 2006. Vermicompost Effects on Nulbing Dynamics, Nonstructural Carbohydrate Content, Yield and Quality of ‘*Rosado Paraguayo*’ Garlic Bulubs. *Hort Science*, 41(3):589-592.
- Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S. ve Metzger, J. D., 2001. Pig Manure Vermicomposts as a Component of a Horticultural Bedding Plant Medium: Effects on Physicochemical Properties and Plant Growth. *Biosource Technology*, 78:11-20.
- Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D., 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth ve productivity of marigolds. *Bioresource Technology* 81, 103-108.
- Bai, Z., Li, H., Yang, X., Zhou, B., Shi, X., Wang, B., Li, D., Shen., J., Chen, Qin, W., Oenema, O. ve Zhang, F., 2013. The critical soil P levels for crop yield, soil fertility and environmental safety in different soil types. *Plant Soil*. 372, 37-37.
- Bahuguna, A., Mengwal, B., Nautiyal, B. P. ve Bahuguna, S., 2016. Effect of Nitrogen, Phosphorus and Potash with Vermicomposts Efficiency on the Growth and Yield Attributes of Sweet Pepper (*Capsicum frutescens*) under Uttarakhand Hills Condition. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(2):588-597.

- Banik, P., Pramanik, P., Ghosh, G. K. ve Ghosal, P. K., 2007. Changes in organic–C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Science Direct*, 98:2485-2494.
- Bergmann, W., 1992. *Nutritional Disorders of Plants*. pp. 1-741, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- Boran, D., Namlı, A., Akca. ve M.O., 2017. Determination of quality parameters of vermicompost under different thermal techniques. *Fresenius Environmental Bulletin.*, Volume 26., No. 8/2017 p. 5205-5212.
- Chand, S., Pande, P., Prasad, A., Anwar, M. ve Patra, D. D., 2007. Influence of integrated supply of vermicompost and zinc-enriched compost with two gradient levels of iron and zinc on the productivity of geranium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38: 2581-2599.
- Colomb, B., Kiniry, R. J. ve Debaeke, P., 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. *Argon J.* 2:428-435.
- Das, T., Debnath, S. B., Satpute, S. B. ve Bandyopadhyay, S., 2015. effect of phosphorus enriched vermicompost on growth and yield of groundnut (*Arachis Hypogaea* l.) as influenced by soil phosphorus use efficiency. *Indian journal and Technology*, 8(11):DOI 10.17485/ijst.
- Dominguez, J., 2004. State of the Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. In: C. A.
- Edwards, C.A., ve Bohlen, P.J., 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd. Ed. Chapman and Hall, New York.
- Erdal İ, Bozkurt MA, Cimrin M, Karaca S. ve Sağlam M., 2000. Kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisi gelişimi ve fosfor alımı üzerine humik asit ve fosfor uygulamasının etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24: 664-668.
- Edwards, C.A., 1995. Commercial and environmental potential of vermicomposting: A historical overview. *BioCycle*, June, 62-63.
- Garg P, Gupta A, Satya S., 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: a comparative study. *Bioresour Technol* 97:391–395. doi:10.1016/j.biortech.2005.03.009
- Gee, G. W. ve Boudier, J. W., 1986. Particle Size Analysis. In: A. Clute (edit.) *Methods of Soil Analysis Part I Agronomy* No:9 Am Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Ghosh, M., Chattopadhyay, G. N. ve Baral, K., 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting, *Bioresour. Technol.* 69, pp. 149–154.
- Gök, S., 2007. Düşük Fosfor Koşullarında Yetişen Mısır Genotiplerinin Fosfor Beslenme Statüleri Üzerine Kükürt ve Çinko Elementlerinin Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 97 s.
- Gyaneshwar, P., Kumar, G.N., Parekh, L.J. and Poole, P.S., 2002. Role of soil microorganisms in Plant and Soil, 245, 83-93. doi:10.1023/A:1020663916259.
- Hadi, M. R. ve Darz, M. T., Ghandehari, Z. and Riazi, G., 2011. Effects of vermicompost and amino acids on the flower yield and essential oil production from *Matricaria chamomile* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(23), pp.5611-5617.
- Hepşen Türkay, F.Ş., 2010. Fındık Zurufu ve Arıtma Çamurunun Solucanlarla Kompostlanması ve Elde Edilen Vermikompostun Sera ve Tarla Koşullarında Toprakların Biyolojik Özelliklerinde Meydana Getirdiği Etkilerin Belirlenmesi.

- OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Samsun, 166s
- Jabeen, N. ve Ahmad, R., 2016. Growth response and nitrogen metabolism of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) to vermicompost and biogas slurry under salinity stress. *Journal Of Plant Nutrition*, 40(1):104-114.
- Jones, J.R., Wolf, B. ve Mills, H.A., 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing, Inc.
- Jones D.L. ve Darrah P. .,R. 1994. Influx and efflux of organic acids across the root-soil interface of *Zea mays* L. and its implications in rhizosphere C flow and mineral nutrition. *Plant and Soil*, 166: 247-257.
- Jackson, M. L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. 214- 221.
- Jouquet, E. P., Bloquel, E., Doan, T. T., Ricoy, M., Orange, D., Rumpel, C. ve Duc, T. T., 2011. Do compost and vermicompost improve macronutrient retention and plant growth in degraded tropical soils? *Compost Science & Utilization*, 19(1):1524.
- Kacar, B. ve Katkat, V., 1998. *Bitki Besleme*. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını, yayın no: 127, 595 s, Bursa.
- Kacar, B. ve Katkat, V., 2009. *Bitki Besleme*. Nobel Yayınları.
- Karaca, S. ve Çimrin, K. M., 2001. Adi fiğ (*vicia sativa* L.)+arpa (*hordeum vulgare* L.) karışımında azot ve fosforlu gübrelemenin verim ve kaliteye etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1):47-52.
- Karaçal, İ ve Tüfenkçi, Ş., 2010. *Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar ve Gübre-Çevre İlişkisi*, Ziraat Mühendisliği VII.Teknik Kongresi, 257-268, 11-15 Ocak, Ankara.
- Karaman, M. R., 2012. *Bitki Besleme*. Ankara: Duman Ofset Matbaacılık.
- Lazcano, C., Revilla P., Malvar, R.A. ve Domínguez, J., 2011. Yield and fruit quality of four sweet corn hybrids (*Zea mays*) under conventional and integrated fertilization with vermicompost. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Lazcano, C., Sampedro, L., Zas, R. ve Domínguez, J., 2010.. Vermicompost enhances germination of the maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *New Forest*. 39, 387-400.
- Leytem, A.B. ve Mikkelsen, R.L., 2005. The nature of phosphorus in calcareous soil. *Better crop*. 89, 11-13.
- Li, Y., Wang, J., Li, J. ve Ao, Y., 2010. Effect of phosphorus on celery growth and nutrient uptake under different calcium and magnesium levels in substrate culture. *Horticultural Science*, 37(3):99-108.
- Makode, P. M., Rathod, R. G. ve Akola, M., 2015. Effect of vermicompost on the growth of Indian orange, *Citrus reticulatus* with reference to its quality and quantity. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 8(2): 217-220.
- Marschner, H., 1997. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd edition. Acad. Pres. London. 889 p.
- Marschner, H., 2008. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Digital Print. Academic Press., pp. 889.
- Mengel, K. ve Kirkby, E.A., 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. ISBN: 1-4020-0008-1, Dordrecht, The Netherlands.
- Mehrizi, M. H., Sarcheshmehpour, M. ve Ebrahimi, Z., 2015. The effects of some humic substances and vermicompost on phosphorus transformation rate and forms in a calcareous soil. *Journal of Science and Plant Nutrition*, 15(1), 249-260.
- Muhammad N, Maina BM, Aljameel KM, Maigandi S.A. ve Buhari S., 2016. Nutrient intake and digestibility of Uda rams fed graded levels of *Parkia bi-globosa*

