



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**

**ÇAY ATIĞINDAN KOMPOST VE VERMİKOMPOST ELDESİ
VE TARIMSAL ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Songül RAKICIOĞLU

Danışman
Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA

SAMSUN
2022

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**



**ÇAY ATIĞINDAN KOMPOST VE VERMİKOMPOST ELDESİ
VE TARIMSAL ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Songül RAKICIOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Songül RAKICIOĞLU tarafından, Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA danışmanlığında hazırlanan “ÇAY ATIĞINDAN KOMPOST VE VERMİKOMPOST ELDESİ VE TARIMSAL ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 20.7.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Tayfun AŞKIN Ordu Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Coşkun GÜLSER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Hüsnü DEMİRSOY Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi F. Şüheda HEPŞEN TÜRKAY Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza
20 /06 / 2022
Songül RAKICIOĞLU

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: ÇAY ATIĞINDAN KOMPOST VE VERMİKOMPOST ELDESİ
VE TARIMSAL ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 20/06/2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : %8
Tek kaynak oranı : %2 çıkmıştır.

İmza
20 / 06 / 2022
Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA

ÖZET

ÇAY ATIĞINDAN KOMPOST VE VERMİKOMPOST ELDESİ VE TARIMSAL ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Songül RAKICIOĞLU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı
Doktora, Temmuz/2022
Danışman: Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA

Organik kökenli atıkların, toprak organik madde içeriği düşük olan topraklarda kompostlanarak veya kompostlanmadan doğrudan topraklara ilavesi ile toprak organik madde içeriğinde önemli artışlar sağlanabilmektedir. Kompostlama işleminin mezofilik koşullarda solucanlar ve oluşturdukları biyolojik aktivite vasıtasıyla gerçekleşmesi ise vermikompostlama yöntemidir. Ülkemizde çay yetiştiriciliği bölgesel ve endüstriyeldir. Çay fabrikasyon atıklarının ise organik materyal olarak değerlendirilmesinde kompostlama süreci, vermikompostlama süreci veya ham materyal olarak uygulanma koşulları, uygulama sonuçları ve bu süreçlerin birbiriyle olan ilişkilerinin değerlendirilmesi bilimsel literatürde son derece az çalışılmış ve yetersizdir.

Bu doktora tez çalışmasında, bölgesel bir bitkisel atık olan çay atığının 2 farklı kompostlama metoduyla nitelikli bir organik materyale dönüştürülebilirliği ve optimal koşulları araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, çay atıklarının (i) 2 farklı kompostlama (geleneksel kompostlama ve vermikompostlama) metoduyla doğal, organik ve nitelikli ürünlere dönüştürülebilmesi ve özelliklerinin araştırılması, (ii) 2 farklı kompostlama metoduyla elde edilen ürünlerin ve bunun yanısıra kompostlanmamış çay atığının da 3. bir deneme materyali olarak toprağa uygulanmalarıyla toprak kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri, (iii) üretim koşulları, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenmiş olan bu organik materyaller ile “buğday” bitkisi yetiştirilerek bazı verim parametreleri üzerine etkilerinin araştırılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma amacı doğrultusunda inkübasyon ve sera denemeleri olmak üzere 2 aşamalı olarak planlanmıştır.

Sonuç olarak, ülkemizde yüksek miktarda açığa çıkan ve değerlendirilemeyen çay fabrikasyon atıkları kompostlanabilmekte ve çalışmada belirlenen dozlarda vermikompostlanabilmektedir. Organik materyaller (çay fabrikasyon atığı) her ne kadar kontrol uygulamalarına göre toprak verim ve biyolojik özelliklerinde ve beraberinde bitki verim parametrelerinde artış sağlıyor olsa da organik materyal kompostlandığında ve vermikompostlandığında bu artış miktarı yükseldiği saptanmıştır. Toprağa uygulanan kompost miktarları arttıkça toprak verimliliğinde de paralel artışlar sağlanmaktadır. Topraklara uygulanan organik materyallerin kompostlanma yöntemine, dozuna ve toprağa uygulanma dozlarındaki artışa paralel olarak buğday verimini artırdığı belirlenmiştir. Bu tez çalışması sonuçlarına göre, çay fabrikasyon atıklarının değerlendirilmesinde kompost ve vermikompost uygulamalarının toprak verimliliği ve bitki verimini arttırdığı saptanmakla birlikte bu yöntemlerin organik atık yönetimi ve organik materyallerin değerlendirilmesi açısından son derece faydalı alternatif yöntemler oldukları belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Aestivum sativum*, *Camellia sinensis*, *Eisenia fetida*, Kompost, Vermikompost, Windrow yöntemi

ABSTRACT

OBTAINING COMPOST AND VERMICOMPOST FROM TEA WASTE AND DETERMINATION OF AGRICULTURAL EFFICIENCY

Songül RAKICIOĞLU
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Soil Science and Plant Nutrition
PhD., July/2022
Supervisor: Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA

Significant increases can be obtained in organic matter amounts of soil with low organic context by addition of organic wastes into the soil, either directly or by composting. Vermicomposting refers to achieving the composting process via worms and their biological activities, under mesophilic conditions. Tea cultivation in Turkey is industrial and regional. Research involved in composting process, vermicomposting process, application conditions as raw material, application results and investigation of the relations of these processes with each other in evaluation of tea production wastes as organic material is insufficient in literature.

In this thesis study, the potential of tea production waste, a regional herbal product, as a high quality organic material and optimal conditions of the process were investigated, using two different composting methods. It was aimed to (i) transform tea production wastes into natural, organic and high quality products using 2 different composting (traditional composting and vermicomposting) methods and investigate its characteristics, (ii) analyze the effects of the products of these 2 different composting processes, as well as non-composted tea waste, that was added into the soil as a third trial material, on the chemical and biological properties of the soil, (iii) following the determination of production conditions and, chemical and biological properties; cultivate wheat plants with the help of these organic materials to investigate the effects on some yield parameters and evaluation of the results. Following this aim, the research was planned as a two-phased study consisting of incubation and greenhouse trials.

Consequently, tea production wastes, which occur in large amounts in Turkey without being utilized, can be composted and vermicomposted in the doses stated in this study. It was seen that, although organic materials (tea production waste) caused an improvement in soil fertility and biological properties, as well as plant yield parameters compared to control; composting and vermicomposting of the organic material enabled higher increases in the same parameters. Soil fertility increases in parallel with the amount of compost applied into the soil. It was determined that organic materials increased the yield of wheat depending on the composting method, dose and application amount into the soil. It can be concluded from the obtained results that, utilizing tea production wastes by composting and vermicomposting processes increase soil fertility and plant yield, which are determined to be extremely important alternative applications for organic waste management and utilization of organic materials.

Keywords: *Aestivum sativum*, *Camellia sinensis*, Compost, *Eisenia fetida*, Vermicompost, Windrow methods

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Küresel iklim değişikliği ve son 50-70 yılda yoğun ve bilinçsiz bir şekilde yapılan tarımsal pratikler toprak sağlığını ve güvenilir gıdayı tehlikeye sokmuştur. Günümüzde yeni tarım teknolojilerinin geliştirilmesi, uygulanması ve yaygınlaştırılması zorunlu hale gelmiştir. Tarımda bilimsel çalışmalar yenilikler sunmanın yanı sıra farkındalık da yaratmaktadır. Tarımsal üretimde en önemli faktör olan iklimde olan değişiklikler tüm tarımsal faaliyetleri değiştirmektedir. Bunu yanı sıra toprak sağlığının ana unsuru olan ve su tutma kapasitesine de doğrudan etki eden toprak organik maddesi seviyesi tarım alanlarında hızla düşmüş ve çok yetersiz hale gelmiştir. Topraklara organik madde ilavesi zorunludur. Yoğun tarım pratikleri ile yüksek miktarda bitkisel atık ve artık açığa çıkmaktadır. Yoğun ve bilinçsiz yapılan tarımsal faaliyetlerden başında kimyasal gübre ve kimyasal ilaç kullanımları gelmektedir. Kimyasal gübrelerin organik materyallerle ikame edilebilmesi için materyal seçimi, uygulama dozu, uygulanma zamanı gibi özelliklerin bitki verimi ve toprak sağlığı açısından etkileri gibi verilerin ortaya konulması son derece önem arz etmektedir. Organik atıkların değerlendirilmesi, toprak organik madde seviyesinin yükseltilmesi ve bunu beraberinde getireceği olumlu etkiler göz önünde bulundurularak bu alanda yapılan bilimsel çalışmalar artmaktadır ancak toprak ve iklim çeşitliliği, organik materyal özelliklerindeki çeşitlilik ve kompostlama tekniklerindeki çeşitlilik konu üzerine daha çok sayıda bilimsel çalışma yapmayı gerektirmektedir. Çalışmalarda tekniklerin geliştirilmesinin yanı sıra organik atıkların olduğu yerde değerlendirilmesi gibi üzerinde durulması gereken hususlar bulunmaktadır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesinde yaş çayın işlenmesi sırasında açığa çıkan, tarımsal amaçlı değerlendirilemeyerek çevresel çöp sorunlarına sebep olan organik atığın, 2 farklı kompostlama yöntemi ile tarımda toprak organik madde içeriğini artırma amacına yönelik olarak güvenle kullanılabilir ürünlerle dönüştürülmesi, elde edilen ürünlerin tarımsal açıdan etkenliğinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde yürütülmüştür. Konunun seçiminde ve çalışmanın yürütülmesinde desteklerini gördüğüm danışman hocam ve bölüm akademik personeline çok teşekkür ederim.

Songül RAKICIOĞLU

Canım Ağabeyim Yıldırım RAKICIOĞLU'na,

TEŞEKKÜR

Doktora tez sürecim de ve savunmam da katkılarını sunan danışman hocam sayın Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA'ya, Anabilim Dalı Başkanım ve tez jüri üyesi hocam Sayın Prof. Dr. Coşkun GÜLSER'e, jüri üyesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Hüsnü DEMİRİSOY'a, Sayın Prof. Dr. Tayfun AŞKIN'a, Sayın Dr. Öğr. Üyesi F. Şüheda HEPŞEN TÜRKAY'a ve bölüm öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Orhan DENGİZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Benim için akademik bir ideal olan, hayatım boyunca hiç vazgeçmediğim ve maalesef yarım kalmış doktora tez çalışmamın tamamlanması için, beni yüreklendiren ve tez sürecimin her aşamasında bana değerli fikirleriyle yol gösteren, ışık olan, yolumu aydınlatan, bu uzun süreçte hep yanımda olan, bana değer katan sevgili dostum F. Şüheda HEPŞEN TÜRKAY'a bu tezin gerçekleşmesindeki tüm desteği ve özverisi için minnettirim. Tezimi ithaf ettiğim ve bir süre önce kaybettiğim en kıymetlim canım ağabeyim Mimar Yıldırım RAKICIOĞLU'na verdiğim sözü yerine getirmem de her zaman desteklerini benden esirgemeyen, dostluğun anlamını en güzel şekilde taşıyan bana değer katan dostlarım ve hocalarım; daima gece gündüz yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Elif ÖZTÜRK'e tüm hassasiyeti için, Tarımsal Yapılar Sulama Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Hakan ARSLAN'a ve sevgili eşi Canan ARSLAN'a her aşamada verdikleri tüm destek için, çalışma olanakları bakımından ne zaman zorlukla karşılaşsam daima çözüm yaratan Biyoteknoloji Bölümü Anabilim Dalı Başkanı ve öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Deniz EKİNCİ'ye tüm desteği için, çalışma süresince bana daima zaman yaratan, uzun bilgisayar mesaisi yapan Ahi Evran Üniversitesi Öğretim Görevlisi Sayın Dr. İlker TÜRKAY'a verdiği tüm emek ve gösterdiği sabır için, çalışmanın her aşamasında hiç yorulmadan yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Serkan İÇ'e tüm emekleri ve tüm nezaketi için, bu tezin gerçekleşmesinde bana daima güç veren, daima desteğini yanımda hissettiğim en başta Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoteknoloji Bölümü Öğretim Üyesi Kadim Dostum Sayın Doç. Dr. Ercan SOYDAN ve sevgili eşi Öğretim Görevlisi Simge SOYDAN olmak üzere, Tarımsal Yapılar Sulama Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL'e, Bozok Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü Öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Uğur BAŞARAN'a ve sevgili eşi Nihal BAŞARAN'a, tez sürecimdeki katkılarından dolayı Tarla bitkileri bölümü öğretim üyesi sevgili hocam Sayın Prof. Dr. İlknur AYAN'a ve sevgili hocam Sayın Prof. Dr. Hatice BOZOĞLU'na, tezimin

ilk aşamasından son ana kadar akademik ve manevi desteklerini hep hissettiğim beni hiç yalnız bırakmayan tüm dostlarıma çok teşekkür ederim. İyi ki hayatın bir yerinde sizlerle karşılaşmışım iyi ki varsınız.

OMÜ Veterinerlik Fakültesi Öğretim üyesi Hakan GÜLER'e ve sevgili eşi Mimar Yeşim GÜLER'e, Araştırma Görevlisi Elif YILDIRIM'a, Araştırma Görevlisi Dr. Güney AKINOĞLU'na, Ziraat Yük. Müh. Elif DESTİ'ye, Ziraat Yük. Müh. Neslihan KARA'ya, İlknur PEKER'e, Dr. Merve BAYRAK'a, Ziraat Müh. Sema BAYRAK'a Ziraat Müh. Yonca ÜNSAL'a, Selma UZUNER'e, Zeliha SÜMER'e manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Hayatım da sahip olduğum en büyük şansım Aileme sonsuz teşekkürler....

ÖZEL TEŞEKKÜR

Canım ağabeyim ruhun şad olsun ...

Büyük bir hevesle ve kararlılıkla başladığım lisansüstü eğitim yolculuğumu, senin yokluğuna rağmen vazgeçmeden nihayet tamamlıyorum.

Senin bu yolda bana olan inancını onurlandırmak için büyük bir gayretle çalıştım. Sonsuzluğa göçtüğünde benim hayat ışığım da seninle birlikte sönmüş olsa da senin ışığın yolumu aydınlık tuttu.

Daima senin “kardeşimin bu ülke de kadın olarak bilim insanı olmayı seçmiş olmasından son derece gurur duyuyorum, sonunda ne olacağı önemli değil bu yolda yürümesi bile yeter” sözün bir miras gibi kulaklarımdan hiç çıkmadı. Her zaman olduğu gibi hep benimle olan sen çok uzaklardan bile bana güç vermeye devam ettin ve eğitimimi yarım bırakmadan tamamlamamı sağladın.

Sen herkesin bildiğinden gördüğünden daha çok hem ağabeyim hem babam hem de öğretmenimdin. Babamın yokluğunu hiç hissettirmedin. Senden öğrendiğim hayata olan duruş ve hayata bakış açısı ile bugün senin ardından eğitim sürecini bitirdim ve dimdik durabiliyorum.

Bugünleri birlikte görmek nasip olmadı ancak mutlaka görüyorsunuzdur, biliyorum ki sen beni asla bırakmazsın.

Sonsuza kadar huzurla uyu canım ağabeyim...

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Toprak Organik Maddesi	4
2.2. Toprak Organik Maddesinin Dönüşümü ve Stabilizasyonu	7
2.3. Organik Madenin Toprağın Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri	8
2.4. Organik Atıkların Geleneksel Kompostlanması	9
2.5. Kompostlama Tipleri	11
2.6. Kompostlamanın Temelleri	11
2.7. Kompostlama Yöntemi Seçimi	14
2.8. Aerobik Kompostlanmayı Etkileyen Faktörler	14
2.8.1. Havalandırma.....	14
2.8.2. Nem.....	14
2.8.3. Karbon: Azot oranı ve Besin Elementleri.....	15
2.8.4. Hava Sıcaklığı.....	15
2.9. Kompost Uygulamalarının Toprakların Kimyasal Özelliklerine Etkileri	16
2.10. Kompost Uygulamalarının Toprak Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri.....	17
2.11. Kompost Uygulamalarının Ürün Verimi Üzerine Etkisi	17
2.12. Vermikompost	19
2.13. Organik Atıkların Vermikompostlanması.....	21
2.14. Kompost ve Vermikompostun Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi.....	27
2.15. Kompostların Bitkisel Verim Üzerine Etkileri	31
2.16. Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi.....	32
2.17. Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Toprağın Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi	40
2.18. Kompost ve Vermikompost Uygulamasının bitki verim parametreleri Üzerine Etkisi	46
3. MATERYAL METOT	54
3.1. Materyal	54
3.1.2. Ahır Gübresi	54
3.1.3. Solucanlar	55
3.1.4. Toprak Örneği.....	56
3.1.5. Test Bitkisi.....	56
3.2. Metot.....	57
3.2.1. Çay Fabrikasyon Atığı.....	57
3.2.2. Ahır Gübresi	57
3.2.3. Solucanlar	57
3.2.4. Toprak Örneği.....	58
3.2.5. Kompost Üretimi	58
3.2.6. Taze Orman Toprağı ve Ahır Gübresi Ekstraktının İçeriğinin Belirlenmesi	59
3.2.7. Vermikompost üretimi.....	61
3.2.7.1. İnkübasyon denemesi.....	61
3.2.8. Sera Denemesi	66
3.2.9. İstatistiksel Analizler	79
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	80
4.1. Çay Atığının Geleneksel Kompostlama ve Vermikompostlama Süreci	80

4.1.1. Çay Atık ve Artıklarının Kimyasal Özellikleri	80
4.1.2. Çay Atığı Kompostunun (Geleneksel) Kimyasal Özellikleri	81
4.1.3. Çay Atığının Geleneksel Kompostlanması Sürecine Ait Kimyasal ve Ekolojik Özelliklerindeki Değişimler.....	81
4.2. İnkübasyon Denemesi	88
4.2.1. İnkübasyon denemesinde belirlenen çay atığı kompostunun ideal vermikompostlanma oranlarının belirlenmesi	88
4.2.2. İnkübasyon denemesinde vermikompostlama süresince <i>Eisenia fetida</i> türü solucanların biyomasındaki değişimler	89
4.2.3. İnkübasyon Süresince Vermikompostun Toplam Organik C Kapsamındaki Değişimler.....	91
4.2.4. İnkübasyon süresince vermikompostun toplam N kapsamındaki değişimler	92
4.2.5. İnkübasyon süresince vermikompostun C/N oranlarındaki değişimler	93
4.2.6. İnkübasyon süresince vermikompostun pH oranlarındaki değişimler	94
4.2.7. İnkübasyon süresince vermikompostun EC oranlarındaki değişimler.....	94
4.2.8. İnkübasyon Süresince Vermikompostun Toplam Organik Madde Kapsamlarındaki Değişimler.....	95
4.3. Sera Denemesi	96
4.3.1. Sera Denemesinde Kullanılan Toprağın Özellikleri	97
4.3.2. Vermikompost Eldesi	98
4.3.3. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi	99
4.3.3.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının pH değerleri üzerine etkisi	100
4.3.3.1.1. Uygulama dozlarının toprak pH'sı üzerine etkisinin değerlendirilmesi .	100
4.3.3.1.2. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların pH değerlerindeki değişimlerin değerlendirilmesi	102
4.3.3.2. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri üzerine etkisi	103
4.3.3.2.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların EC değerlerindeki değişimlerin değerlendirilmesi	105
4.3.3.3. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Kireç (CaCO ₃) kapsamı üzerine etkisi	106
4.3.3.3.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların kireç kapsamlarındaki değişimlerin değerlendirilmesi (dozlara göre)	107
4.3.3.4. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağı Organik Madde İçeriği Üzerine Etkisi	108
4.3.3.4.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların organik madde kapsamlarındaki değişimlerin değerlendirilmesi (dozlara göre).....	109
4.3.3.5. Sera Denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağı toplam azot (N) kapsamı üzerine etkisi	112
4.3.3.5.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların toplam N kapsamlarındaki değişimlerin değerlendirilmesi (dozlara göre)	113
4.3.3.6. Sera Denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının yarıyıllık fosfor (P) kapsamı üzerine etkisi	114
4.3.3.6.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının yarıyıllık fosfor (P) kapsamı üzerine etkisi (dozlara göre).....	116
4.3.3.7. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının sodyum (Na) kapsamı üzerine etkisi	118
4.3.3.7.1. sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Na kapsamı üzerine etkisi (dozlara göre).....	118
4.3.3.8. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Potasyum (K) kapsamı üzerine etkisi	119
4.3.3.8.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Potasyum (K) kapsamı üzerine etkisi (dozlara göre)	121

4.3.3.9. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum Mg kapsamı üzerine etkisi	122
4.3.3.9.1. Ca kapsamına etkisi	122
4.3.3.9.2. Mg kapsamına etkisi	123
4.3.3.10. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Demir (Fe) kapsamı üzerine etkisi	124
4.3.3.11. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Bakır (Cu) Kapsamı Üzerine Etkisi	125
4.3.3.12. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Mangan (Mn) kapsamı üzerine etkisi	126
4.3.3.13. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Çinko (Zn) kapsamı üzerine etkisi	127
4.3.4. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi	128
4.3.4.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının mikrobiyal biyomas C (C_{mic}) üzerine etkisi	128
4.3.4.1.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının mikrobiyal biyomas C (C_{mic}) üzerine etkisi (dozlara göre)	130
4.3.4.2. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının toprak solunumu (CO_2 üretimi) üzerine etkisi	131
4.3.4.2.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının toprak solunumu (CO_2 üretimi) üzerine etkisi (dozlara göre)	134
4.3.4.3. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) üzerine etkisi	135
4.3.4.3.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının DHA üzerine etkileri (dozlara göre)	136
4.4. Sera denemesinde hasat edilen buğday bitkisi verim özellikleri	137
4.4.1. Buğday bitkisi tane verimi	137
4.4.1.1. Buğday bitkisinin tane verimi (dozlara göre)	139
4.4.2. Buğday bitkisi 1000 dane ağırlığı	141
4.4.3. Buğday bitkisinin sap verimi	143
4.4.3.1. Buğday bitkisinin sap verimi (dozlara göre)	144
4.5. Sera denemesinde hasat edilen buğday bitkisinin danedeki besin maddesi içerikleri	146
4.5.1. Buğday bitkisi danede ve sapta Fe kapsamı	146
4.5.2. Buğday bitkisi danede ve sapta Cu kapsamı	147
4.5.3. Buğday bitkisi danede ve sapta Zn kapsamı	148
4.5.4. Buğday bitkisi danede ve sapta Mn kapsamı	149
4.5.5. Buğday bitkisi Danede ve Sapta Ca kapsamı	150
4.5.6. Buğday bitkisi danede ve sapta Mg kapsamı	151
4.5.7. Buğday bitkisi danede ve sapta toplam P kapsamı	152
4.5.8. Buğday bitkisi danede ve sapta toplam K kapsamı	153
4.5.9. Buğday bitkisi danede ve sapta toplam N kapsamı	154
4.5.10. Bitki (dane) analizlerinin sonuçları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ...	157
4.5.11. Bitki (sap) analizleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	159
4.5.12. Toprak özellikleri ile topraktaki besin maddelerinin birbirleri ile olan ilişkileri	161
4.5.13. Toprakların biyolojik özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	163
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	165
6. KAYNAKLAR	173
7. EKLER	189
ÖZ GEÇMİŞ.....	221

KISALTMALAR

KISALTMALAR

EC	:Elektriksel iletkenlik
OM	:Organik madde
C _{mic}	:Mikrobiyal biyomas karbonu
C _{org}	:Organik karbon
FKT	:Fırın kuru toprak
BR	:Toprak Solunumu
MBC	:Mikrobiyal biyomas karbon
DHA	:Dehidrogenaz aktivitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çay bitkisi (<i>Camellia sinensis</i>) ve atığı	54
Şekil 3.2. Ahır gübresi temini	55
Şekil 3.3. <i>Eisenia fetida</i> türü solucanlar.....	55
Şekil 3.4. Denemede kullanılan Pandas türü buğday <i>Triticum aestivum</i> bitkisinden görüntüler.....	56
Şekil 3.5. Çay atıklarının kompostlanmasında kullanılan windrow kompostlayıcı... 58	
Şekil 3.6. Çay atıklarından windrow kompostlayıcı kullanılarak çay kompostu eldesi süreci	61
Şekil 3.7. Saksılara eşit sayı ve büyüklükte solucan ilavesi	62
Şekil 3.8. Saksıların inkübasyona hazırlanması	63
Şekil 3.9. İnübasyon süresince saksıda görsel değişimler.....	64
Şekil 3.10. Karışımların vermikompostlama süresinin tamamlanması.....	64
Şekil 3.11. Vermikompostların serilerek nem seviyelerinin düşürülmesi amacıyla gölgede kurutulmasından görüntüler	65
Şekil 3.12. Vermikompostların etiketlenmiş bez torbalara alınarak sera denemesinde kullanılmak üzere hazır hale gelmesi.....	66
Şekil 3.13. Toprak ve organik atıkların homojen şekilde karıştırılması	67
Şekil 3.14. Karışımların saksılara konulması.....	67
Şekil 3.15. Saksıların seraya alınarak tesadüf parselleri deneme desenine göre yerleştirilmesi	68
Şekil 3.16. Ekimden önce tohum çimlenme testi.....	68
Şekil 3.17. Buğday tohumlarının saksılara ekimi	68
Şekil 3.18. Saksılarda buğday çıkışı	69
Şekil 3.19. Bitkilerin çimlendikten sonra 4 yapraklı olma süreci	70
Şekil 3.20. 4 yapraklı dönemde uygulamalar arasındaki farklılıkların gözlemlenmesi	71
Şekil 3.21. Bitkilerin sapa kalkma süreci.....	72
Şekil 3.22. Bitkilerin sapa kalkma döneminde uygulamalar arasındaki farklılıkların gözlemlenmesi	72
Şekil 3.23. Buğday bitkisinden Bayrak yaprağı çıkışı ve başaklanma süreci.....	73
Şekil 3.24. Bitkilerin olgunlaşmaya geçiş süreci	73
Şekil 3.25. Uygulamaların %1 dozları	74
Şekil 3.26. Uygulamaların %2 dozları	74
Şekil 3.27. Uygulamaların %4 dozları	75
Şekil 3.28. Uygulamaların %6 dozları	75
Şekil 3.29. Çay atığının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları	76

Şekil 3.30. Çay atığı kompostunun kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları.....	76
Şekil 3.31. V0 uygulamasının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları.....	77
Şekil 3.32. V25 uygulamasının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları	77
Şekil 3.33. V50 uygulamasının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları	78
Şekil 3.34. Bitkilerin olgunlaşma aşamasını tamamlaması.....	78
Şekil 4.1. Çay atıklarının kompostlanmasında kullanılan windrow kompostlayıcı ve kompost eldesi	82
Şekil 4.2. Çay atığı için; 2.5 YR 3/4 ve Kompost için; 10 YR 2/1 olarak belirlenmiştir.....	84
Şekil 4.3. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, yığının iç ve dış sıcaklık değerlerindeki değişimler	85
Şekil 4.4. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, pH değerlerindeki değişimler	86
Şekil 4.5. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, EC (dS/m) değerlerindeki değişimler	86
Şekil 4.6. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, yüzde toplam C değerlerindeki değişimler	87
Şekil 4.7. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, yüzde total Azot değerlerindeki	87
Şekil 4.8. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, C/N oranlarındaki değişimler	88
Şekil 4.9. Vermikompostun inkübasyon süresi boyunca solucan biyomasındaki değişim.....	89
Şekil 4.10. İnkübasyon sürecinde elde edilen kokonlar.....	90
Şekil 4.11. Vermikompostun inkübasyon süresince toplam organik C kapsamındaki değişimler.	91
Şekil 4.12. İnkübasyon süresince vermikompostun toplam N kapsamındaki değişimler.	92
Şekil 4.13. İnkübasyon denemesinde vermikompostun C/N oranlarındaki değişimler.	93
Şekil 4.14. İnkübasyon denemesinde vermikompostun pH değerlerindeki değişimler.	94
Şekil 4.15. İnkübasyon denemesinde vermikompostun EC oranlarındaki değişimler.	95
Şekil 4.16. İnkübasyon denemesinde vermikompostun OM oranlarındaki değişimler.	96
Şekil 4.17. Karışımların vermikompostlama süresinin tamamlanması.....	98
Şekil 4.18. Vermikompostların renk tanımlamaları.....	99
Şekil 4.19. Sera Denemesi Sonunda Toprakların pH içeriklerindeki değişimler. ...	100

Şekil 4.20. Toprakların organik materyal uygulama dozları arasında pH içeriklerindeki değişimler.	102
Şekil 4.21. Sera denemesi sonunda toprakların EC içeriklerindeki değişimler.	104
Şekil 4.22. Toprakların EC içeriklerindeki değişimler (dozlara göre).....	105
Şekil 4.23. Sera denemesi sonunda toprakların kireç içeriklerindeki değişimler. ...	106
Şekil 4.24. Sera denemesi sonunda toprakların kireç içeriklerindeki değişimler (dozlara göre).....	107
Şekil 4.25. Sera denemesi sonunda toprakların organik madde miktarındaki değişimler.	108
Şekil 4.26. Sera denemesi sonunda toprakların OM içeriklerindeki değişimler (dozlara göre).....	110
Şekil 4.27. Sera denemesi sonunda toprakların azot içeriğindeki değişimler.....	112
Şekil 4.28. Sera denemesi sonunda toprakların azot miktarındaki değişimler (dozlara göre).....	114
Şekil 4.29. Sera denemesi sonunda toprakların fosfor içeriğindeki değişimler (mg/kg)	115
Şekil 4.30. Sera denemesi sonunda toprakların fosfor miktarındaki değişimler (dozlara göre).....	117
Şekil 4.31. Sera denemesi sonunda toprakların sodyum (Na) içeriğindeki değişimler.	118
Şekil 4.32. Sera denemesi sonunda toprakların sodyum miktarındaki değişimler (dozlara göre).....	119
Şekil 4.33. Sera denemesi sonunda toprakların potasyum içeriğindeki değişimler.	120
Şekil 4.34. Sera denemesi sonunda toprakların potasyum miktarındaki değişimler (dozlara göre).....	122
Şekil 4.35. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin mikrobiyal biyomas C (Cmic) seviyelerindeki değişimler.	129
Şekil 4.36. Toprakların mikrobiyal biyomas C içeriklerindeki değişimler (dozlara göre).....	130
Şekil 4.37. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin mikrobiyal solunum seviyelerindeki değişimler.	132
Şekil 4.38. Sera denemesi sonunda toprakların CO ₂ seviyelerindeki değişimler (dozlara göre).....	134
Şekil 4.39. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin dehidrogenaz enzim aktivitesindeki değişimler.	135
Şekil 4.40. Sera denemesi sonunda toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesindeki (DHA) değişimler (dozlara göre).....	136

Şekil 4.41. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tane verimleri (g/saksı).....	138
Şekil 4.42. Hasat edilen buğday bitkisinin dane verimi (dozlara göre) (gr/saksı). ..	139
Şekil 4.43. sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin sap verimi (gr/saksı).	143
Şekil 4.44. Hasat edilen buğday bitkisinin sap verimi (dozlara göre) (gr/saksı).	145

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Çay fabrikasyon atığının besin maddesi kapsamları ile kimyasal özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler (Kacar 1972, 1995; Bayraklı, 1986; Ryan et al., 2001)	57
Tablo 3.2. <i>Eisenia fetida</i> türüne ait solucanların bazı özellikleri.....	57
Tablo 3.3. Denemede kullanılan toprak örneğinin özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan analizler ve yöntemleri (Kacar 1972, 1995; Bayraklı, 1986; Ryan et al., 2001)	58
Tablo 3.4. Mikroorganizma sayımı sonuçları	59
Tablo 3.5. İnkübasyon süresince karışımlardan alınan örneklerde uygulanan analizler.....	63
Tablo 3.6. Deneme sonrası saksılardan alınan bitki ve toprak örneklerinde uygulanan analizler ve yöntemler	79
Tablo 4.1. Çay atığının bazı kimyasal özelliklerine ait sonuçlar	81
Tablo 4.2. Çay atığından elde edilen çay kompostunun nihai kimyasal özellikleri... 81	
Tablo 4.3. Sera denemesi toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler	97
Tablo 4.4. Sera denemesinde kullanılan çay atığı vermikompostlarının (%50, %25 ve %0 çay atığı oranlarında) kimyasal özellikleri	98
Tablo 4.5. Üretilen vermikompostların renk tanımlamaları.....	99
Tablo 4.6. Sera denemesi sonunda toprakların kalsiyum miktarındaki değişimler (me/100 g).....	123
Tablo 4.7. Sera denemesi sonunda toprakların magnezyum miktarındaki değişimler (me/100 g).....	123
Tablo 4.8. Sera denemesi sonunda toprakların demir miktarındaki değişimler (mg/kg)	125
Tablo 4.9. Sera Denemesi Sonunda Toprakların bakır miktarındaki değişimler (mg/kg)	125
Tablo 4.10. Sera denemesi sonunda toprakların mangan miktarındaki değişimler (mg/kg)	126
Tablo 4.11. Sera denemesi sonunda toprakların çinko miktarındaki değişimler (mg/kg)	127
Tablo 4.12. Buğday bitkisinin 1000 tane ağırlığı.....	142
Tablo 4.13. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tane ve sapta Fe kapsamı	146
Tablo 4.14. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tane ve sapta Cu kapsamı	147
Tablo 4.15. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tanede ve sapta Zn kapsamı.....	148
Tablo 4.16. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta Mn kapsamı	149

Tablo 4.17. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta Ca kapsamı.....	150
Tablo 4.18. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta Mg kapsamı	151
Tablo 4.19. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta P kapsamı.....	152
Tablo 4.20. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta toplam K kapsamı	154
Tablo 4.21. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta toplam N kapsamı	154
Tablo 4.22. Dane analizlerinin sonuçları ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizlerinin sonuçları	157
Tablo 4.23. Bitki (sap) analizlerinin sonuçları ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizlerinin sonuçları	159
Tablo 4.24. Toprak özellikleri ile toprak besin maddeleri arasındaki korelasyon analizinin sonuçları	161
Tablo 4.25. Toprak biyolojik özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizinin sonuçları	163

1. GİRİŞ

Jeolojik açıdan “Toprak” tanımı, daha çok toprağın fiziksel özellikleri üzerinden yapılıyor olsa da tarımsal açıdan bu tanım biyolojik özellikler ve toprak organik maddesi kavramları olmadan yapılamaz. Önemli derecede toprağın canlı kısmının etkisi altında olan toprak biyolojik özellikleri temelde toprak organik maddesi miktarına bağlıdır. Toprak oluşumunda organik madde varlığının neredeyse tamamı yer kabuğundan değil dışardan toprağa ulaşmaktadır. Topraktaki organik madde varlığı, büyük bir kısmı heterotrof olan toprak mikroorganizmalarının yaşamsal aktiviteleri için ne kadar gerekli ise toprağa ulaşmış organik materyallerin toprak organik maddesine dönüşmesi için de toprak mikrobiyal aktivitesi de o denli gereklidir. Toprakta organik maddenin değişim ürünü olan “toprak organik maddesi” varlığı ve toprak mikrobiyal aktivitesi toprak canlılığının göstergesidir. Toprak canlılığı ise toprağın verim gücünü tanımladığı kadar sürdürülebilir toprak sağlığı kavramını da kapsamaktadır.

Günümüze değin son 60-70 yılda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de konvensiyonel ve intensif tarım teknikleri kullanılmaktadır. Özellikle tarım topraklarının sağlığının önemi hususunda bilinç düzeyi arttıkça sürdürülebilir tarım teknikleri geliştirme çalışmaları da artmaktadır.

Konvensiyonel tarım uygulamaları altında olan tarım topraklarının organik madde miktarları ve mikrobiyal aktiviteleri düşük dolayısıyla toprak canlılıkları da düşük seviyededir. Toprakta organik maddenin azalması toprakların fiziksel ve mekanik özelliklerinde de bozulmalara sebep olarak toprak kayıplarının söz konusu olduğu bir süreci başlatmaktadır. Bitkileri beslemek gibi toprağı beslemekte mecburidir. Bu doğrultuda toprak biyolojisi bilim alanında, tarımsal ve tarım endüstrisi organik atıkları değerlendirilerek organik atık dönüşüm işlemleri ile toprak organik maddesi miktarını ve toprak canlılığını artırmak için çalışmalar yapılmaktadır.

Topraklara organik materyal ilavesi yapma işlemi olan organik gübreleme için en yaygın, kapsamı en çok bilinen ve üzerinde en çok çalışma yapılmış olan ahır gübresidir. Ancak günümüzde ahır gübresine alternatif gübreler kullanılmakla beraber daha üstün nitelikli organik gübre çalışmaları yapılmaktadır.

Ülkemiz tarım politikası olarak kademeli olarak organik gübrelemeye geçiş sürecindedir. Kimyasal gübre ve ilaç kullanımının azaltılması, organik maddelerin

dönüştürülerek organik gübreleme ve ıslah materyali olarak kullanımına bağlıdır. Yeterli uygulama oranlarına sahip organik artıklar topraklara organik madde ve gübre kaynağı olarak ve düzenleyici olarak değerli bir kaynaktır ve bitkilerin büyümesi için ve yüksek mahsul alabilmek için yüksek bir mikro ve makro besin içeriğine sahiptir ve inorganik gübrelere karşı düşük maliyetli bir alternatif olabilmektedir. Bölgesel üretim ve birikimi çok fazla olduğunda çok büyük miktarlardaki bu artıkların ortadan kaldırılması için yeterli arazi alanlarının bulunmasında zorluklar çekilebilmektedir bu da beraberinde çevresel sorunları getirmektedir. Bu tür artıkların büyük miktarlarda rastgele yayılması toprak verimliliğine zarar verebilir ve su kirliliğine ve kokulara neden olarak sağlık açısından risk oluşturabilir. Organik artıklar kullanılmadan önce uygun şekilde işlenirse bu önemli çevre sorunu ortadan kaldırılabilir. Yüksek kalitede ürün üretmek için ya da maliyeti azaltmak için atıkların hızlı bir şekilde işlenmesiyle bu çevresel sorunları azaltabiliriz.

Ülkemiz bitkisel ve hayvansal atıklar bakımından pek çok dünya ülkesine göre zengindir. Bölgesel olarak farklılık göstermekle birlikte tüm bölgelerimizde gerek hasat artışı gerekse işlenmiş büyük miktarlarda bitkisel atık ve artık açığa çıkmaktadır. Bu atık yığınlarının neredeyse tamamı değerlendirilmemekle beraber ortadan kaldırmak maksadıyla hayvan altlığı olarak kullanılmakta veya yakılmaktadır.

Türkiye, “Dünya çay raporu, 2016” verilerine göre yıllık 259 bin ton çay üretimi ile dünyanın beşinci büyük çay üreticisidir. Ülkemizde yüksek ekonomik değere sahip sadece doğu Karadeniz bölgesinde tarımı yapılan çay bitkisi (*Cammellia synensis*) atığı ise büyük miktarlarda açığa çıkan bitkisel atıkların başında gelmektedir. Bitkisel ve hayvansal atıklar termofilik kompostlanarak organik düzenleyici ve organik gübreleme materyali olarak değerlendirilmektedir. Bitkisel artıklar kompostlamının yanı sıra yeşil gübreleme materyali de olabilirler.

Bitkisel atıkların dönüştürülmesinde kompostlama ve yeşil gübreleme haricinde yeni bir yöntem olan solucan ve mikroorganizma varlığında organik maddelerin hızlandırılmış bir biodegradasyon sürecinden geçerek doğal bir organik ürüne dönüştürülmesi de söz konusudur. Bu süreçte özel solucan türleri kullanılmaktadır. Bu prosese vermikompostlama, çıkan son ürüne de vermikompost (solucanlı kompostlanmış materyal) denir. Kompostlama ve vermikompostlama yöntemleri ile ham organik artıklar hızlı bir şekilde toprak ekosistemi ile dengeye ulaşırlar. Bu ürünler tarımda besin kaynağı ve toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaları

bakımından değerlidir. Atık yönetiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel kompostlama yöntemi ile yeni bir yöntem olan vermikompostlamanın avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Vermikompostlama yeni bir yöntem olmakla beraber, bilim dünyasında dikkatleri üzerine çekmiş ve yoğun şekilde çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Ancak halen çalışılması gereken pek çok konusu ve parametresi bulunmaktadır.

Çay atıklarının vermikompostlanması ile geleneksel kompostlanması arasında bir ilişki olup olmadığı hakkında literatürde çalışma bulunmamaktadır. Çay atıklarının değerlendirilmesi, değerlendirilme metotları ve elde edilen ürünlerin özellikleri konusunda pek çok çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu doktora tez çalışmasında, bölgesel bir bitkisel atık olan çay atığının 2 farklı kompostlama metoduyla nitelikli bir organik materyale dönüştürülebilirliği araştırılmıştır. Çalışmanın, bu araştırma konusu doğrultusunda; çay atıklarının (i) 2 farklı kompostlama (geleneksel kompostlama ve vermikompostlama) metoduyla doğal, organik ve nitelikli ürünlere dönüştürülebilmesi ve özelliklerinin araştırılması, (ii) 2 farklı kompostlama metoduyla elde edilen ürünlerin ve bunun yanısıra kompostlanmamış çay atığının da 3. bir deneme materyali olarak toprağa uygulanmalarıyla toprak kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri ve “buğday” bitkisi yetiştirilerek bazı verim parametreleri üzerine etkilerinin araştırılması, olmak üzere 2 amacı vardır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Günümüzde doğal kaynakların tükendiği ve bu kaynakların korunması için enerji ve atıkların geri dönüşümünün büyük önem taşıdığı bilinmektedir (Padmavathiamma et al., 2008). Toprağın kalitesi ve toprak sağlığının iyileştirilmesi ve aynı zamanda sürdürülebilmesi organik kaynaklı atıkların tekrar doğaya geri kazandırılmasıyla sağlanabilir (Zhang et al., 2014).

Tarımda kompost gibi organik gübrelerin kullanımı, tarım uygulamalarının önemli bileşenlerindedir (Quintern et al., 2006).

Toprak sağlığı tanımı belirli bir toprağın, doğal olarak veya yönetilen ekosistem sınırları içinde, bitki ve hayvan verimliliğini sürdürebilmek, su ve hava kalitesini koruyabilmek veya geliştirebilmek aynı zamanda insan sağlığını desteklemek için hayati bir yaşam sistemi işlevi görme kapasitesi olarak tanımlanmıştır.

Tüm tarım sistemlerinde verimliliğin belirlenmesinde esas olan toprak verimliliğidir. Toprak verimliliği en yaygın olarak bir toprağın bitkiye besin sağlama yeteneği olarak tanımlanır. Wild (1993) ise toprak verimliliğini toprağın bitkisel verimi artırma yeteneği olarak tanımlar.

Benzer şekilde Swift ve Palm (2000) toprak verimliliğini, bitki üretimini teşvik eden besin elementi dahil olmak üzere çeşitli toprak fonksiyonlarını birleştiren bir ekosistem kavramı olarak görmenin yararlı olduğunu ileri sürmektedir.

Bir toprağın toprak verimliliği ve besin sağlama kapasitesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerle kaybedilen besinlerin eklenmesiyle uzun vadede korunabilir. Bitki besin maddelerinin yenilenmesine ek olarak, organik madde uygulaması da toprakların verimliliği için çok önemlidir. Toprak organik maddesi bitki besin maddelerinin sağlanmasında bir depo olarak işlev görür. Toprak organik maddesi, toprağın çeşitli bileşenlerinde bitki ve hayvan kalıntıları, toprak organizmalarının hücreleri ve dokuları ile toprak organizmaları tarafından sentezlenen maddelerden oluşan toprağın organik bileşenidir (Leroy et al., 2007).

2.1. Toprak Organik Maddesi

Tarım toprağındaki toprak organik maddesi, farklı bitki örtülerinden, gübre (Schulten ve Leinweber, 1991), kanalizasyon çamuru (Leinweber et al., 1996) ve

kompost (Leinweber ve Reuter, 1992; Lal, 2004) gibi antropojenik girdilerin bir sonucudur.

Toprakta zaman içinde birikmiş olan toprak organik maddesi olan topraklara kompost eklenmesi (Leinweber ve Reuter, 1992; Gregorich et al., 1996; Ceccanti et al., 2007) ve toprak organik maddesinin kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini değiştirmektedir (Nardi et al., 2004; Adani et al., 2007; Lima et al., 2009).

Tarımda sürdürülebilirliği farklı yollarla artırabilir: toprak özellikleri üzerinde uzun vadeli olumlu etkiler; bitki besin maddelerinin geri dönüşümü, kimyasal gübrelerin yerine kolayca ikamet eden organik girdilerin elde edilmesi edilmesi; atıkların toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki iyileştirme etkileri en uygun organik madde seviyesi atıkların dahil edilmesiyle iyileştirilebilir.

Toprak organik maddesi toprak verimliliği ve toprak özellikleri üzerindeki rolü nedeniyle önemlidir ancak aynı zamanda dünyanın karasal karbon rezervlerinin önemli bir bileşenidir. Toprak organik madde yönetimi bu nedenle sürdürülebilir düşük girdili tarım sisteminin geliştirilmesi ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi için çok önemlidir (Mando, 1998).

Rodriguez-Vila et al. (2016), organik maddenin toprakların besin içeriğini ve mikrobiyal aktiviteyi artırarak toprak özelliklerinin iyi bir şekilde sürdürdüğünü ve böylece mahsulün büyümesini ve verimini arttırdığını belirlemişlerdir.

Organik maddenin ayrışma miktarı organik materyalin türüne ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Toprak mikroorganizmaları, besin döngüsü ve enerji akışında ajan olarak görev yaparak organik maddenin ayrışmasında önemli bir rol oynamakta olup çevresel değişikliklere karşı son derece duyarlıdır.

Bununla birlikte, toprak organik maddesinin mineralizasyonu ve stabilizasyonu karmaşık süreçlerdir ve çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörleri içerir (Zimmermann et al., 2007; Lal, 2004).

Birçok enzim topraktaki değişimlere hemen yanıt verdiği için, sürdürülebilir yönetim için toprak kalitesinin potansiyel göstergeleri olarak kullanılabilir yapıları araştırılmalarıyla ortaya konmuştur (Garcia et al., 2000).

Enzimler toprak yönetimindeki değişikliklere diğer değişkenlerden daha hızlı tepki verebilirler bu nedenle biyolojik değişikliklerin erken göstergesi olarak faydalı

olabilir (Masciandaro et al., 2004). Aslında enzimler toprağın mikrobiyolojik aktivitesini sürdürme potansiyelini de gösterebilirler (Paul ve Clarck, 1989). Oksidoredüktazlar ve hidrolaz enzimleri, organik maddenin ayrışmasının temel süreçlerine etkilediği belirlenmiştir

Diacono ve Montemurro (2010)'da önemli veriler elde ederek eski verileri yeniledikleri çalışmalarında kompost kullanımının toprak mikrobiyal biyokütlesini ve aktivitesini arttırdığını belirlemiştir.

Her organik malzemenin toprak özellikleri üzerindeki etkisi baskın bileşenine bağlıdır. Birçok enzim toprak verimliliği durumundaki değişikliklere hemen yanıt verdiği için, sürdürülebilir yönetim için toprak kalitesinin potansiyel göstergeleri olarak kullanılabilirler (Garcia et al., 2000). Toprak enzimatik faaliyetlerinin ölçümü, biyota arasındaki bağlantıların yeniden kurulması ve bozulmuş sistemlerde fonksiyonun restorasyonu için bir gösterge olarak kullanılabilir.

Toprak enzimleri, besin maddelerinin döngüsüne dahil oldukları için toprak verimliliğinin iyi göstergeleridir. Organik materyallerin eklenmesi toprağın enzimatik aktivitelerini de etkiler, çünkü eklenen materyal hücre içi ve hücre dışı enzimler içerebilir ve ayrıca topraktaki mikrobiyal aktiviteyi artırabilir (Goyal et al., 1993; Pascual et al., 1998). Bitkilerin kök eksüdatları tarafından tercih edilen mikrobiyal popülasyonların gelişimi de dehidrojenaz aktivite stimülasyonundan sorumlu olabilir.

Tarım sistemlerinde, üretilen gübrelerin yaygın olarak kullanılmasından önce toprağa, özellikle azot ilavesinin tek yolu organik artıklardı. Ekili olmayan topraklarda, azot ve sülfürün %95'inden fazlasının toprak organik maddesinden sağlandığı ve muhtemelen %25 kadarında ise fosforun bulunduğu belirlenmiştir (Amlinger et al., 2007).

Toprak organik madde seviyesinin artırmanın etkili bir yolu, özellikle biyokütle atıklarından üretilen kompostun toprağa uygulanmasıdır. Olgun kompostlar, yüksek kararlı C seviyeleri nedeniyle toprak organik maddesini taze ve olgunlaşmamış kompostlara göre çok daha iyi artırmaktadır (Bouajila ve Sanaa, 2011 ve Daniel ve Bruno, 2012). Kompost materyallerinin toprağa uygulanmasında toprağın humus miktarının kesin olarak arttığı da bilinmektedir (Agegnehu et al., 2014).

Castro et al. (2009) organik madde miktarlarındaki artışların toprakta bulunan makro besin elementi miktarlarını artırdığını ve Gopinath et al. (2009) ise iki yıl

yürüttükleri bir çalışmalarında organik gübrelerin kimyasal gübrelere kıyasla toprakta artan oranda katkı sağladığını belirlemişlerdir

Yeterli uygulama oranlarına sahip organik artıklar topraklara organik madde ve gübre kaynağı ve düzenleyici olarak değerli bir kaynaktır ve bitkilerin büyümesi için ve yüksek mahsul alabilmek için yüksek bir mikro ve makro besin içeriğine sahiptir ve inorganik gübrelere karşı düşük maliyetli bir alternatif olabilmektedir. Bölgesel üretimi ve birikimi çok fazla olduğunda çok büyük miktarlardaki bu artıkların ortadan kaldırılması için yeterli arazi alanlarının bulunmasında zorluklar çekilebilmektedir, bu da beraberinde çevresel sorunları getirmektedir. Bu tür artıkların büyük miktarlarda rastgele yayılması, toprak verimliliğine zarar verebilir ve su kirliliğine ve kokulara neden olarak sağlık açısından risk oluşturabilir. Organik artıklar kullanılmadan önce uygun şekilde işlenirse bu önemli çevre sorunu ortadan kaldırılabilir. Yüksek kalitede ürün üretmek için ya da maliyeti azaltmak için atıkların hızlı bir şekilde işlenmesiyle veya kompostlamasıyla bu çevresel sorunları azaltılabilir.

Tarımda kompostlama yoluyla organik atık geri dönüşümü, artan organik atık miktarından yararlanmak ve toprak organik maddesi stabilizasyonu ve karbonun sekestrasyonunu sağlamak için çevresel açıdan da uygun bir strateji olarak kabul edilmiştir (Kutzner, 2000; Lal, 2004; Weber et al., 2007; Bustamante et al., 2010).

Geleneksel tarım, beslenme sorunlarını çözmek için sıklıkla hedeflenen kısa vadeli çözümlere dayanmaktadır, çözünür bir gübrenin uygulanmasının aksine organik sistemler, sistem düzeyinde daha uzun vadeli çözümlere (reaktif yerine önleyici) dayanan stratejik olarak farklı bir yaklaşım olarak kullanılmaktadır. Doğal süreçlere dayanan böyle bir stratejinin, özellikle toprak tarafından sağlanan ekosistem şartlarının iyileştirilmesi toprak organik maddesinin parçalanmasını sağlaması ve gıda güvenliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanması gibi birçok faydası vardır (Lal, 2004; Rivero et al., 2004; Scherr ve Sthapit, 2009; Bruun et al., 2010)

2.2. Toprak Organik Maddesinin Dönüşümü ve Stabilizasyonu

Toprak organik maddesini oluşturan moleküler bileşikler, mineral partikülleriyle olan ilişkilerinden dolayı biyo-bozunmaya karşı stabilize olabilir, böylece mikroorganizmalar ve hücre dışı enzimleri tarafından parçalanma potansiyellerini azaltabilirler.

Toprak organik maddesinin stabilizasyonu ayrıca enzimatik bozunmayı engelleyen biomakromoleküllerin yoğunlaştırılması ve kompleksleştirilmesi ve düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerin makromoleküllere dönüşümü enzimatik olmayan polimerizasyonu yoluyla sağlanabilir (de Leeuw et al., 2006).

2.3. Organik Madenin Toprağın Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri

Organik gübreler, mikrobiyal aktiviteyi artırarak, enzim aktivitelerini, mikrobiyal solunumları güçlendirmekte ve tarımsal ürünler için besin varlığını artırmaktadır.

Benzer şekilde Blanchet ve ark. (2016), organik gübre ilavesinin alınabilir C, N ve P'yi arttırdığını bulmuşlardır. Organik atıkların uygulanması nedeniyle de enzimatik faaliyetlerde artış görülmüştür. Benzer şekilde, Wang ve ark. (2015), organik atıkların eklenmesiyle mikrobiyal aktivitelerin artırılabilceğini gözlemlemişlerdir.

Kompostun toprak organik maddesi bileşimi ve stabilizasyonu üzerindeki etkileri, kompost kalitesi, toprak tipi, uygulama oranı, deneme süresi, toprak enzimleri ve mineral toprak yüzeyleri ile kompost etkileşimleri, doğal toprak organik maddesi ve diğer çevresel etmenlerin çeşitli parametrelerine bağlıdır (Stewart et al., 2011).

Bitkisel ve hayvansal atıklar termofilik kompostlanarak organik düzenleyici ve organik gübreleme materyali olarak değerlendirilmektedir. Bitkisel artıklar, kompostlamanın yanı sıra yeşil gübreleme materyali de olabilirler. Ancak bitkisel atıkların dönüştürülmesinde kompostlama ve yeşil gübreleme haricinde yeni bir yöntem olan solucan ve mikroorganizma varlığında organik maddelerin hızlandırılmış bir biodegradasyon sürecinden geçerek doğal bir organik ürüne dönüştürülmesi de söz konusudur. Bu süreçte özel solucan türleri kullanılmaktadır.

Bu prosese vermikompostlama, çıkan son ürüne de vermikompost (solucanlı kompostlanmış materyal) denir. Kompostlama ve vermikompostlama yöntemleri ile ham organik artıklar hızlı bir şekilde toprak ekosistemi ile dengeye ulaşırlar. Bu ürünler tarımda besin kaynağı ve toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaları bakımından değerlidir. Atık yönetiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kompostlama ve vermikompostlama, katı organik atıkların biyolojik stabilizasyonu için en iyi bilinen iki işlemdir. Geleneksel kompostlama yöntemi ile yeni bir yöntem olan vermikompostlamanın avantaj ve dezavantajları mevcuttur.

Organik maddenin topraktaki fiziksel fonksiyonları, artırılmış SOM, kümelenme ve stabiliteyi arttıracak ve böylece toprak yapısını ve toprak gözenekliliğini geliştirmesidir. Vegregaların stabilitesi, yüzey sızdırmazlığını ve toprak erozyonunu önler, su sızıntısını iyileştirir ve su tutma kapasitesini artırır (Martínez-Blanco vd., 2013).

Organik maddenin topraktaki kimyasal fonksiyonları ise, organik madde, özellikle N, P, S ve K'nın doğrudan tedarikinde bir bitki besin kaynağı olmasıdır ve organik girdiler, özellikle kumlu topraklarda CEC'yi artırır ve oksit mineralojisine sahip güçlü asitli topraklarda Al toksisitesini ve P-fiksasyonunu azaltır (Savala et al., 2003, Negassa et al., 2007).

Diacono ve Montemurro (2010) ve Mwititi Mutegi et al. (2012), her ikisi de inorganik gübrelere kıyasla kompost uygulamasıyla organik C'de önemli bir artış olduğunu bildirmiştir.

Organik maddenin topraktaki biyolojik fonksiyonları ise, temelde topraktaki makrofauna ve mikroorganizmaların aktivitesini uyarır ve besin salınımına katkıda bulunmasıdır.

Mikroorganizmalar büyümeleri için N'ye ihtiyaç duyarlar, bu nedenle organik maddeleri parçalarlar ve besinleri serbest bırakırlar.

Bu işlem N'nin topraktan mikro-organizmalar tarafından hareketsizleştirilmesini içerir (Savala et al., 2003; Diacono ve Montemurro, 2010).

Hayvansal ve bitkisel atıkların tarım sistemlerinde gübre olarak kullanılması bitkisel üretim gelişimi için olumlu sonuçların ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Organik atıkların kompostlanarak topraklara uygulanması bitkisel üretimi arttırmada son derece önemli olan uygulamalardan biridir. Termofilik süreçten geçen kompostun topraklara uygulanmasıyla birlikte olumsuz etkiler de ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle modern yöntemlerden oluşan yeni kompostlama teknikleri ve yöntemleri daha çok tercih edilmektedir.

2.4. Organik Atıkların Geleneksel Kompostlanması

Kompostlama, organik maddelerin aerobik ve anerobik koşullarda mikroorganizmalar vasıtasıyla kararlı hale getirildiği biyolojik bir işlemdir. Kompost biyolojik olarak ayrıştırılan ısının bir sonucu olarak yüksek sıcaklıklara izin veren

koşullar altında organik substratların biyolojik bir ayrışmasının ve stabilizasyonunun ürünü olarak tanımlanır (Fracchia et al., 2006).

Proses çoğunlukla organik maddenin mineralizasyonu ve nemlendirilmesi için aerobik koşullar gerektirir (Martínez-Blanco et al., 2013). Bir miktar anaerobik kompostlama da meydana gelir, ancak aerobik kompostlamadan çok daha yavaş ve kokusuz gerçekleşmektedir (Gardiner ve Miller, 2008).

Kompost zengin bir organik madde kaynağıdır. Toprak organik maddesi, toprak verimliliğinin sürdürülmesinde ve dolayısıyla sürdürülebilir tarımsal üretimde önemli bir rol oynar. Bitki besin kaynağı olmasının yanı sıra toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir. Bu iyileştirmelerin bir sonucu olarak, toprak (i): kuraklık, hastalıklar ve toksisiteye daha direçli olur; (ii) bitki besin maddelerinin daha iyi alınmasında bitkiye yardımcı olur, iii) güçlü mikrobiyal aktivite nedeniyle aktif bir besin döngüsü kapasitesine sahip olmasına yardımcı olur

Kompostlama birkaç şekilde tanımlanır, ancak tüm tanımlar, kompostlamanın, toprak atıkları için organik atıkların bitkiler ve toprak canlıları için stabil besin elementlerine dönüştürmenin etkili bir yolu olduğu sonucuna varmıştır (Kumar Srivastava et al., 2011; Vincelas-Akpa ve Loquet, 1997)

Günümüz de gıda atıklarının ve çeşitli tarımsal yan ürünlerin farklı sistemlerle işlenmesi ve değerlendirilmesi önem taşımaya başlamıştır (Das et al., 2003)

Kompostlama işlemi, hızlı bir ayrışma ve sıcaklık birikimi periyodu, ardından kalan organik substratların daha soğuk ve daha yavaş bir düşüşü ile karakterize edilir. Kompostlama, kontrollü koşullar altında mikro organizmalar tarafından organik maddenin "çürümesi" veya ayrışmasının doğal süreci olarakta tanımlanmaktadır. Bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, yemek atıkları, bazı belediye atıkları ve uygun endüstriyel atıklar gibi ham organik maddeler kompostlama işlemine tabi tutulduktan sonra gübreleme kaynağı olarak toprağa uygulanabilir.

Kompostlama, biyolojik olarak parçalanabilir organik maddeyi humusa benzer bir ürüne dönüştürmek için doğal olarak oluşan mikroorganizmaları kullanan biyolojik, aerobik bir süreçtir (Imbeah, 1998).

Kompostlama Bitki yetiştiriciliğinin yanı sıra toprak düzenleyici ve aynı zamanda büyüme düzenleyicisi olarak da kullanılan hijyenik, humus bakımından

zengin ve kararlı bir ürüne benzer malzemelere dönüştürülmesi için gıda atıklarını yönetmek amacıyla iyi bilinen bir yöntemdir (Lee et al., 2004; Kim et al., 2006).

Kompostlama; organik maddelerin aerobik ve anerobik koşullarda mikroorganizmalar vasıtası ile kararlı hale getirildiği biyolojik bir işlemdir. Kompostlama iki faza ayrılır. Ayrışmanın daha yoğun olarak gerçekleştiği ve bu nedenle kompostlamanın aktif fazını oluşturan termofilik evre, sıcaklığın azaldığı ve olgunlaşmanın yavaşladığı mezofilik evre. Aktif fazın süresi atık özelliklerine ve kontrol parametrelerinin (havalandırma ve sulama) yöntemlerine bağlıdır. Termofilik kompostlaştırmada, işlemin termofilik aşamasında NH₃'ün uçucu hale getirilmesi sonucu nitrojen kaybı işlemin en büyük dezavantajıdır (Edwards et al.,2011). Kompostlama yoluyla, heterojen taze organik materyal homojen ve iyi dengelenmiş humus benzeri bir ürüne dönüşür (Zuconi ve Bertoldi, 1987). Geleneksel kompostlama aerobik koşullarda termofilik olarak gerçekleşmektedir.

2.5. Kompostlama Tipleri

Kompostlaştırma ayrışma sürecine bağlı olarak iki şekilde meydana gelir. Anaerobik kompostlama ve Aerobik kompostlama olarak. Oksijenin (O) bulunmadığı veya sınırlı olduğu ayrışmalar anaerobik kompostlama olarak ifade edilir. Bu yöntem de anerobik mikroorganizmalar baskındır ve metan, organik asitler, hidrojen sülfür ve diğer maddeleri içeren ara bileşikler oluşur, oksijensiz ortamda bu bileşiklerin çoğu güçlü kokulara sahiptir ve bazıları ise fitotoksisite gösterir. Anaerobik kompostlama düşük sıcaklıklı bir işlem olduğundan, yabancı ot tohumlarını ve patojenleri bozulmadan ortamda kalabilir. Aerobik kompostlama, bol miktarda O varlığında gerçekleşir. Bu işlemde, aerobik mikroorganizmalar organik maddeyi parçalar ve nispeten kararlı organik son ürün olan karbondioksit (CO₂), amonyak, su, ısı ve humus üretir. Aerobik kompostlama organik asitler gibi ara bileşikler üretebilse de, aerobik mikroorganizmalar bunları daha fazla ayrıştırır. Elde edilen kompostun, nispeten kararsız organik madde formuyla, fitotoksisite riski çok düşüktür. Üretilen ısı, proteinlerin, yağların ve selüloz ve hemiselüloz gibi kompleks karbonhidratların parçalanmasını hızlandırır. Bu nedenle, işlem süresi daha kısadır. Dahası, bu işlem, yeterince yüksek sıcaklığa maruz kalması koşuluyla, insan veya bitki patojenleri olan yabani mikroorganizmaları ve yabancı ot tohumlarını yok eder.

2.6. Kompostlamanın Temelleri

Haug (1993), kompostlamayı biyolojik olarak üretilen ısının bir sonucu olarak termofilik fazların gelişmesine izin veren koşullar altında, organik olan çevresel maddelerin biyolojik ayrışma ve stabilizasyonu olarak tanımlar ve olumsuz çevresel etkilere mağruz kalmadan toprağa depolama ve uygulama için yeterince kararlı bir nihai ürün olduğunu bildirmektedir.

Heterotrofik oksidasyon ve çevreye yavaş ısı salınımıyla birlikte artan mikrobiyal ısı üretimi nedeniyle sıcaklık artmakta ve termofilik mikroorganizmalar için koşullar oluşmaktadır (Savala et al., 2003).

Kompostlama, organik bileşiklerin doğal mineralizasyonundan farklı olarak toprağın üst katmanında gerçekleşir, kompost yığınlarındaki sıcaklık, kendiliğinden ısınarak mezofilik (25-40 °C) ve termofilik mikroorganizmalar tarafından 50-70 °C aralıklarına kadar sıcaklık artabilir bu durum önemli bir aşamadır.

Kompostlama sürecinin zaman-sıcaklık seyri 4 aşamaya ayrılabilir ():

(1) İlk aşama, psikrofilik aşama ile başlar ve 25 ° C'nin altındaki sıcaklıklarla kompostlama işleminin ilk aşamasıdır. Psikrofilik bakteriler, diğer bakteri türlerine kıyasla sadece az miktarda ısı verir. Bununla birlikte, ürettikleri ısı, kompost yığın sıcaklığını mezofilik bakteri ve mantarların geçtiği noktaya kadar yükseltmeye yardımcı olmak için yeterlidir. Mezofilik bakteri ve mantarların çeşitli popülasyonu çoğalır ve öncelikle hazırda bulunan besin maddelerini azaltırlar ve bu süreçte sıcaklık böylece yaklaşık 45 °C'ye kadar artabilir. Mezofilik aşama, 25 ila 40 ° C arasında değişen sıcaklıklarla ayrışma sürecini başlatır ve bakteri ve mantarların büyümesine izin verir. Bu aşamadaki mikroorganizmalar biyomateryalleri etkili bir şekilde parçalamaktadır. Bu noktada faaliyetleri sona erer ve vejetatif hücreler ve hifler ölür ve sonunda yok olur ve sadece ısıya dayanıklı sporlar hayatta kalır.

(2) Kısa bir gecikme süresinden sonra (her zaman görünmez), daha fazla veya daha yavaş sıcaklık artışı meydana gelir. İkinci faz, aktinomisetler ve mantarları içeren bir termofilik evredir ve mikroorganizma popülasyonunun gelişimi ile karakterize edilir. Stabilizasyonu sağlamak ve kompostu pastörize etmek için gerekli olan termofilik aşamadır. Zararlı organizmalar ortadan kaldırılır ve kompost yığını detoksifiye edilir. Bu aşamada, sıcaklıklar 75 °C' ye kadar yükselebilir, ancak normal olarak 50-60 °C civarındadır. Bu mikroorganizmaların optimum sıcaklığı 50 ila 65 °C arasındadır ve bu popülasyonun aktiviteleri 70-80 °C'de sona ermektedir.

Kompostun olgunlaştığı, mikroorganizmaların hazır bulunan besinleri tükettiği, antibiyotikler ve hümik asitlerin oluştuğu uzun bir süre takip eder. En yüksek mikrobiyal çeşitlilik ilk mezofilik aşamada bulunur. İlk mezofilik aşamada topluluklara mantar ve gram negatif bakteriler hakimdir. Bunların yerini termofilik aşamada gram-pozitif bakteri ve aktinomisetler alır (Cahyani et al., 2002). Çoğu karbon CO₂ kaybı olarak kaybedilir, ancak CH₄ üretimi organik C kaybını açıklayabilir (Fukumoto et al., 2003). Kompostlama ortamlarının çoğunda, kompostlama sürecinin erken aşamalarında yüksek sıcaklık dönemlerinde CO₂ üretimi ve oksijen tüketimi zirve yapar.

(3) Üçüncü faz, mikrobiyal ısı üretimi ve ısı dağılımıdır birbirini dengelediği için önemli sıcaklık değişimleri olmadan sabit bir dönem olarak kabul edilebilir. Mikrobiyal popülasyon termofilik bakteri, aktinomisetler ve mantarlardan oluşmaya devam etmektedir. Bakteri, mantar ve aktinomisetler selüloz, lignin ve diğer dirençli maddeleri parçalamaktadır. Termofilik aşama, oksijenin ne kadar iyi verildiğine (O₂) ve substratın kalitesine ve miktarına bağlı olarak birkaç gün sürebilir. Kompost yığının içinde, sıcaklıklar dışarıdan çok daha yüksektir, bu nedenle ayrışma ve daha iyi havalandırma sağlamak için periyodik tekrarlamaya gereklidir.

(4) Dördüncü aşama, kademeli olarak bir sıcaklık düşüşüyle karakterize edilir; kompostlama sürecinin olgunlaşma aşaması olarak tanımlanır. Sıcaklık stabilize olur, çünkü substrat mikroorganizmalar için bir sınır haline gelir (Kutzner, 2000; Savala et al., 2003; Hubbe et al., 2010).

Kararlılık ve olgunluk terimleri, kompostlama işlemi sırasında organik maddenin ayrışma derecesini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan parametrelerdir. Kompost, organik bir gübre olarak kullanım için olgunlaşmış ve biyolojik aktivitenin yavaşladığı malzeme olarak tanımlanmalıdır. Olgun terimi ayrıca fenollerin varlığı ve düşük moleküler ağırlıklı organik asitler nedeniyle kompostun fitotoksikite derecesini de ifade edebilir. Olgunlaşmamış kompost hala sıcaktır, kötü kokar, geniş bir C / N oranına ve yüksek amonyum içeriğine sahiptir, ancak toprağa katıldıktan sonra parçalanmaya devam eder. Olgun kompost kokusuzdur, ince bir dokuya ve koyu renge sahiptir ve çok az N, P veya K içerir (Mohee, 2007).

Kompostun stabilitesi, mikrobiyal biyokütlenin aktivite seviyesini ifade eder ve oksijenin alım oranını, karbondioksit üretim oranını veya mikrobiyal aktivitenin bir sonucu olarak açığa çıkan ısı ile belirlenebilir (Iannotti et al., 1994; Conti et al., 1997).

Komposant olgunluğu, aktif olarak kompostlama aşamasında üretilen fitotoksik organik maddelerin ayrışma derecesini belirtir (Wu vd., 2000). Kompostlama işlemi sırasında, karbonlu ve azotlu bileşikler, mikroorganizmaların aktivitesi yoluyla, toprak hümitik maddesine kimyasal olarak benzeyen daha kararlı kompleks organik formlara dönüştürülür (Diacono ve Montemurro, 2010).

2.7. Kompostlama Yöntemi Seçimi

Sistemin seçiminde, kompostlanacak atığın içeriği ve ekonomik koşullar önemli olmaktadır. Koşulları en iyi şekilde öne çıkaran yöntem olduğundan Windrow yöntemi kullanılmaktadır. Windrow yöntemi ile karışımların homojen bir şekilde karıştırılması kirletici sızıntı sularının yığınlardan daha kontrollü şekilde uzaklaştırılması açısından önemlidir. Windrow sisteminin diğer avantajları arasında kompostlama kısaltılmış mezofilik (25–45 °C) ve termofilik (45–75 °C) aşamalarının, patojenik mikroorganizmaların sayısında azalmaya neden olması ve dolayısıyla daha değerli nihai ürün elde edilmesi yer almaktadır. Kompostlamanın avantajlarını kısaca özetlenecek olursak, artan tarımsal üretkenlik, gelişmiş toprak biyoçeşitliliği, azaltılmış kirlilik, sağlıklı ekoloji, daha iyi bir çevre, artan toprak verimliliği ve toprak sağlığı olarak belirtilebilir.

2.8. Aerobik Kompostlanmayı Etkileyen Faktörler

2.8.1. Havalandırma

Aerobik kompostlama, özellikle ilk aşamada büyük miktarlarda O gerektirir. Havalandırma O'nun kaynağıdır ve bu nedenle aerobik kompostlama için vazgeçilmezdir. O vsarlığı sınırlandırıldığında aerobik mikroorganizmaların büyümesi sınırlıdır, havalandırmada yığında sıkışan aşırı ısı, su buharı ve diğer gazları giderir. Aşırı ısınma ve yangın riski daha yüksek olduğundan, sıcak iklimlerde ısı giderme önemlidir. Bu nedenle, verimli kompostlama için iyi havalandırma vazgeçilmezdir. Malzemelerin fiziksel kalitesi (parçacık boyutu ve nem), yığın ve havalandırma ile ve yeterli karıştırma sıklığının sağlanmasıyla elde edilebilir.

2.8.2. Nem

Mikroorganizmaların metabolik aktivitesini desteklemek için nem en önemli faktördür. Kompostlama malzemeleri %40-65 nem içeriğini korumalıdır. Yığının çok kuru olduğu yerlerde kompostlama daha yavaş gerçekleşirken, % 65'i aşan nem içeriği anaerobik koşullar geliştirir. Pratikte, yığının % 50-60 nem içeriğiyle başlatılması ve yaklaşık % 30'da bitirilmesi tavsiye edilir.

2.8.3. Karbon: Azot oranı ve Besin Elementleri

C:N oranı, bir kompostlama veya vermikompostlama işleminden geçen malzemelerin gelişimini takip etmek için en yaygın olarak kullanılan parametrelerden biridir ve hammaddelere bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterir. Olgun bir kompostun veya vermikompostun C:N oranı ideal olarak 10 civarında olmalıdır, ancak bu, geri tepkisiz organik bileşiklerin veya kötü şekilde ayrışan materyallerin varlığından dolayı neredeyse hiç gerçekleşmemektedir. C:N oranı ile ilgili en kritik husus, olgun ürünlerin toprağa ayrışmasının, N mineralinin salınmasıyla sonuçlanacağı veya toprak çözeltilisinde N için bitkiler ile rekabetin neden olacağıdır. C:N olgun kompostlarda ve vermikompostlarda 14-20 arasında değişen C:N oranları, daha fazla ayrışmaları yavaş olduğu ve topraktan N ek olarak fazla kullanmadığı sürece kabul edilebilir.

Mikroorganizmalar, birincil besin maddeleri olarak C, N, P ve K gerektirir. Hammaddelerin C:N oranı özellikle önemlidir. Hammaddelerin optimal C:N oranı 25:1 ile 30:1 arasındadır, ancak 20:1 ile 40:1 arasındaki oranlar da olanlar da mevcuttur. Oranın 40:1'den yüksek olduğu durumlarda, mikroorganizmaların büyümesi sınırlıdır ve burum kompostlama süresinin uzamasına neden olur. 20:1'den düşük bir C:N oranı, N'nin yetersiz kullanımına yol açar ve fazlalık, amonyak veya azot oksit olarak atmosfere kaybolabilir ve koku bir sorun olabilir. Sonuç olarak nihai ürünün C:N oranı yaklaşık 10:1 ile 15:1 arasında olmalıdır.

2.8.4. Hava Sıcaklığı

Kompostlama işlemi iki sıcaklık aralığını içerir: mezofilik ve termofilik. İlk kompostlama aşaması için ideal sıcaklık 20–45 °C iken sonraki aşamalarda termofilik organizmaların devralmasıyla, 50-70 °C sıcaklık aralığı ideal olabilir. Yüksek sıcaklıklar, aerobik kompostlama sürecini karakterize eder ve güçlü mikrobiyal aktivitelerin göstergesidir. Patojenler normalde 55 °C ve üzerinde yok edilirken yabancı ot tohumlarının yok edilmesi için kritik nokta 62 °C'dir. Sıcaklığı düzenlemek için yığınlar düzenli karıştırılmalı ve havalandırılmalıdır.

Bitkisel atıklar ve hayvansal dışkıları gibi organik materyallerin termofilik kompostlama sürecinde, pek çok çalışmada ortaya konulduğu gibi, yığın sıcaklığı bir süre 45- 65 °C arasında muhafaza edilmelidir (Nielsen ve Berthelsen, 2002; Gray ve Sherman, 1969; Poincelot, 1972; Zucconi ve de Bertoldi, 1987). Termofilik kompostlama sürecindeki sıcaklık artışı patojen mikroorganizma popülasyonu ve

çeşitliliğini düşürürken, yabancı ot tohumları ve zararlı böcek larvalarını inaktive etmektedir. Termofilik kompostlama termofilik evre ve olgunlaşma evresi olmak üzere 2 fazdan meydana gelmektedir (Durmuş ve Kızılkaya, 2018; Dominguez ve Edwards, 2011).

Geleneksel kompostlama olarak adlandırılan termofilik kompostlama sürecine ait diğer bir önemli ekolojik koşul ise ortam pH'ıdır. Poincelot (1972) yaptığı çalışma sonuçlarına göre, kompostlama işlemine farklı spektrumdaki organizmalar katıldığı için bunların pH'a karşı nispeten duyarsız olması da söz konusu olduğunu belirtmiştir. Kompostlama işleminde ortam pH'sının 6,5-8 arasında olması istenmekle beraber kompostlanma sürecinin doğal tamponlama yeteneğinden dolayı daha geniş bir aralıkta bu sürecin gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır. Kompostlama, pH 4,5 ile 5 arasında etkin bir şekilde ilerlemekle beraber, pH 5,5'ta veya pH 9'da da gerçekleşebileceği ancak nötral (pH 7) koşullar ile karşılaştırıldığında sürecin daha yavaş gerçekleşeceği benzer çalışmalarda belirtilmiştir (Iqbal et al., 2010; Sundberg et al., 2004).

Bilen ve Sezen (1993)'e göre, ortam pH'sının en büyük etkisi ortamın N içeriği üzerine olmaktadır. Ortam pH'sı 8.5'ten büyük olduğunda azotlu bileşikler amonyağa dönüşebilmekte, pH'ın 8'den küçük olması ise amonyak oluşumunu azalttığını açığa çıkan amonyanın ise, gaz formunda ortamdan uzaklaşarak ortamın azot içeriği düşürdüğünü açıklamışlardır. Bununla birlikte kompostlama sürecinde ortamın nem içeriğine bağlı olarak azotun sıvı amonyak şeklinde ortamda kalması da söz konusudur.

2.9. Kompost Uygulamalarının Toprakların Kimyasal Özelliklerine Etkileri

Kompost, N, P, K, Ca, Mg, S ve pek çok iz elementler de dahil olmak üzere önemli miktarda değerli bitki besin elementleri içerir (Agegnehu et al., 2014 ve Madeleine et al., 2005).

Öte yandan, bitki besin maddelerinin yavaş ve kademeli olarak açığa çıkması nedeniyle besin elementi varlığı bakımından gübrelemenin etkisi daha uzun sürmektedir (Seran et al., 2010).

Toprak pH'ı toprak asitliği veya toprak alkalinitesinin bir göstergesidir ve bir toprak süspansiyonundaki hidrojen iyonları aktivitesinin negatif logaritması olarak tanımlanır. Bitki yetiştiriciliği için çok önemli bir parametredir, çünkü birçok bitki ve

toprak organizması hafif alkalın veya asidik koşulları tercih eder ve bu nedenle bitki ve topraktaki mikroorganizmalarının faaliyetlerini etkiler.

Ek olarak pH, topraktaki besin maddelerinin varlığını etkiler. Kompost uygulaması, mineralizasyon nedeniyle organik maddenin parçalanmasıyla açığa çıkan Ca, Mg ve K gibi alkali katyonlardaki zenginliği nedeniyle sınırlayıcı bir etkiye sahiptir (Agegehu et al., 2014). Benzer şekilde, toprağa düzenli uygulanan kompost materyali toprak pH'ını korur veya artırır (Soheil et al., 2012).

Kluge (2006) yaptığı çalışma sonuçlarına göre; topraklara orta derecede kompost uygulamalarında bile, pH değerinde önemli bir artış olduğunu doğrulamıştır.

2.10. Kompost Uygulamalarının Toprak Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri

Kompost kullanımının en önemli etkilerinden biri de toprağın biyolojik özelliklerinin geliştirilmesidir. Toprak mikroorganizmaları toprak sisteminin işleyişini belirlemede önemli bir role sahiptir, ancak bu işleyiş mevcut karbon arzına bağılı olarak değişmektedir.

Brown ve Cotton'un (2011) bildirdiği gibi, kompost uygulanması kontrol topraklarına kıyasla mikrobiyal aktiviteyi arttırmıştır. Kompostun hem kompost substratındaki mikrobiyal topluluk hem de topraktan doğan toprak mikrobiyal aktivitesi üzerinde bir uyarıcı etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Kompost uygulanan topraklarda kontrol topraklarına kıyasla mikrobiyal aktivitenin 2,23 kat daha fazladır çünkü kompostta bulunan organik madde mikroorganizmalar için besin ve enerji kaynağıdır. Bununla birlikte, organik maddenin iki kısmı genel olarak mikrobiyal aktivite seviyesinden sorumludur: (i) Kolayca bozunabilir organik bileşikler (kararsız organik madde havuzu) mikrobiyal aktiviteyi ve biyokütleyi geçici olarak artırmaktadır (ii) mikrobiyal biyokütlenin sürekli olarak artması, özellikle olgun kompost ilavesi ile teşvik edilen kararlı organik maddenin sürekli olarak geliştirilmesine bağılı olarak değişmektedir (Paul, 2003).

Paul (2003) çalışmasında gübre olarak kullanılan kompostun ve mineral gübrelerin toprak biyolojik aktivitesi üzerindeki uzun vadeli etkilerini incelemiş ve kompost uygulanan tarla parsellerinde mikrobik aktivitenin arttığını belirlemiştir.

2.11. Kompost Uygulamalarının Ürün Verimi Üzerine Etkisi

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri üzerindeki birçok olumlu etkileri nedeniyle, kompost uygulamaları ürün verimliliğinin ve ürün kalitesinin dengelenmesine ve artmasına neden olmaktadır (Tayebeh et al., 2010; Amlinger et al., 2007; Giusquiani et al.,1995; Nardi et al., 2004; Adani et al., 2007; Lima et al., 2009; Ceccanti et al., 2007).

Laila ve Ali (2011) çalışmalarında, kompost uygulamasının kontrol uygulamasına göre mısırın pazarlanabilir veriminde, 5 ve 7 ton ha⁻¹ oranında kompost uygulanması sonunda sırasıyla %107 ve 124 oranında artış sağladığını belirlemişlerdir.

Kompostun uygulamalarının toprağın biyolojik özellikleri üzerinde iyileştirici etkileri olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Lee et al., 2004). Sonuç olarak, toprağa kompost uygulanması, mahsulün büyümesini, verimini ve kalitesini artırabilir (Smith et al., 2001; Garcia-Gomez et al., 2002). Kompostların bahçecilik ürünlerinin topraksız kültürde kullanım kabiliyeti de bir dizi çalışmalarla ortaya konmuştur (Khalighi ve Padasht Dehkaei, 2000). Ayrıca çay atığı kompostunun da daha yüksek nitrojen içerdiği için büyümeyi hızlandırdığı farklı çalışmalarda ortaya konmuştur (Westerveld et al., 2003; Khalighi ve Padasht Dehkaei, 2000, Padasht Dehkaei, 1998; Verdonck et al., 1983).

Bouajila ve Sanaa (2011), yapmış oldukları bir çalışmada gübre ve evsel atıkların kompostunun uygulanmasının organik karbonun önemli ölçüde artmasına neden olduğunu ve en verimli sonuçların kompost uygulamasında olduğunu bildirmişlerdir.

Brown ve Cotton (2011) kompost uygulanmış toprakların, kontrol topraklarına kıyasla yüksek makro ve mikro besin konsantrasyonları içerdiğini ileri sürmüşlerdir.

Hussein et al. (2019), yapılan bir çalışmada üç farklı bitki atığından hazırlanan üç çeşit kompostun (mısır, domates ve asma) verime etkisinin araştırılması ve karşılaştırılması için buğday bitkisi kullanılmıştır. Kompost uygulamaları sonucunda genel olarak toprakların pH, EC ve CaCO₃ miktarları azalırken, KDK, organik madde ve mevcut makro- (N, P, K, S, Ca ve Mg) ve mikrobesein (Fe, Mn, Zn ve Cu) içerikleri artmıştır. Kullanılan kompostların artan uygulama oranları, buğdayın hem saman hem de tahıl veriminde bir artışa sebep olduğu gözlemlenmiştir burada en yüksek verim,

domates kompostu uygulamasında ve ardından asma kompostu uygulamasında elde edilmiştir.

2.12. Vermikompost

Vermikompostlama, biyolojik olarak bozunabilir maddenin solucanlarla vermicast'a dönüştürülmesi işlemini tanımlayan terimdir. İşlemden, organik maddede bulunan besinler kısmen daha fazla biyoyararlı forma dönüştürülür. Vermicast'ın ayrıca, organik maddenin solucan bağırsağından geçişi sırasında aldığı hormonları ve enzimleri içerdiği düşünülmektedir.

Vermikompost, organik maddenin parçalanması sırasında solucanlar ve mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlerden kaynaklanan, besin açısından zengin, mikrobiyolojik olarak aktif bir organik değişikliktir. Düşük C:N oranı, yüksek gözeneklilik ve yüksek su tutma kapasitesine sahip, çoğu besin maddesinin bitkiler tarafından kolayca alınabilen formlarda bulunduğu stabilize, ince turba benzeri bir malzemedir (Domínguez, 2004).

Kompostun aksine, vermikompost mezofilik koşullar altında üretilir ve mikroorganizmalar organik maddeyi biyokimyasal olarak parçalasa da solucanlar, alt tabakayı havalandırdıklarından, koşullandırdıklarından ve parçaladıklarından, böylece mikrobiyal aktiviteyi önemli ölçüde değiştiren sürecin önemli itici güçleridir. Solucanlar mekanik karıştırıcılar gibi davranırlar ve organik maddeyi parçalayarak C:N oranını yavaş yavaş azaltarak ve mikroorganizmalara maruz kalan yüzey alanını artırarak fiziksel ve kimyasal durumunu değiştirirler, böylece mikrobiyal aktivite ve daha fazla ayrışma için çok daha elverişli hale gelirler (Domínguez et al., 2010; Ansari ve Sukhraj, 2010).

Toprak solucanları Annelida ailesi ve Oligochaeta sınıfına ait omurgasızlardır. Solucanlar, uzun, iplik benzeri, silindirik, yumuşak gövdeli hayvanlardır ve tüm vücutları boyunca tek tip halka benzeri yapılara sahiptirler. Solucanların vücut duvarı vücut yüzeyindeki çok küçük gözeneklerden düzenli aralıklarla çıkan vücut sıvıları tarafından her zaman nemli tutulur. Solucanların belirli bir görme, işitme veya koku alma organı yoktur, ancak bu duyuşal işlevleri yerine getirmek için vücutlarının uzunluğu boyunca özel hücreler vardır. Solucanlar hem erkek hem de dişi gonadlara sahiptir. Serbest larva aşaması olmadan yumurtaları bir kozaya bırakırlar.

Vermikompostlama için yaygın olarak kullanılan epigeik türler *E. eugeniae* ve *Eisenia foetida*'dır. Vermikompost üretmek için en uygun tür, kırmızımsı kahverengi ve sıradan solucanlardan daha küçük olan *Eisenia foetida*'dır

Yüksek büyüme oranı sergilerler. Ancak *E. foetida*, sıcaklık için *E. eugeniae* ve *P. excavatus*'dan daha geniş bir toleransa sahiptir, bu da türlerin yüksek sıcaklıklı (genellikle 43°C kadar yüksek) ve daha düşük toprak sıcaklığında (genellikle 5'in altında) alanlarda bulunmasına izin verir (Gajalakshmi ve Abbasi, 2004).

Solucanlar çeşitli organik atıkları tüketirler ve atık yığınının hacmini %40-60 azaltırlar. Her solucan yaklaşık 0.5 ila 0.6 g ağırlığındadır ve günde vücut ağırlığına eşdeğer miktarda organik materyal yer ve bir günde tükettiği materyalin yaklaşık %50'sine eşdeğer miktarda dışkı üretirler (Nagavallemma et al., 2004). Yani kilogram başına yaklaşık 1000 ila 2000 solucan vardır. Normal koşullarda iki nesil (yavrudan yavruya) arasındaki mesafe yaklaşık 3 aydır ve solucanların ömrü 1-2 yıldır. Vermikompostlama, atık dönüşüm sürecini geliştirmek ve daha iyi bir son ürün üretmek için belirli toprak solucan türlerinin kullanıldığı basit bir biyoteknolojik kompostlama sürecidir ve süreç büyük ölçüde ekolojik koşullara bağlıdır.

Vermikompost başka bir deyişle, organik materyallerin (bitkisel ve hayvansal artık ve atıklar) ortamdaki solucanların sindirim sisteminden geçerek hızlandırılmış bir humufikasyon, detoksifikasyon, stabilizasyon ve sanitizasyon süreci sonunda açığa çıkan stabil bir organik materyaldir (Kızılkaya ve Hepşen, 2014 ve Kızılkaya et al., 2012). Geleneksel kompostlama yöntemlerinde olduğu gibi sıcaklık artmamaktadır, süreç mezofiliktir. Dolayısıyla, organik atık ve artıklar ortamdaki mikroorganizmalarca fermente edildikten sonra solucanların sindirim sisteminden geçirilerek hızlandırılmış bir humufikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulmaktadır (Hepşen Türkay,2010; ve Edwards et al.,2011). Kompostlamada olduğu gibi, aktif fazın süresi sabit değildir ve solucanların türüne ve popülasyon yoğunluğuna ve beslenme oranına) bağlı olacaktır. Kompostlama atıkların sterilize edilmesini ve toksik bileşiklerin giderilmesini sağlar ve sonraki vermikompostlama partikül büyüklüğünü azaltır ve besinlerin kullanılabilirliğini artırır. Hem kompostlama hem de vermikompostlama organik atıkların mikroorganizmalar, nem ve oksijen içerikleri arasındaki karmaşık etkileşimleri içeren aerobik biyobozunma işlemleridir (Edwards et al.,2011)

Bununla birlikte, kompost ve vermikompost arasındaki en dikkat çekici farklılıklar biyolojik özellikleri ile ilgilidir. Kompostlama ve vermikompostlama, aynı organik atık hammadde malzemesi kullanıldığında bile hem nihai substratın biyolojik özelliklerini koşullandıran bakteriyel topluluk bileşiminde (Vivas et al., 2009) ve mantar varlığında (Lazcano et al., 2008) önemli farklılıklara neden olan iki farklı biyolojik süreçtir.

2.13. Organik Atıkların Vermikompostlanması

Sing ve Sinha (2022) çalışmalarında, her gün milyonlarca ton organik atığın (gıda, çiftlik ve yeşil atık) düzenli depolama alanlarına girmekte ve yerel yönetimlerin bunları güvenli bir şekilde yönetmesi için büyük ekonomik ve çevresel sorunlar yarattığını ayrıca düzenli depolama alanlarındaki organik atıklar, küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olan devasa ve güçlü sera gazlar (3640 mg CO₂-e /m²/saat) ve uygun şekilde boşaltılmazlar ve örtülmezlerse bazı zehirli gazlar (Ksilen ve Toluene gibi) yaydıklarını belirtmişlerdir. Çözüm olarak en iyi yöntemin ise organik atıkların solucanlar tarafından solucan gübresi haline getirilmesi olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada vermikompostlamanın vermikompostların üstünlüklerini ve avantajlarını şu şekilde açıklamışlardır;

Organik atıkların vermikompostlanması, düzenli depolama alanlarından kaynaklanan büyük emisyonlara kıyasla, sera gazı emisyonlarını da önemli ölçüde azaltacaktır. Solucanların solöm olarak adlandırılan vücut sıvısı, vermikompostlama sırasında üretilen güçlü bir biyo-pestisit olduğunu, vermikompostun içeriği kimyasal içermeyen, son derece vitamin ve mineral bakımından zengin ve aynı zamanda koruyucu organik (antioksidanlar açısından zengin) yapıdadır. Vermikompost ayrıca yüksek toprak nemi tutma kapasitesine sahiptir (yaklaşık yüzde 30-40) ve dolayısıyla su ihtiyacını da azaltmaktadır. Solucanlar her 60-70 günde bir nüfuslarını ikiye katlayarak çok hızlı çoğaldıklarından, solucanların devasa biyokütlesi de organik atıkların solucan gübresi ile kompostlanmasının değerli bir yan ürün olarak açığa çıkmaktadır. Solucanların modern dünyada, insanları çeşitli hastalıklardan ve ayrıca kalp hastalıkları ve kanserlerden korumak için vermi-ilaçların üretiminde, sığır, kümes hayvanları ve domuz yetiştiriciliği için protein açısından zengin solucan unu üretiminde süt ve et üretimini artırmak gibi birçok yeni kullanım alanı bulunmaktadır. Bu yeni alanlardan birisi de biyolojik olarak parçalanabilen deterjan ve yağların üretimi için kullanımınıdır. Organik atıkların solucan gübresi ile kompost haline

getirilmesi ve temiz ve besleyici suyun çiftlik sulamasında yeniden kullanılması için atık suyun vermifiltrasyonu ve yeryüzündeki kimyasal olarak kirlenmiş toprakların ve toprakların tarım için kullanılabilir ve hatta verimli hale getirilmesi için vermiremediasyonu gibi teknolojilerin teşvik edilmesi için kullanılabilirliği mevcuttur. Solucanların katı veya sıvı herhangi bir ürünü detoksifiye etme ve dezenfekte etme kapasitesi bulunmaktadır. Solucanlar genetik olarak güçlü bir bağışıklık sistemine ve savunma mekanizmalarına sahiptirler.

Araştırmacılar sonuç olarak, vermikompostlamanın kendi kendini geliştiren ve düzenleyen, sıfır atık teknolojisine sahip, düşük veya hiç enerji gerektirmeyen, sürdürülebilirliği ve bakımı kolay olan sistemler olduğunu vurgulamışlardır.

Ali (2011), çalışmasında, pamuk bitkisi artıklarının geleneksel kompost ve vermikompost yöntemleriyle kompostlanmasının son ürünün kimyasal içeriği, biyolojik içeriği, pamuk atığı yığınındaki pamuk bakteriyel yanıklığının fitotoksitesine etkisi ve çavdar bitkisi yetiştiriciliğinde verime etkisini araştırmıştır. Vermikompostun kompostta göre alınabilir besin elementlerince daha zengin olduğunu ve çavdarda daha yüksek verim sağladığını belirlemişlerdir. Vermikompostlama ile bakteriyel yanıklığın engellenebildiğini saptamışlar ve kompostlama işlemi yerine vermikompostlama yapılabileceğini rapor etmiştir.

HeenaKaiser ve MeenaKhwairakpam (2021), Çalışmalarında, istilacı yabancı otların biyolojik olarak parçalanması için kullanılan birleşik teknolojiler üzerine çok sınırlı çalışmalar olduğundan, solucan gübresi üretim teknolojilerinin kompostlanma süresi üzerine etkileri araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre vermikompostlamanın kompostlama süresinin kısaltılması için en iyi yöntem olduğu ve geleneksel komposttan daha üstün kalitede olgun, kararlı ve besin açısından zengin kompost ürettiği kanıtlanmıştır. Ön kompostlama işleminden geçmiş atıkların solucan gübresi ile kompostlaştırılması için dört ayrı reaktör kurularak ve dört farklı solucan türü (*E. fetida*, *E. euginae*, *P. ceylanesis* ve rastgele seçilmiş) kullanılmıştır. Tüm solucan türlerinin atıklarından yapılan solucan gübresinde, kontrolden daha iyi bir besleyici değer belirlenmiştir. Ayrıca, *E. fetida* toplam Kjeldahl nitrojen içeriği %3,24, toplam fosfor 12,87 g/kg ve 22,08 g/kg potasyum içeren solucan gübresi üretmiştir. Tamburlu döner geleneksel kompostlama yönteminde kompostla süresi 60 gün kadar sürmektedir ancak solucanlı kompostlama yönteminde ise bu süre olgunlaşma dahil 15 gün olarak belirlenmiştir. Vermikompost ürününün verime etkisinin

değerlendirilmesi için çalışma kapsamında *Vigna radiata* üzerinde bir çimlenme denemesi de yapılmıştır. Sonuç olarak, vermikompostlamanın en etkili besin geri kazanım yöntemi olduğu belirlenmiş ve yabancı ot yönetimi ve tarım endüstrisinde iki aşamalı kompost ürünlerinin kullanımında fayda sağlayacağı rapor edilmiştir.

Debabrata et al. (2021) yaptıkları bir çalışmada organik atıklara (su sümbülü ve çeltik samanı) kaya minerali ilavesi (kaya fosfatı, dolomit ve mika) ve mikrobiyal aşılardan vermikompost kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Olgun vermikompostun kalitesi üzerindeki etkilerine erişmek için vermikompostlama işlemi sırasında dört mikrobiyal inokülant (*Trichoderma viride*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus polymixa* ve *Bacillus Firmus*) ve üç farklı kaya mineralinin farklı oranlarda karışımları kullanılmıştır. vermikoostların her birinde hümik asit, toplam nitrojen, mevcut fosfor ve değiştirilebilir potasyumda önemli bir artış olurken pH, organik karbon, C/N oranında önemli bir azalma belirlenmiştir. Ayrıca, vermi-stabilizasyon nedeniyle enzimatik aktivitelerin de önemli ölçüde arttığı saptanmıştır. Vermikompostlama işleminde mikrobiyal inokülanlarla birlikte %10 oranında kaya minerallerinin (2 kg organik atık karışımında 200 g) uygulanmasının, kontrol işlemine kıyasla makro besin maddelerinin alınabilirliğini artırdığını saptamışlardır. Sonuçlar, solucanlarla birlikte kaya mineralleri ve mikroorganizmaların kombinasyonunun, besin açısından zenginleştirilmiş solucan gübresi ürünü üretmenin yanı sıra, ayrışmayı kolaylaştırdığını ve kompostlama için gereken toplam süreyi azalttığını göstermiştir.

Huang et al. (2021), çalışmasına göre, vermikompostlama, organik atıkları farklı solucanlar ve mikroorganizmaların etkisiyle besin açısından zengin organik gübreye dönüştürmekle karakterize edilmektedir. Vermikompostlama arıtma çamuru gibi atıkları çevre dostu bir şekilde geri dönüştürebilse de, uzun stabilizasyon süresi endüstriyel uygulamasını sınırlamaktadır. Bu çalışma, suyu alınmış çamurun stabilizasyon verimliliğini artırmak için bir kurutma yöntemi (VD) ile birlikte yeni bir solucan gübresi işleme sürecini araştırmayı amaçlamıştır. VD prosesinde, çamur su içeriği %60,8'den %1,64'e düşürülerek en yüksek elektriksel iletkenliği ve en düşük organik madde içeriği saptanmış ve nihai üründe hümik madde miktarını artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, vermikompostlama ile nihai üründe en yüksek amonyak ve nitrat içeriğine ulaşılmıştır. Ek olarak, VD ürünündeki bakteriyel ve ökaryotik varlığın, solucan gübresi ürününden önemli ölçüde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($P < 0.01$, %15.6 ve %180.7). Sonuçlar son ürünlerdeki olgunluk derecesinin mikrobiyal bileşenle

önemli ölçüde ilişkili olduğunu ve organik formun, vermikompostlama modeliyle çelişen fizikokimyasal özelliklerdeki değişiklik tarafından güçlü bir şekilde yönlendirildiğini ortaya koymuştur.

Ramos et al. (2022), çalışmalarına göre, vermikompostlama yöntemi sığır gübresinin verimli kullanımınının arıtımı için kullanılan biyolojik bir süreçtir, ancak vermikompostlama süresi vermikompostun kalitesini belirlemektedir. Bu çalışma, sığır gübresi vermikompostlama süresinin solucan biyokütlesi üzerindeki etkisini ve vermikompostun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişiklikleri değerlendirmek için yapılmıştır. Sığır gübresi, *Eisenia andrei* solucanları ile aşılansmış ve 0, 15, 30, 45, 60 ve 120 gün boyunca vermikompostlama yapılmıştır. 44 farklı kimyasal, fiziksel ve biyolojik parametre vermikompostlama sürecinin başlangıç (<45 gün) ve son (45-120 gün) günü belirlenmiştir. İlk aşama, yüksek mikrobiyal aktivite ve son aşama, solucan gübresinin yüksek fiziksel-kimyasal dönüşümü ve solucan yoğunluğunda bir artış ile karakterize edilmiştir. Organik madde aromatikliği 45. güne kadar artmış, ardından azalmıştır. Yüksek kaliteli bir organik gübre elde etmek için 30 günlük vermikompostlamanın yeterli olduğu belirlenmiş olsa da matris üretimi için 120 günün ideal ve gerekli olduğu saptanmıştır.

Mago et al. (2021), çalışmalarında, iki çeşit turpgiller sebzelerinin artık biyokütlesinin laboratuvar koşullarında solucan gübresi oluşturma potansiyelini araştırmışlardır. Denemelerinde lahana ve karnabahar artık biyokütlelerine %60 inek gübresi ilavesi yaparak, 90 günlük vermikompostlama uygulamışlardır. Sonuçlar pH'da (%5,3-9,8), Toplam Organik Karbonda (%36,7-42,8); Vermikompostlamadan sonra Elektriksel İletkenlikte (%33-99,4) ve kül içeriğinde (%144,7-187,8) artış ve C:N oranında (%49,5-76,4), C:P oranında (%62,8-66,04) önemli azalma, Toplam Kjeldahl Azotunda (%49,3-85,3), Toplam Mevcut Fosforda (%68,2-98,1), Toplam Potasyumda ise (%91,8-120,3) olarak belirlenmiştir. Vermikompostların FT-IR spektrumları, hammaddelerden daha düşük bant yüksekliklerine ve pik yoğunluklarına sahipti. Bu durumun, organik bileşiklerin ayrışmasını ve solucan gübresinin stabilitesini gösterdiğini belirtmişlerdir. Fitotoksinite düzeyini belirlemek için Çimlenme İndeksi değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, solucanların gelişimi ve üretkenliği, biyokütle kazanımı, kokon üretimi ve solucan büyüme hızı açısından değerlendirilmiştir. Son olarak, Karnabahar atıklarının, lahana atıklarından daha iyi

ayırışma göstermiş ve turpgil sebze atıklarının solucan gübresi üretimi için kullanılabilceğı saptanmıştır.

Pottipati et al. (2022), çalışmalarında organik atıkların bozunmasını artırmak için proses parametrelerinin optimizasyonunu değerlendirmişlerdir. Döner tamburlu geleneksel kompostlama ile organik atıklarla ilgili sorunların azaltabileceğini fakat vermikompostlamanın diğer kompostlama teknolojilerinden daha etkili besinler içerdiğinden, vermikompost uygulaması toprak için daha yararlı olacağını belirtmişlerdir. Yalnızca bu iki kompostlaştırma yönteminin temelde kendine özgü şatları ve sonuçları vardır. Her iki yöntemi birleştirerek, şehirlerden günlük olarak üretilen yüksek organik atık yükleri için benimsenebilecek kompostlamanın olgunlaşma süresini vermikompostlama ile optimize edilebildiğini bildirmişlerdir.

Zhou et al. (2021), yaptıkları bir çalışmada solucan gübresi üretimi sırasında altı tür organik atığın (sığır gübresi, bitkisel atık, pirinç samanı, soya fasulyesi samanı, bahçe atığı ve çay atıkları) fizikokimyasal özelliklerindeki değişikliklere solucan biyokütlesi ve popülasyon yapısının nasıl tepki verdiğini araştırılmışlardır. Vermikomopstlanan organik atığın kimyasal içeriğı solucan aktivitesini ve son ürünün kimyasal içeriğini etkilediğini belirtmişlerdir. Her tür organik atık, solucan *Eisenia fetida* içeren bir kaba yerleştirilmiş ve organik atıkların fizikokimyasal özellikleri ve solucan büyüme dinamikleri, solucan gübresinin 0, 30, 60 ve 90 günlerinde kaydedilmiştir. Solucanların biyokütlesi ve popülasyon yapısı, pirinç samanında, bahçe atıklarında ve vermikompostlamadan sonraki 60 gün içinde sığır gübresinde sabit kaldığı veya arttığı, oysa çay kalıntılarında ve bitki atıklarında günde çok az solucan aktivitesi (3 yetişkin ve 2 kokon) olduğu belirlenmiştir. 30 farklı fizikokimyasal parametre arasında, substratın C/N oranı, solucan büyüme dinamikleri ile negatif ilişkili olduğu saptanmıştır. Ayırışan organik atıklar, daha yüksek NH₄⁺ -N ve NO₃⁻ -N konsantrasyonları, ancak daha düşük bir toplam organik karbon içeriğı göstermiş, bu da solucan büyümesini ve üremesini olumsuz yönde etkilemiştir. Araştırmacılar, vermikompostlama sistemlerinin kimyasal özelliklerinin düzenli olarak izlenmesinin gerekliliğini vurgulamışlardır.

Chatterjee et al. (2021), yaptıkları bir çalışmada, 4 farklı bitki atığı ve hayvan dışkısının kombinasyonlarından eldedilen vermikompostların, yeşil dolmalık biberin (*Capsicum annum* L.) verim ve kalitesi açısından değerlendirmişlerdir. Vermikompost örneklerinde, vermikompostlamanın 40. gün ve son 80. gününde makro besinler, mikro

besinler ve enzimatik aktiviteler belirlenmiştir. Sonuçlara göre, kompostlama sırasında yatak malzemesinin toplam organik karbon içeriği azalmış ve C:N oranı daralmıştır. Çinko, Cu ve Mn içerikleri sırasıyla %6,9–177.3, %28,5–318.5 ve %0,7–207,4 oranında azalırken, Fe içeriği olgunlaştırılmış örneklerde %15.4–64,3 oranında artmıştır. Asit fosfomonoesteraz ve dehidrojenaz aktiviteleri sırasıyla %2.5–26.0 ve %15.5–84,1 oranında azalmıştır; inek ve domuz gübresinden elde edilen vermikompostun β -glukosidaz aktivitesi, olgunlukta %2,0-30,7 oranında artmıştır. NPK gübrelere ile birlikte vermikompost uygulaması yeşil dolmalık biberin morfolojik, biyokimyasal ve verim özelliklerini iyileştirdi ve bu da kontrole göre verimi (%7.1-135.7) artırmıştır. Vermikompostların ayrıca organik C ve bitkide bulunan N, P ve K'yi artırarak toprak verimliliğini de artış meydana getirdiği saptanmıştır. Çalışmanın ayrıca, yerel olarak mevcut bitki atığından ve hayvan dışkısından solucan gübresi üretiminin kaliteli ürünlerle mahsul hasadını sağlayacağını ve toprak verimliliğini artıracaklarını ortaya koyduğunu belirtmişlerdir.

Singh ve Sharma (2002), yaptıkları bir çalışmada ise çalışmalarında önceden kompostlanmış buğday samanının vermikompostlanmasında, süreç boyunca amonifikasyon, amonyağın uçması ve denitrifikasyona bağlı olarak buğday samanı kompostunun toplam azot içeriğinde benzer çalışma sonuçlarıyla paralel olarak bir azalma olduğunu bildirmişlerdir (Martins ve Dewes, 1992; Bernal et al., 1996). Kompostlanmamış materyaller içerisinde henüz tam mineralize olmamış materyaller bulundurulur ancak vermikompost içeriğinde, vermikompostlama süreci çok hızlı bir hümfikasyon süreci olduğundan, tam olarak parçalanıp ayrışmamış materyal bulunma yüzdesi son derece düşüktür (Hepşen, 2010).

Kızılkaya ve Hepşen Türkay (2014), çalışmalarında *Eisenia foetida*'nın, fındık kabuğu ve inek gübresi ile kanalizasyon çamurunun laboratuvar koşullarında (karanlıkta 25 °C'de karanlıkta) farklı oranlarda vermikompostlanabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmanın amacı 3 başlık altında toplanmıştır: (1) farklı yem karışımlarında *E. foetida*'nın büyümesi ve üremesi için en iyi ortamı bulmak, (2) farklı solucan maması karışımlarındaki ağır metal konsantrasyonlarını önceden ve vermikompostlamadan sonra ve (3) farklı yem karışımları ile kanalizasyon çamurunda solucanların ağır metal birikiminin belirlenmesi. Solucanların sayısı ve biyokütlesi ile yem karışımlarındaki ve solucanlardaki ağır metal içerikleri periyodik olarak izlenmiştir. Sonuçlar, maksimum solucan biyokütlesinin %20 SS + %40 CM + %40

HH yem karışımında elde edildiğini, solucan sayısının ise %30 SS + %35 CM + %35 HH yem karışımında en yüksek olduğunu göstermiştir. Tüm yem karışımlarındaki ağır metal konsantrasyonu (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni ve Cr), vermikompostlama süresine bağlı olarak azalmıştır. Yem karışımlarındaki ağır metal içeriği, ilk karışımlardan daha düşük olduğunu ve solucanların metal analizi, vücut dokularında önemli miktarda ağır metal birikimi olduğunu ortaya çıkarmıştır.

2.14. Kompost ve Vermikompostun Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi

Edwards ve diğ. (2000), çalışmalarında patates, talaş ve gübre karışımından yapılan kompostun işlenmemiş toprak üzerindeki uygulamalarının toprak nemini arttırdığını belirlemişlerdir.

Kentsel atık kompostunun uygulandığı topraklarda ise topraktaki toplam gözenekliliğin arttığı pek çok çalışmada belirlenmiştir (Aggelides ve Londra 2000, Giusquiani et al., 1995, Pagliai et al., 1981). Toplam gözenekliliğin artırılmasına ek olarak, kompost uygulamaları topraklarda gözenek boyutu dağılımını da değiştirebilir. Pagliai ve diğ. (1981), daha iyi bir toprak strüktürü ve potansiyel bitki büyümesine işaret ederek, kompost uygulanmış topraklardaki küçük ve orta boy gözenek sayısında bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

Birçok çalışma kompostların ve gübrelerin toprakların agregatlaşma üzerindeki etkilerine değinmiştir, ancak farklı değerlendirme yöntemlerinin (örn. Suya dayanıklı agregatlar veya benzer kararlı agregatlar) kullanımı nedeniyle sonuçları karşılaştırmak genellikle zordur.

Gagnon ve diğ. (2001), kompostlanmış ve sıkıştırılmamış kâğıt çamurunun toprak agregatlaşması üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında iki farklı uygulamanın agregatlaşma üzerindeki etkisinde bir fark bulunmadığını belirlemişlerdir.

Canarutto et al. (1996), ise yapmış oldukları çalışmada yeşil atık kompostundan humatların eklenmesiyle mikro agregasyonun iyileştiğini belirlemişlerdir.

Kompost uygulamalarının topraktaki mikrobiyal topluluklarının aktivitesini, büyüklüğünü ve bileşimini (Garcia-Gil et al., 2000; Ros et al., 2006; Saison et al., 2006) ve toprağın strüktür stabilitesini olumlu yönde etkilediğini yapılan araştırmalar ortaya koymuştur (Goulet et al., 2004). Ayrıca, kompostun toprağa dahil edilmesinin azot (N), fosfor (P) ve kükürt (S), değişebilir katyonları (kalsiyum, potasyum,

magnezyum ve sodyum) ve mikrobesein elementlerini artırdığı gözlemlenmiştir (Weber et al., 2007).

Diacono ve Montemurro (2010), 5 yıl tekrarlanan kompost uygulamalarından sonra toprak organik N'de %90'a kadar önemli bir artış olduğunu alınabilir K'un ise kontrole kıyasla %26'lık bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Rivero et al. (2004) ise, toprak organik madde üzerinde kompostun etkileri, karasız olan toprak organik madde bileşiklerinin mineralizasyonunda azalmaya yol açtığı ve yapılan çalışmalar sonucunda (Piccolo et al., 2004) fulvik asit oranlarına göre hümik asit miktarının artığı gözlemlenmiştir. Kompostun bitki büyümesi ve verimi üzerinde olumlu etkisi olduğu Erhart & Hartl (2010) ve Abdel-Mawgoud (2006) tarafından gözlemlenmiştir.

Aziz et al. (2010) ve Ogbonna ve diğ. (2012) çalışmalarında kompostun bitki büyümesi üzerindeki olumlu etkilerinin olduğunu ve kompost uygulaması ile bitki boyu ve yaprak alanının kontrol uygulamasına kıyasla önemli ölçüde iyileştğini belirlemişlerdir.

Ghasha et al. (2018), yapmış olduğu bir çalışmada, çay atığı farklı oranlarda sığır gübresi ile karıştırılmışlar ve toprak solucanlarının (bu çalışmada kullanılan *Eudrilus euginae*) sadece çay atığının sığır gübresi ile 1:1 oranında karıştırıldığı zaman hayatta kalabileceğini gözlemlemişlerdir. %25 çay atığı ve %75 sığır gübresi karışımından hazırlanan vermikompostunun kalitesinin ise %100 sığır gübresi vermikompostuna benzer olduğu belirlemişlerdir. Bu çalışmada, vermikompost materyalinde ölçülen fitaz enzimi ile mineralize P miktarı arasında pozitif ilişki bulunmuştur Asit fosfataz enziminin ilk 50 günde P mineralizasyonuna katkıda bulunduğu, fitaz enziminin ise vermikompostlamanın ikinci bölümünde katkıda bulunduğu gözlenmiştir.

Haddad-El et al. (2014), yüksek kaliteli kompost ve vermikompost üretmek için pirinç samanına eklenecek farklı malzemelerin optimal kombinasyonlarını bulmak amacıyla on farklı işlem hazırlanan bu çalışmada termofilik fazın tamamlanmasından sonra sıcaklık 30 dereceye ulaştığında önceden kompost haline getirilmiş materyallerin her birine *Eisenia fetida* ilavesi yapılmıştır. Sonuç olarak sığır gübresi, organik P ve K ve fungal hızlandırıcı ile takviye edilmiş pirinç samanından üretilen kompost ve vermikompost parametrelerinin değerlerinin, yüksek kaliteli ürünlerin tavsiye edilen değerleri arasında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Mahaly et al. (2018), yapmış oldukları bir çalışmada çay yaprak kalıntıları ile damıtma çamur atıkları farklı oranlarda birleştirilmiş ve solucan (*Eisenia fetida*) kullanılarak 45 günlük bir vermikompostlamaya tabi tutulmuş ve 0,15,30,45.günde yapılan vermikompost örneklerindeki analizler sonucunda elektriksel iletkenlik, toplam organik karbon ve C/N oranında düşüş eğilimi gözlenmişken; PH, toplam azot, toplam fosfor toplam potasyum, mevcut azot, mevcut potasyum, mevcut fosfor, mevcut kalsiyum, ve toplam magnezyum değerlerinin artışı belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda katı atıkların başarıyla besleyici olarak zengin bir vermikompost haline getirilebileceği ortaya konmuştur.

Bhattacharya et al. (2016), yaptıkları bir araştırmada üç tip vermikompostlama sisteminde (*Eisenia fetida*, *Metaphire potosuma* ve *lampito mauritii*) üç malzmeden oluşan karışımlar (kömür külü ve belediye atıkları ile beslenerek geleneksel aerobik kompostlama sistemine referans olarak incelenmiş; atık ve inek gübresi diğer karışımlardan daha yüksek çıkmıştır. Benzen, toluen ksilen ve stiren oranları üç yeme göre iki ile üç kat daha yüksek çıkmıştır.

Manivannan et al. (2009), şeker pancarı atığının vermikompostlanması ve topraklara uygulanması sonucu fasulye gelişimi ve veriminin arttığını belirlemişlerdir.

Arcak et al. (1999), yapmış olduğu bir çalışmada yaş çay artıklarının işlenmesi sırasında açığa çıkan atıklarla hazırlanan kompostda ve zenginleştirilmiş komposta topraktaki enzim aktivitesi ve nitrifikasyon üzerine etkileri araştırmışlardır. 1, 7, 14 ve 28 günlük inkubasyonları sonucunda toprağın üreaz ve alkali fosfat enzim aktivitelerinin artışı görülmüş. Toprağın Amonyum azotu miktarı çay atık ve dozlarına bağlı olarak azalmış buna karşılık Nitrat azotu miktarında çay atığı ilavesinde zamana bağlı olarak dikkate değer artış görülmüştür.

Cooperband et al. (2002), yapmış oldukları çalışmada kompostlanmış kanatlı gübresinden salınan nitratın (1, 4 ve 15 ay boyunca kompostlanmış) taze kanatlı gübresinden 3-4 kat daha düşük olduğunu ve kompostlardan elde edilebilen toprak nitrat-N'nin fermente edilmemiş durumunun kontrolden daha büyük olmadığını gözlemlemişlerdir.

Baziramakenga et al. (2001), çalışmasında birleştirilmiş kâğıt çamuru ve kümes hayvanı gübresi karışımının toprakta ekstrakte edilebilir P ve K'yi arttırdığını belirlemiştir.

Organik atıkların kompostlanması K mevcudiyetini etkilemez gibi görülmüş uygulamada hem toprağın toplam K miktarını (Baziramakenga et al., 2001, Wen et al., 1997) ve bitki tarafından K alımını (Chen et al., 1996) etkilemektedir.

Kızılkaya ve Hepşen (2007), bir inkübasyon denemesinde buğday samanı, çay üretim atığı, tütün üretim atığı, inek gübresi ve fındık kabuğu gibi çeşitli organik atıklara solucan eklenmesi sonucunda elde edilen solucan dışkılarında ve solucan galerileri etrafındaki toprağın mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri belirlemişlerdir. Katalaz aktivitesi dışında, tüm atık uygulamalarında, dışkılardaki mikrobiyolojik parametrelerin toprağa ve kontrole göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Kızılkaya (2008), tarafından yapılan bir çalışmada, toprak ortamında bulunan *Lumbricus terrestris*'e buğday samanı, çay ve tütün fabrika atığı, sığır gübresi ve fındık zuru besin olarak verilmiş ve toprağa artan dozlarda Zn uygulanmıştır, solucanın ürettiği vermikomposttaki dehidrogenaz aktivitesinin Zn uygulamasına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.

Kızılkaya et al. (2014), yapmış olduğu bir çalışmada, *Eisenia foetida*'nın labratuvar koşullarında farklı oranlarda fındık kabuğu ve inek gübresi ile anerobik ayrıştırılmış kentsel arıtma çamurunun dönüştürme kabiliyeti araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda vermikompostlama süresince %20 kentsel arıtma çamuru + %40 inek gübresi + %40 fındık kabuğu yem karışımından maksimum solucan biyokütlesinin elde edildiği belirlenmiş, solucan sayısı ise %30 kentsel arıtma çamuru + %35 inek gübresi + %35 fındık kabuğundan oluşan bir yem karışımında en yüksek saptanmıştır. Yem karışımlarının tümünde ağır metal konsantrasyonu (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni ve Cr) vermikompostlama süresiyle ilişkili olarak azaldığı belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak solucanların vücudunda ağır metal birikiminin olduğu rapor edilmiştir.

Vermikompost uygulanmış toprakta yapılan bir çalışmada Alkali fosfataz aktivitesinde ve yarıyıllık fosfor miktarında artış olduğunu belirlenmiştir. Saha et al. (2008), yaptıkları bir vermikompost çalışmasında toprakların kimyasal özellikleri ve solucan biyokütlesi değerlendirilmiştir. Elma posasına saman ilave edilmiş ve besin içeriklerinin arttığı belirlenmiş ancak solucan biyokütlesini artırmadığı saptanmıştır. Veriler, vermikompostlamanın elma posası atıklarının katma değerli bir ürüne

dönüştürülmesi için uygun bir teknoloji olduğunu ortaya koymuştur (Chadimova,2014).

Vermicompost, nitratlar, fosfatlar ve değiştirilebilir kalsiyum ve çözünür potasyum gibi bitki için gerekli ve bitkinin kolayca alabileceği formdaki bir çok besin elementini içermektedir (Orozco et al., 1996). Vermicompost, domates gibi çeşitli bahçe bitkileri de dahil olmak üzere pek çok bitki türünün büyümesini önemli ölçüde uyarır (Atiyeh et al., 1999). Topraklara vermikompost uygulamalarının sorgum ve pirinç gibi tahıllar (Bhattacharjee et al., 2001; Reddy ve Ohkura, 2004) üzerinde olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir.

2.15. Kompostların Bitkisel Verim Üzerine Etkileri

Van Assche ve Uyttebroecke (1982), yapmış olduğu bir çalışmada toprağa kompost uygulamalarının kereviz verimini arttırdığını belirlemişlerdir.

Eriksen et al. (1999), bir çalışma kapsamında topraklara artan oranlarda kompost uygulamasının çavdar verimine etkilerini araştırmışlardır. 189 mg ha⁻¹ kompost oranına kadar verimde herhangi bir artış belirlenmemiştir. Bununla birlikte, çavdarın mahsul verimi ve N içeriği, uygulama oranı ile doğrusal olarak artmıştır.

Lee et al. (2004)'nın Kore'de yapmış olduğu bir çalışmada pH, EC, toplam-N, OM ve mevcut P'nin genel olarak gıda atıkları kompostu uygulamasından altı hafta sonra arttığını gözlemlemişlerdir.

Wang et al. (2015), yapmış oldukları bir çalışmada organik atıkların toprakta NO₃-N'in miktarını artırdığını saptamışlardır.

Tayebah et al. (2010), kompostun tohum proteini üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve 60 mg kompost ha⁻¹ uygulanmasında tohum protein oranının maksimum olduğu belirlemişlerdir.

Zaini et al. (2021), yaptıkları bir çalışmada çay atıkları vermikompostunun ıspanak gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Olgunlaştırılmış solucan gübresi (*Eisenia fetida*), 10 haftalık solucan gübresi hazırlama sürecinden sonra elde edilmiştir. Solucan popülasyonu ve yatak kütlesi haftalık ve yatak malzemesinin günlük olarak olarak izlenmiştir. Vermikompostlama işlemi sırasında, mezofilik fazda sıcaklık 23 °C ile 28 °C arasında artmıştır. Vermikompostun pH'ı 6.5 ile 7,7 arasında değişmektedir. 3 haftalık denemede olgun solucan gübresi ve ticari bitki yetiştirme ortamı

kullanılmıştır. Sonuçlar, vermikomost ve ticari toprağın kombinasyonunun, tek başına ticarileştirilmiş toprağa kıyasla en yüksek gelişimi sağladığını göstermiştir.

2.16. Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Benito et al. (2013) yaptıkları bir çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Kompostlanmış nihai üründe pH değerlerinin yaklaşık 8'e yükseldiğini saptamışlar ve yayınlarında bulgularının Iannotti ve arkadaşlarının (1994) belediye katı atık kompostunu uyguladıkları toprakların bulguları ile tutarlı olduğunu belirtmişlerdir.

Avnimelech (1996) bir çalışmasında benzer sonuçlar bildirmiş ve pH değişikliklerinin organik materyallerin içerdiği organik asitlerin ayrışmasından kaynaklandığını açıklamıştır. Neilsen et al. (1989) da topraklarda yüksek pH değerlerinin olması ve sürekliliğini korumasının toprak kalitesi açısından olumsuz sonuçlara neden olduğu belirtmiş ve toprak pH'sının, topraklara organik materyal uygulanmalarına karşı duyarlılığı muhtemelen toprakların kısmen düşük tamponlama kapasitesinden kaynaklandığı, diğer yandan organik maddenin mineralizasyonu ve nitrifikasyon sırasında ise açığa çıkan amonyak ve organik asitler toprakların pH'sının düşmesine sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Angelova et al. (2013), toprağın üst 20 cm'sine vermikompost ve kompost (5 ve 10 g.kg⁻¹) uygulamasının bazı toprak kimyasal özelliklerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları bir çalışmada, uygulamanın 30. gününde 20 cm derinlikten toprak örnekleme yapmışlardır. Kompost uygulanan topraklarda, toprak pH'sı kontrole kıyasla önemli ölçüde azalırken, vermikompost uygulanan topraklarda toprak pH'sının arttığını belirlemişlerdir. pH'daki artışın, vermikompostun deneme toprağına (pH 6.5) göre daha yüksek pH değerine sahip olmasından kaynaklanabileceği bildirmişlerdir. Çalışmada deneme vermikompost uygulama dozu arttıkça topraklarının pH değerinin de arttığını saptamışlardır.

Duong (2013), kompostların toprak kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin araştırdığı bir çalışmada, farklı hammaddelerden üretilen iki tür kompostun etkilerini değerlendirmek için farklı kil içeriğine sahip iki toprağı (%46 ve %22) bahçe atığı kompostu ve tarımsal atık kompostu uygulamasının toprak pH'sını, kompost uygulanmamış toprağına kıyasla 0.3-0.7 birim azalttığını belirlemiştir.

Inbar et al. (1993) yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, kompost ve vermikompostlar için nihai ürünün optimum pH aralığını 5,5-8,0 olarak belirlemişlerdir. Toprak pH'sının ortamın iyon dengesi, besin miktarı ve toprak mikrobiyal aktivitesi, toprak verimliliği ve bitki beslenmesi gibi toprak dinamikleri üzerine doğrudan etkisi vardır. Artan pH değeri, toprakta bazı ağır metallerin çözünürlüğünü düşürüyor olsa da bazı toksik elementlerin çözünürlüğünü azaltması da toprak ve bitki sağlığı açısından çok önemlidir.

Stevenson 1994 yılında yaptığı bir çalışmada, mısır, domates ve asma olmak üzere 3 bitki atığından elde ettiği kompostları artan dozlarda uyguladığı kumlu kireçli topraklarda yetiştirilen buğday bitkisi verimi üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma bulgularına göre, topraklara uygulanan kompost oranının artmasıyla birlikte toprak pH değerlerinin azaldığını belirlemiştir. Toprak pH'ındaki azalma, kullanılan kompostların kompostlama işlemi sırasında salınan H⁺ iyonlarından ve ayrıca organik ve inorganik asitlerin açığa çıkmasından kaynaklandığını bildirmiştir.

Naem et al. (2018), biyocar ve kompost uygulamalarının toprak pH değeri üzerine etkilerini belirledikleri bir çalışmalarında, topraklara organik materyal uygulamalarının kontrol uygulamalarına göre toprak pH'sını düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Walker et al. (2003) yapmış oldukları bir çalışmada toprağa kompost uygulanmasının benzer çalışmalarla paralel şekilde toprak pH'sının düşmesine neden olduğunu belirlemişlerdir. Organik materyal uygulamalarının toprak pH'sı üzerine etkilerinin belirlendiği, Smiciklas ve diğ. (2002), Pattanayak ve diğ. (2001) ve Yaduvanshi (2001)'nin de yapmış oldukları çalışmalarda organik maddelerin kullanımından sonra toprak pH'sında düşme saptamışlardır.

Yılmaz ve Alagöz (2009) ise çalışmalarında, elma posasını artan dozlarda killi tekstüre sahip toprağa uygulayarak toprağın verimlilik özelliklerindeki değişiklikleri belirlemişler ve elma posasının toprak pH'sı üzerine etkisini istatistiksel açıdan önemli bulmuşlardır. Elma posası uygulaması sonrasında benzer çalışmaların aksine toprak pH'sında artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Angelova et al. (2013) çalışmalarında, elektriksel iletkenliğin toprakta dolaylı olarak çözünür tuzların toplam konsantrasyonunu gösteren ve aynı zamanda doğrudan tuzluluğun ölçümünü veren bir toprak parametresi olduğunu belirtmişlerdir. Bu

çalışma sonuçlarına göre toprakların elektiriksel iletkenlikleri vermikompost ve kompost uygulaması ile artan bir eğilim göstermiştir.

Gallardo-Lara ve Nogales (1987) ise yapmış oldukları bir çalışmalarında kompostların toprağa uygulanması sonucunda özellikle kompostların tuz miktarlarının yüksek olması nedeniyle yüksek dozda kompost uygulamalarının toprakların tuz içeriğini ve toprağın elektrik iletkenliğini artırdığı belirlenmişlerdir. Ouedraogo et al. (2001) da çalışmalarında benzer şekilde, toprak tuzluluğunun, yapmış oldukları çalışmada kompostun sürekli kullanımı ile arttığını belirlemişlerdir.

Benzer şekilde organik materyal uygulamalarının toprakların tuz içeriğine etkisinin belirlenmesi için, Iglesias Jimenez et al. (1986) ve Negro et al. (1999)' nın yapmış oldukları farklı çalışmalarda toprakların tuz konsantrasyonundaki artışın organik madde fraksiyonunun parçalanma ayrışmasının bir sonucu olduğu bildirilmiştir.

Atiyeh ve arkadaşlarının (2002) yaptığı bir çalışmanın sonuçlarına göre kompost ve vermikompost uygulanan topraklar kontrol toprağı ile karşılaştırıldığında EC değerlerinde bir miktar artışın olduğu saptanmıştır. Vermikompost uygulanan toprakların uygulama yapılmayan topraklardan daha yüksek EC' ye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Vermikompostun EC'sinin vermikompost için kullanılan hammaddelere ve iyon konsantrasyonlarına bağlı olduğunu rapor etmişlerdir.

Kompost ve vermikompost uygulanan topraklarda organik madde kapsamındaki değişikliklerin araştırıldığı pek çok çalışmada (Bohn et al., 1985; Giusquiani et al., 1995; Angelova et al., 2013), kontrol toprağına göre daha yüksek bir organik madde içeriğı belirlenmiştir. Topraklara kompost ilavesinin toprağın organik madde içeriğini etkilediğı ve organik madde artışının uygulanan kompost dozlarıyla doğru orantılı olduğu rapor edilmiştir.

McConnell et al. (1994) yaptıkları bir çalışmada, topraklara 18 ila 146 t ha-1 arasında değişen oranlarda uygulanan kompostun toprak organik maddesinde %6 ila 163 oranında bir artış sağladığını bildirmişlerdir.

Eghball (2002) ise yapmış olduğu 4 yıllık bir çalışmada %36 oranında toprağa uygulanan kompostun dört yıllık bir süre sonunda toprakta C sekestrasyonun olduğunu ve kompostların sadece organik madde seviyesine değil toprakta C sekestresyonuna da fayda sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Bouajila ve Sanaa (2011), yapmış oldukları bir çalışmada gübre ve evsel atık kompostunun toprağa uygulanmasının toprakta organik karbonun önemli ölçüde artmasına neden olduğunu ve kompost uygulamasının en yüksek sonuçlara sahip olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, 120 t / ha evsel atıkları kompostu ve kompost uygulamasının, kontrole (%0,69) kıyasla toprakta organik karbonu (sırasıyla %1,74 ve %1.09) artırdığını göstermiştir.

Soheil ve arkadaşları da (2012) benzer şekilde yaptıkları bir çalışmada toprağa uygulanan kompostun uygulama oranının artırılması ile topraktaki organik karbon miktarının da arttığını belirlemişlerdir.

Chaoui ve arkadaşlarının 2003 yılına ait bir yayınında, kimyasal gübrelerin yanlış ve aşırı kullanımı toprak organik maddesinin kaybına yol açabileceği gibi, çevre üzerinde olumsuz etkilerinin olacağı ve gıda güvenliği ve kalitesinin yanı sıra insan ve hayvan sağlığını da tehdit edeceği bildirilmiştir. Her ne kadar verimsiz zayıf topraklarda yüksek verim için gübrelemeye ihtiyaç olduğu bilirse de kompostların toprak sağlığı, üretkenlik ve bitki beslenmesi üzerindeki etkilerinin, kompostların değişken doğası, iklim ve mahsul özellikleri dikkate alınarak genelleştirilmesinde de dikkatli olunması gerektiğine vurgu yapılmaktadır. Bununla birlikte çalışmada, kompostların topraklar üzerindeki etkisinin, hammaddelere, kompostlama koşullarına ve süresine bağlı olan kompost bileşimine büyük ölçüde bağlı olarak değişmekte olduğu belirtilmektedir.

Tohumcu ve Aydın (2016) topraklara organik atık uygulamaları yaptıkları bir çalışmalarında zeytinyağı fabrika atıklarının toprak özellikleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla zeytin pirinası ve posasını doğrudan ham olarak topraklara farklı dozlarda uygulamış ve uygulanan pirina ve posanın toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bitki besin elementlerinin içeriğine olan etkisi araştırmışlardır. Uygulama sonunda pirina ve posayı hem bakteri ile beraber uyguladıklarında hem de bakterisiz uyguladıklarında her iki atığında toprakların organik madde kapsamını artırdığını bildirmişlerdir

Angelova et al. (2013) yapmış oldukları çalışmalarının sonuçlarına göre topraktaki toplam N konsantrasyonunun kompost ve vermikompost uygulamalarından önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Soheil et al. (2012) topraklara belediye atık kompostu uygulaması yaptıkları bir çalışmada toprağın kimyasal özellikleri ve mısır bitkisi verimi üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre atık kompost uygulamalarının toprakların toplam N içeriğini artırdığını saptamışlardır.

Kompostun topraklara dahil edilmesinin, azot (N), fosfor (P) ve kükürt (S), değiştirilebilir katyonlar (kalsiyum, potasyum, magnezyum ve sodyum) gibi makro ve mikro bitki besin elementlerinin miktarlarına etkisinin araştırıldığı, Nardi et al., 2004; Weber et al. (2007)'nin yaptıkları çalışmalarda da kompost ilavesinin N başta olmak üzere toprakların bitki besin elementi içeriklerini önemli miktarda artmasına sebep olduğunu belirlemişlerdir.

Bouajila ve Sanaa (2011)'ya ait bir çalışmada artan gübre ve evsel atık kompostu dozlarının (40 ve 120 t/ha) uygulanmasının, organik azotun önemli ölçüde artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Lou et al. (2017), Çin'de tınlı topraklarda yapmış oldukları bir araştırmada, mantar yetiştirme ortamından atıklarından elde ettikleri kompost materyalin topraklara uygulanmasının, topraktaki mineral azot içeriğini artırdığını belirlemişlerdir.

Vermikompost uygulamalarında toprakların P kapsamlarındaki değişimin araştırıldığı, Arancon et al. (2006), Marinari et al. (2000), Padmavathiamma et al. (2008)'nin yapmış oldukları çalışmalarda, toprakta P un toprak çözeltilisine geçişi yavaş cereyan etse de vermikompost uygulamalarında P'un açığa çıkmasının büyük ölçüde artan mikrobiyal aktiviteden kaynaklandığını belirtilmektedirler.

Devliegher ve Verstraete (1997), diğer çalışmalara benzer şekilde yapmış olduğu bir çalışmada vermikompost uygulamalarından sonra yarayıslı P içeriğinde önemli bir artış belirlemişlerdir. Topraklara kompostların uygulamalarının topraktaki yararlanılabilir P miktarlarını artırmaktadır ve benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Sharpley ve Rekolainen, 1997).

Marinari et al. (2000), farklı gübre uygulamalarının toprağın biyolojik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini bir arazi denemesinde çalışmışlardır. Biyolojik çamurdan elde edilen solucan gübresi (VC), stabilize süt gübresi veya mineral azotlu gübre (NH₄NO₃) bir mısır bitkisine (*Zea mays* L.) 200 kg N ha⁻¹'de uygulanmıştır. Çalışmada toprak enzim aktivitesi (asit fosfataz, dehidrojenaz ve proteaz) ve CO₂ üretimi, toprak biyolojik aktivitesinin göstergeleri olarak seçilmiş ve bu metabolik

aktivite ölçümleri, toprak gözenekliliği gibi toprağın fiziksel özellikleriyle ilişkilendirilmiştir. Organik uygulamaların, muhtemelen toprak organik maddesinin zenginleşmesi nedeniyle toprak biyolojik aktivitesini uyardığı ve mineral gübre, düzenli ve düzensiz gözenekleri artırarak toprak gözenekliliğini arttırdığını ve organik materyallerin topraklara uygulanmasından sonra toprakta yarayışlı P'de ve diğer bitki besin elementleri miktarlarında artışlar olduğunu belirlemişlerdir.

Gallardo-Lara ve Nogales (1987) çalışmalarında, potansiyel bir gübre olarak şehir çöp kompostunun uygulamalarının toprak biyolojik özelliklerine etkisini de değerlendirmişlerdir. Genel olarak toprağa kompost uygulamasının, mikrobiyal popülasyon ve rizosfer mikroorganizmaları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve ayrıca bitkilerde nematod popülasyonlarının azalmasına da katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir. Organik materyal ilaveleri ile Fosfataz aktivitesinin artırılması ve materyalin fiziksel olarak parçalanmasının daha fazla mineralleşmeye neden olduğunu belirtmişlerdir.

Devliegher ve Verstraete (1997) çalışmalarında vermikompost uygulamalarından sonra toprakların P içeriğinde önemli bir artış belirlemiş, bazı uygulamalar için başlangıç değerinin iki katına ve bazı uygulamalarda 3 katına çıktığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlara göresolucanlardan gelen fosfatazların enzim aktivitesindeki artışların sebep olduğunu rapor etmişlerdir.

Chaoui et al. (2003) bir laboratuvar inkübasyon denemesi kurdukları bir çalışmada vermikompost, geleneksel kompost ve NPK inorganik gübre uygulamalarının N mineralizasyon oranları, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyokütle üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Denemede inkübasyon çalışmasının bitki besin elementlerinin alımı üzerindeki etkilerini araştırmak ve organik materyal uygulamalarının bitki büyümesi ve besin maddesi alımı üzerindeki etkilerini değerlendirmek için buğday bitkisi (*Triticum aestivum* L.) yetiştirmişlerdir. Kompost uygulamalarında vermikompost uygulamalarına göre daha fazla miktarda alınabilir K ve daha az miktarda yarayışlı P içerdiğini belirlemişlerdir.

Topraklar genellikle yüksek toplam P içeriğine sahip olmalarına rağmen bitki besin maddesi olarak özellikle alınabilir P bakımından yetersizdir (Muhammad et al., 2008).

Obi ve Ebo, 1995, güney Nijerya'da ciddi şekilde bozulmuş bir Ultisol toprakta, organik ve inorganik gübrelerin farklı uygulama oranlarının toprağın fiziksel özellikleri ve mısır üretimi üzerindeki etkileri iki büyüme mevsimi boyunca araştırmışlardır. Çalışmalarında, toprak verimliliğini kapasitelerini optimum seviyelere çıkarmak için yapılan kanatlı gübresi kompostu (10 t ha⁻¹) uygulamasının topraktaki mikro besin içeriği oranını ve P fiksasyon seviyesini azaltabildiğini saptamışlardır.

Angelova et al. (2013) kompost ve vermikompost uygulamalarını karşılaştırdıkları bir çalışmada vermikompost uygulamasının toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir potasyum (K) miktarını daha çok artırdığını belirlemişlerdir. Vermikompost uygulamasından sonra, vermikompostun yüksek besin elementi içeriğinden dolayı, kompost ile karşılaştırıldığında daha yüksek K değerleri elde etmişlerdir. Topraktaki K miktarı toprak organik maddesiyle yakından bağlantılıdır. Toprağa eklenen kompostta bulunan organik maddeler yardımıyla organik komplekslerin oluşumu ile topraktaki potasyum hareketliliği azalmaktadır.

Solucanların biyolojik olarak organik ve inorganik materyalleri öğütürler. Solucan sindirim sisteminden geçen materyaller daha ince parçacıklara ayrılırlar. Vermikompostlar çok ince toprak parçacıklarında enzimler aracılığıyla farklı K formlarının artırılmasına sebep olmaktadır (Rao et al., 1996). Topraktaki organik madde miktarının artması potasyum fiksasyonunun azalmasına neden olurken süreç içerisinde potasyumun toprakta bulunabilirliğinin de artmasına neden olmaktadır (Olk et al., 1993).

Swarup ve Yaduvanshi (2000), Alkali topraklarda entegre besin yönetiminin toprak özellikleri ve çeltik verimi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, uzun süreli organik materyal uygulamalarının K alımını artırdığını tespit etmişlerdir.

Singh et al., (2001), kimyasal N lu gübre, çiftlik gübresinin ve yeşil gübrenin entegre kullanımının N, K ve S'nin dönüşümü ve çeltik verimliliği üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında benzer çalışmalarla paralel olmak üzere, K un yarayışlılığının attığını belirlemişlerdir.

Khoshgoftarmanesh ve Kalbasi (2002), yapmış oldukları çalışmada, katı atıkların kompostlanmasında açığa çıkan atık sıvının bir organik madde kaynağı olarak çeltik verimliliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Kompost sızıntı suyu, topraktaki

makro- (N, P, K) ve mikro besinlerin [demir (Fe), manganez (Mn), Zn ve bakır (Cu)] alınabilir miktarını artırdığını, bu da toprak verimliliğini ve mahsul verimini yükselttiğini belirlemişlerdir.

Singh et al., (2002), yeşil gübre ve biyogübrelerin çeltik verimi üzerine etkilerini değerlendirmek için yaptıkları bir çalışmada, organik madde uygulamalarının topraktaki potasyum içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Verma et al. (2005) yapmış oldukları çalışmalarla mineral gübreler, gübre, kompost ve diğer organik ıslah materyallerinin uzun süreli kullanımının topraktaki potasyum içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Barker (1997)'in çalışmalarına göre kompostlar zayıf bir K kaynağıdır. Buna rağmen, organik atıkların kompostlanması K miktarını etkilemez gibi görünse de uygulama biyolojik aktiviteyi etkilediğinden, hem toprağın K miktarını (Baziramakenga et al., 2001; Wen et al., 1997; Warman ve Cooper 2000) hem de bitki tarafından K alımını (Chen et al., 1996) etkileyebilmektedir.

Eklind et al.,nin (1998) yaptığı bir çalışmada, ot ve samandan yapılan kompostun tavuk gübresinin yaklaşık iki katı kadar K içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir.

Angelova et al. (2013), yapmış oldukları bir çalışmada toprağa kompost ve vermikompost uygulamalarının toprağın mevcut Ca ve Mg içeriğini önemli ölçüde artırdığı belirlemişlerdir. Çözünür kalsiyum ve magnezyum içeriğinin toprağa vermikompost ve kompost ilavesi ile artması, vermikompost ve kompostun yüksek kalsiyum ve magnezyum içeriğinden kaynaklanmaktadır. En yüksek artışı ise vermikompost uygulanan topraklarda belirlediklerini bildirmişlerdir. Kompost ve vermikompost uygulama dozlarındaki artışa bağlı olarak DTPA ile ekstrakte edilebilir Mg miktarının toprakta arttığını ve bu artışın toprak pH'sındaki artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Vermikompost uygulamasından sonra pH'daki artış organik C'un katyon komplekslerinin oluşumunu teşvik etmesi ve takiben makrobesin hareketliliğinin artmasından kaynaklanmaktadır.

Romkens et al. (1996) Ca^{2+} ve çözünmüş organik karbon arasındaki etkileşimi araştırdıkları çalışmalarında, toprak pH'si nötrün üzerine çıktıkça, toprağın çözünmüş organik karbon emilimi zayıfladığını ve katyon kompleksleri oluşturma potansiyelinin arttığını belirlemişlerdir.

Barancikova ve Macovnikova (2003) çalışmalarında, hümik asitlerin gerçek yapısını yansıtan parametreler ile ağır metallerin hareketli veya potansiyel olarak hareketli fraksiyonları arasındaki ilişki, farklı toprak tiplerini temsil eden 12 toprak lokalitesinde incelenmiştir. Elde edilen verilere dayanarak ağır metallerin toprak organik maddesi ile her metal için farklı kompleksler oluşturma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Sonuçlar, bakırın esas olarak mevcut olmayan bir biçimde bağlı olduğunu (fraksiyon IV'ün HA parametreleriyle önemli korelasyonları) ve kadmiyumun değiştirilebilir formları (fraksiyon I'in HA parametreleriyle önemli korelasyonları) tercih ettiğini ve daha erişilebilir olduğunu göstermiştir. Kadmiyumun hareketli fraksiyonlarının ağırlıklı olarak hümik maddelerin alifatik kısmına bağlı olduğu ve bakırın yüksek derecede humifikasyon ile hümik asitlere güçlü bağları tercih ettiği belirlenmiştir. Toprakta Cu miktarının azalması, organik maddenin daha fazla Cu bağlayabilen kararlı bir formda dönüşümüne bağlı olabildiğini ve organik materyallerden kaynaklanan hümik asitler, her metal için farklı pH, katyon değişim kapasitesi ve kil mineral fraksiyonu gibi toprak koşullarına bağlı kompleksler oluşturma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir.

Jordao et al. (2006), çalışmalarında topraktaki toplam Mn varlığının (karbonatlar, hidroksitler ve fosfatlara bağlı), toprak pH'sını ve toprak atmosferini değiştiren yüksek mikrobiyal aktivite ile çözüldüğünü bildirmişlerdir.

Adiloğlu et al. (2015), artan dozlarda uyguladıkları solucan gübresinin salata bitkisinin verimi üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışma sonucunda, bitkinin Fe ve Mn gibi bazı mikro besin elementi içerikleri üzerine önemli derecede artışların olduğunu belirtmişlerdir.

2.17. Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Toprağın Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

Biyolojik parametreler bir toprakta meydana gelen değişikliklere karşı en hassas olanlardır, toprak kalitesindeki değişiklikler hakkında hızlı ve doğru bilgi sağlamaktadırlar ve sürdürülebilir verimliliğinin en iyi yollarını belirlemeye yardımcı olurlar. Mikrobiyal biyomas C, toprağın mikrobiyal topluluğunun büyüklüğünü ve bazal solunum bu biyokütlenin aktivitesini yansıtır (Nannipieri et al., 1990).

Yakushev et al. (2009), yaptıkları bir çalışmada organik materyallerin vermikompostlanması süresince mikrobiyal biyomas C değerlerindeki değişimleri

araştırmışlardır. Elde edilen vermikompostların daha yüksek mikrobiyal biyomas C içerdiğini ve vermikompostların Cmic değerlerinin vermikompostlanmamış karışımlarına göre 2,7 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Chaoui et al. (2003) ise benzer bir vermikompostlama çalışmasında, bir inkübasyon denemesinde vermikompost ile geleneksel kompostun, buğday bitkisi yetiştiriciliğinde toprakların Cmic değeri üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. İnkübasyon denemesinin ilk 15 günlük periyodunda en yüksek Cmic değerini belirlenmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre ise geleneksel kompost uygulamasındaki Cmic değerinin vermikomposta göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Toprak enzimleri spesifik reaksiyonların biyolojik katalizörleridir. Enzimler toprak yönetimindeki değişikliklere diğer değişkenlerden daha hızlı tepki vermektedirler. Bu nedenle biyolojik değişikliklerin erken bir göstergesi olarak kullanılabilirler (Bandick ve Dick, 1999; Masciandro et al., 2004). Aslında enzimler toprağın mikrobiyolojik aktivitesini sürdürme potansiyelini de göstermektedirler (Paul ve Clarck, 1989). Oksidoredüktazlar ve hidrolaz enzimlerinin, organik maddenin ayrışmasının temel süreçlerini etkilediği belirlenmiştir.

Pedra et al., 2007) çalışmalarında, belediye katı atık kompostu ve işlenmiş kentsel kanalizasyon çamuru uygulanmasının bir Haplic Podzol ve bir Calcic Vertisol'de organik madde (OM) miktarları üzerine etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla, bir laboratuvar inkübasyon denemesinde karbon (C) mineralizasyonu ve C kinetik parametreleri incelenmiştir. Sonuçlar, topraklara ilave edilen organik materyallerin mineralizasyon kapasitelerini arttırdığını ve en yüksek C mineralizasyon hızına ilk 2d inkübasyonun sonunda ulaşıldığını göstermiştir. 28 günlük inkübasyon sırasında toprakların farklı özellikleri C mineralizasyon oranlarını etkilemiş olduğunu belirlenmiştir.

Yapılan bazı çalışmalarda toprağa uygulanan kompost ilavelerinin, kontrole göre toprak solunumu ve toprak mikrobiyal biyokütle karbonunda önemli bir artışa neden olduğu belirlenmiştir (Tejada et al., 2009).

Calbrix et al. (2007), üç farklı organik madde kaynağı (kanalizasyon çamuru, hindi gübresi ve hindi gübresi ve odunsu atıktan yapılmış kompost) kullanarak yaptıkları çalışmalarında ekim yapılan tarım toprağına uygulama yapmışlar ve çalışma

sonunda bu organik madde uygulamaları arasında mikrobiyal biomas karbon değerlerinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Borken ve diğ. (2002), bozulmuş ılıman orman topraklara kompost uygulamasından sonra mikrobiyal biyokütlenin azaldığını gözlemlenmiştir, bu durumun kompostun tuz içeriğinin ortamın orijinal mikrobiyal biyokütlesinin azalmasına neden olabileceğinden ortaya çıktığını rapor etmişlerdir.

Turrion et al. (2010), belediye atık kompostunu uygulayarak yanmış bir orman alanının ıslahı projesi kapsamında laboratuvar koşullarında yaptıkları bir inkübasyon denemesinde yanmış ve yanmamış kireçli topraklara eklenen üç doz (%1, %2 ve %4) MWC uygulanmıştır. Uygulanan kompost miktarları toprak mikrobiyolojik aktivitesini her zaman artırmadığını bazı durumlarda azalttığını saptamışlardır.

Chaoui et al. (2003), topraklara vermikompost, konvansiyonel kompost ve NPK inorganik gübre uygulamalarının N mineralizasyon oranları, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyomas üzerindeki etkileri bir laboratuvar inkübasyon çalışmasında belirlemişlerdir. İlk 35 günlük inkübasyondan sonra benzer solunum hızları ve biyomas değerleri elde edilmiş ancak 70. Günde hem mikrobiyal solunum hem de biyomas değerlerinin vermikompost uygulamasına kıyasla konvansiyonel kompost uygulamasında önemli ölçüde yüksek çıktığını belirlemişler.

Mondini et al. (2007), farklı Organik atıkların topraklara uygulanmasının topraktaki C tutulumu üzerindeki etkileri, laboratuvar koşullarında 2 deneme kurularak toprakların CO₂ ve N₂O akışları izleyerek araştırmışlardır. İlk denemede, N bakımından zengin üç organik gübrenin (kan unu, hidrolize deri ve toynak ve boynuz unu) kimyasal bileşiminin ve karmaşıklığının CO₂ ve N₂O üretimleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. İkinci bir deneme, iki fazlı zeytin değirmeni atıklarından hazırlanan kompostların dönüşüm derecesinin toprak C birikim kapasitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. N bakımından zengin üç organik gübre, benzer elemental bileşimlerine rağmen, topraklarda farklı CO₂ ve N₂O dönüşüm modellerine neden olmuş ve toprakta mineralize olan toplam C ilavesi miktarı %10,4 ile %15,5 arasında değişirken, boynuz ve tırnak küspesinden kaynaklanan N₂O-N, hidrolize deri ve kan küspesinden sırasıyla 6 ve 13 kat daha fazla belirlenmiştir. Toprağa eklenen C'nin mineralizasyonu, kompost karışımlarının stabilizasyon derecesinin ile ters orantılı olduğu saptanmıştır. Organik atıkların C birikimindeki

verimliliğin, daha az dönüştürülmüş organik malzemelerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Benzer şekilde kompost uygulaması yapılan inkübasyon denemelerinde de CO₂ solunumu sonuçlarının uygulanan organik materyalin sahip olduğu organik C stabilite derecesi ile ters orantılı olduğu saptanmış ve nispeten stabil kompost uygulamalarının organik C solunumunu azalttığı ve böylece toprak organik maddesinin stabilize olduğu rapor edilmiştir (Sánchez-Monedero et al., 2010).

Fortuna et al. (2003), Kompost ve kimyasal gübre uygulamalarının mısır-mısır-soya fasulyesi-buğday rotasyonundaki kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Kompost işleminin, gübre yönetiminden %14 daha fazla toprak organik C içerdiğini belirlemişlerdir. Kompost, örtü bitkileri ve rotasyonlardan elde edilen ürünlerin uygun yönetimi ile toprak verimliliğinin korunabileceğini ve C sekestrasyonunu artırabileceğini bildirmişlerdir.

Piccolo et al. (2004), çalışmalarının sonuçlarına göre benzer araştırmaların sonuçlarına da paralel olarak, toprağa kompost ilavesinin, kararsız toprak organik maddesi bileşiklerinin mineralizasyonunu azalttığını ancak toprak mikrobiyal topluluklarının aktivitesini, büyüklüğünü ve kompozisyonunu arttırdığını rapor etmişlerdir (Saison et al., 2006; Rivero et al., 2004).

Tejada ve Gonzales (2007), yaptıkları bir çalışmada topraklara taze pancar atığı, arıtma çamuru ve kompost uygulaması yaparak toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kompost uygulaması toprağın mikrobiyal biyokütlesini, toprak solunmasını ve toprak enzimatik aktivitelerini artırırken taze pancar atığı ve arıtma çamurunun azalttığını bunun nedeninin ise bu farklı organik materyallerin içermiş oldukları fulvik asit ve Na dan kaynaklandığı bildirmişlerdir.

Filip ve Bielek, (2002), çalışmalarında farklı zengin ağır metal içeriklere sahip topraklarda organik madde uygulamalarının mikrobiyal aktiviteye etkisini araştırmışlardır. Benzer şekilde organik madde kaynağı olarak arıtma çamuru kullanılan denemelerde ise toprak bilinçli olarak kirletilerek biyolojik toprak özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur (Brendecke et al., 1993; Fließbach et al., 1994). Yapılan çalışmalarda toprak mikrobiyal biyokütlesi, toprak solunumu ve toprak enzimatik aktivitelerinde azalma olduğunu belirlenmiştir.

Çalışmalarda bu durumun toprakta bulunan veya arıtma çamurunun içermiş olduğu ağır metal konsantrasyonundan kaynaklandığı rapor etmişlerdir.

Yapılan başka bir 70 günlük inkübasyon çalışmasında, vermikompost, geleneksel kompost ve NPK inorganik gübre uygulamalarının N mineralizasyon oranları, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyokütle üzerindeki etkileri araştırılmıştır. İnkübasyonun 35. Gününden itibaren 70. Güne kadar hem mikrobiyal solunum hem de biyokütle değerlerinin geleneksel kompost uygulamasında vermikompost uygulamasına kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Chaoui et al., 2003).

Scott et al. (1996), 91 günlük laboratuvar inkübasyonları sırasında toprak bünyesinin, denemede toprakta altlık olarak kullanılan buğday sapının ayrışması ve toprak organik madde mineralizasyonu üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini araştırmışlardır. Tekstür ve toprak su basıncının etkilerinin tek bir değişkende (su dolu gözenek alanı yüzdesi) birleştirilebileceğini ve tek başına tekstür veya toprak su basıncından ziyade altlığın ayrışmasını ve doğal toprak C mineralizasyonundaki değişkenliğin daha fazlasının sebeplerini açıklamaktadır. Topraklara organik materyal uygulamalarının toprakların gözenek hacmini, su ve besin maddesi miktarlarını artırması sebebiyle toprak mikroorganizma popülasyonu ve çeşitliliğini de artırdığı bilinmektedir. Dolayısıyla vermikompost ve kompost uygulamaları da topraklarının mikroorganizma varlığını artırmaktadır. Ancak, Vermikomostlanan organik materyallerin mikroorganizma içerikleri solucanlar için bir besin kaynağıdır ve solucanlar kendileri için besin kaynağı olan diğer materyaller gibi mikroorganizmaları da tüketirler. Bu nedenle vermikompostlamanın yeni başladığı zamanlarda ortamın mikrobiyal biyokütle içeriğinin de düşebileceği belirtilmektedir (Bohlen ve Edwards, 1995).

Ortamın besin elementi içeriği değerlerine göre toplam N kapsamı %6 dozunda en yüksek olduğu için mikroorganizmaların miktarını ve aktivitesini arttırmış olabilir (Marin, 2004).

Cook ve Allan (1992), Seville (Guadalquivir Vadisi, Endülüs, İspanya) yakınındaki kurak arazilerde bir tuzlu toprakta (Salorthidic Fluvaquent) 5 yıl boyunca yürüttükleri bir çalışmada toprağa iki farklı organik atık (pamuk bitkisi kompostu ve kanatlı gübresi) uygulaması yapmışlardır. Kümes gübresi uygulamalarında toprak

mikrobiyal biyokütlesi ve toprak solunumu değerlerinin pamuk kompostu uygulanmış topraklara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ortamın besin içeriğinin (N ve P) yine kümes gübresi uygulamalarında daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Marin (2004) ve Tejada ve arkadaşlarının (2006) elde ettikleri benzer sonuçlara göre ortamın besin elementi varlığındaki artış ile mikrobiyal solunum değerlerindeki artış doğru orantılıdır.

Garcia ve Hernandez (1996), çalışmalarında toprak tuzluluğundaki artışın benzoil argininamid hidroliz aktivitesi, alkalın fosfataz, b-glukosidaz ve mikrobiyal solunum gibi çeşitli toprak enzimatik aktivitelerini inhibe ettiğini göstermişlerdir. Benzer çalışmalarda ortamın tuz içeriğindeki artışların toprak mikrobiyal biyokütle karbonu ve enzim aktiviteleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır (Zahran, 1997; Rietz ve Haynes, 2003).

Liang et al. (2005), Organik gübrenin toprak enzimatik aktivitesi, solunum hızı ve tuz toleranslarında farklılık gösteren iki arpa çeşidinin (*Hordeum vulgare* L.) büyümesi üzerindeki etkisini simüle edilmiş bir tuzlu ortam altında karşılaştırmak için bir saksı deneyi yapmışlardır. Sonuçlar hem rizosfer hem de toplu topraklarda organik gübrenin hem içine hem de dışına yerleştirilmesinin üreaz, alkalın fosfataz ve dehidrojenaz aktivitesinin yanı sıra solunum hızını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Ayrıca, rizobaglerin içinde veya dışında değiştirilen organik gübre ile muamelelerde arpa bitkileri tarafından besin alımı artırılmıştır. Bu enzimlerin solunum hızı ile birlikte aktivitesi, rizosferde organik gübre rizobaglerin içinde sağlandığında rizosfer dışı olandan daha yüksekti, öte yandan rizobaglerin dışına dahil edilen gübre durumunda bunun tersi bulundu. Bu çalışmanın sonuçları, organik gübrenin özellikle toprak-kök bölgelerine dahil edilmesinin, toprak verimliliğini artırmak ve ikincil tuzlanmanın neden olduğu fitotoksisteyi en aza indirmek için etkili ve düşük girdili agro-teknolojik yaklaşım olduğunu bildirmişlerdir.

Benzer çalışmalarda, toprağa organik materyallerin eklenmesinin dehidrojenaz aktivitesini uyardığını çünkü eklenen materyal hücre içi ve hücre dışı enzimler içerebildiği gibi aynı zamanda toprak mikroorganizmaları için zengin bir substrat sağladığını rapor etmişlerdir. Bu sebeple organik madde ilavesi veya varlığının tüm mikrobiyal aktiviteyi dahi uyarabileceğini belirtmişlerdir (Kızılkaya ve Hepşen, 2014; Pascual et al., 1998; Rao ve Pathak, 1996).

2.18. Kompost ve Vermikompost Uygulamasının bitki verim parametreleri Üzerine Etkisi

Mohammed et al. (2004), birbirini izleyen 2 mevsim boyunca süren çalışmalarında mahsul verimliliğini ve tarımsal sürdürülebilirliği arttırmak için sulu ve kuru tarım koşullarında kimyasal gübrelere alternatif olarak organik atıkların kullanımını karşılaştırmıştır. Kurak mevsimde elde edilen verim sonuçları, kompost uygulama oranı mahsul veriminde kademeli bir artış belirlemiştir.

Gamal (2009), ise yaptığı benzer bir çalışmada 5 ton.ha⁻¹ kompost uygulamasının sorgum tane verimini kontrol parsellerine göre %45 artırdığını, uygulanan kompost miktarının 10 ton.ha⁻¹ olduğu parsellerde ise verimin 5 ton uygulamasından % 19 daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Olowoake et al. (2018), biyodizel üretim atığını kompostlayarak, elde ettikleri kompostu uyguladıkları arazide mısır (*Zea mays* L.) yetiştirmişlerdir. Kompost uygulamasının mısır verimi üzerindeki etkisi araştırmışlar ve mısırdaki yüksek verim elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Organik atıkların toprağa ilavesinin, bitkisel üretimi artırdığı pek çok çalışmayla ortaya konulmuştur. Çay atığı kompostunun toprağa uygulanmasının bitki verimi ve besin elementi kapsamını artırdığı belirlenmiştir. Çay kompostu uygulaması buğday bitkisi verim ve besin elementi kapsamını diğer organik madde uygulamalarına göre daha yüksektir. Bu durum çay atığının N başta olmak üzere besin elementi kapsamının diğer atıklardan yüksek olması ile açıklanmaktadır (Jamil et al., 2004; Kumar, 1994; Sharma et al., 2001).

Demir ve Gülser (2015), farklı dozlarda çeltik kavuzu kompostunun domates yetiştiriciliğinde verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada en yüksek domates verimini %9 çeltik kavuzu kompostu uygulamasında belirlediklerini bildirmişlerdir.

Ouédraogo ve arkadaşlarının (2001), yapmış oldukları bir çalışmada sorgum veriminin kompost uygulanan parsellerde kontrol parsellerine oranla üç kat arttığını belirlemiştir. Bununla birlikte kompost uygulamasının ekimdeki gecikmenin olumsuz etkilerini de azalttığı bu çalışmada bildirilmiştir.

Abou Hussien et al., 2019), farklı organik materyallerin ve kompost dozlarını uyguladıkları çalışmada ise tüm uygulama dozlarında toprak özelliklerinde iyileşme, buğday veriminde (sap ve tane) ve hasat endeksinde artış olduğu ortaya konmuştur.

Marigold (kadife çiçeği) bitkisi yetiştiriciliğinde, çay atığı ve ağaç kabuğu kompostları kullanılarak yapılan 2 farklı çalışmanın sonuçlarına göre, çay atık kompostu uygulanmış ortamda ağaç kabuğu uygulanmış ortamlara göre bitki verim ve yaş ağırlığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Khalighi ve Padasht Dehkaei, 2000; Padasht Dehkaei, 1998).

Tejada ve Gonzales, (2007), araştırmalarında pancar atığı, arıtma çamuru ve pamuk atığı olmak üzere 3 farklı organik atık kompostu uygulamalarının toprak ve bitki verimi üzerine etkilerini araştırmıştır. toprağa yapılan kompost uygulamasının buğday verim parametrelerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Ancak sadece pamuk atığı kompostu uygulamasının toprak ve buğday verim parametrelerinde olumlu bir etki yarattığı, pancar atığı ve arıtma çamuru uygulamalarının ise olumsuz bir etki yaratmış olduğu rapor edilmiştir.

Topraklara kompost uygulaması yapılan benzer çalışmalarda, ağaç kabuğu atıkları ve çay atığı kompostunun yetiştirme ortamına uygulanması sonucu uygulama oranı artıkaç marul büyümesinin artışı belirlenmiştir. Bununla birlikte çay atığı kompostunun uygulamasının kullanıldığı karışımlarda daha yüksek verim elde edilmiştir (Khalighi ve Padasht Dehkaei, 2000; Padasht Dehkaei, 1998).

Soheil et al. (2012), kompost uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri ve mısır bitkisi verimi üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Kompost uygulama miktarlarının kuru maddedeki makro ve mikro besin konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırdığını ayrıca ağır metal konsantrasyonlarını da düşürdüğünü belirlenmişlerdir.

Ranjbar ve arkadaşlarının (2016), yılında yaptıkları bir çalışmada kimyasal gübre ile belediye atık kompostunun uygulandığı bir tarla denemesi çalışmasında topraklara 15, 30 ve 45 ton.ha⁻¹ belediye atık kompostu, %25, %50 ve %75 oranında kimyasal gübre uygulanmıştır . Sonuçlar, belediye atık kompostunun 7 yıllık kullanımının toprak ve pirinç tanelerinin azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırdığını ve pirinç verimini de arttırdığını ortaya koymuştur.

Naaem ve arkadaşlarının (2018), yaptıkları bir çalışmada, biyoçar ve kompost ile inorganik gübrelemenin birlikte uygulanmasının, mısırdaki büyüme ve verim değerlerini tek başlarına ayrı ayrı uygulamalarına kıyasla daha çok artırdığını bildirmişlerdir. Kompostun inorganik gübrelerle birlikte kullanıldığı uygulamalarda mısırın bin tane ağırlığının diğer uygulamalara göre önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bioçarın inorganik gübre ile kombinasyonunun önemli ölçüde farklı olmadığı ortaya konmuştur. Tahıl veriminin kompost ile inorganik gübrelerin birlikte kullanımının tek başına inorganik gübre kullanımına göre %12 ve %9'luk oranlarda arttığını rapor etmişlerdir.

Ranjbar ve arkadaşlarının (2016), yılında yaptıkları bir çalışmada kimyasal gübre ile belediye atık kompostunun uygulandığı bir tarla denemesi çalışmasında topraklara 15, 30 ve 45 ton.ha⁻¹ belediye atık kompostu, %25, %50 ve %75 oranında kimyasal gübre uygulanmıştır . Sonuçlar, belediye atık kompostunun 7 yıllık kullanımının kontrol uygulanmasına kıyasla azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonları sırasıyla %73,68, 230.0 ve 30.74 arttığı ve 45 t / ha +%25 kimyasal gübre muamelesi en yüksek 1000 tane ağırlığa sahip olduğu yapılan çalışmayla ortaya konmuştur. 1000 tane ağırlığın yüzdesinin kontrol işlemine kıyasla %9,82 arttığı belirlenmiştir.

Abdulghani (2012), farklı dozlarda siyah çay atığının toprağa uygulanmasının toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerine etkilerini incelediği bir çalışmada, çay atığının toprak EC ve pH değerini düşürdüğünü ve arpa bitkisinin 1000 dane ağırlığı ve kuru ağırlık üzerine %4 ve %6 oranında çay atığı uygulamaların olumlu etki yaptığını belirlemiştir.

Benzer çalışmalarda kompost uygulamalarının bitki büyümesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Topraklara kompost uygulamalarının bitki boyu ve yaprak alanı özelliklerinde kontrole kıyasla önemli ölçüde iyileşme olduğu belirlenmiştir (Aziz et al., 2010; Ogbonna et al., 2012).

Hernández et al. (2010), topraklara talaş kompostu ve talaş kompostunun vermikompostu uygulamasının, kimyasal gübrelemeye karşı maruldaki (*Lactuca sativa* L.) verim ve yaprak besin içeriği üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir sera çalışması yapmışlardır çalışmada iki organik ve bir geleneksel veya inorganik gübre uygulamışlardır. İlk 4 haftada bitki boyu organik gübre uygulamaları kimyasal gübre

uygulamalarına göre artış göstermiş, 5.haftadan itibaren gelişim kimyasal gübre uygulamasının gerisinde kalmıştır. Çalışma sonuçları, organik gübrelerin içerdiği bitki büyümesini uyaran fitohormonların varlığından kaynaklanabileceği belirtmiştir (Blandon et al., 1999, Gajalakshmi et al., 2001, Nogales et al., 2005).

Mastouri ve arkadaşlarının (2005), yaptıkları benzer bir çalışmada topraklara organik materyal olarak çay atığı kompostu ve ağaç kabuğu kompostu uygulamışlardır. Uygulamaların marul bitkisi verim parametreleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, her iki tür kompostun yetiştirme ortamına ilavesi arttıkça marul büyümesinin arttığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, büyüme ve yaş taze ağırlığı, çay atık kompostu uygulanmış ortamda ağaç kabuğu uygulanmış ortamlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ağaç kabuğu kompostu uygulanmış ortamda yetiştirilen marul bitkisinde büyüme ve verim değerlerinin çay atığı kompostuna oranla daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bu durumun, hızlı ayrışmanın sebep olduğu düşük azot kaynağı ve ortamın hava kapasitesini nispeten az olmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanmıştır (Khalighi et al., 2000; Padasht Dehkaei, 1998).

Van Assche ve Uyttebroecke (1982), Evsel atık kompostunun tarım ve bahçecilikte kullanımında talep arzı ve uygulama olanaklarının araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında elde edilen kompostu farklı dozlarda topraklara uygulamışlardır. Organik evsel atık kompostunun kereviz verimine etkisi belirlenmiştir. Kompost uygulamalarının doz artışına bağlı olarak kereviz verimini arttırdığını belirlemişlerdir.

Abou Hussien et al. (2019), yaptıkları bir çalışmada, farklı bitkisel atıklardan (mısır, domates, asma) elde ettikleri kompost materyallerde en yüksek makro ve mikro bitki besin içeriğinin mısırdan atığı kompostunda, en düşük içeriğin ise domates atığı kompostunda olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan benzer çalışmaların sonuçlarına paralel olarak, kompostlanan ürünlerin kompostlanmamış atıklara göre önemli derecede bitki besin maddesi içerdiği belirlenmiştir (Alexander, 2001; Nada, 2011).

Hınıslı (2014), tarafından yapılan bir çalışmada, vermikompost, inek gübresi ve koyun gübresinin farklı uygulama dozlarının (%0 (kontrol), %1, %3, %5, %7) kıvrıcık marulun gelişimi üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Vermikompostun kıvrıcık marulun erkencilik özelliğine önemli derecede olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Genel

olarak koyun gübresi uygulamalarının bitki besin elementlerinin alınabilirliğini artırdığı tespit edilmiştir. N alımında ise inek gübresinin önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Lineer bir artış sergileyen bitkideki N miktarı, 175 g inek gübresi uygulamasında %3.608 N ile maksimum seviyeye ulaştığı rapor edilmiştir. Özellikle Ca, Cu ve Zn elementlerinin kıvırcık marul bitki bünyesine alımında vermikompost uygulamalarının olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Kızılkaya et al. (2014), yapmış olduğu bir çalışmada, *Eisenia foetidana* laboratuvar koşullarında farklı oranlarda fındık kabuğu ve inek gübresi ile değiştirilen anaerobik ayrıştırılmış kentsel arıtma çamurunun dönüştürme kabiliyeti araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda %20 kentsel arıtma çamuru +%40inek gübresi+%40 fındık kabuğu yem karışımından maksimum solucan biyokütlesinin elde edileceğini göstermiş, solucan sayısı, %30 kentsel arıtma çamuru +%35inek gübresi+%35 fındık kabuğundan oluşan bir yem karışımında vermikompostlama süresince en yüksek bulunmuştur. Yem karışımlarının tümünde ağır metal konsantrasyonu (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni ve Cr) vermikompostlama süresiyle ilişkili olarak azaldığı belirlenmiştir

Hınıslı (2014) yapmış olduğu bir çalışmada vermikompost uygulamasının Ca, Cu, Zn elementlerinin bitki bünyesine alınmasında etkili olduğunu belirlemiştir. Çalışmada kıvırcık marul yetiştiriciliğinde vermikompost, inek gübresi ve koyun gübresinin farklı uygulama dozlarının (%0 (kontrol), %1, %3, %5, %7) besin elementlerinin bitki bünyesine alınımı üzerine etkilerini araştırmış ve vermikompost uygulamasının Zn alınımı artırdığını bildirmiştir.

Adiloğlu et al. (2015), vermikompost uygulamasının salatalık bitkisinin verimi üzerine olan etkisini araştırdıkları bir çalışmada, bitkinin Fe ve Mn gibi bazı mikro besin elementi içeriklerinde önemli derecede artışların olduğunu belirlemişlerdir.

Garcia et al. (1991), çalışmalarında, taze organik maddenin Ca ve Mg bitki konsantrasyonlarını arttırdığını, ancak olgun kompostta bir artışa sebep olmadığını rapor etmişlerdir. Bu durumun hammateryalin Ca ve Mg içeriğinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Hernández et al. (2010), topraklara talaş kompostu ve talaş kompostunun vermikompostu uygulamasının, kimyasal gübrelemeye karşı maruldaki (*Lactuca sativa* L.) verim ve yaprak besin içeriği üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir sera çalışması yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, vermikompost uygulanmış

toprakların alınabilir Ca ve Mg içerikleri yüksek, geleneksel kompost ve inorganik gübre uygulanan topraklarda ise düşük olarak belirlenmiştir.

Durukan et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise mısır bitkisine vermikompost uygulamasının Mg konsantrasyonu üzerinde olumlu yönde etki ettiğini belirtmişlerdir.

Benzer araştırmalar incelendiğinde bitkide toplam P konsantrasyonlarına ait sonuçların çelişkili olduğu görülmektedir ve çalışmalarda bu durumun hammaddeden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Vermikompost organik bir gübreleme materyali olarak topraklara uygulandığında bitkide toplam P kapsamında artışlar saptanmıştır (Bhattacharya and Chattopadhyay, 2002; Ghosh et al., 1999).

Benitez et al. (1999) yaptıkları bir çalışma sonuçlarına dayanarak, vermikompostlanmış atıklarda fosfat çözüdüren bakterilerin arttığını, böylece çözünmeyen P'yi bitki alınabilir formlarına dönüştürdüğünü, bununla birlikte solucanların mikrobiyal metabolizmayı uyardığı ve solucan ve mikrobiyal dokuya serbest PO₄'ün immobilizasyonuna neden olduğu öne sürmüşlerdir.

Rupani et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı organik atıkların vermikompostlanması ile materyallerin besin maddesi içeriklerinde (N, P, K) önemli ölçüde artış olduğunu belirlemiştir. Organik materyallerin vermikompostlandığında alınabilir besin elementi içeriklerinde artış olmaktadır.

Turp et al. (2021) yaptığı bir çalışmada ise, kanatlı gübresi, orman ve bitki mahsul artıklarının kompostlanmasıyla elde edilen organik materyalden kuru ağırlık üzerinden farklı dozlarda kül biyoması olarak adlandırılan "biomass ash (BA)" ile vermikompostlanması ile son ürünün önemli ölçüde BA dozlarına bağlı olarak toplam P ve yarayışlı P miktarlarının sırasıyla %69-79 ve %5-8 oranında arttığı saptanmıştır.

Katakula et al. (2021) yaptığı benzer bir çalışmada, mutfak atıkları ve keçi gübresinin farklı dozlarının kompostlanması ve vermikompostlanması sonucu elde edilen materyallerin bitki besin elementi içerikleri karşılaştırılmıştır. Yarayışlı P çözünürlüğünde, kompost işleminde mutfak atıklarının en yüksek dozlarında (%75 ve %50) en yüksek sonuçlar belirlenmiştir.

Aşık ve Kütük (2012) çay atığı kompostu, ahır gübresi ve peat kullanılarak yapmış oldukları bir çalışmada, çay atığı kompostu ve diğer organik atıkların çim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Organik tüm materyallerin önemli derecede pozitif

etki yaptığı belirlenirken çim bitkisinin N ve K kapsamının en yüksek çay atığı kompostu uygulamasında olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre toplam N içeriği açısından en yüksek organik materyalin çay atığı kompostu olduğunu belirlemişlerdir. Kacar (1997), yapmış olduğu bir çalışmada çay atığının azot yönünden ahır gübresine oranla 3 kat, çöp gübresine oranla 4.5 kat daha zengin olduğunu belirlemiştir.

Khalighi ve Padasht Dehkaei, (2000), bitkisel organik atık kompostlarının kadife çiçeği yetiştiriciliğinde bitki gelişim ortamına ilavesinin çiçeklenme, gelişim ve verim üzerindeki etkisini araştırmak için 1996 sonbaharında Tahran, İran'da bir çalışma yapmışlardır. Bitkisel kompost ortamı ağaç kabuğu, çay atığı ve pirinç kabuğundan oluşuyordu ve farklı konsantrasyonlarda (hacimce 0, 25, 75 ve %100) azolla eğrelti otu ile karıştırılmış ve 1 m³'lük odunsu kaplarda kompostlanmıştır. 5 aylık kompostlaştırmadan sonra, yetiştirme ortamının farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Kök ve üst kısımların taze ve kuru ağırlığı, bitki boyu, yan sürgün sayısı ve açılan çiçek sayısı gibi farklı büyüme parametreleri için veriler kaydedilmiştir. Araştırmacılar, çalışma sonuçlarına göre ağaç kabuğu ve çay atığı kompostları, kadife çiçeği bitkilerinin yetiştirilmesi için turba yerine iyi bir alternatif olarak kabul edildiğini rapor etmişlerdir.

Verdonck et al. (1983), araştırmalarında tropik bölgelerde iyi bahçecilik substratları bulma sorunları nedeniyle, bir dizi tropikal organik atık ürün analizi yapmışlardır. Bu çalışmalarında pirinç kabukları, çay atıkları ve kokofiber tozu incelenmiştir. Kompostlama sürecini optimize etmek için kompostlama simülatörü ile laboratuarda kompostlama yapmışlardır. Taze malzemelerde fitotoksik bileşikler mevcut olduğundan bu yöntem tercih edilmiştir. Kompostlama simülatörünün ve yetiştirme denemesi sonuçlarına göre 3 ana değerlendirilmede bulunmuşlardır; (i) pirinç kabukları, nitrojen kaynağı olarak %1 nitrojen ve üre eklenerek kompostlanabilir, (ii) çay atığı nitrojen açısından çok zengindir (%3,5). Bu nedenle pirinç kabuğu ve kokofiber tozu gibi karbonca zengin bir malzeme ile karışımlar gereklidir, (iii) kokofiber tozu çok yüksek karbon içerir (> %45). Taze materyalde fitotoksik bileşiklerin varlığından dolayı kompostlama periyodunun zorunlu olduğunu ve en az 4 aylık kompostlanmış kokofiber tozu, hassas bitkilerin büyümesi üzerinde diğer atıklardan daha fazla olumsuz etki yaratmadığından, kompostlama ile fitotoksik bileşiklerin ortadan kalktığını belirlemişlerdir.

Padasht Dehkaei, (1998), araştırmalarında yer verdiği pek çok çalışmada da çay atığı kompostunun diğer bitkisel materyallerden hazırlanmış kompostlardan daha yüksek toplam azot içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Negassa et al. (2001; 2005), inorganik gübre, çiftlik gübresi ve kompost gibi farklı organik maddelerle uygulandığında, kontrol muamelesine kıyasla kompost uygulamalarında yüksek N içeriğinden dolayı mısır tane veriminde artış olduğunu bildirmiştir. Kompostun bitki büyümesi ve verimi üzerindeki olumlu etkisi Erhart & Hartl (2010) ve Abdel-Mawgoud (2006) tarafından da bildirilmiştir.

Gamal (2009), bir çalışmasında toprağa 3 farklı dozda (0 ton, 5 ton ve 10 ton ha⁻¹) kompost uygulaması yapmış ve hasattaki bitki besin içeriğini belirlemiştir. Alınan tüm örneklerde N, P ve K besin içeriğinin arttığı belirlenmiş ve bu artışın 10 ton ha⁻¹ kompost uygulamasında en yüksek olduğunu bildirmiştir. Tayebah et al. (2010) ise kompost uygulamasının tohum proteini üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve 60 kg ha⁻¹ kompost uygulanmasında tohum protein oranının maksimum olduğunu saptamışlardır.

3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

Tez çalışmasında materyal olarak kompost ve vermikompost eldesinde ay Fabrikasyon atığı, vermikompost üretiminde solucan yataklığı olarak Ahır gübresi, vermikompost üretiminde solucanlar, elde edilen vermikompostların tarımsal etkinliğinin belirlenmesi amacıyla buğday bitkisi test bitkisi olarak kullanılmıştır.

3.1.1. ay Fabrikasyon Atığı

Doğu Karadeniz Bölgesinde yaygın bir şekilde tarımı yapılan çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) hasat sonu fabrikasyon atıkları Rize İli'nde bir çay üretim fabrikasından temin edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. ay bitkisi (*Camellia sinensis*) ve atığı

3.1.2. Ahır Gübresi

Vermikompost eldesi için solucanlara yataklık olarak Ahır gübresi kullanılmış ve ahır gübresi, Samsun ve çevresinde bulunan veteriner kontrolündeki büyükbaş hayvan işletmelerinden ihtimar edilmiş olarak temin edilmiştir (Şekil 3.2).

Vermikompost üretiminde tamamen olgunlaşmış ahır gübresi kullanılmıştır. Temin edilen ahır gübresinin parçacık büyüklüğü küçültülmüş, 2mm'lik elekten elenmiş ve vermikompost eldesinde kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Ahır gübresi temini

3.1.3. Solucanlar

Vermikompost eldesi için *Eisenia fetida* türü solucanlar kullanılmıştır. Bu türe ait solucanlar, Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi vermikompost ünitesinden (Şekil 3.3) temin edilmiştir.



Şekil 3.3. *Eisenia fetida* türü solucanlar

3.1.4. Toprak Örneği

Bu tez çalışmasında kullanılan deneme toprağı, Samsun'un Bafra ilçesinden Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Bafra Araştırma İstasyonundan alınmıştır. Bu amaçla, topraklar 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Alınan toprak örnekleri gólgede serilerek kurutulmuş ve hava kuru hale getirilmiştir. Kuruyan toprak örneklerinin içindeki tař, bitki kólkleri, yabancı maddeler elle ayıklandıktan sonra tahta tokmak ile dövölerek 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize uygun hale getirilmiştir (Jackson 1956).

3.1.5. Test Bitkisi

Tez çalışmasında test bitki materyali olarak Pandas türü buğday bitkisi (*Triticum aestivum*) kullanılmıştır. İtalyan orijinli olan bu buğday türü 1984 yılında aldığı tescil ile ölkemizde üretimi yapılmaktadır. 90-100 cm sap uzunluğuna sahip, yaprakları koyu yeşil renkli, başaklar beyaz kılçıklı ve yoğunluğu sık olup başak uzunluğu 8-10 cm arasında değişmektedir. Taneleri kırmızı-sert görünümlü olup tane oval şekildedir. Buğday bitkisinden bazı görüntüler şekil 3.4'te verilmiştir.



şekil 3.4. Denemede kullanılan Pandas türü buğday bitkisinden görüntüler

3.2. Metot

3.2.1. Çay Fabrikasyon Atığı

Kompost ve vermikompost eldesi için temin edilen çay fabrikasyon atığının besin maddesi kapsamı ile kimyasal özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çay fabrikasyon atığının besin maddesi kapsamı ile kimyasal özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler (Kacar 1972, 1995; Bayraklı, 1986; Ryan et al., 2001)

Analiz	Uygulanan Yöntem
Organik madde	Kuru yakma (etil alkol içerisinde çözündürülmüş %5’lik H ₂ SO ₄ ’den her 1 g materyale 1 mL olacak şekilde ilave edilmesi sonucu porselen krozelerde 550 °C’de yakılması) yöntemi ile
Toplam Azot	Kjeldahl yöntemine göre
C/N	Organik madde ve N analizleri sonucu hesaplama ile
pH	1:10 (w/v), toprak: organik atık karışımında pH-metre ile
EC	1:10 (w/v), toprak: organik atık karışımında EC-metre ile
Toplam Fosfor	Kuru yakma ile elde edilen ekstraktta spektrofotometrik olarak
Toplam Potasyum	Kuru yakma ile elde edilen ekstraktta flame fotometrik olarak
Toplam Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn	Kuru yakma ile elde edilen ekstraktta Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre ile

3.2.2. Ahır Gübresi

Vermikompost eldesinde solucan yataklığı olarak kullanılmak amacıyla temin edilen tamamen olgunlaşmış ahır gübresinin parçacık büyüklüğü küçültülmüş, 4 mm’lik elekten elenmiş ve vermikompost eldesinde kullanılmış ve ahır gübresinin besin maddesi kapsamı ile kimyasal özelliklerinin saptanması amacıyla Tablo 3.1’de verilen analizler yapılmıştır.

3.2.3. Solucanlar

Vermikompost eldesi için *Eisenia fetida* türü solucanlar kullanılmış olup, bu solucan türlerinin bazı özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. *Eisenia fetida* türüne ait solucanların bazı özellikleri

Özellik	Değer
Renk	Kahverengi
Yaşam süresi	45-51 gün
Yaşayabildiği sıcaklık düzeyi	0-35°C
Optimum sıcaklık isteği	25°C
Yaşayabildiği nem düzeyi	%70-90
Optimum Nem isteği	%80-85
Ergen evresine kadar geçen süre	21-28 gün
Bir günde kokon üretim sayısı	0.35-0.50
Kokon büyüklükleri	4.8.mm × 2.82mm
Kokonlardan çıkan yavruların yaşama oranı	%20

3.2.4. Toprak Örneği

Tez çalışması kapsamında üretilen kompost ve vermikompostların tarımsal etkinliğinin belirlenmesi amacıyla kurulan sera denemesinde kullanılan toprakların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Tablo 3.3'te verilen analizler yapılmıştır.

Tablo 3.3. Denemede kullanılan toprak örneğinin özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan analizler ve yöntemleri (Kacar 1972, 1995; Bayraklı, 1986; Ryan et al., 2001)

Analiz	Yöntem
Tekstür (% kum, silt, kil)	Hidrometre yöntemi
Toprak reaksiyonu (pH)	1:1 (w/v) toprak: saf su karışımında pH-metre ile
Elektriksel İletkenlik (EC)	1:1 (w/v) toprak: saf su karışımında EC-metre ile
Kireç kapsamı (CaCO ₃)	Scheibler kalsimetresi ile
Organik madde	Walkey-Black yöntemi ile
Toplam N	Kjeldahl yöntemi ile
Alınabilir P	Olsen yöntemine göre
Değişebilir Na, K, Ca, Mg	Amonyum asetat ekstraksiyonunda
Alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn	DTPA ekstraksiyonunda

3.2.5. Kompost Üretimi

Çay Fabrikasyon atıklarından kompost eldesi sağlamak için windrow yöntemi kullanılmıştır. Süreç boyunca çay bitkisi fabrikasyon atığı kompost eldesinde ideal koşullar belirlenmiş ve kompost eldesi sağlanmıştır.



Şekil 3.5. Çay atıklarının kompostlanmasında kullanılan windrow kompostlayıcı

Bu amaçla, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde kurulu sıralı yığın kompostlama işlemi ile kompostlamayı sağlayan windrow kompostlayıcı (Şekil 3.5) kullanılmıştır.

Kompostlama esnasında çay fabrikasyon atığının kimyasal analiz sonuçlarına göre, C/N oranı 25 olacak şekilde ahır gübresi ile karıştırılmıştır. Bununla beraber, kompostlanma süreci mikrobiyolojik olarak gerçekleşen bir süreç olduğu için, taze orman toprağı ve ahır gübresinden ekstrakte edilen mikroorganizmalar kompost yığına inoküle edilmiştir.

3.2.6. Taze Orman Toprağı ve Ahır Gübresi Ekstraktının İçeriğinin Belirlenmesi

Elde edilen ekstrakta organik C ve toplam N içerikleri belirlenmiş ve bu ekstrakta mikroorganizma sayımı yapılmıştır. Ekstraktın OC değeri % 10.24 ve toplam N içeriği % 13.19 olarak belirlenmiştir. Mikroorganizma sayımı sonuçları (ml'deki hücre sayısı= Koloni sayısı x Seyreltme faktörüx10) ise Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

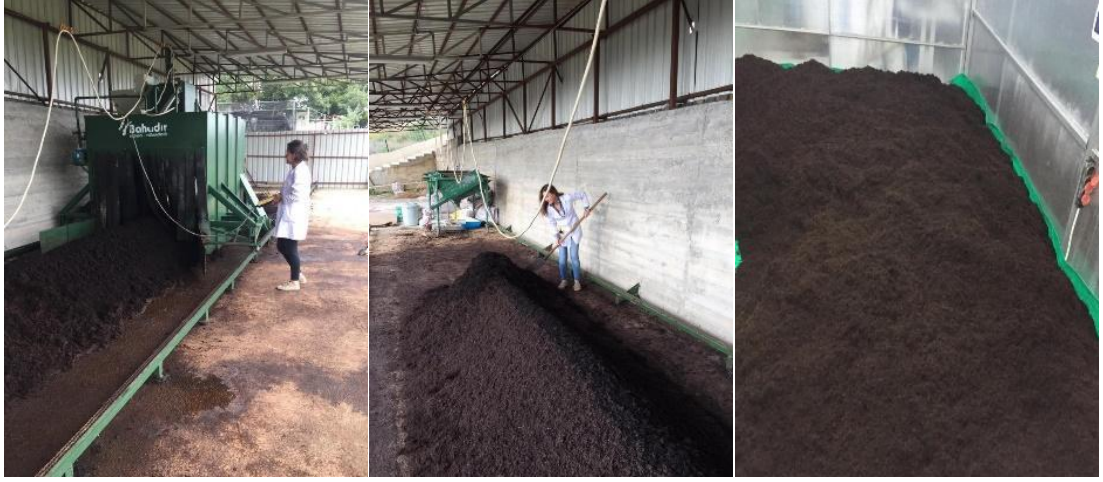
Tablo 3.4. Mikroorganizma sayımı sonuçları

Dilüsyon	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵
Ortalama koloni sayısı	11	16	34	38	100

30 koloni ve üzerindeki petripler hesaplama dahil edilmiştir. Formüle göre yapılan hesaplamada mL'deki hücre sayısı, $129,3 \times 10^7$ 'dir. Mikroorganizmaların bakteri olduğu belirlenmiştir.

Karışımın, nem içeriği %70 olacak şekilde nemlendirilmiş ve her iki günde bir kompostlayıcı da karıştırılarak ideal kompost özelliklerine gelinceye değin (termofilik koşullar sonlandığı zaman) windrow kompostlayıcı da işlemler 30 gün sürdürülmüştür. Kompostlama süresince karışımın ortasından her hafta alınan örneklerde ortamın sıcaklık ve nem içeriklerine ilave olarak pH, EC, C/N oranları Tablo 3.1'de verilen yöntemlere göre belirlenmiştir. Şekil 3.6.'da çay fabrikasyon atığından kompostu eldesi sürecine ait görüntüler verilmiştir. Elde edilen kompostun bir kısmı sera denemesinde kullanılması amacıyla depolanmış, diğer kısmı ise vermikompost eldesinde kullanılmıştır.





Şekil 3.6. Çay atıklarından windrow kompostlayıcı kullanılarak çay kompostu eldesi süreci

3.2.7. Vermikompost üretimi

Vermikompost eldesi amacıyla çay fabrikasyon atıklarından elde edilen kompost ile *Eisenia fetida* türü solucanlar kullanılmıştır. Vermikompostlama sürecinde solucanların besin diyetine girecek olan çay atığı kompostunun ideal seviyesi saptanması amacıyla kompost ile farklı oranlarda solucanlar için yataklık olarak kullanılan ahır gübresinin karışımlarının hazırlandığı inkübasyon denemesi kurulmuş, yürütülmüş ve elde edilen sonuçlara göre ideal karılımlarında vermikompost eldesi sağlanmıştır.

3.2.7.1. İnkübasyon denemesi

Çay atığı kompostundan en uygun bileşende vermikompost eldesinin sağlanması için, ideal karışım oranı ve vermikompostlama süresinin belirlenmesi amacıyla, çay kompostu ve ahır gübresi farklı oranlarda (kuru ağırlıkları üzerinden) karıştırılarak ve solucanlar bu karışımlara (20 adet ergin solucan /500g karışım) ilave edilmiştir. Karışım oranları aşağıda verilmiştir.

- Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan
- Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan
- Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan
- Çay atığı kompostu (%75) + ahır gübresi (%25) + solucan
- Çay atığı kompostu (%100) + ahır gübresi (%0) + solucan

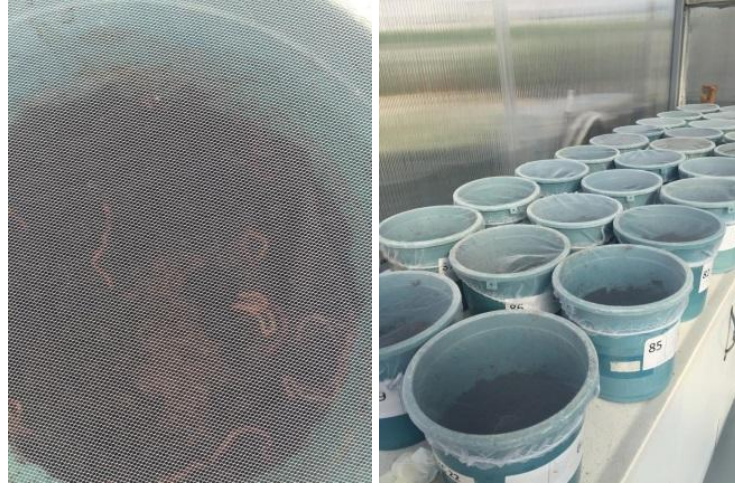
Bu karışımlardan ideal vermikompostlanma süresinin belirlenmesi için kontrollü koşullarda inkübasyon denemesi kurularak yürütülmüştür. Bu amaçla, 1lt'lik ışık geçirmeyen silindirik plastik saksılara (8 cm çap, 25 cm yükseklik) 500 gr karışım konulmuştur. Her bir karışımın içerisine eşit ağırlıkta 20'şer adet *Eisenia foetida* türü solucan ilavesi (Şekil 3.7) yapılmıştır. Solucan ilavesini yapıldıktan sonra saksıların

üst kısmı havalanmayı engellemeyecek tül ile kapatılarak solucan için optimum koşulları sağlamak için (Reinecke et al., 1992; Kaplan et al., 1980) saksılara, her bir karışımın %80 oranında su kapsayacak şekilde, su ilavesi yapılmıştır. Saksılar 20 °C’de 1 ay süre ile karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.7. Saksılara eşit sayı ve büyüklükte solucan ilavesi





Şekil 3.8. Saksıların inkübasyona hazırlanması

İnkübasyon süresince saksılar her gün tartılarak eksilen su miktarı ilave edilmiştir. *Eisenia foetida* türü solucanların günde en fazla kendi ağırlığının %75'i kadar vermikompost ürettiği dikkate alınarak (Ndegwa et al., 1999) inkübasyon toplam 30 gün ile sınırlandırılmıştır. İnkübasyonun 5., 10., 15., 20., 25. ve 30. günlerinde karışımlardan örnekler alınarak ilgili indikatör analizler yapılmıştır (Tablo 3.5). İnkübasyon denemesi toplam 90 saksıdan [6 (inkübasyon dönemi) x 3 (paralel) x 5 (Karışım) = 90] oluşmuş ve toplam 1800 adet solucan kullanılmıştır.

Tablo 3.5. İnkübasyon süresince karışımlardan alınan örneklerde uygulanan analizler

Uygulanan analizler	Kaynak
Toplam solucan sayısındaki değişim	Sayım metoduna göre
Toplam solucan biyomasındaki değişim	Gravimetrik olarak
Toplam Organik C	Ryan ve ark (2001)
Toplam N	Bremner (1965)
C/N	Rowell (1996)
pH	Ryan ve ark (2001)
EC	Ryan ve ark (2001)

Saksılardaki ortamın su kapsamı vermikompostlama için optimum nem olan %80 seviyesinde, her gün tamamlanarak, tutulmuş ve 20 °C'de karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda elde edilen vermikompost içerisinde solucanlar toplanarak orijinal yataklıkları içerisinde proje tamamlanıncaya değin saklanmıştır, vermikompost ise kurulacak sera denemesi için serin, güneş görmeyen bir ortamda ve siyah polietilen kaplar içerisinde muhafaza edilmiştir. Şekil 3.9'da İnkübasyon süresince saksıda görsel değişimler, Şekil 3.10'da ise karışımların vermikompostlama süresinin tamamlanması sonundaki görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.9. İntübasyon süresince saksıda görsel değişimler



Şekil 3.10. Karışımların vermikompostlama süresinin tamamlanması

Vermikompostlanma süresi tamamlandıktan sonra elde farklı bileşenlerdeki vermikompostların nem içeriğinin düşürülmesi amacıyla gölge ortamda serilerek kurutulmuş (Şekil 3.11) ve ideal nem seviyesine gelinceye değin kurumaya terk edilmiştir.



Şekil 3.11. Vermikompostların serilerek nem seviyelerinin düşürülmesi amacıyla gölgede kurutulmasından görüntüler

İnkübasyon denemesi sonunda belirlenmiş olan ideal vermikompost bileşeninden sera denemesinde kullanılacak olan vermikompost üretilmiş ve sera denemesi kuruluncaya değin bez torbalarda saklanmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Vermikompostların etiketlenmiş bez torbalara alınarak sera denemesinde kullanılmak üzere hazır hale gelmesi

3.2.8. Sera Denemesi

Sera denemesinde, materyal olarak buğday bitkisi (*Triticum aestivum*) ve çay atığından elde edilen kompost, vermicompost ve herhangi bir işleme tabi tutulmamış çay fabrikasyon atığının orijinal hali kullanılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme

desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Bu amaçla, toprakların 4 kg'lık miktarları plastik saksılara konulacak ve topraklar üzerine bu üç organik atığın %1, %2 , %4 ve %6'lık miktarları kuru ağırlık üzerinden ilave edilmiş ve homojen bir şekilde saksılarda bulunması amacıyla karıştırılmış (Şekil 3.13), saksılara konulmuş (Şekil 3.14) ve seraya taşınmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.13. Toprak ve organik atıkların homojen şekilde karıştırılması

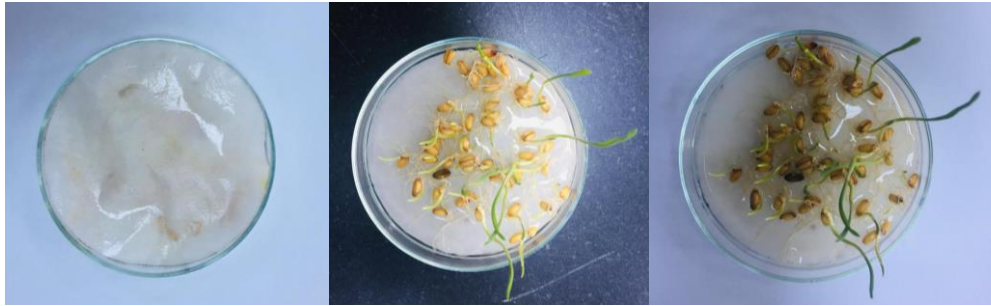


Şekil 3.14. Karışımların saksılara konulması



Şekil 3.15. Saksıların seraya alınarak tesadüf parselleri deneme desenine göre yerleştirilmesi

Sera denemesinde test bitkisi olarak kullanılan Pandas buğday çeşidinin çimlenme testleri petri kaplarında yapılmış (Şekil 3.16), yüksek çimlenme oranlarına sahip olan buğday tohumları her bir saksıya 25 adet olacak şekilde elle ekilmiştir (Şekil 3.17). Organik materyal ilavesi yapılmamış saksılar ise kontrol kabul edilmiştir. Deneme süresince herhangi bir kimyasal gübreleme ve ilaçlama işlemi gerçekleştirilmemiştir.



Şekil 3.16. Ekimden önce tohum çimlenme testi



Şekil 3.17. Buğday tohumlarının saksılara ekimi

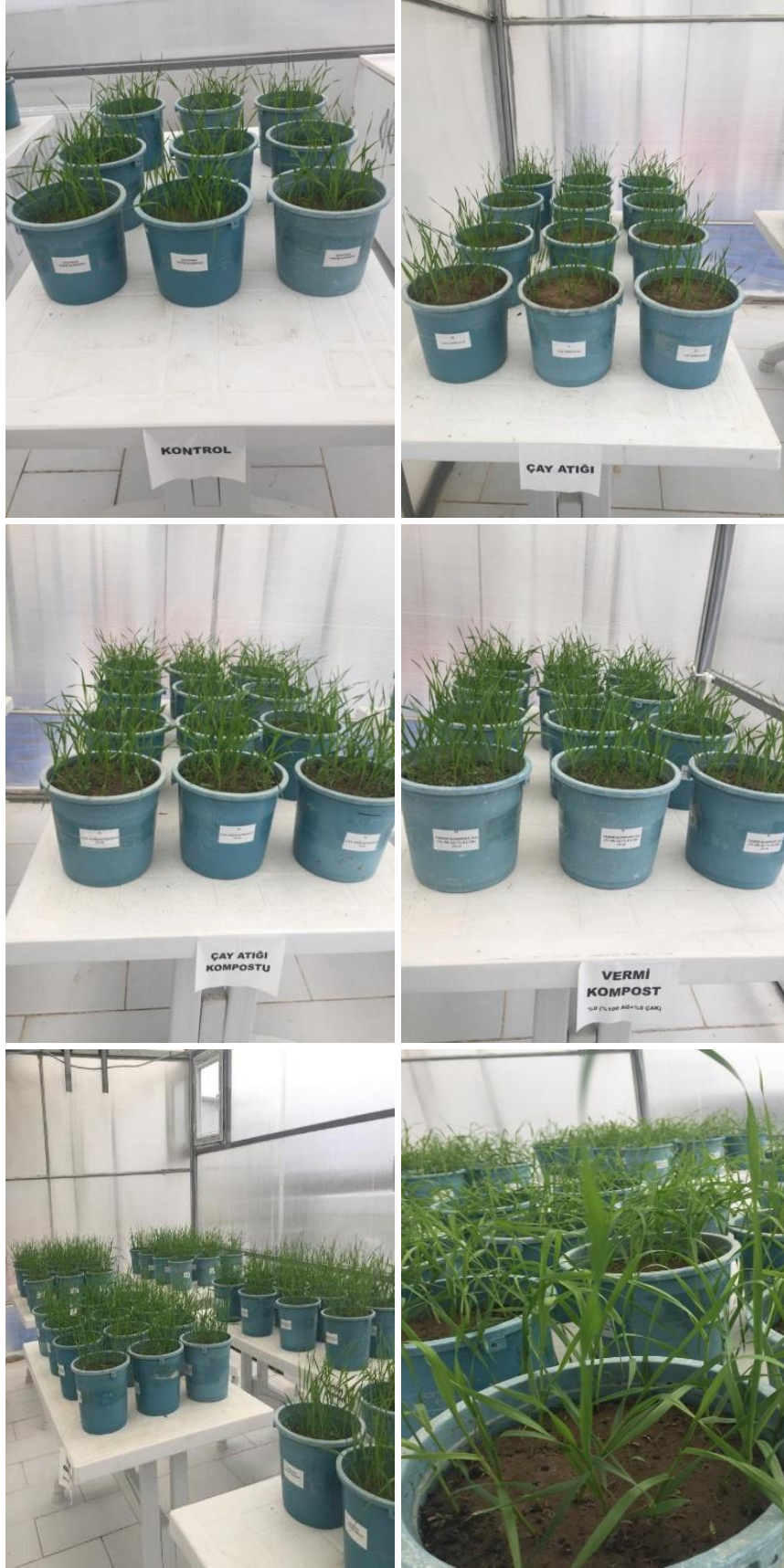
Tohumların topraktan ilk çıkış işleminden sonra her saksıda eşit sayıda (15 adet/saksı) bitkinin bulunması amacı ile seyreltme işlemi yapılmıştır. Deneme süresince toprakların nem kapsamı maksimum su tutma kapasitesinin %40'ı seviyesinde tutulmuştur. Deneme süresi boyunca, saksılardan eksilen su miktarı her gün sabah ve akşam tartım yapılarak tamamlanmıştır.

Saksı yüzeylerinde zaman zaman oluşan olan kaymak tabakası ise ayrı ayrı spatüller kullanılmak suretiyle kırılarak bitki köklerinin havalanması sağlanmıştır. Deneme Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma Seralarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 paralelli olarak kurularak ve yürütülmüş olup toplam 63 saksı'dan [(5 organik materyal (çay atığı, çay atığı kompostu, çay atığı vermikompostu 3 uygulaması) x 4 uygulama dozu (%1, %2, %4 ve %6)+ kontrol) x 3 paralel = 63 saksı] oluşmuştur.

Saksılardan buğday bitkisinin çıkışından hasata değin fenolojik dönemlerdeki görüntüleri Şekil 3.18 – Şekil 3.34'te verilmiştir.



Şekil 3.18. Saksılarda buğday çıkışı



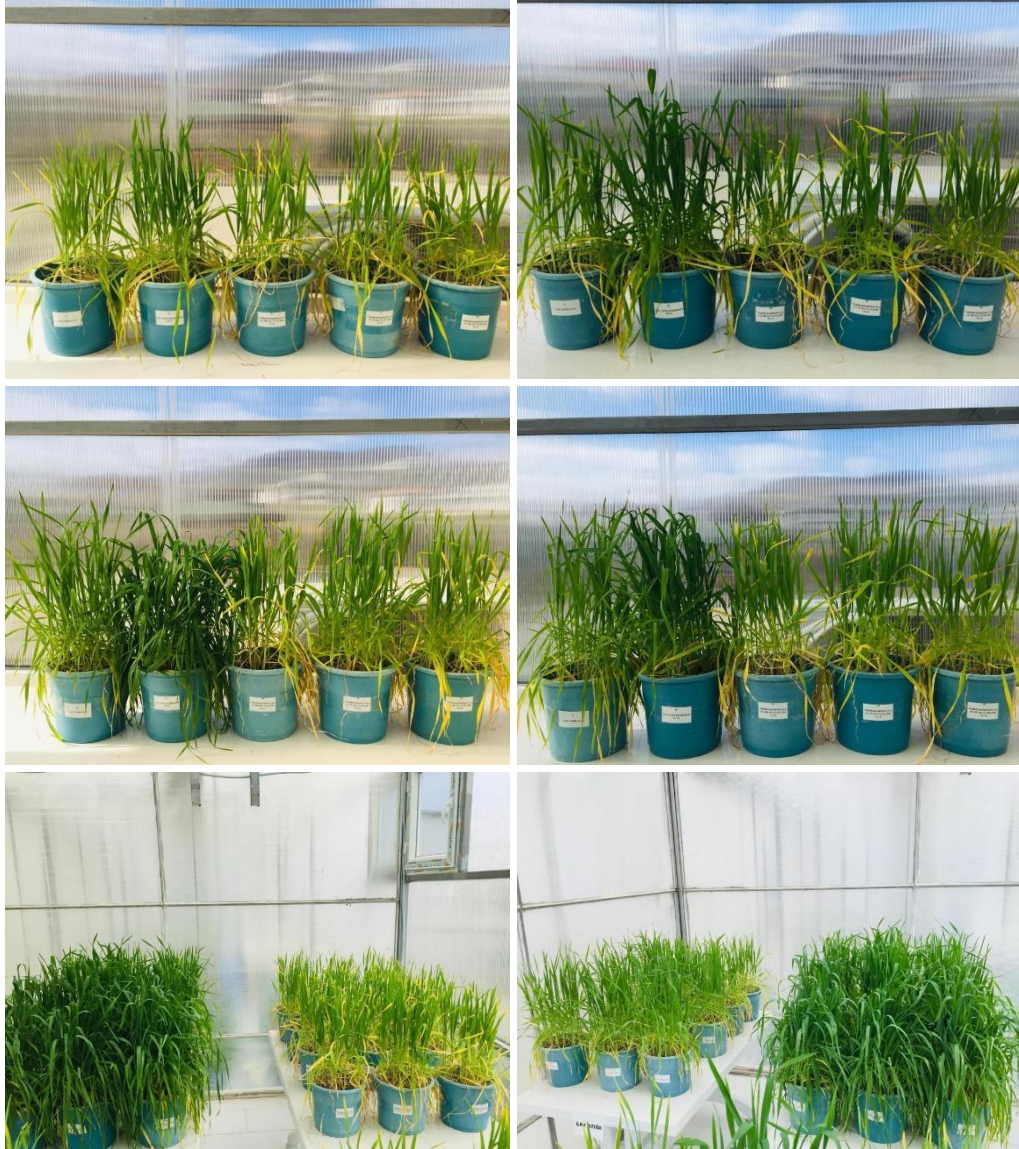
Şekil 3.19. Bitkilerin çimlendikten sonra 4 yapraklı olma süreci



Şekil 3.20. 4 yapraklı dönemde uygulamalar arasındaki farklılıkların gözlemlenmesi



Şekil 3.21. Bitkilerin sapa kalkma süreci



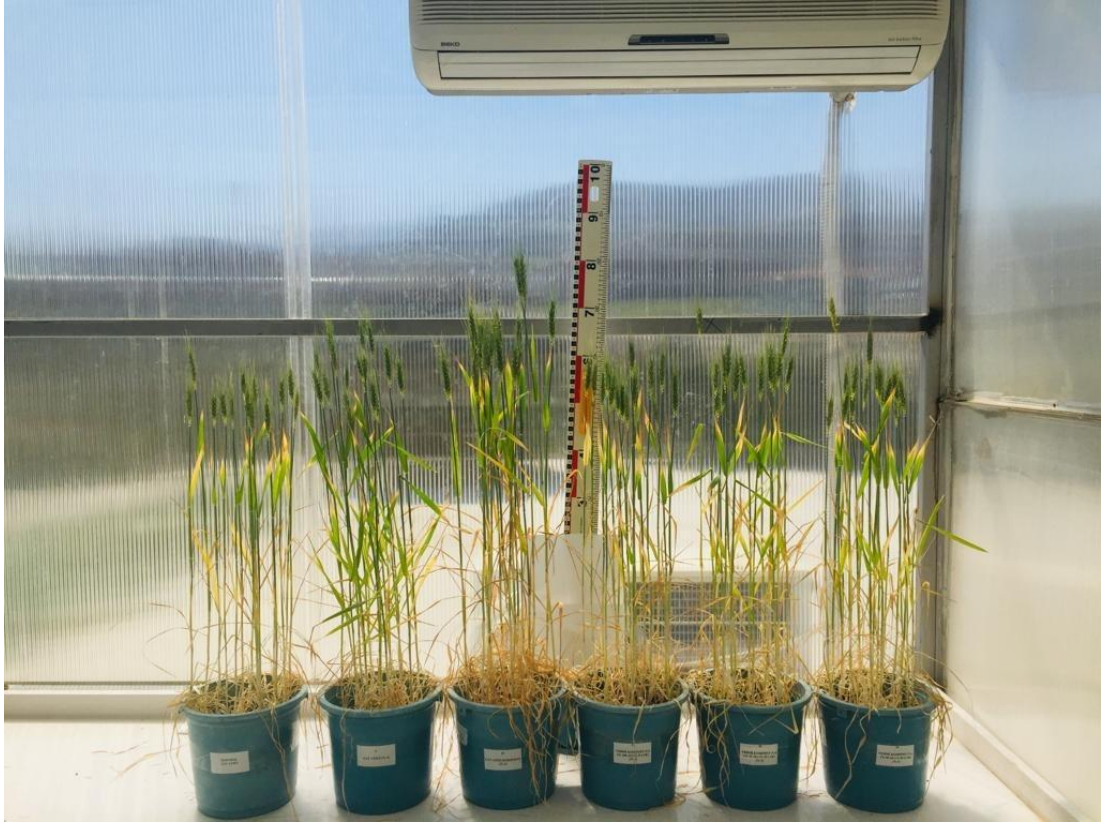
Şekil 3.22. Bitkilerin sapa kalkma döneminde uygulamalar arasındaki farklılıkların gözlemlenmesi



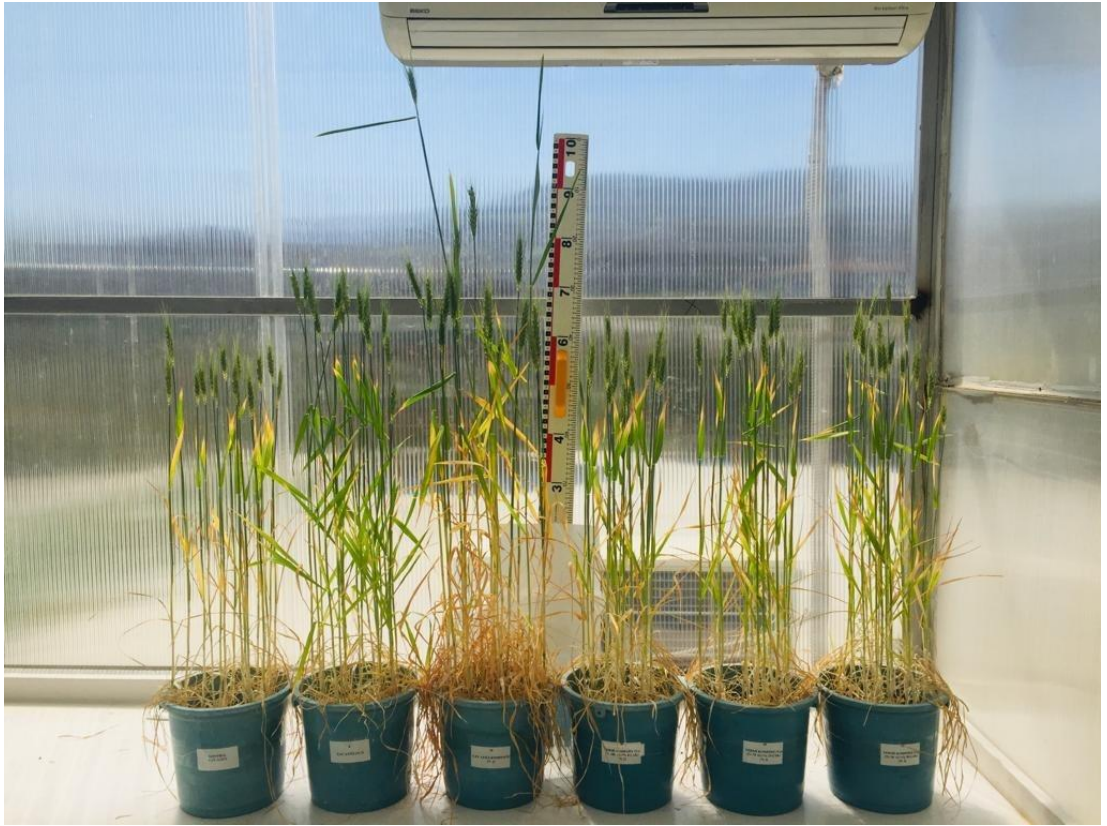
Şekil 3.23. Buğday bitkisinden Bayrak yaprağı çıkışı ve başaklanma süreci