- (African locust bean) yellow fruit pulp. *In-ternational Journal of Livestock Research*, 6(5): 33-42.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. ve Vianello, A., 2002. Physiological effect of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*. 34, 1527-1536.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. ve Pehlivan, M., 2009. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri*, 17(B):14-26.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A.,1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. of Agric. Cric. 939.
- Orozco FH, Cegarra J, Trujillo L.M. ve Roig A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*. 22,162-6.
- Parthasarathi, K., 2004. Vermicomposts produced by four species of earthworms from sugar mill wastes (pressmud). *Ind. J. Life Sci.*, 1, 41-46.
- Parthasarathi, K., G. Gunasekaran ve L.S. Ranganathan., 2006. Efficiency of mono and polycultured earthworms in humification of organic wastes. *J. Ann. Uni. Sci*, 42, 127-134.
- Parthasarathi, K., L.S. Ranganathan, V. Anandi. ve Josef Zeyer., 2007. Diversity of microflora in the gut and casts of tropical composting earthworms reared on different substrates. *J. Environ. Biol.*, 28, 87-97.
- Richards, L.A Ed.,1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook 60: 94.
- Rodriguez, D., Andrade, F. H., Goudrian, J., 1999. Effect of phosphorus nutrition on tiller emergence in wheat. *Plant and Soil*, 209.283-295.
- Şahin , Ö., Taşkın, M. B. ve Kaya, E. C., 2016. Fosfor uygulamasının marul ve soğan bitkilerinin elemen konsantrasyonlarına etkisi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TAGRİD Özel Sayısı*, 150-160.
- Tacıroğlu, B., Kara, E. E. ve Sak, T., 2016. Toprakta ağır metal gideriminde solucanların kullanımı, *Kahramanmaraş Sütlu İmam Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(2):201-207.
- Tomati, U., Galli E., Grappelli A. ve Dihena G., 1990. Effect of earthworm casts on protein synthesis in radish (*Raphanus sativum*) and lettuce (*Lactuca sativa*) seedlings. *Biol. Fertil. Soils*, (9):288-299.
- Venkatesh, R.M. ve Evera, T., 2007. Mass Reduction and Recovery of Nutritions through Vermicomposting of Fly Ash. [Applied Ecology and Environmental Research](#), 6(1):77-84.
- Watt, M., Evans, J. R., 2003. Phosphorus acquisition from soil by white lupin (*lupinus albus* l.) and soybean (*glycine max* l.), species with contrasting root development. *Plant and soil*, 248 (1-2): 271-283.
- Yadav K.S. ve Dadarwal KR (1997) Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganism. In: *Biotechnological Approaches in Soil Microorganisms for Sustainable Crop Production* (ed. Dadarwal, K.R.), Scientific Publishers, Jodhpur, India pp 293–308.
- Yurdakul, İ. ve Usta, S., 2017. Toprak organik maddesi ile fosfor adsorpsiyonu arasındaki ilişkinin langmuir modeli ile araştırılması. *Toprak Su Dergisi*, 6(2):59-70.
- Zhu, W., Du, W., Shen, X., Zhang, H. ve Ding, Y., 2017. Comparative adsorption of pb²⁺ and cd²⁺ by cow manure and its vermicompost. *Environmental Pollution*, 227:89-97.

Zaller, J. G., 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Science Direct, 112:191-199.

<http://www.akmesolidem.com>, 2012.

<https://www.ekosol.net>, 2015.

<https://www.google.com.tr/search?q=vermikompost+analiz+raporu&source>, 2015.

<https://www.google.com.tr/search?q=vermikompost+analiz+raporu&source>, 2017.



8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Havvanur KURT

Doğum Tarihi: 15.06.1988

Lisans: Samsun 19 Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi

Yüksek Lisans: 2013

Çalıştığı Kurum: Giresun, Şebinkarahisar İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü