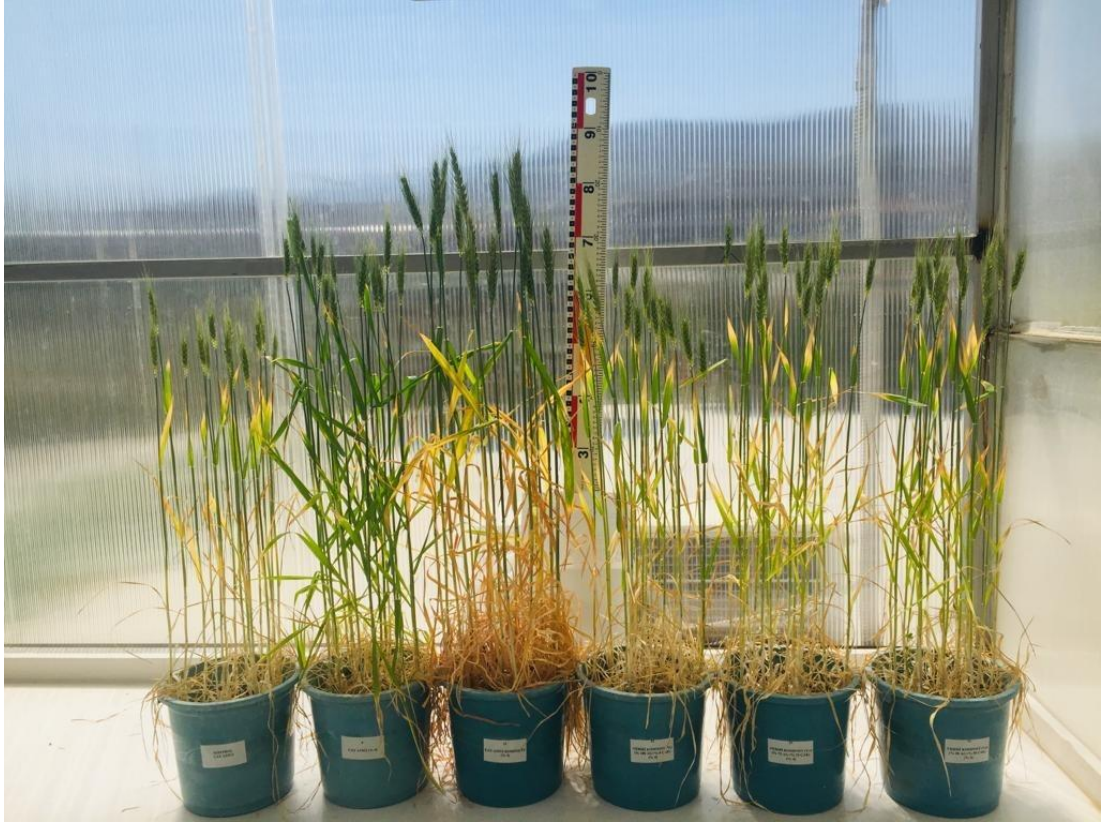
Şekil 3.24. Bitkilerin olgunlaşmaya geçiş süreci



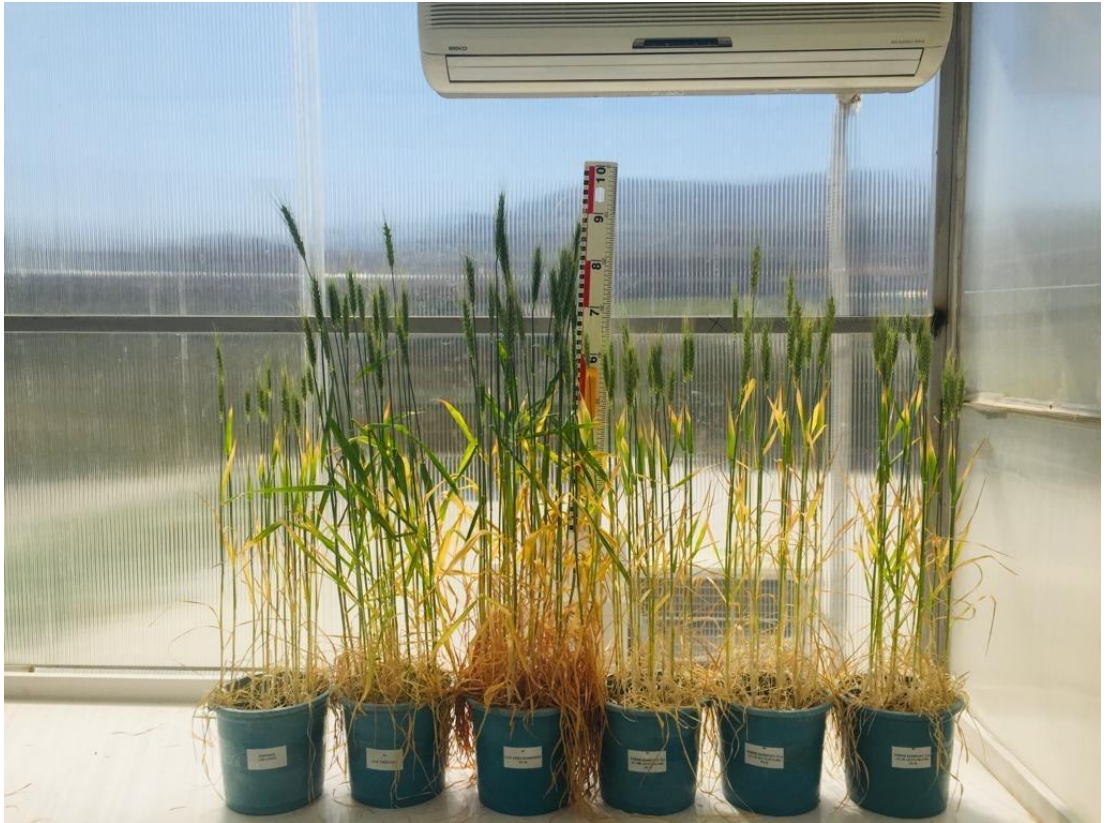
Şekil 3.25. Uygulamaların %1 dozları



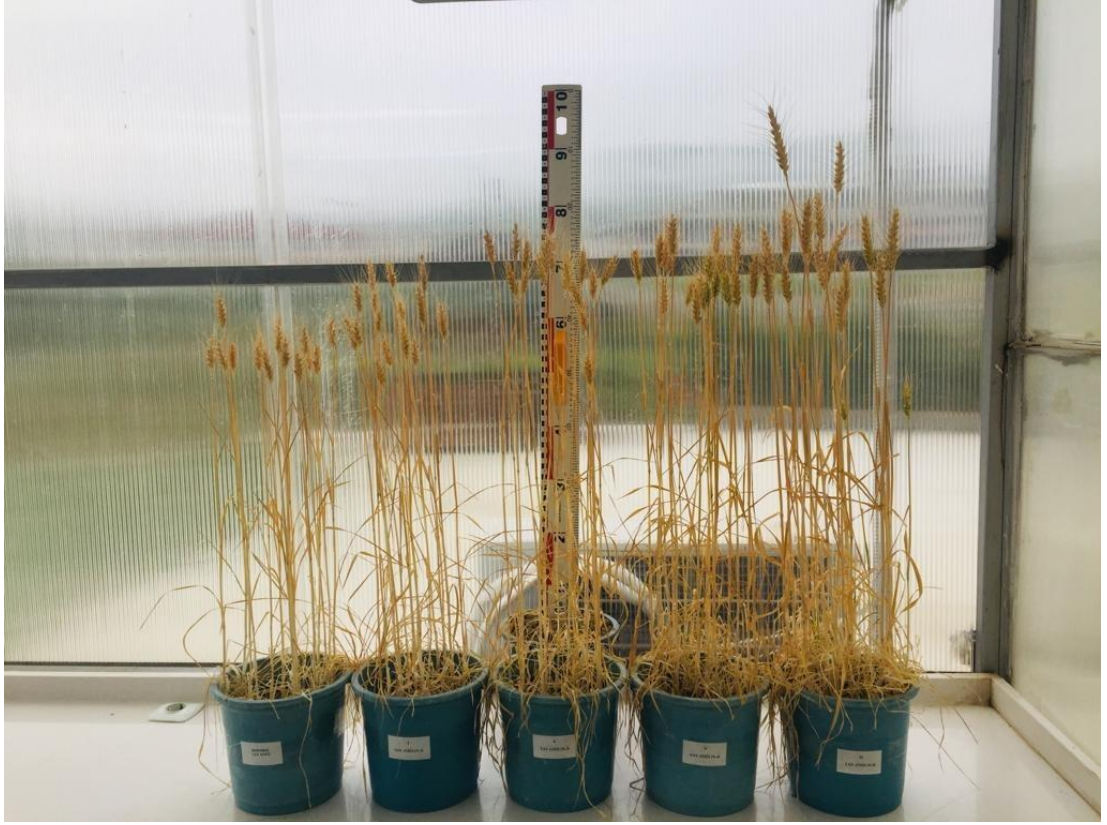
Şekil 3.26. Uygulamaların %2 dozları



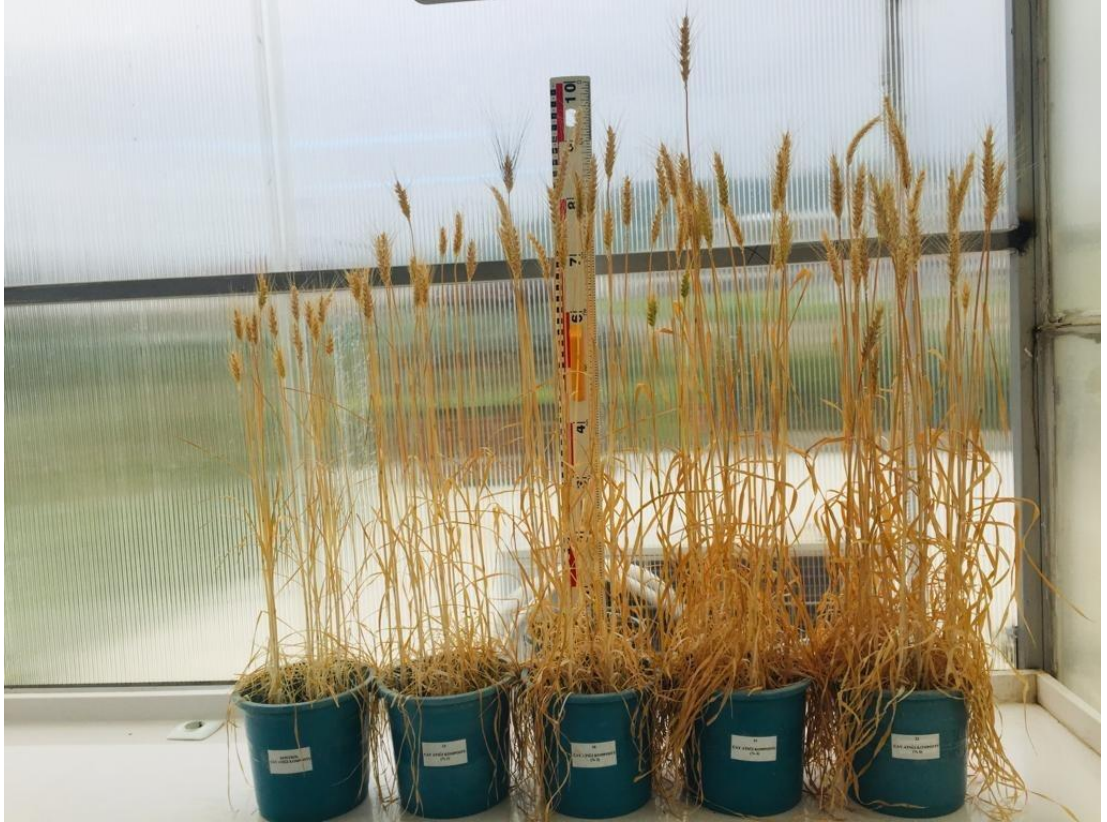
Şekil 3.27. Uygulamaların %4 dozları



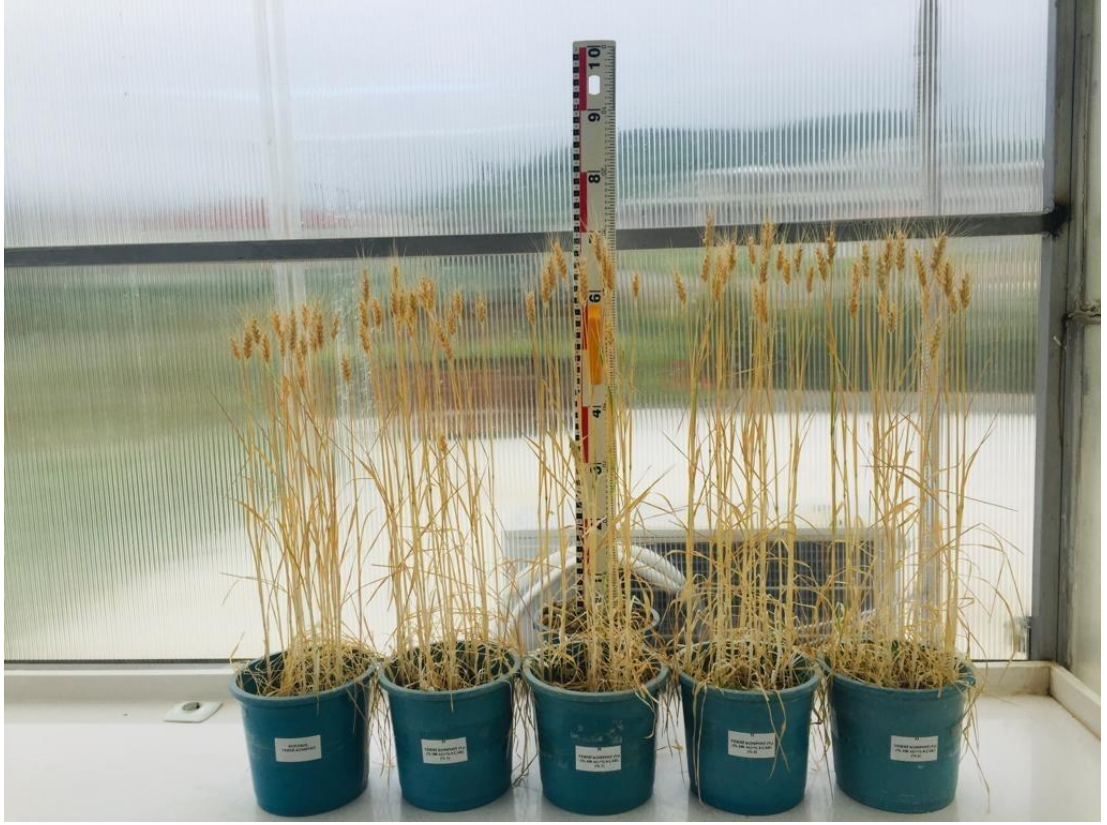
Şekil 3.28. Uygulamaların %6 dozları



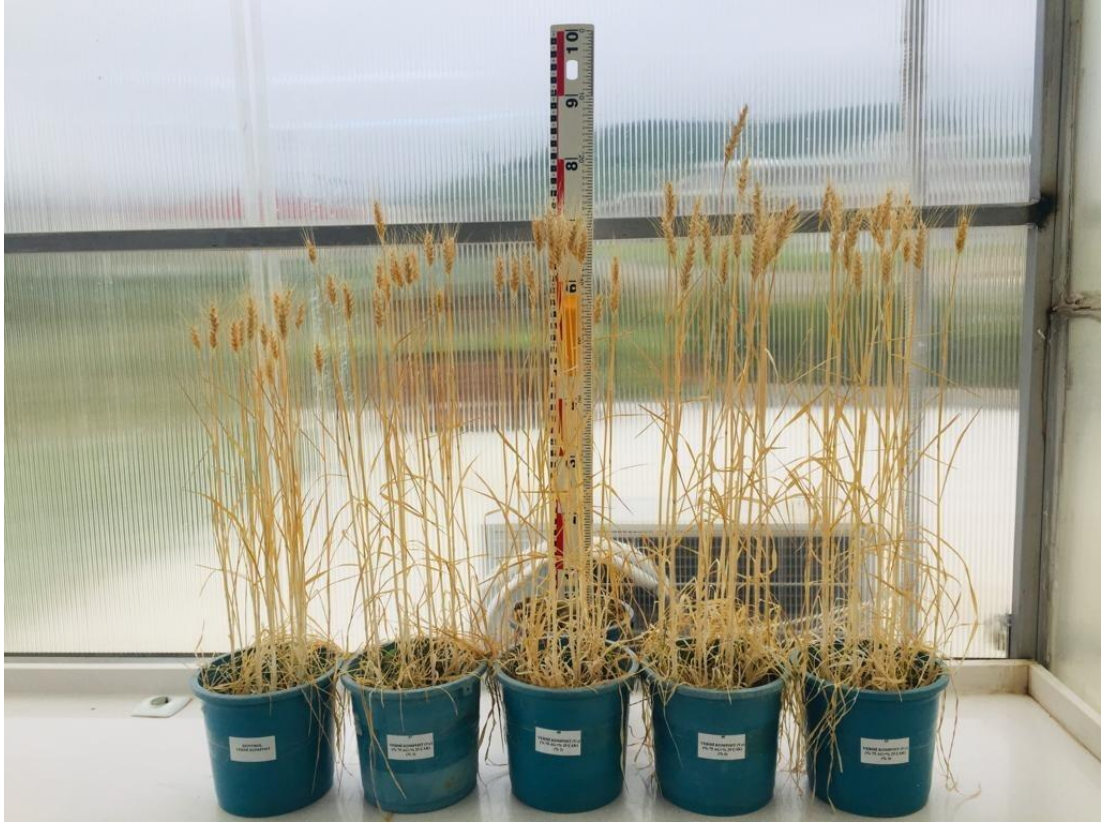
Şekil 3.29. Çay atığının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları



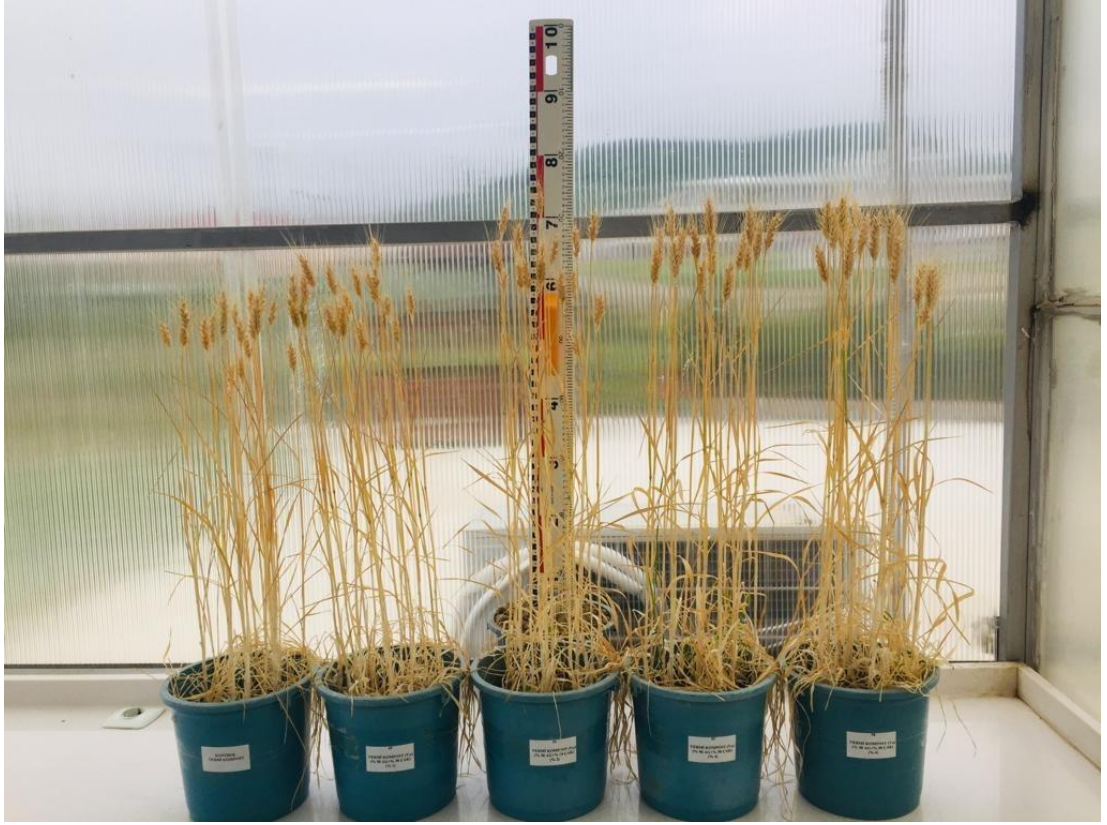
Şekil 3.30. Çay atığı kompostunun kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları



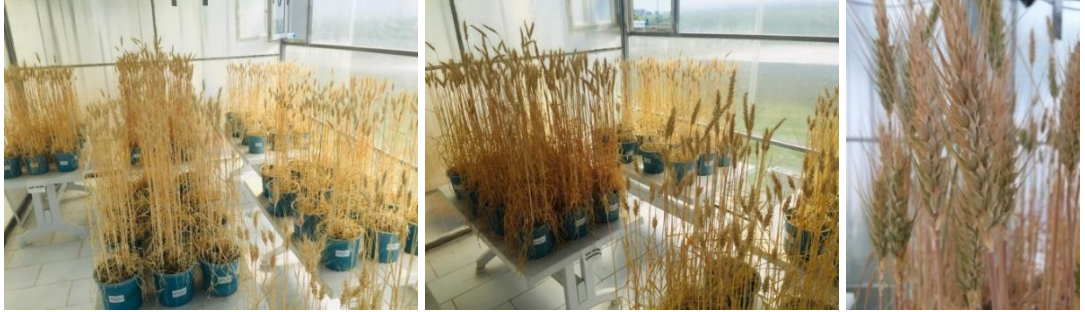
Şekil 3.31. V0 uygulamasının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları



Şekil 3.32. V25 uygulamasının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları



Şekil 3.33. V50 uygulamasının kontrol ve %1, %2, %4 ve %6 dozları



Şekil 3.34. Bitkilerin olgunlaşma aşamasını tamamlaması

Yürütülen sera denemesinde, yazlık buğdaylar 154 gün sonunda hasat edilmiştir. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkilerine ait verim ile saksılardan alınan toprak ve bitki örneklerinde Tablo 3.6'da verilen analizler yapılmıştır.

Tablo 3.6. Deneme sonrası saksılardan alınan bitki ve toprak örneklerinde uygulanan analizler ve yöntemler

UYGULANAN YÖNTEMLER	
Dane ve sap verimi	
1000 dane ağırlığı Dane ve saptaki besin maddeleri (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn)	Kacar (1972) ve Ryan et al. (2001) tarafından bildirildiği şekli ile
Toprak Analizleri	
Toprak reaksiyonu (pH)	1:1 (w/v) toprak: saf su karışımında pH-metre ile
Elektriksel İletkenlik (EC)	1:1 (w/v) toprak: saf su karışımında EC-metre ile
Organik madde	Walkey-Black yöntemi ile
Toplam N	Kjeldahl yöntemi ile
Alınabilir P	Olsen yöntemine göre
Değişebilir Na, K, Ca, Mg	Amonyum asetat ekstraksiyonunda
Alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn	DTPA ekstraksiyonunda
Mikrobiyal biyomas C	Anderson ve Domsch (1978) tarafından bildirildiği şekli ile
Toprak Solunumu	Anderson (1982) tarafından bildirildiği şekli ile
Dehidrojenaz Aktivitesi	Pepper et al. (1995) tarafından bildirildiği şekli ile

3.2.9. İstatistiksel Analizler

Tez çalışma kapsamında yürütülen inkübasyon ve sera denemesi ve diğer laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen bulgulara ait istatistiksel değerlendirmeler (Varyans analizi, LSD testi) SPSS paket programında yapılmış ve elde edilen bulgular Düzgüneş (1963) tarafından bildirildiği şekilde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma sürecinde elde edilen bulgular ve tartışma çalışmanın amacı gereği yapılan işlemler ile aynı sıralamayla sunulmuştur. Çalışmanın amacı; çay atıklarının (i) 2 farklı kompostlama (geleneksel kompostlama ve vermikompostlama) metoduyla doğal, organik ve nitelikli ürünlere dönüştürülebilmesi ve özelliklerinin araştırılması, (ii) 2 farklı kompostlama metoduyla elde edilen ürünlerin ve bunların yanısıra kompostlanmamış çay atığının da 3. bir deneme materyali olarak toprağa uygulanmalarıyla toprak kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri ve “buğday” bitkisi yetiştirilerek bazı verim parametreleri üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Çalışmanın amacı doğrultusunda çay atığı materyalleri, kompostlanmamış çay atığı materyali, geleneksel kompostlanmış çay atığı materyali ve vermikompostlanmış çay atığı materyalleri olmak üzere materyal metot bölümünde belirtildiği şekilde hazırlanmıştır. Bulgular ve tartışma bölümü; (i) çay atıklarının kompostlanma süreçlerindeki kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişimlere ait bulgular ve bulguların değerlendirilmesi, (ii) solucanlı ve solucansız olmak üzere elde edilen 2 farklı kompost ve çay atığı (kompostlanmamış) materyallerinin farklı dozlarda toprağa uygulanması ile yürütülen sera çalışmasında toprak kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait bulgular ve bulguların değerlendirilmesi, (iii) sera denemesinde yetiştirilen buğday bitkisi verim parametrelerine ait bulgular ve değerlendirilmesi, olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır.

Bulgular ve tartışma bölümünün ilk kısmı, tez çalışmasının ilk amacı gereği çay atığının 2 farklı metotla (geleneksel komostlama ve vermikompostlama) kompostlanması sürecinde ve sonunda elde edilen bulgular ve değerlendirmesinden oluşmaktadır.

4.1. Çay Atığının Geleneksel Kompostlama ve Vermikompostlama Süreci

4.1.1. Çay Atık ve Artıklarının Kimyasal Özellikleri

Ülkemizde çay tarımının bölgesel olarak yaygın ve yoğun şekilde yapıldığı Doğu Karadeniz Bölgesinden bu çalışmaya konu olan çay bitkisi artıkları Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğüne ait Ardeşen Çay Fabrikasından 1 ton olarak temin edilmiştir. Temin edildikten sonra materyal kompostlanma işlemi için yığın haline getirilmiştir. Kompostlama süreci başlamadan önce temin edilen artıkların bazı kimyasal özellikleri (pH, EC, toplam organik C, toplam N, C/N, toplam Fosfor, toplam

Potasyum, Toplam Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn) Çizelge..’de verilen yöntemler ile belirlenmiştir. Çay bitkisi artıklarına ait analiz sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Çay atığının bazı kimyasal özelliklerine ait sonuçlar

Analizler	Sonuçlar
pH 1:10	5.18
EC 1:10 ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	2940
Organik madde, %	97.21
Organik Karbon, %	56.39
Toplam Azot, %	2.50
C/N oranı	22.56
Toplam Fosfor, %	0.28
Toplam Potasyum, %	1.07
Toplam Kalsiyum, %	0.42
Toplam Magnezyum, %	0.11
Toplam Na, %	0.02
Toplam Demir, ppm	164.5
Toplam Bakır, ppm	7.7
Toplam Çinko, ppm	24.15
Toplam Mangan, ppm	758.95

4.1.2. Çay Atığı Kompostunun (Geleneksel) Kimyasal Özellikleri

Analizi yapılan çay atığından, Bölümümüzde kurulu windrow kompostlayıcı (Şekil 4.1) kullanılarak kompost elde edilmiştir. Tablo 4.2’de elde edilen kompostun kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 4.2. Çay atığından elde edilen çay kompostunun nihai kimyasal özellikleri

Analizler	Sonuçlar
pH 1:10	7.02
EC 1:10 ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	312.8
OM, %	89.95
OC, %	44.97
Total N, %	4.71
C/N	9.54
Total P, %	0.25
Total K, %	1.7
Total Ca, %	0.5
Total Mg, %	0.16
Total Na, %	0.19
Total Fe, ppm	3526.33
Total Cu, ppm	11.13
Total Zn, ppm	11.76
Total Mn, ppm	5420.63

4.1.3. Çay Atığının Geleneksel Kompostlanması Sürecine Ait Kimyasal ve Ekolojik Özelliklerindeki Değişimler

Çay atığının geleneksel kompostlanması süreci tamamlanıncaya değin (30. güne kadar) karışımın içinde muhtelif yerlerinden her gün alınan örneklerde geleneksel kompostlama sürecinin ifade eden kimyasal parametrelerden sıcaklık, nem, pH, EC, % organik C, % total N ve C/N oranları belirlenmiştir ve değerlendirilmiştir. Bu kısım içerisinde çay atığı ve geleneksel kompost materyalinde ait elek analizi ve renk analizi sonuçları da değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1. Çay atıklarının kompostlanmasında kullanılan windrow kompostlayıcı ve kompost eldesi

Çalışmada takip edilen yöntem olan kompostlama, aerobik koşullarda gerçekleşen termofilik kompostlama (geleneksel kompostlama) yöntemidir. Pek çok çalışmada ortaya konulduğu gibi, termofilik kompostlama sürecinde yığın sıcaklığı bir süre 45- 65 °C arasında muhafaza edilmelidir (Nielsen ve Berthelsen, 2002; Gray ve Sherman, 1969; Poincelot, 1972; Zucconi ve de Bertoldi, 1987). Termofilik kompostlama sürecindeki sıcaklık artışı patojen mikroorganizma popülasyon ve çeşitliliğini düşürürken, yabancı ot tohumları ve zararlı böcek larvalarını inaktive etmektedir. Termofilik kompostlama termofilik evre ve olgunlaşma evresi olmak üzere 2 fazdan meydana gelmektedir (Durmuş ve Kızılkaya, 2018; Dominguez ve Edwards, 2011). Dolayısıyla sürecin sıcaklık takibi ve süresi önemlidir. Kompostlama süreci başlarken ilave edilmiş olan ahır gübresi ve orman toprağından ekstraksiyon sonucu izole edilen mikroorganizma sayımında toplam bakteri hücresi $129,3 \times 10^7 \text{ ml}^{-1}$ ve funguslar göz ardı edilecek kadar az sayıda tespit edilmiştir. Çalışmada kompostlama süreci tamamlanıncaya değin kompost yığının içinden muhtelif yerlerinden her gün alınan örneklerde günlük olarak sıcaklık, nem, pH, EC, % organik C, % total N ve C/N oranları Tablo 1’de verilen yöntemlere göre belirlenmiştir. 30.günde itibaren kompost ideal değerlerine ulaşıldığından kompostlama süreci 30

günde tamamlanmıştır. 30 gün boyunca yığının sıcaklık, nem, pH, EC, % organik C, % total N ve C/N değerlerindeki günlük değişimler analiz sonuçlarına göre hesaplanmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sıcaklık takibinde yığın iç sıcaklığı 1. Gün 41 °C ile başlayıp 30. Günde 27.5 °C ile tamamlanmıştır. İlk 4 günde 55-60 °C aralığına kaydedilen sıcaklık daha sonraki günlerde 33 °C'ye düşmesine rağmen 17, 18 ve 19. günlerde yeniden yükselerek 49-55 °C aralığına çıkmıştır. Sonraki günlerde ise 30. Güne kadar düşüş göstermiştir. Son 1 haftada ise kompost yığının iç ve dış sıcaklığının birbirine yakın derecelerde seyrettiği belirlenmiştir. Dolayısıyla sıcaklık parametresinin kompostlama sürecinin iyi bir göstergesi olduğu ve yığının ilk oluşturulmasından itibaren yığın iç sıcaklığı takibi ile yığın iç sıcaklığının mikroorganizmalarca yönetildiği belirlenmiştir.

Kompost yığının başlangıç pH'sı 6.67 olup, kompostlama süreci sonunda 7.19 olarak belirlenmiştir. Kompostlanma süresince başlangıçtan sonuna değin pH değerlerinde yükselmeler ve düşüşler görülmektedir. Kompostlama işlemine farklı spektrumdaki organizmalar katıldığı için bunlar pH'a karşı nispeten duyarsız olması da söz konusudur (Poincelot, 1972). Kompostlama işleminde ortam pH'sının 6,5-8 arasında olması istenmekle beraber kompostlanma sürecinin doğal tamponlama yeteneğinden dolayı daha geniş bir aralıkta bu sürecin gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır. Kompostlama, pH 4,5 ile 5 arasında etkin bir şekilde ilerlemekle beraber, pH 5,5'ta veya pH 9'da da gerçekleşebilmektedir. Ancak, nötral (pH 7) koşullar ile karşılaştırıldığında süreç daha yavaş gerçekleşebilmektedir (Iqbal et al., 2010; Sundberg et al., 2004). Ortam pH'sının en büyük etkisi ortamın N içeriği üzerine olmaktadır. Ortam pH'sı 8.5'ten büyük olduğunda azotlu bileşikler amonyağa dönüşebilmekte, pH'ın 8'den küçük olması ise amonyak oluşumunu azaltmaktadır (Bilen ve Sezen, 1993). Açığa çıkan amonyak ise, gaz formunda ortamdaki uzaklaşarak ortamın azot içeriği azalabilmektedir. Bununla birlikte kompostlama sürecinde ortamın nem içeriğine bağlı olarak azotun sıvı amonyak şeklinde ortamda kalması da söz konusudur.

N içeriği iç nem ve iç sıcaklığa da bağlı olarak stabil devam etmekle birlikte sürecin sonunda parçalanma ayrışmaya bağlı olarak yükselme göstermiştir. Ortamın tuz içeriğini değerlendirmek için yapılan EC ölçümlerinde tuz içeriğinin kompostlama süresince stabil olmadığı belirlenmiştir. Başlangıç materyaline uygulanan inokülasyon çözültüsü ile verilen mineral azot ile hızlı parçalanan organik bileşiklerin yapısındaki

inorganik iyonların ortaya çıkması ortamın EC değerlerinde yükselmelere sebep olduğu gibi bu iyonların mikroflora tarafından kullanılmasının da suda çözünür tuz konsantrasyonunda düşmelere sebep olduğu değerlendirilmiştir. Domates artık ve atıklarından oluşan yığının organik karbon içeriği, süreç boyunca stabil kalmakla beraber 16-20. günler arasında sıcaklık ve nem koşullarına bağlı dalgalanmalar göstermiştir. Başlangıçta %53,5 organik C içeren kompost yığını 30. günün sonunda %43.1 organik C içerdiği belirlenmiştir. Kompostlanma sürecini belirleyen bir parametre olan C/N oranı ise 30. günde süreç sonunda kompost kriterlerine düşerek sürecin tamamlandığını göstermiştir.

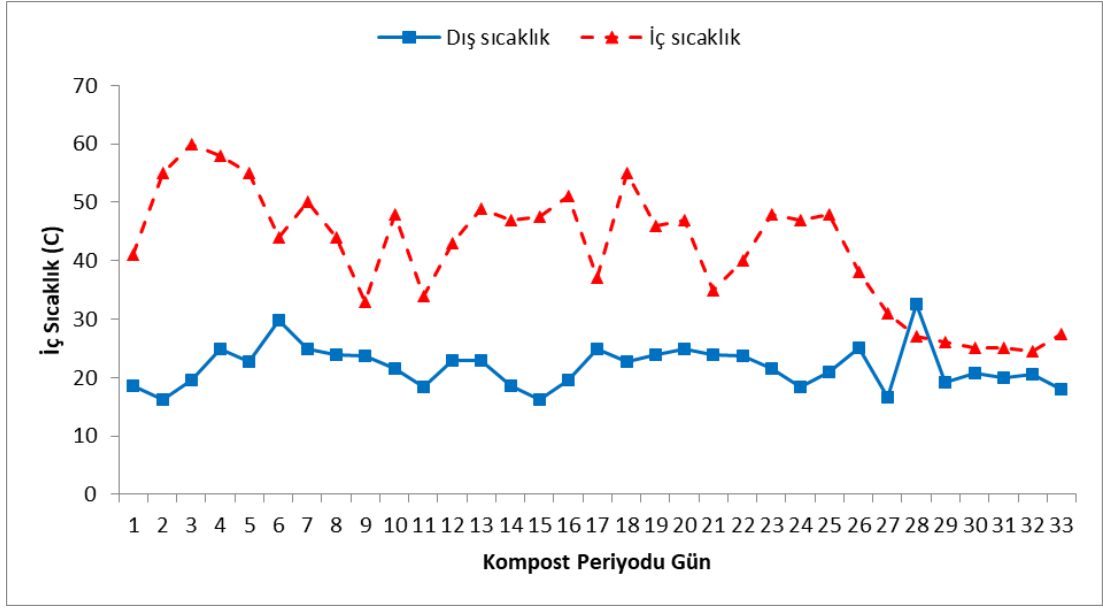
Kompostlama süreci başlangıcında 1 ton olan çay atığı materyali toplam ağırlığı süreç sonunda 1480 kg kompost materyal olarak elde edilmiştir. Bu kompost elekten elendikten sonra 1395 kg'lık elek altı ve 85 kg'lık elek üstü materyal elde edilmiştir (Tablo 4.3). Bu süreçte materyalin nem değeri %63 olarak belirlenmiştir. Kompost ve orijinal çay atığının elek analiz değerleri EK 1'de verilmiştir.

Kompostlama işlemi sonucunda çay atığı ve kompost arasında kompost olgunluğunu gösteren renk parametresi de belirlenmiş olup Şekil 4.2'de verilmiştir

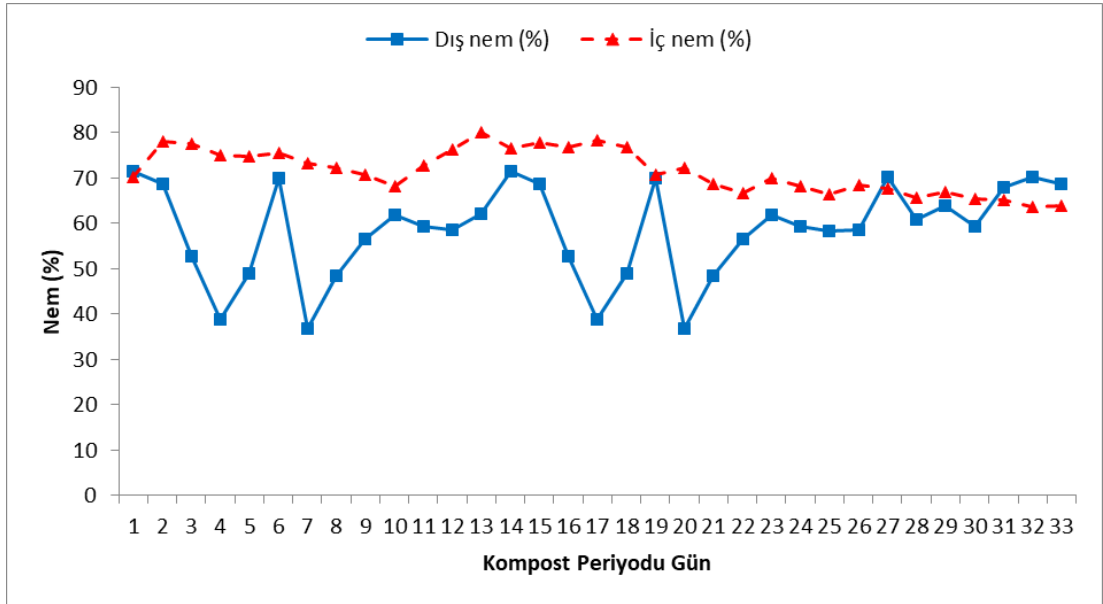
Şekil 4.2'de gösterilen çay atığı ve kompostta renk analizi yapılmıştır. Renk değerleri; Çay atığı için; 2.5 YR 3/4 ve Kompost için; 10 YR 2/1 olarak belirlenmiştir. Çay atığı için; 2.5 YR 3/4 ve Kompost için; 10 YR 2/1 olarak belirlenmiştir.



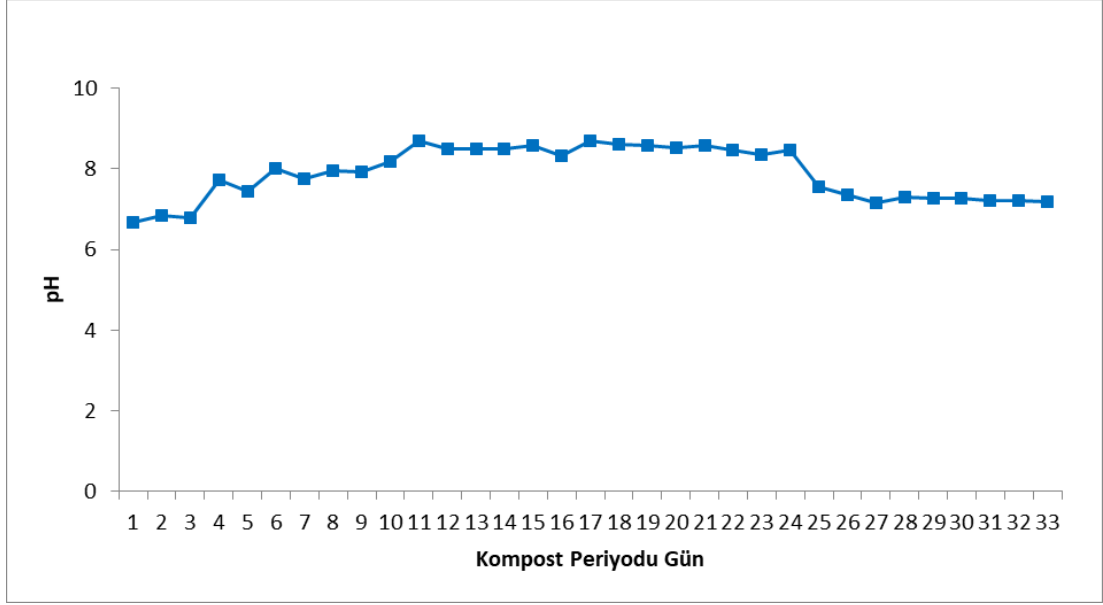
Şekil 4.2. Çay atığı için; 2.5 YR 3/4 ve Kompost için; 10 YR 2/1 olarak belirlenmiştir.



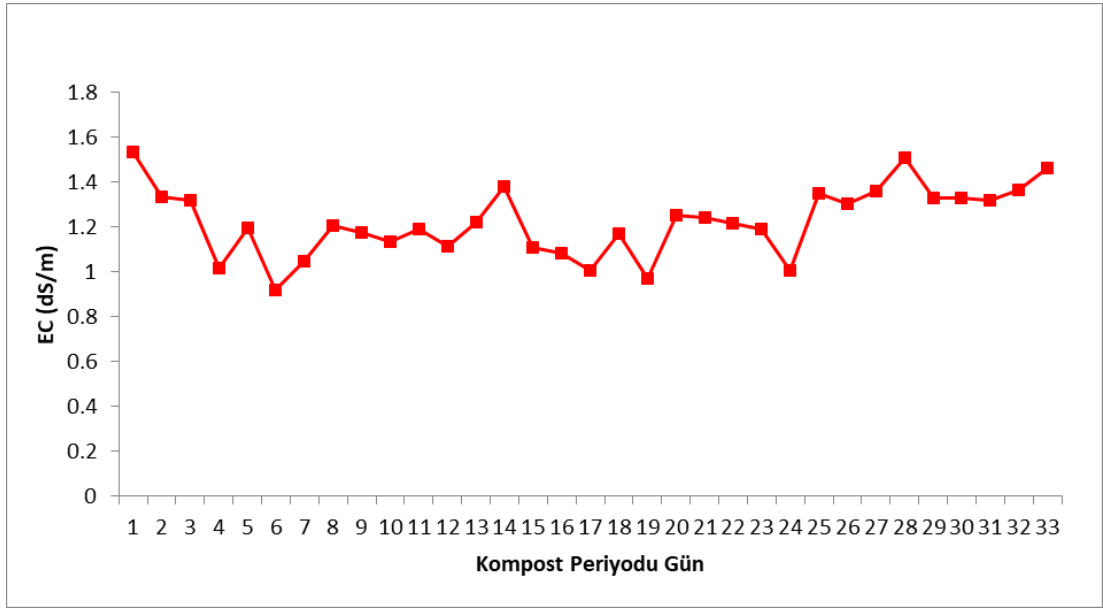
Şekil 4.3. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, yığının iç ve dış sıcaklık değerlerindeki değişimler



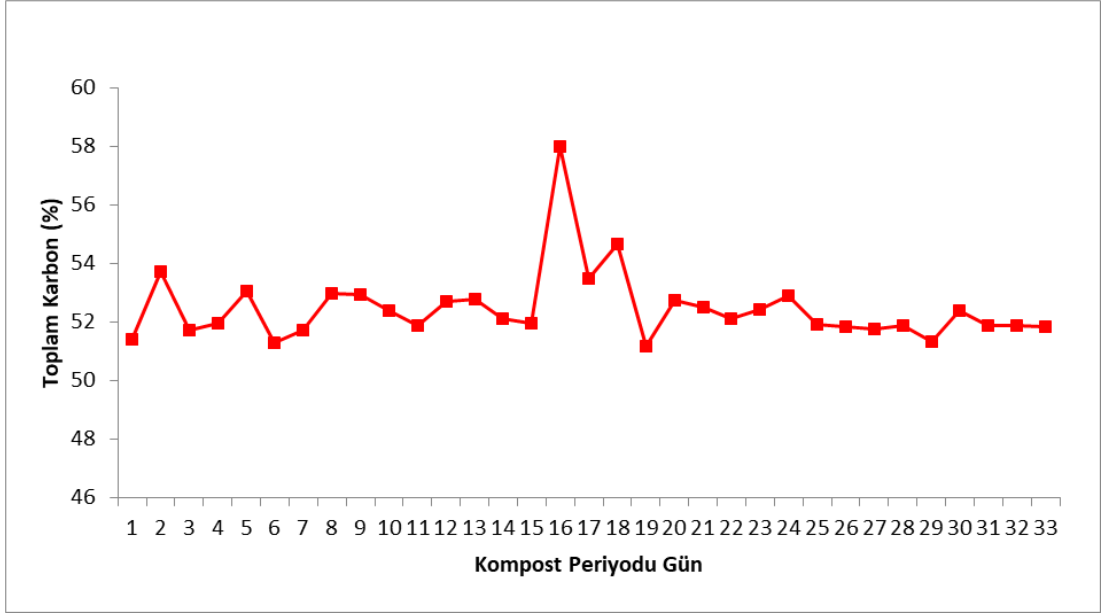
Şekil 4.4. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, yığının iç ve dış nem değerlerindeki değişimler



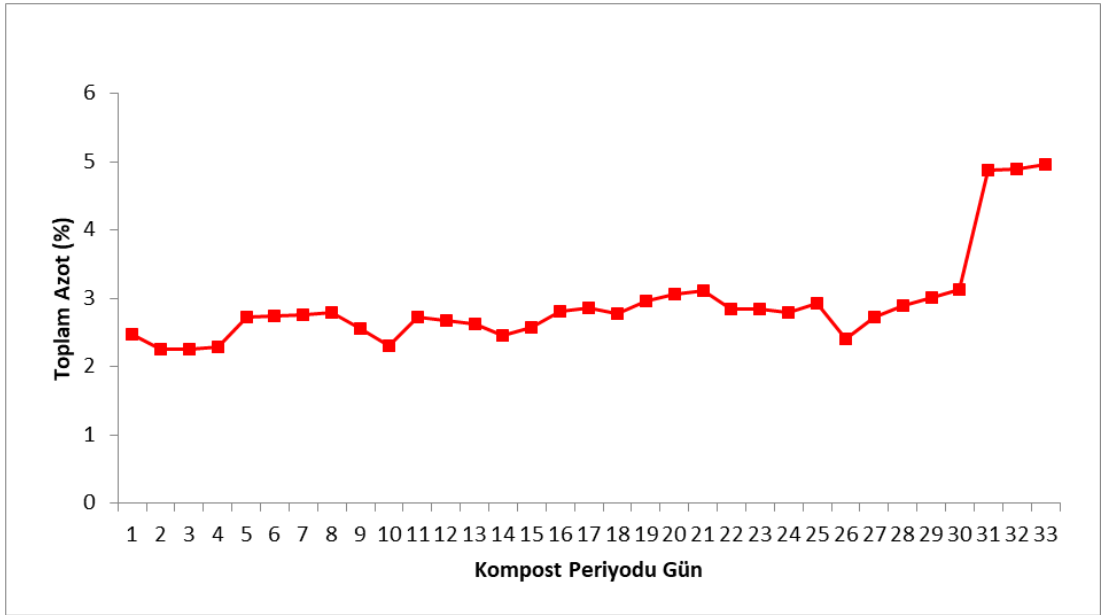
Şekil 4.5. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, pH değerlerindeki değişimler



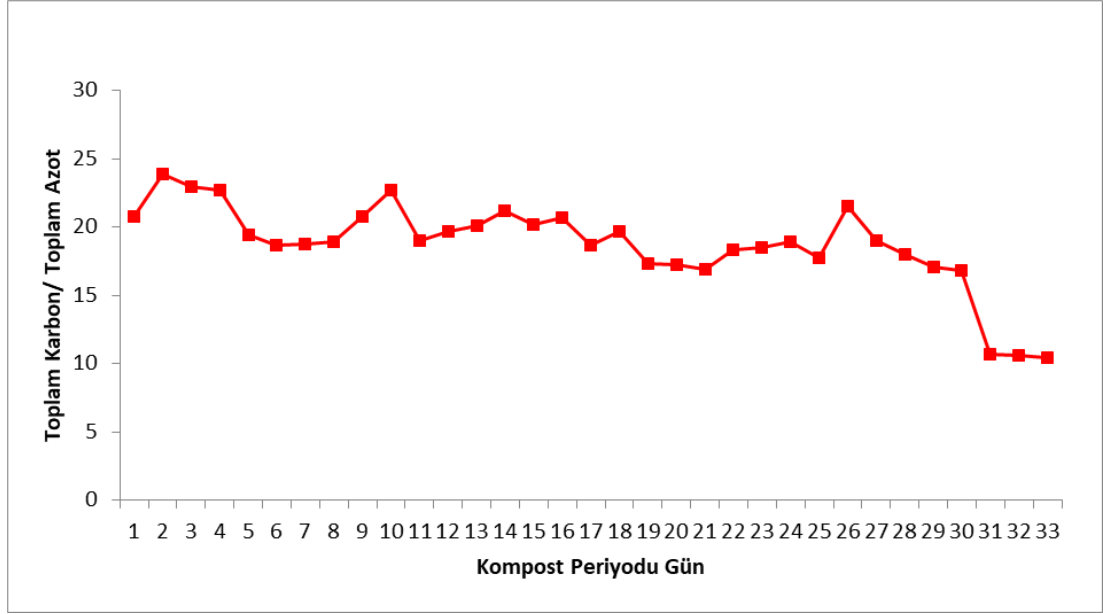
Şekil 4.6. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde, EC (dS/m) değerlerindeki değişimler



Şekil 4.7. Çay atığı yığınının 30 günlük kompostlanma sürecinde, yüzde toplam C değerlerindeki değişimler



Şekil 4.8. Çay atığı yığınının 30 günlük kompostlanma sürecinde, yüzde total Azot değerlerindeki



Şekil 4.9. Çay atığı yığınının 30 günlük kompostlanma sürecinde, C/N oranlarındaki değişimler

İncelenen parametreler arasındaki ilişkiler Ek 2’de verilmiştir. Ek 2 incelendiğinde dış nem ile kompostun EC değeri arasında pozitif yönde %5 seviyesinde önemli bir ilişki olduğu, bununla birlikte dış sıcaklık ve iç sıcaklık arasında ise %5 seviyesinde negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

4.2. İnkübasyon Denemesi

İnkübasyon denemesi çay atığı kompostunun vermikompostlanabilmesi için ideal çay atığı kompostu karışım oranlarının ve vermikompostlama sürecinde kimyasal özelliklerdeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla kurulmuştur. Denemede çay atığı kompostlarının uygulama dozları *Eisenia fetida* türü solucanların doğal yataklığı olan ahır gübresi ile ayarlanmıştır. Vermikompostlama inkübasyon denemesinde materyal olarak kullanılan çay atığı kompostu ve ahır gübresinin kimyasal özellikleri “bulgular ve tartışma” bölümünün birinci kısmında verilmiştir.

4.2.1. İnkübasyon denemesinde belirlenen çay atığı kompostunun ideal vermikompostlanma oranlarının belirlenmesi

İnkübasyon denemesi başlangıcında hazırlanan çay atığı kompostu karışımlarında çay atığı kompostunun %75 ve %100 olduğu oranların bulunduğu saksılardaki solucanlar yaşamamışlardır. Dolayısıyla sera denemesinde kullanılacak olan vermikompostların üretimi için çay atığının %0, %25 ve %50 olduğu oranlar seçilerek inkübasyon denemesi sürecine devam edilmiştir. Çay atığı kompostu, ahır

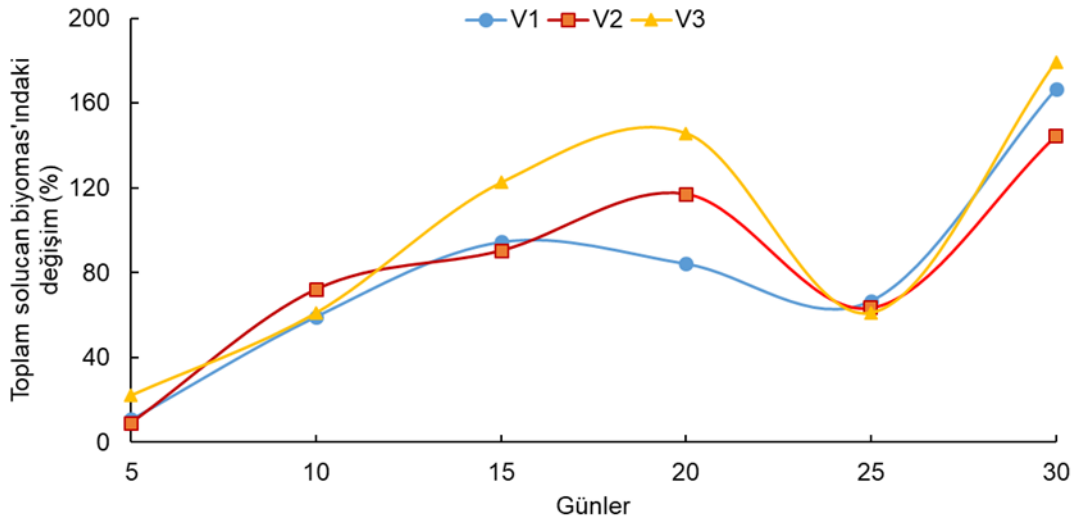
gübresi ve ortama solucan ilavesi ile hazırlanan inkübasyon denemesi karışımları aşağıda verilmiştir.

Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan
Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan
Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan

İnkübasyon denemesi sonunda belirlenen ideal vermikompost oranlarına göre karışımlar hazırlanarak sera denemesinde kullanılacak olan vermikompostlar üretilmiştir.

4.2.2. İnkübasyon denemesinde vermikompostlama süresince *Eisenia fetida* türü solucanların biyomasındaki değişimler

30 günlük inkübasyon denemesinde çay atığı kompostunun ahır gübresi ile karıştırılması ve ortama *Eisenia fetida* türü solucanlar ilave edildikten sonra meydana gelen vermikompostlanma periyodu boyunca ortamdaki solucanların toplam biyomaslarındaki değişimler Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Vermikompostun inkübasyon süresi boyunca solucan biyomasındaki değişim. (V1) Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan; (V2) Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan; (V3) Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan



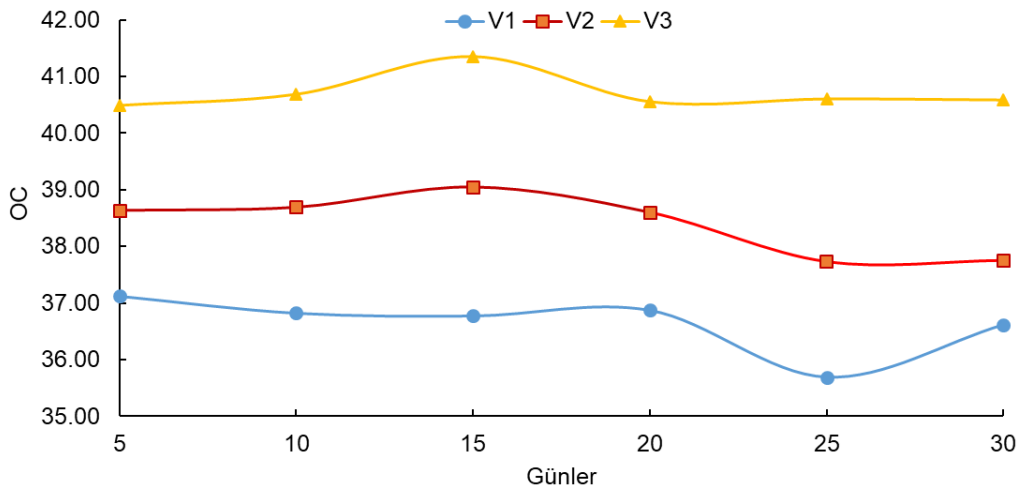
Şekil 4.11. İnkübasyon sürecinde elde edilen kokonlar

30 günlük inkübasyon denemesindeki vermikompostlama süresince, inkübasyon süresinin artışına bağlı olarak solucan biyomasında önemli artışların olduğu ve en yüksek *E. foetida* biyomasının, inkübasyonun 30. gününde olduğu saptanmıştır. Solucan biyomasındaki bu artış, ideal sıcaklık ve nem koşullarında yürütülen denemede karışımların solucanlar için besin materyali olması dolayısıyla solucan popülasyonunun artmasından kaynaklanabilir. Solucan biyomasındaki bu artışların ise, karışım oranlarına bağlı olarak değişkenlikler gösterdiği belirlenmiştir. Solucan biyomasının en fazla V3 karışımında (%50 çay atığı kompostu + %50 ahır gübresi) olduğu ve karışımların bileşenine giren çay atığı kompostu konsantrasyonunun artması ile solucan biyomasında önemli düşüşlerin meydana geldiği saptanmıştır. Yapılan diğer çalışmalarda (Arancon et al., 2004a; Garg et al., 2005; Garg et al., 2008; Gupta et al., 2005; Kaushik ve Garg, 2003; Suthar, 2007) bu çalışmadaki bulgulara benzer sonuçlar elde edilmiştir ve solucanlar kullanılarak organik atıkların kompostlanması işlemlerinde, vermikompostlamanın inkübasyon süresince arttığı, bu süre içerisinde solucan biyomasının da önemli artışlar gösterdiği, meydana gelen bu artışların organik atığın cinsine bağlı olarak değişiklikler gösterdiği belirlenmiştir.

Bitkisel ve hayvansal organik atıklar elbetteki farklı içeriklere sahiptir. Farklı organik atıklar uygulandıkları ortamların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini de farklı şekilde etkilemektedir. Bitki gelişim ortamlarının en basit haliyle hava su dengesinin dahi farklı olması ortamların kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirmektedir. Garg ve ark (2005), inek, bufalo, at, eşek, koyun, keçi ve deve gibi hayvansal atıklardan *Eisenia foetida*'lar ile vermikompost eldesi sürecinde, hayvansal atıkların hiç birisinde solucanlarda ölümün gerçekleşmediğini, başlangıca göre at dışkısında solucan sayısındaki artışın 39,5 kat, inek dışkısında ise 26 kat olduğunu saptamışlardır.

4.2.3. İnkübasyon Süresince Vermikompostun Toplam Organik C Kapsamındaki Değişimler

30 günlük inkübasyon denemesinde çay atığı kompostunun ahır gübresi ile karıştırılması ve ortama *Eisenia fetida* türü solucanlar ilave edildikten sonra meydana gelen vermikompostlanma periyodu boyunca ortamdaki 3 farklı karışımın toplam organik C kapsamlarındaki değişimler Şekil 4.12'de ve Ek 2'de verilmiştir.



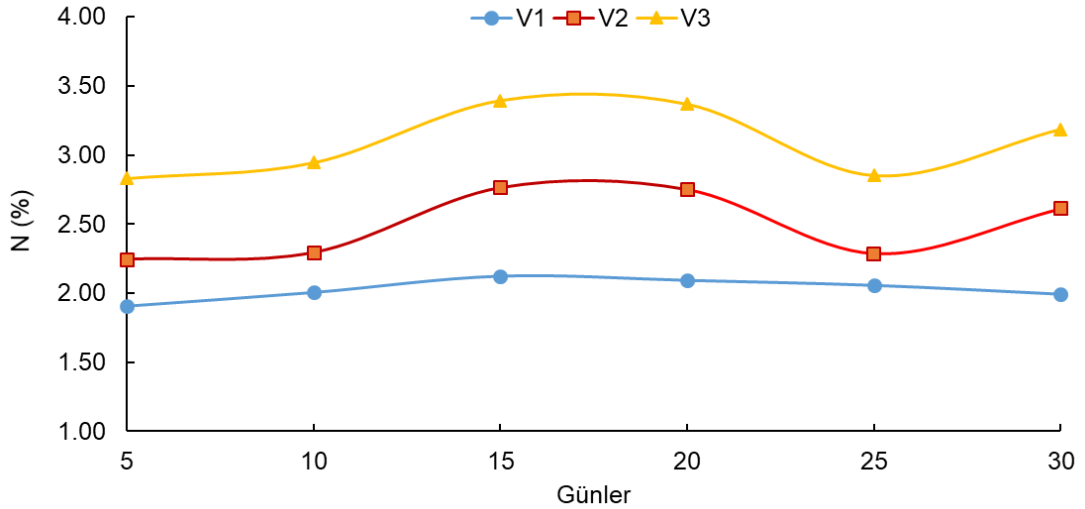
Şekil 4.12. Vermikompostun inkübasyon süresince toplam organik C kapsamındaki değişimler. (V1) Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan; (V2) Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan; (V3) Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan.

İnkübasyon denemesindeki 30 günlük vermikompostlama süresince, karışımlardaki farklı organik atıkların farklı dozlarından kaynaklı olarak her 3 karışımda da toplam organik C içeriği başlangıçta ve inkübasyon sürecinde birbirinden farklıdır. Karışımlar arasında toplam organik C içeriği sırasıyla en yüksek V3, V2 ve V1'te saptanmıştır. Karışımlara katılan çay atığı kompostu oranı arttıkça toplam

organik C içeriğinde arttığı satmıştır. Karışımlara arasında önemli derecede farklılık belirlenmiş olsa da her bir karışımın inkübasyon sürecinde toplam organik C içeriğindeki değişimlerin de farklı olduğu belirlenmiştir. Vermikompostlama sürecinde V1 karışımı Şekil 4.11’de görüldüğü üzere 25. Güne kadar düşüş daha sonra 30. Güne kadar artış göstermiştir. V2 karışımında ise süreç boyunca toplam organik C miktarında düşüş olduğu saptanmıştır. V3 karışımında ise inkübasyon süresinin artışına bağlı olarak toplam organik C kapsamında ilk 15 gün artış olmakla beraber 20. güne kadar düşme ve 20.günden sonra sabit bir içerik belirlenmiştir.

4.2.4. İnkübasyon süresince vermikompostun toplam N kapsamındaki değişimler

30 günlük inkübasyon denemesinde çay atığı kompostunun ahır gübresi ile karıştırılması ve ortama *Eisenia fetida* türü solucanlar ilave edildikten sonra meydana gelen vermikompostlanma periyodu boyunca ortamdaki 3 farklı karışımın toplam N kapsamlarındaki değişimler Şekil 4.13’de ve Ek 2’de verilmiştir.



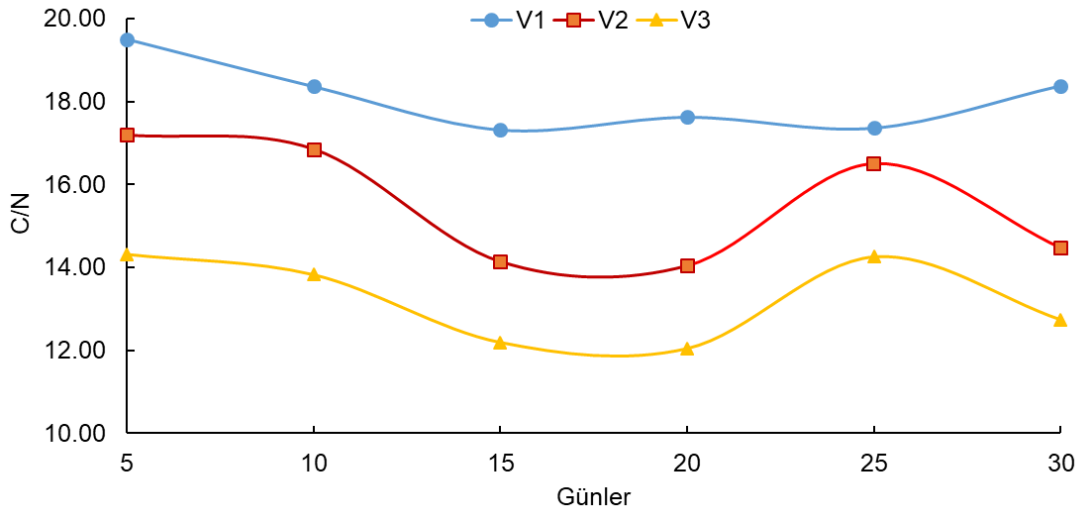
Şekil 4.13. İnkübasyon süresince vermikompostun toplam N kapsamındaki değişimler. (V1) Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan; (V2) Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan; (V3) Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan

İnkübasyon denemesindeki 30 günlük vermikompostlama süresince, karışımlardaki farklı organik atıkların farklı dozlarından kaynaklı olarak her 3 karışımda da toplam N içeriği başlangıçta ve inkübasyon sürecinde birbirinden farklıdır. Karışımlar arasında toplam N içeriği sırasıyla en yüksek V1, V2 ve V3’te saptanmıştır. Karışımlara arasında önemli derecede farklılık belirlenmiş olsa da her bir karışımın inkübasyon sürecinde toplam N içeriğindeki değişimlerin de farklı olduğu

belirlenmiştir. Vermikompostlama sürecinde V1 karışımının toplam N kapsamında önemli değişiklik olmazken V2 ve V3 karışımlarında, şekil 4.12 de görüldüğü üzere, birbirine paralel seyrederek ilk 2 inkübasyon döneminde 15. Güne kadar artış, daha sonra 3. ve 4. inkübasyon döneminde 25. güne kadar düşüş ve 5. son inkübasyon döneminde tekrar 30. güne kadar artış olduğu saptanmıştır.

4.2.5. İnkübasyon süresince vermikompostun C/N oranlarındaki değişimler

30 günlük inkübasyon denemesinde çay atığı kompostunun ahır gübresi ile farklı oranlarda karıştırılması ve ortama *Eisenia fetida* türü solucanlar ilave edildikten sonra meydana gelen vermikompostlanma periyodu boyunca ortamdaki 3 farklı karışımın C/N oranlarında meydana gelen değişimler Şekil 4.14'te ve Ek 2'de verilmiştir.



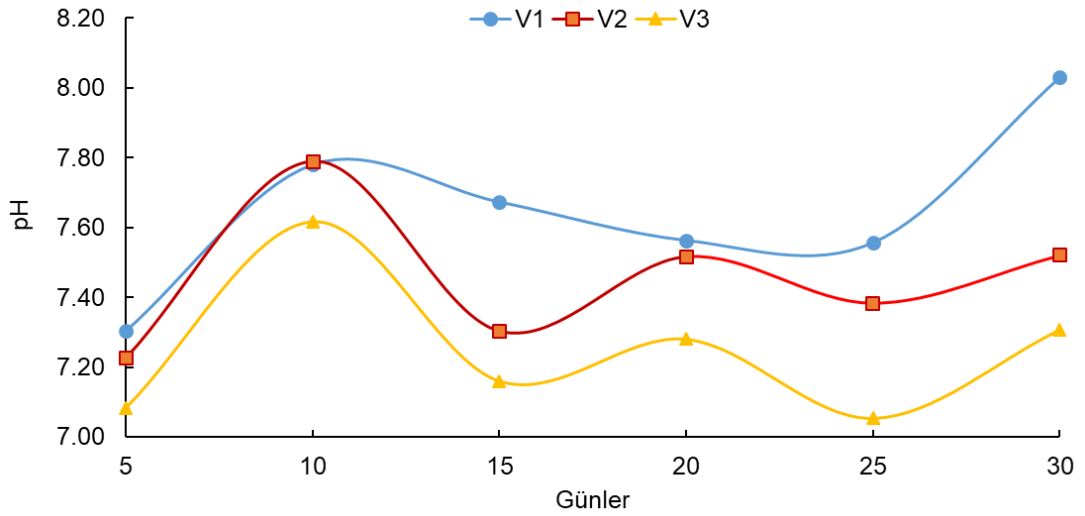
Şekil 4.14. İnkübasyon denemesinde vermikompostun C/N oranlarındaki değişimler. (V1) Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan; (V2) Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan; (V3) Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan

İnkübasyon denemesindeki 30 günlük vermikompostlama süresince, karışımlardaki farklı organik atıkların farklı dozlarından kaynaklı olarak her 3 karışımda da C/N oranı başlangıçta ve inkübasyon sürecinde birbirinden farklıdır. Karışımlar arasında C/N oranı sırasıyla en yüksek V1, V2 ve V3'te saptanmıştır. Karışımlara arasında önemli derecede farklılık belirlenmiş olsa da her bir karışımın inkübasyon sürecinde C/N oranlarındaki değişimlerin de farklı olduğu belirlenmiştir. Vermikompostlama sürecinde karışımların C/N oranları elbetteki toplam organik C ve toplam N içeriklerine bağlıdır. Şekil4.13' de görüldüğü üzere karışımlar arasında en yüksek C/N oranı V1 karışımında ve sırasıyla en yüksek V2 ve V3 te saptanmıştır. V2 ve V3 karışımlarının C/N oranları birbirine paralel olmak üzere ilk 15 günde düşmüş,

20. Günden sonra artarak 30.güne kadar tekrar düşmüştür. Her üç karışımında başlangıç C/N oranları 30. Gün sonunda düşmüştür.

4.2.6. İnkübasyon süresince vermikompostun pH değerlerindeki değişimler

30 günlük inkübasyon denemesinde çay atığı kompostunun ahır gübresi ile farklı oranlarda karıştırılması ve ortama *Eisenia fetida* türü solucanlar ilave edildikten sonra meydana gelen vermikompostlanma periyodu boyunca ortamdaki 3 farklı karışımın pH değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.15'te ve Ek 2'de verilmiştir.

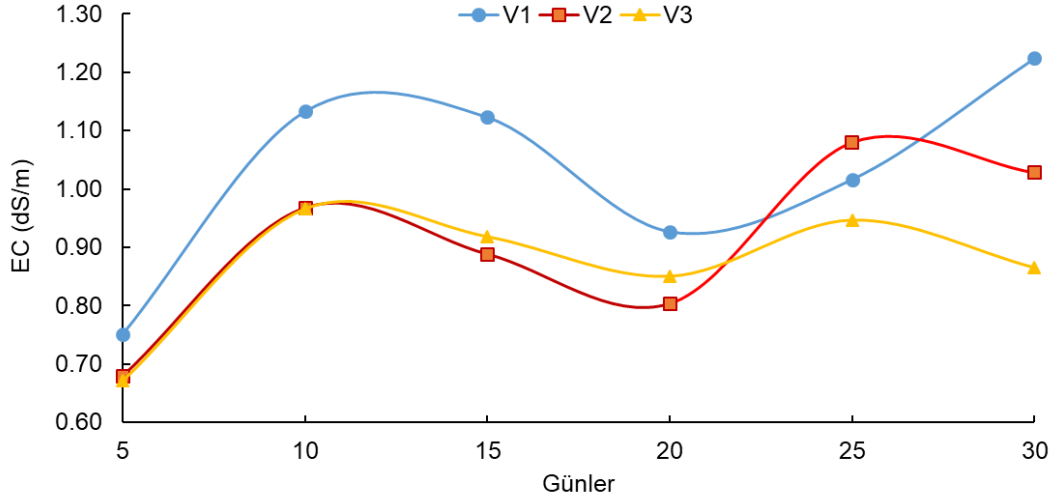


Şekil 4.15. İnkübasyon denemesinde vermikompostun pH değerlerindeki değişimler. (V1) Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan; (V2) Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan; (V3) Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan

İnkübasyon denemesindeki 30 günlük vermikompostlama süresince, karışımların pH değerlerinde inkübasyon dönemlerinde zaman zaman yükselmeler ve düşüşler gerçekleşmiştir. Her 3 karışımında da inkübasyon sonunda pH değerlerinin başlangıç değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4.2.7. İnkübasyon süresince vermikompostun EC değerlerindeki değişimler

30 günlük inkübasyon denemesinde çay atığı kompostunun ahır gübresi ile farklı oranlarda karıştırılması ve ortama *Eisenia fetida* türü solucanlar ilave edildikten sonra meydana gelen vermikompostlanma periyodu boyunca ortamdaki 3 farklı karışımın EC değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.16'te ve Ek 2'de verilmiştir.

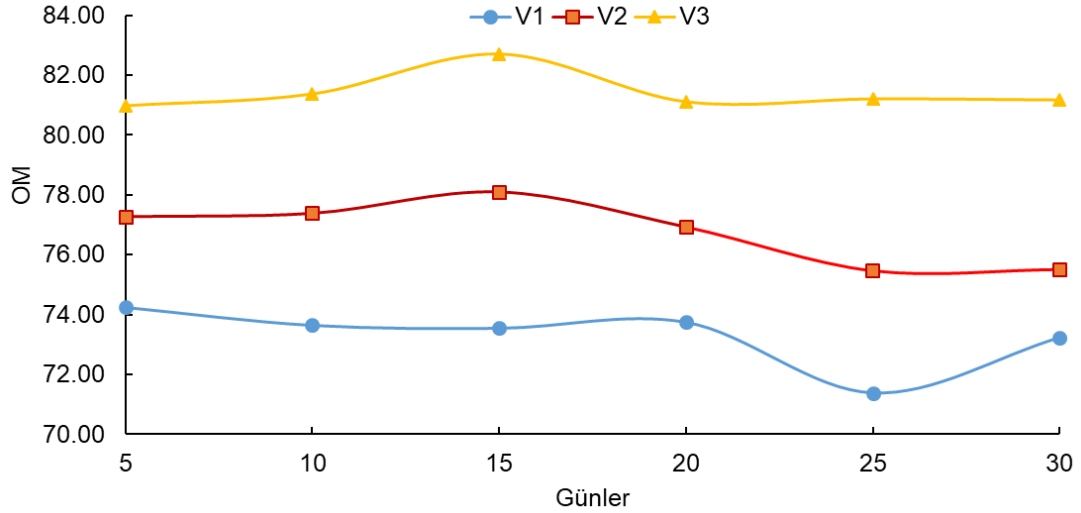


Şekil 4.16. İnkübasyon denemesinde vermikompostun EC oranlarındaki değişimler. (V1) Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan; (V2) Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan; (V3) Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan

İnkübasyon denemesindeki 30 günlük vermikompostlama süresince, karışımların ECdeğerlerinde inkübasyon dönemlerinde zaman zaman yükselmeler ve düşüşler gerçekleşmiştir (Şekil 4.15). Her 3 karışımda da EC değerleri 1. inkübasyon dönemi olan ilk 10 günde hızlı bir artış olduğu ve 3. inkübasyon dönemine kadar değerlerin tekrar düştüğü saptanmıştır. Karışımların EC değerleri birbirinden farklı olsa da her 3'ünde inkübasyon bitiş değerleri başlangıç değerlerinden daha yüksek belirlenmiştir.

4.2.8. İnkübasyon Süresince Vermikompostun Toplam Organik Madde Kapsamlarındaki Değişimler

30 günlük inkübasyon denemesinde çay atığı kompostunun ahır gübresi ile farklı oranlarda karıştırılması ve ortama *Eisenia fetida* türü solucanlar ilave edildikten sonra meydana gelen vermikompostlanma periyodu boyunca ortamdaki 3 farklı karışımın toplam organik madde kapsamlarında meydana gelen değişimler Şekil 4.17'de ve Ek 2'de verilmiştir.



Şekil 4.17. İnkübasyon denemesinde vermikompostun OM oranlarındaki değişimler. (V1) Çay atığı kompostu (%0) + ahır gübresi (%100) + solucan; (V2) Çay atığı kompostu (%25) + ahır gübresi (%75) + solucan; (V3) Çay atığı kompostu (%50) + ahır gübresi (%50) + solucan

İnkübasyon denemesindeki 30 günlük vermikompostlama süresince, karışımlardaki farklı organik atıkların farklı dozlarından kaynaklı olarak her 3 karışımda da toplam organik madde kapsamı başlangıçta ve inkübasyon sürecinde birbirinden farklıdır. Denemede kullanılan 2 farklı organik atık tipinin organik madde kapsamı da birbirinden farklıdır ve aynı zamanda bu iki farklı atık 3 farklı oranda birbirini ile karıştırılarak 3 karışım elde edildiğinden karışımların toplam organik kapsamının başlangıçta farklılık göstermiştir. Karışımlar arasında toplam organik madde içeriği sırasıyla en yüksek V3, V2 ve V1’te saptanmıştır. Karışımlara katılan çay atığı kompostu dozları arttıkça toplam organik madde kapsamının da arttığı saptanmıştır. Karışımlar arasında önemli derecede farklılık belirlenmiş olsa da her bir karışımın inkübasyon sürecinde toplam organik madde içeriğindeki değişimlerin de farklı olduğu belirlenmiştir. Vermikompostlama sürecinde V1 karışımı Şekil 4.16’da görüldüğü üzere 25. Güne kadar düşüş daha sonra 30. Güne kadar artış göstermiştir. V2 karışımında ise süreç boyunca toplam organik madde kapsamında düşüş olduğu saptanmıştır. V3 karışımında ise inkübasyon süresinin artışına bağlı olarak toplam organik madde kapsamında ilk 15 gün artış olmakla beraber 20. güne kadar düşme ve 20.günden sonra sabit bir içerik belirlenmiştir.

4.3. Sera Denemesi

İnkübasyon denemesinde çay atığı kompostu ve ahır gübresinden hazırlanan karışımlar arasında %0 çay atığı kompostu, %25 çay atığı kompostu ve %50 çay atığı

kompostu içeren sadece 3 karışımın vermikompostlanabildiği belirlenmiştir. V1, V2 ve V3 olmak üzere bu 3 karışımında vermikompostlanma parametreleri takip edilerek inkübasyon süreci tamamlanmıştır. Bu üç karışımdan sera denemesinde uygulanmak üzere 3 farklı vermikompost eldesi sağlanmıştır. Sera denemesinde, bir organik materyal olarak kompostlanmamış çay atığı, çay atığının geleneksel kompostlanmış materyali ve 3 farklı dozda karışım yapılarak vermikompostlanmış çay atığı kompostu içeren 3 ayrı vermikompost olmak üzere 5 farklı organik materyal toprağa artan dozlarda uygulanarak toprak özelliklerine ve buğday bitkisi verim parametreleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

4.3.1. Sera Denemesinde Kullanılan Toprağın Özellikleri

Elde edilen kompost ve vermikompostun tarımsal etkinliğinin saptanması amacıyla sera koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinde bu materyallerin artan seviyelerinin topraklara uygulanması sonucu toprak özelliklerinde meydana gelen değişimler ile bitkisel ürün verimi belirlenmiştir. Bu amaçla, organik madde seviyesi düşük olan (<2%), hafif alkalin reaksiyonlu (pH >7,3) ve kil veya killi tın bünyeli toprak örneği kullanılmıştır.

Toprak Üniversitemizin Bafra Araştırma ve Deneme istasyonundan alınmıştır. Alınan toprakta bazı fiziksel ve kimyasal özellikler belirlenerek Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Sera denemesi toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Analiz	Sonuç
pH 1:1	7,45
EC 1:1 ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	523,56
Kum, %	34,58
Silt, %	32,99
Kil, %	32,43
Tekstür Sınıfı	Killi Tın (CL)
Kireç, %	12,32
Organik madde, %	1,20
Toplam Azot, %	0,13
Yarayışlı Fosfor, %	17,56
Potasyum, me 100g^{-1}	0,54
Kalsiyum+Mg, me 100g^{-1}	40,5
Kalsiyum, %	12,1
Na, me 100g^{-1}	0,59
Demir, ppm	5,42
Bakır, ppm	2,21
Çinko, ppm	0,57
Mangan, ppm	4,10

4.3.2. Vermikompost Eldesi

Organik artık ve atıkların farklı oranlarda ahır gübresi ile kuru ağırlıkları esas alınarak karıştırılarak *Eisenia fetida* türü solucanlar (150 adet) ile kontrollü koşullarda (25°C'de ve %80 nem içeriğinde) 115 gün sonunda 3 farklı çay atığı dozunda vermikompost elde edilmiştir. Elde edilen vermikompostların kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Sera denemesinde kullanılan çay atığı vermikompostlarının (%50, %25 ve %0 çay atığı oranlarında) kimyasal özellikleri

Analiz	Vermikompost %0	Vermikompost %25	Vermikompost %50
pH (1:10)	8.11	7.99	7.42
EC dS m ⁻¹ (1:10)	1704.00	1672.67	1595.00
N, %	2.29	3.09	3.82
OC, %	32.07	34.15	38.00
C/N	14.00	11.05	9.95
P, %	0,79	0,77	0,56
K, %	1.35	1.42	1.89
Ca, %	1.79	1.32	1.24
Mg, %	0.64	0.44	0.39
Na, %	0.50	0.38	0.33
Fe, ppm	3146.90	2967.00	2774.74
Cu, ppm	39.95	34.45	33.02
Zn, ppm	250.47	186.55	207.21
Mn, ppm	237.92	631.65	1093.08

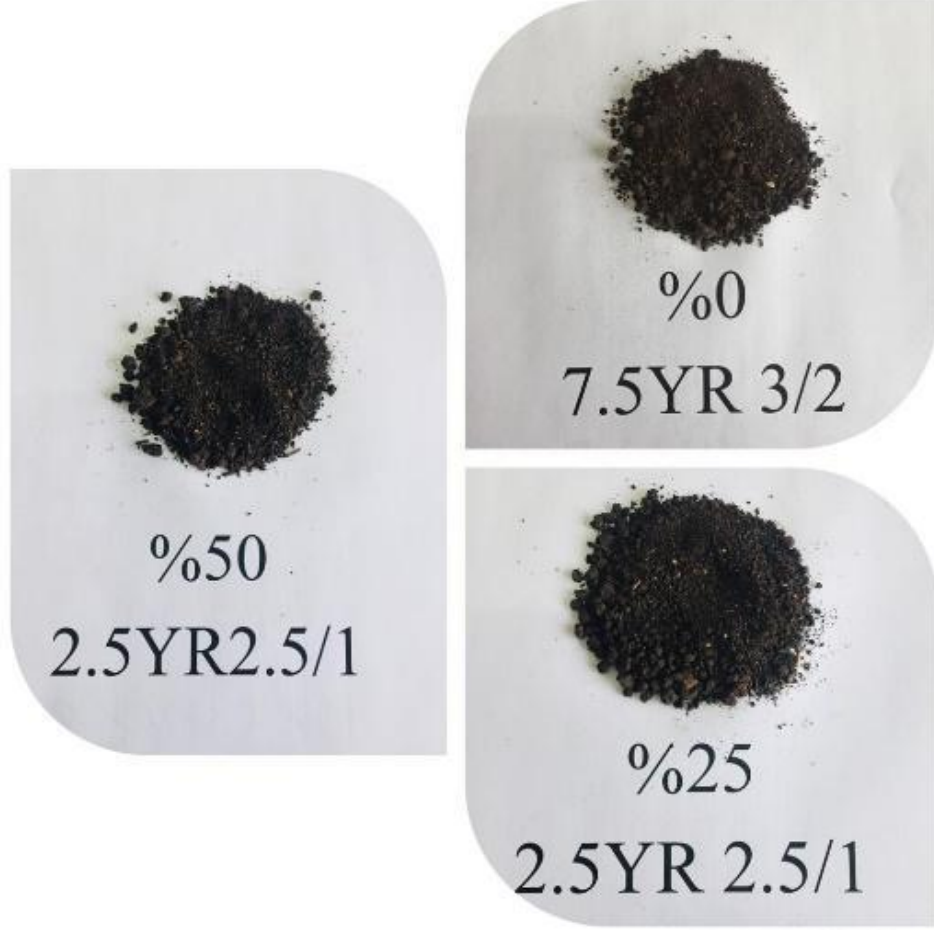


Şekil 4.18. Karışımların vermikompostlama süresinin tamamlanması

Serada kurulacak saksı denemesinde kullanılmak üzere ideal karışım oranları belirlenerek üretilen vermikompostların kimyasal özellikleri, renk analizleri, nem karakteristikleri belirlenmiştir. Vermikompostların kimyasal özellikleri Tablo 4.4'te, renk tanımlamaları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Üretilen vermikompostların renk tanımlamaları

	Vermikompost %0	Vermikompost %25	Vermikompost %50
Renk Tanımlamaları	7,5 YR 3/2	2,5 YR 2,5/1	2,5 YR 2,5/1



Şekil 4.19. Vermikompostların renk tanımlamaları

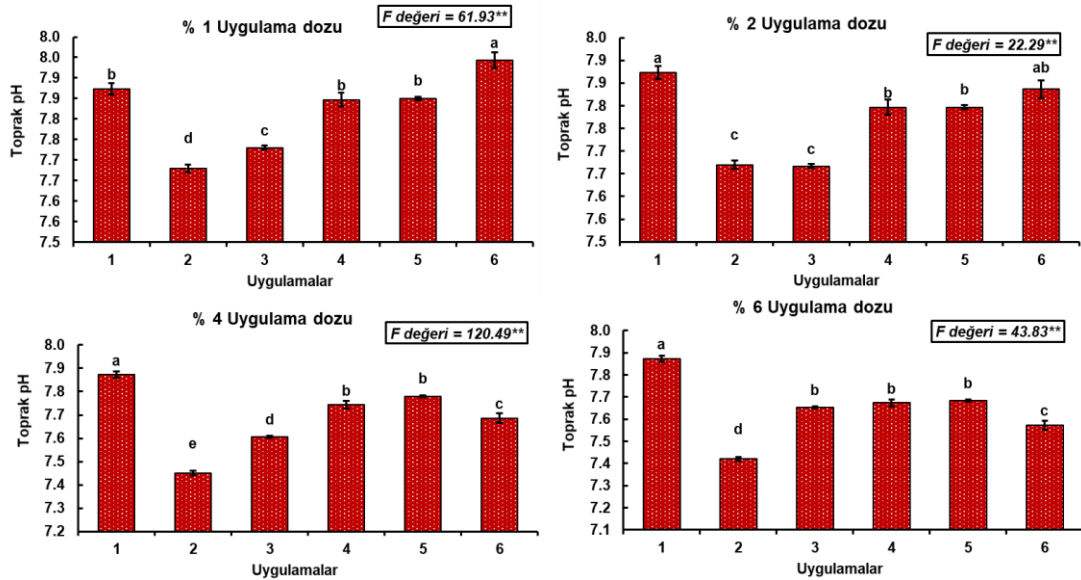
4.3.3. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Sera denemesinde, organik bir materyal olarak kompostlanmamış çay atığı, çay atığının geleneksel kompostlanmış materyali ve 3 farklı dozda karışım yapılarak vermikompostlanmış çay atığı kompostu içeren 3 ayrı vermikompost olmak üzere 5 farklı organik materyal toprağa artan dozlarda uygulanarak bazı kimyasal toprak özelliklerine üzerine etkileri belirlenmiştir. Deneme desenine göre 5 farklı organik materyal (çay atığı, çay atığı kompostu, %0 çay atığı kompostu vermikompostu, %25 çay atığı kompostu vermikompostu, %50 çay atığı kompostu vermikompostu) 5 farklı dozda (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağa uygulanmıştır.

4.3.3.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının pH değerleri üzerine etkisi

4.3.3.1.1. Uygulama dozlarının toprak pH'sı üzerine etkisinin değerlendirilmesi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprak pH'sı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P < 0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprak pH'sında değişim olduğu görülmüştür. Uygulamaların (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın PH üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.20'da ve Ek 3'te verilmiştir



Şekil 4.20. Sera Denemesi Sonunda Toprakların pH içeriklerindeki değişimler.

(1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Toprakların pH analiz sonuçlarına göre, uygulamalar sonrası ise toprak pH'sında düşüşler olmuştur. %1 uygulama dozunda kontrole göre çay atığı, çay atığı kompostu ve vermikompostun V1, V2 uygulamalarında azalma olurken %2, %4, %6 dozlarında tüm uygulamalarda kontrole göre pH'da düşüş saptanmıştır. Bununla birlikte uygulamalar arasında ise pH da farklılıklar belirlenmiştir.

Benito et al. (2013) yaptıkları bir çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Kompostlanmış nihai üründe pH değerlerinin yaklaşık 8'e yükseldiğini saptamışlar ve

yayınlarında bulgularının Iannotti ve arkadaşlarının (1994) belediye katı atık kompostunu uyguladıkları toprakların bulguları ile tutarlı olduğunu belirtmişlerdir. Avnimelech (1996) bir çalışmada benzer sonuçlar bildirmiş ve pH değişikliklerinin organik asitlerin ayrışmasından kaynaklandığını açıklamıştır.

Topraklarda yüksek pH değerlerinin yüksek olması ve sürekliliğini koruması toprak kalitesi açısından olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Toprak pH'sının, topraklara organik materyal uygulanmalarına karşı duyarlılığı muhtemelen toprakların kısmen düşük tamponlama kapasitesinden kaynaklanmaktadır. Organik maddenin mineralizasyonu ve nitrifikasyon sırasında ise açığa çıkan amonyak ve organik asitler toprakların pH'sının düşmesine sebep olmaktadır (Neilsen et al., 1998).

Angelova et al. (2013), toprağın üst 20 cm'sine vermikompost ve kompost (5 ve 10 g.kg⁻¹) uygulamasının bazı toprak kimyasal özelliklerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları bir çalışmada, uygulamanın 30. Gününde 20 cm derinlikten toprak örnekleme yapmışlardır. Kompost uygulanan topraklarda, toprak pH'sı kontrole kıyasla önemli ölçüde azalırken, vermikompost uygulanan topraklarda toprak pH'sının arttığını belirlemişlerdir. pH'daki artışın, vermikompostun deneme toprağına (pH 6.5) göre daha yüksek pH değerine sahip olmasından kaynaklanabileceği bildirmişlerdir. Çalışmada deneme vermikompost uygulama dozu arttıkça topraklarının pH değerinin de arttığı saptanmıştır.

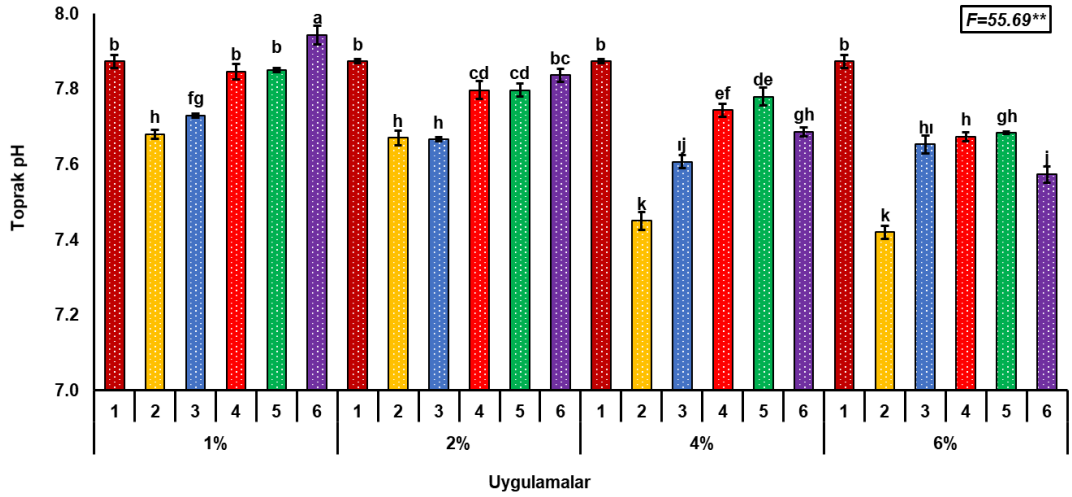
Kompostların toprak kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Duong, 2013), farklı hammaddelerden üretilen iki tür kompostun etkilerini değerlendirmek için farklı kil içeriğine sahip iki toprağı (%46 ve %22) bahçe atığı kompostu ve tarımsal atık kompostu uygulamasının toprak pH'sını, kompost uygulanmamış toprağına kıyasla 0.3-0.7 birim azalttığını belirlenmiştir.

Inbar et al. (1993) yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, kompost ve vermikompostlar için nihai ürünün optimum pH aralığını 5,5-8,0 olarak belirlemişlerdir.

Toprak pH'sının ortamın iyon dengesi, besin miktarı ve toprak mikrobiyal aktivitesi, toprak verimliliği ve bitki beslenmesi gibi toprak dinamikleri üzerine doğrudan etkisi vardır. Artan pH değeri, toprakta bazı ağır metallerin çözünürlüğünü düşürüyor olsa da bazı toksik elementlerin çözünürlüğünü azaltması da toprak ve bitki sağlığı açısından çok önemlidir.

4.3.3.1.2. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların pH değerlerindeki değişimlerin değerlendirilmesi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprak pH'sı üzerine kontrol uygulamasına göre kendi aralarında çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği belirlenmiş ve doz artışına bağlı olarak Ph değerlerinde düşüşler saptanmıştır. Uygulamaların (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın pH üzerine olan etkilerinin uygulamaların tamamının birbirine göre değerlendirilmesine ait analiz sonuçları Şekil 4.21'de ve Ek 3'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Toprakların organik materyal uygulama dozları arasında pH içeriklerindeki değişimler. (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun topraklara uygulanması sonucunda pH içeriklerindeki değişimlerinin kontrole göre azaldığı ve uygulanan doz miktarı arttıkça pH'daki azalmanın arttığı görülmüştür. Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun V3 uygulamalarında azalmanın en fazla olduğu belirlenmiştir. Vermikompost uygulamalarında en yüksek azalış V3 uygulamasında ve kontrol uygulamasına göre %4 ve %6 dozlarında olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar kendi içerisinde dozlara göre incelendiğinde ise en fazla düşüş, %2 ve %4 dozlarında çay atığı ve çay atığı kompostunda %6 dozunda ise çay atığı, vermikompostun V3 uygulaması ve çay atığı kompostu uygulamasında görülmüştür. Doz miktarı arttıkça vermikompostun tüm uygulamalarında pH değerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Organik madde

uygulamaları, uygulama dozları ve uygulama x uygulama dozu interaksiyonunda toprak pH'sındaki değişimler istatistiksel olarak ($P<0.01$) önemli düzeyde etki etmiştir.

Stevenson 1994'te yaptığı bir çalışmada, mısır, domates ve asma olmak üzere 3 bitki atığından elde ettiği kompostları artan dozlarda uyguladığı kumlu kireçli topraklarda yetiştirilen buğday bitkisi verimi üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma bulgularına göre, topraklara uygulanan kompost oranının artmasıyla birlikte toprak pH değerlerinin azaldığını belirlemiştir. Toprak pH'ındaki azalma, kullanılan kompostların kompostlama işlemi sırasında salınan H^+ iyonlarından ve ayrıca organik ve inorganik asitlerin açığa çıkmasından kaynaklandığını bildirmiştir.

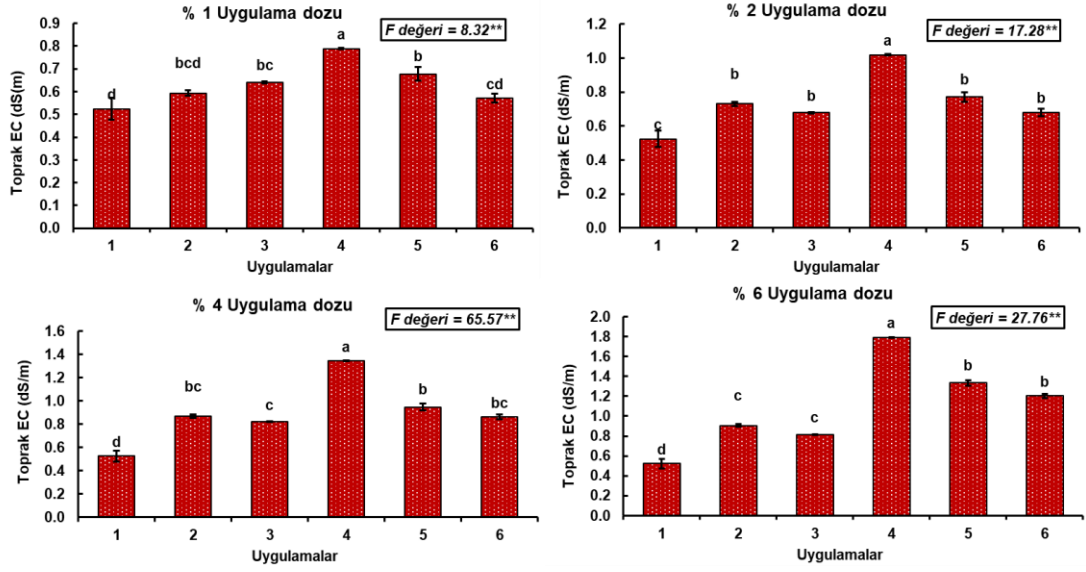
Naem et al. (2018), çalışmalarında biyocar ve kompost uygulamasının toprak pH'sını düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Walker ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada (2003) toprağa kompost uygulanmasının toprak pH'sının düşmesine neden olduğunu belirlemişlerdir. Smiciklas ve diğ. (2002), Pattanayak ve diğ. (2001) ve Yaduvanshi (2001) de yapmış oldukları çalışmalarda organik maddelerin kullanımından sonra toprak pH'sında bir azalma saptamışlardır.

Yılmaz ve Alagöz (2009) ise çalışmalarında, elma posasını artan dozlarda killi tekstüre sahip toprağa uygulayarak toprağın verimlilik özelliklerindeki değişiklikleri belirlemişler ve elma posasının toprak pH'sı üzerine etkisini istatistiksel açıdan önemli bulmuşlardır. Elma posası uygulaması sonrasında toprak pH'sında artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

4.3.3.2. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri Üzerine Etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprak EC değerleri üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprak EC değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Uygulama dozlarının toprağın EC üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.22'de ve Ek 4'te verilmiştir.



Şekil 4.22. Sera denemesi sonunda toprakların EC içeriklerindeki değişimler. (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

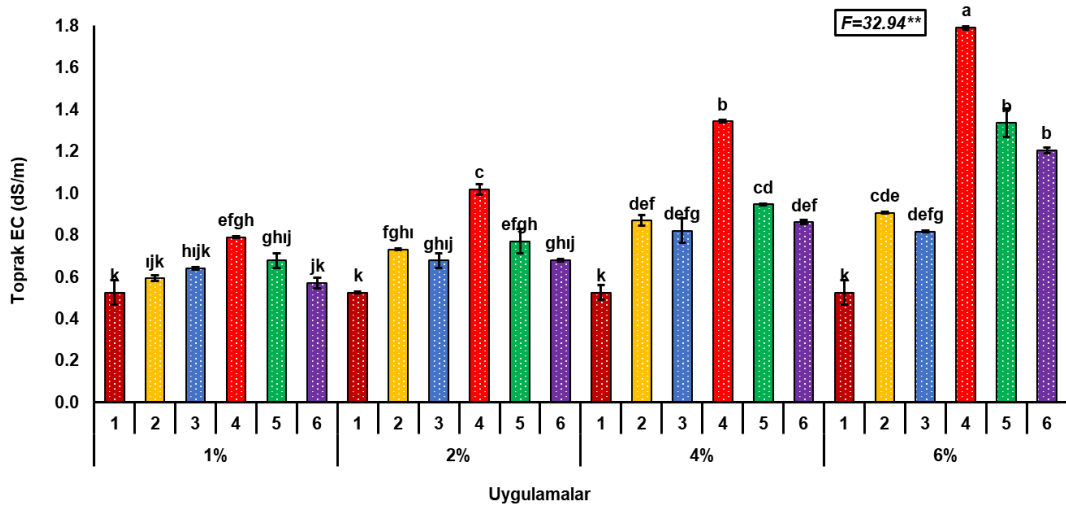
Toprakların EC analiz sonuçlarına göre, uygulamalar sonrası ise toprak EC sinde % 1 % 2, %4, %6 uygulama dozlarında kontrole göre artışlar olurken en fazla artış tüm dozlarda vermikompost uygulamalarında V1 ve daha sonra sırasıyla V2 V3 uygulamalarında belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına göre en az artış %6 dozunda çay atığı ve çay atığı kompostu uygulamalarında belirlenmiştir.

Angelova et al. (2013) çalışmalarında, elektriksel iletkenliğin toprakta dolaylı olarak çözünür tuzların toplam konsantrasyonunu gösteren ve aynı zamanda doğrudan tuzluluğun ölçümünü veren bir toprak parametresi olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma sonuçlarına göre toprakların elektrikselsel iletkenlikleri vermikompost ve kompost uygulaması ile artan bir eğilim göstermiştir. Gallardo-Lara ve Nogales (1987) ise yapmış oldukları bir çalışmalarında kompostların toprağa uygulanması sonucunda özellikle kompostların tuz miktarlarının yüksek olması nedeniyle yüksek dozda kompost uygulamalarının toprakların tuz içeriğini ve toprağın elektrik iletkenliğini artırdığı belirlenmişlerdir. Ouedraogo ve arkadaşları da (2001) çalışmalarında benzer şekilde, toprak tuzluluğunun, yapmış oldukları çalışmada kompostun sürekli kullanımı ile arttığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde pek çok çalışma mevcuttur. Tuz konsantrasyonundaki artışın organik madde fraksiyonunun parçalanma ayrışmasının bir sonucu olduğu yapılan çalışmalarla bildirilmiştir. (Iglesias Jimenez et al., 1986; Negro et al., 1999).

4.3.3.2.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların EC değerlerindeki değişimlerin değerlendirilmesi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprak EC si üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprak EC de değişiminde artış olduğu görülmüştür

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın EC üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.23'de ve Ek 4'te verilmiştir



Şekil 4.23. Toprakların EC içeriklerindeki değişimler (dozlara göre)

- (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

%2, %4, %6 uygulama dozunda kontrole göre artışlar olurken en fazla artış tüm dozlarda V1 ve daha sonra sırasıyla V2 V3 uygulamalarında %6 dozunda belirlenmiştir. Vermikompost uygulamalarında doz miktarı artıkça EC miktarında da artış diğer uygulamalara göre daha yüksek görülmüştür Uygulamalar arasında dozlara göre en az artış %2, %4, %6 dozlarında kompost uygulamasında görülmüştür.

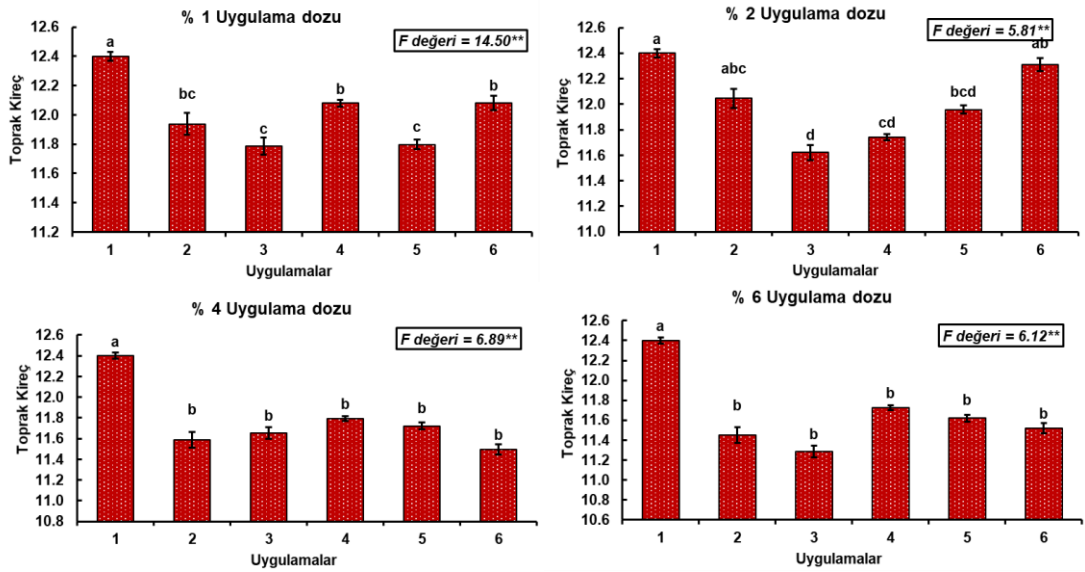
Çalışmada yapılan organik materyal uygulamaları, uygulanan dozlar ve uygulama x doz interaksiyonu toprak EC'si üzerine istatistiksel olarak ($P<0.01$) önemli düzeyde etki etmiştir.

Atiyeh ve arkadaşlarının (2002) yaptığı bir çalışmanın sonuçlarına göre kompost ve vermikompost uygulanan topraklar kontrol toprağı ile karşılaştırıldığında EC

değerlerinde bir miktar artışın olduğu saptanmıştır. Vermikompost uygulanan toprakların uygulama yapılmayan topraklardan daha yüksek EC' ye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Vermikompostun EC'sinin vermikompost için kullanılan hammaddelere ve iyon konsantrasyonlarına bağlı olduğunu rapor etmişlerdir.

4.3.3.3. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Kireç (CaCO₃) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının topraktaki kireç miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta kireç miktarı değişiminde azalma olduğu belirlenmiştir. Uygulama dozlarının toprağın kireç kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.24'te ve Ek 5'te verilmiştir.



Şekil 4.24. Sera denemesi sonunda toprakların kireç içeriklerindeki değişimler.

- (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

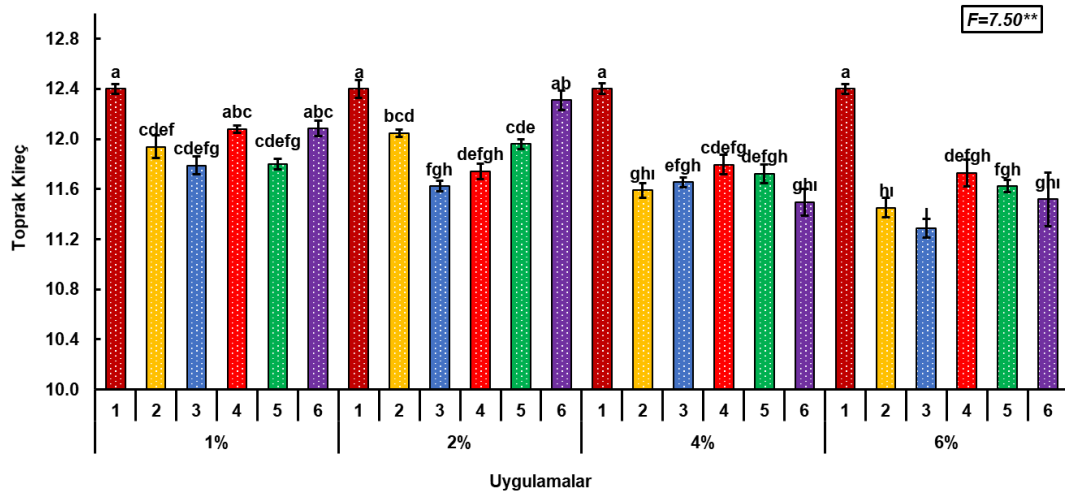
Toprakların kireç analiz sonuçlarına göre, uygulamalar sonrası ise toprakta kireç miktarında kontrole göre azalma olduğu belirlenmiştir. %1 dozunda uygulamalar arasında en fazla düşüş kompost uygulamasında ve V2 uygulamasında görülmüştür. Dozlar arasında en fazla azalma %2 dozunda kompost uygulamasında görülmüştür. %4 ve %6 dozlarında kontrole göre azalma olmasına rağmen uygulamalar arasında belirgin farklılıklar belirlenmemiştir.

Rekasi et al. (2019), arıtma çamurundan elde ettikleri kompost ve vermikompostların agrokimyasal özelliklerini belirledikleri bir çalışmada, makro bitki besin elementleri bakımından her iki gübrede istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığını bildirmişlerdir.

4.3.3.3.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların kireç kapsamındaki değişimlerin değerlendirilmesi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakların kireç miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta kireç miktarı değişiminde azalma olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın kireç kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.25'te ve Ek 5'te verilmiştir.



Şekil 4.25. Sera denemesi sonunda toprakların kireç içeriklerindeki değişimler (dozlara göre). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

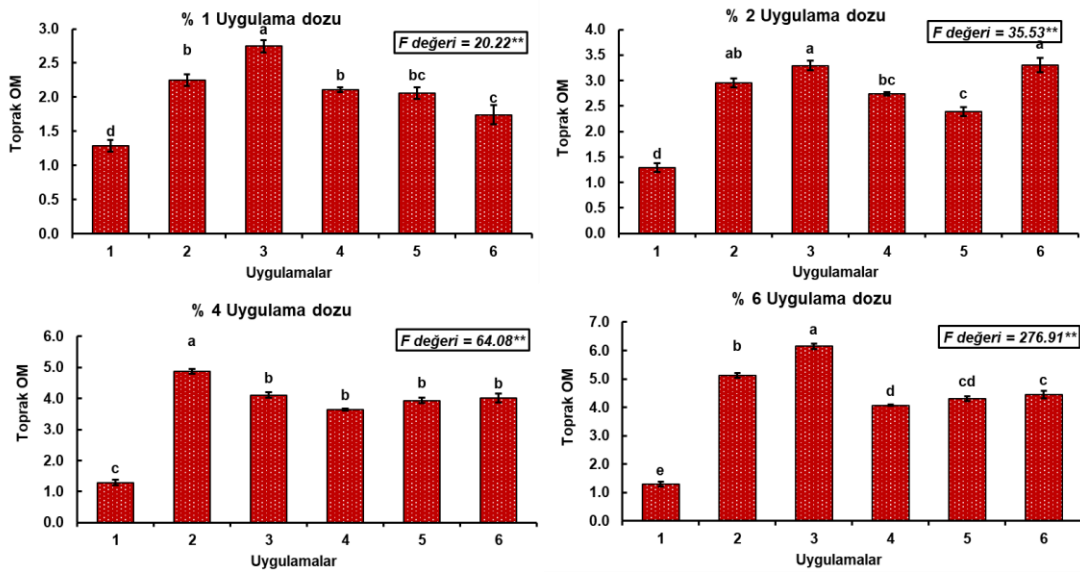
Toprakların kireç analiz sonuçlarına göre, uygulamalar sonrası toprakta kireç miktarında kontrole göre azalma olduğu belirlenmiştir. Grafik incelendiğinde uygulamalardaki kireç içerikleri arasında en fazla azalma dozlara göre tüm uygulamalar arasında sırasıyla %6 dozunda kompost ve çay atığı uygulamalarından elde edilmiştir. Uygulamalar arasında doz miktarı arttıkça kireç kapsamında kontrole

göre azalma görülmüştür. Vermikompost uygulamasında ise en fazla düşüş V3 uygulamasında saptanmıştır.

4.3.3.4. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağı Organik Madde İçeriği Üzerine Etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermicompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta organik madde miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P < 0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta organik madde miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermicompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın EC üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.26'te ve Ek 6'da verilmiştir.



Şekil 4.26. Sera denemesi sonunda toprakların organik madde miktarındaki değişimler.

(1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermicompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermicompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermicompostu.

Toprakların organik madde analiz sonuçlarına göre, uygulamalar sonrası toprak organik maddesinde kontrole göre artış olduğu belirlenmiştir. En fazla artış kompost uygulamasının %1 %2 %6 dozlarında belirlenirken bunu takiben en yüksek artış %4 uygulama dozunda çay atığı uygulamasından elde edilmiştir. Vermikompost uygulamaları arasında en fazla artış V3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa organik madde ilavesi sonucu toprak organik karbonundaki artış, kompost ve vermicompostun yüksek organik madde içeriğinden kaynaklanmakta olup organik materyallerin uygulanması sonucu başlangıç seviyesine kıyasla organik karbon içeriğinde önemli bir artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Kompost ve vermicompost uygulanan topraklarda organik madde kapsamındaki değişikliklerin araştırıldığı diğer çalışmalarda, kontrol toprağına göre daha yüksek bir organik madde içeriği belirlenmiştir. Topraklara kompost ilavesinin toprağın organik madde içeriğini etkilediği ve organik madde artışının uygulanan kompost dozlarıyla doğru orantılı olduğu rapor edilmiştir (Bohn et al., 1985; Giusquiani et al., 1995; Angelova et al., 2013).

McConnell et al. (1993) yaptıkları bir çalışmada, topraklara 18 ila 146 t ha-1 arasında değişen oranlarda uygulanan kompostun toprak organik maddesinde %6 ila 163 oranında bir artış sağladığını bildirmişlerdir.

Eghball (2002) ise yapmış olduğu 4 yıllık bir çalışmada %36 oranında toprağa uygulanan kompostun dört yıllık bir süre sonunda toprakta C sekestrasyonunun olduğunu ve kompostların sadece organik madde seviyesine değil toprakta C sekestresyonuna da fayda sağlayabileceğini düşündürmektedir.

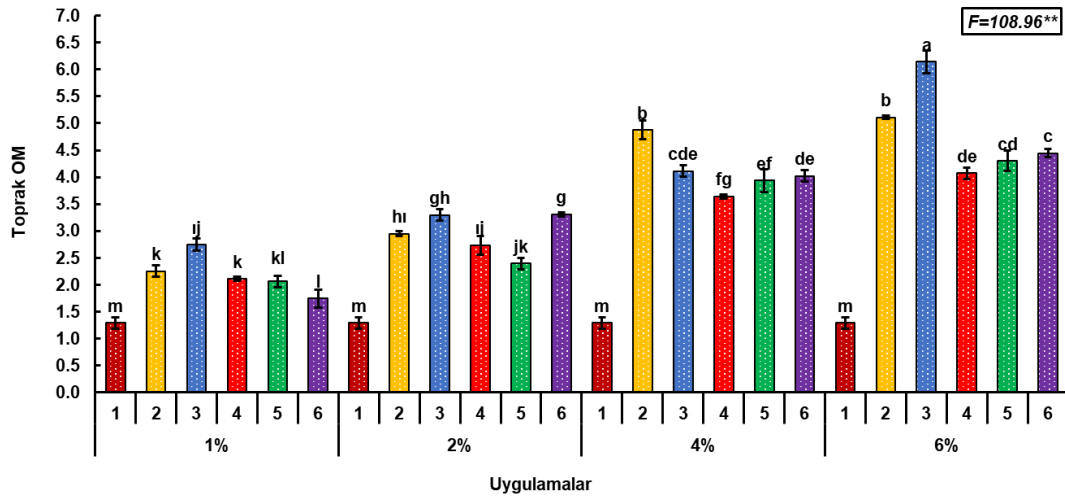
Bouajila ve Sanaa (2011), yapmış oldukları bir çalışmada gübre ve evsel atık kompostunun toprağa uygulanmasının toprakta organik karbonun önemli ölçüde artmasına neden olduğunu ve kompost uygulamasının en yüksek sonuçlara sahip olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, 120 t / ha evsel atıkları kompostu ve kompost uygulamasının, kontrole (%0,69) kıyasla toprakta organik karbonu (sırasıyla %1,74 ve %1.09) artırdığını göstermiştir.

4.3.3.4.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların organik madde kapsamındaki değişimlerin değerlendirilmesi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermicompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının topraktaki organik madde miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P < 0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta organik madde miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Toprakların organik madde analiz sonuçlarına göre, her bir uygulama dozunda uygulanan organik atık uygulamaları sonrası toprak organik maddesinde kontrole göre artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın organik madde kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.27’de ve Ek 6’de verilmiştir.



Şekil 4.27. Sera denemesi sonunda toprakların OM içeriklerindeki değişimler (dozlara göre). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun topraklara uygulanması sonucunda organik madde içeriklerindeki değişimlerinin kontrole göre artış gösterdiği ve uygulanan doz miktarı arttıkça toprakların organik madde miktarının da arttığı görülmüştür. Çay atığı ve çay atığı kompostu uygulamalarında artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar kendi içerisinde dozlara göre incelendiğinde en fazla artış %6 dozunda çay atığı kompostundan elde edildiği saptanmıştır.

Yapılan bir çalışmada, 3 farklı gübreleme materyalinin kullanıldığı bir inkübasyon denemesinde organik materyaller ile kimyasal gübre uygulamalarının toprakların organik C içeriğine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada topraklara uygulama materyali olarak vermikompost, geleneksel kompost ve NPK inorganik gübresi uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre kompost materyalinin vermikomposta göre çok daha yüksek seviyede çözünür organik C (K_2SO_4 ile

ekstrakte edilebilir) içerdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar çalışmada, kompostun vermikomposta göre daha az dekompozisyon derecesine sahip olduğunun bir göstergesi olması ile açıklanmıştır. Kompostlar mikroorganizmalar için bir enerji kaynağı olarak işlev görebilen kararsız karbon bileşikleri açısından vermikomposta göre zengin olduğunu gösterir. Vermikompostlar, sindirim işleminin bir yan ürünüdür, bu nedenle mikrobiyal enerji substratı olarak kullanılan çözüner organik bileşiklerde daha düşük olmaları doğaldır. Çözüner C miktarının kompost materyalinde vermikomposta göre 6,3 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bu durum başlangıçtaki mikrobiyal aktivitenin, uygulamalardaki çözüner C seviyesine bağlı olduğunun da bir göstergesidir.

Soheil ve arkadaşları da (2012) benzer şekilde yaptıkları bir çalışmada toprağa uygulanan kompostun uygulama oranının artırılması ile topraktaki organik karbon miktarının da arttığını belirlemişlerdir.

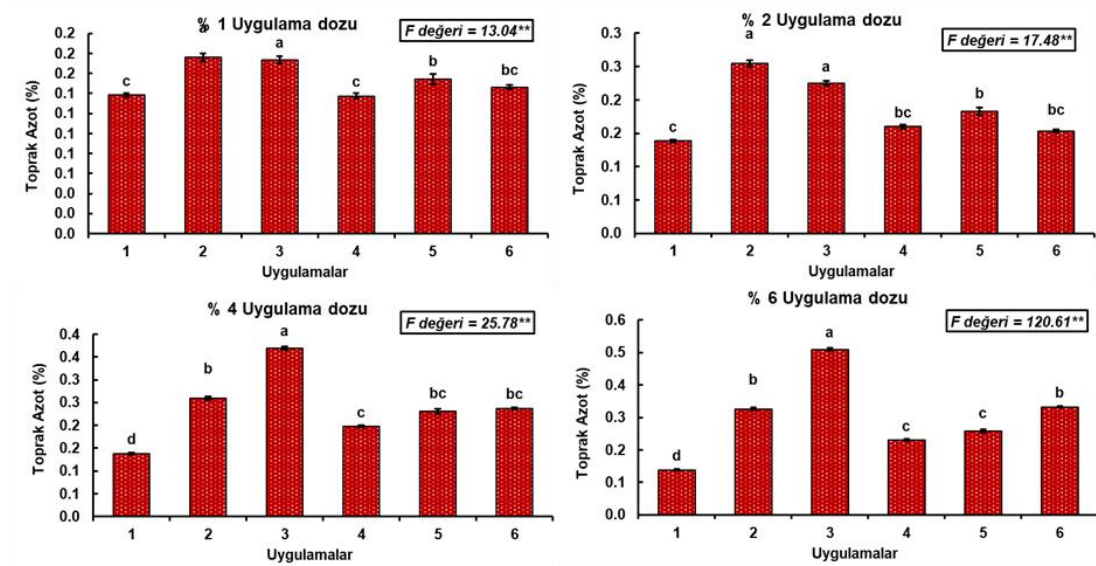
Chaoui ve arkadaşlarının 2003 yılına ait bir yayınında, kimyasal gübrelerin yanlış ve aşırı kullanımı toprak organik maddesinin kaybına yol açabileceği gibi, çevre üzerinde olumsuz etkilerinin olacağı ve gıda güvenliği ve kalitesinin yanı sıra insan ve hayvan sağlığını da tehdit edeceği bildirilmiştir. Her ne kadar verimsiz zayıf topraklarda yüksek verim için gübrelemeye ihtiyaç olduğu bilirse de kompostların toprak sağlığı, üretkenlik ve bitki beslenmesi üzerindeki etkilerinin, kompostların değişken doğası, iklim ve mahsul özellikleri dikkate alınarak genelleştirilmesinde de dikkatli olunması gerektiğine vurgu yapılmaktadır. Bununla birlikte çalışmada, kompostların topraklar üzerindeki etkisinin, hammaddelere, kompostlama koşullarına ve süresine bağlı olan kompost bileşimine büyük ölçüde bağlı olarak değişmekte olduğu belirtilmektedir.

Tohumcu ve Aydın (2016) topraklara organik atık uygulamaları yaptıkları bir çalışmada zeytinyağı fabrika atıklarının toprak özellikleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla zeytin pirinası ve posasını doğrudan ham olarak topraklara farklı dozlarda uygulamış ve uygulanan pirina ve posanın toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bitki besin elementlerinin içeriğine olan etkisi araştırmışlardır. Uygulama sonunda pirina ve posayı hem bakteri ile beraber uyguladıklarında hem de bakterisiz uyguladıklarında her iki atığında toprakların organik madde kapsamını artırdığını bildirmişlerdir

4.3.3.5. Sera Denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağı toplam azot (N) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta toplam azot kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağılı toprakta toplam azot miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın N kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.28'de ve Ek 8'de verilmiştir.



Şekil 4.28. Sera denemesi sonunda toprakların azot içeriğindeki değişimler.

- (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Toprakların toplam N içeriklerinin analiz sonuçlarına göre, %1 %2 %4 %6 uygulama dozlarında en fazla artış çay atığı kompostu uygulamasından elde edilmiştir. Uygulama dozu artıkça toprakların toplam N içeriklerinde artış belirlenmiştir. Tüm uygulamalarda en fazla artış kompost uygulamasında saptanmış ve bunu çay atığı uygulaması ve vermikompostun V3 uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir.

Angelova et al. (2013) yapmış oldukları bir çalışmanın sonuçlarına göre topraktaki toplam N konsantrasyonunun kompost ve vermikompost uygulamalarından önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Soheil et al. (2012) topraklara belediye atık kompostu uygulaması yaptıkları bir çalışmada toprağın kimyasal özellikleri ve mısır bitkisi verimi üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre atık kompost uygulamalarının toprakların toplam N içeriğini artırdığını saptamışlardır.

Kompostun topraklara dahil edilmesinin, azot (N), fosfor (P) ve kükürt (S), değiştirilebilir katyonlar (kalsiyum, potasyum, magnezyum ve sodyum) gibi makro ve mikro bitki besin elementlerinin önemli miktarda artmasına sebep olmaktadır (Nardi et al., 2004; Weber et al., 2007).

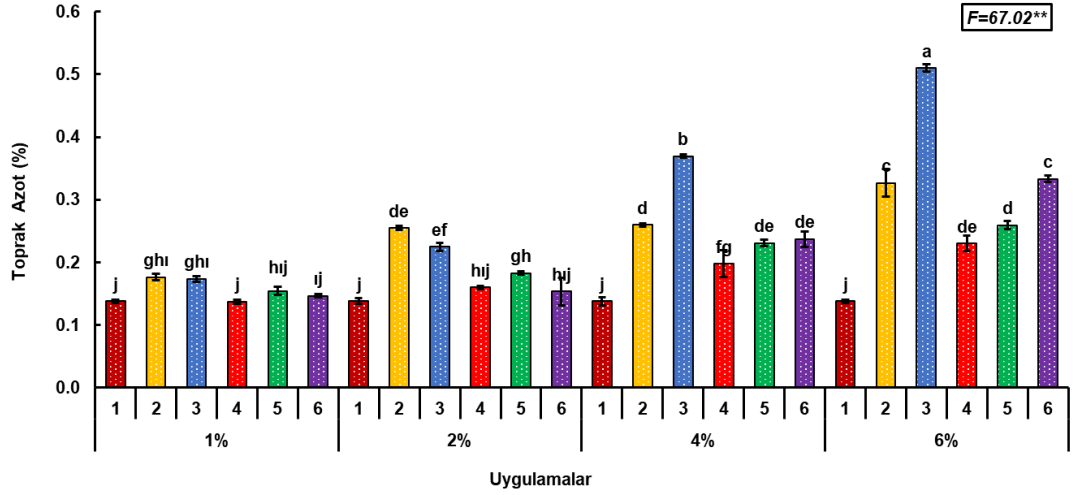
Bouajila ve Sanaa (2011)'ya ait bir çalışmada artan gübre ve evsel atık kompostu dozlarının (40 ve 120 t/ha) uygulanmasının, organik azotun önemli ölçüde artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Lou et al. (2017), Çin'de yapmış oldukları bir araştırmada, tınlı topraklara mantar kompostu uygulanmasının, topraktaki mineral azot içeriğini artırdığını belirlemişlerdir.

4.3.3.5.1. Organik materyallerin uygulama dozları arasında toprakların toplam N kapsamlarındaki değişimlerin değerlendirilmesi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta toplam azot miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,01$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta toplam N miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın toplam N içeriği üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.29'de ve Ek 8'de verilmiştir.



Şekil 4.29. Sera denemesi sonunda toprakların azot miktarındaki değişimler (dozlara göre). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

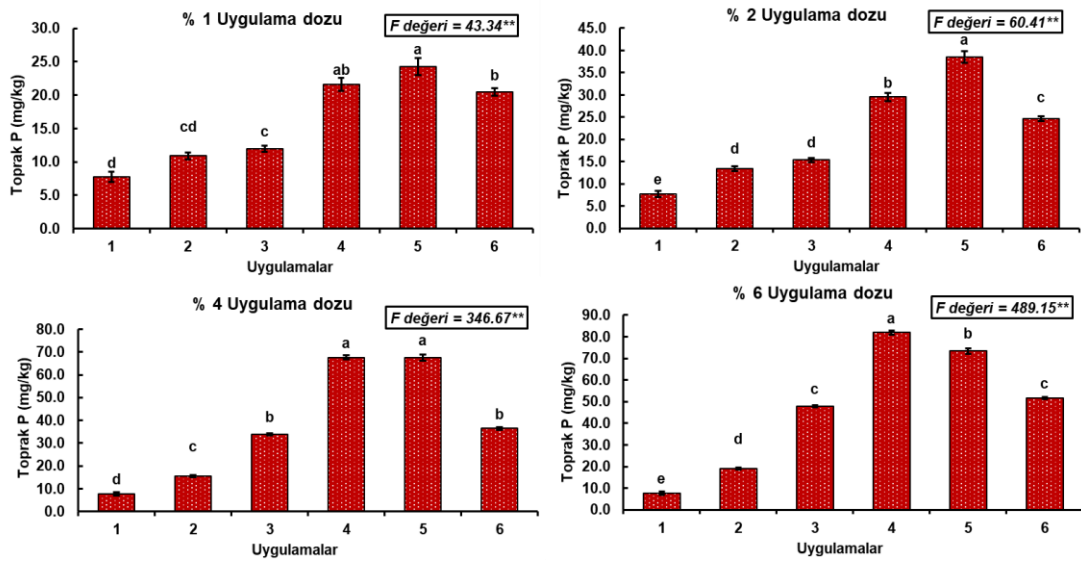
Yapılan analiz sonucuna göre uygulamaların, dozların ve uygulama x doz interaksiyonlarının toprakta toplam N kapsamı üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir. Organik materyal uygulamaları kendi içerisinde dozlara göre incelendiğinde en fazla artışın %6 dozunda çay atığı kompostundan elde edildiği saptanmıştır. En yüksek toplam N içeriği de yine %6'lık doz uygulamasında ve 6 nolu doz uygulamasındaki materyaller arasında ise 3 nolu çay atığı kompostunda belirlenmiştir. En düşük toplam N içeriği ise hiçbir organik atık uygulamasının olmadığı kontrol uygulamasında saptanmıştır. Bununla birlikte çalışmada 2. en yüksek toplam N içeriği ise %4 uygulama dozunda yine çay atığı kompostu uygulamasından elde edilmiştir.

Singh ve Sharma (2002), çalışmalarında önceden kompostlanmış buğday samanının vermikompostlanmasında, süreç boyunca amonifikasyon, amonyağın uçması ve denitrifikasyona bağlı olarak buğday samanı kompostunun toplam azot içeriğinde bir azalma olduğunu bildirmişlerdir (Martins ve Dewes, 1992; Bernal et al., 1996). Kompostlanmamış materyaller içerisinde henüz tam mineralize olmamış materyaller bulundurlar ancak vermikompost içeriğinde, vermikompostlama süreci çok hızlı bir hümfikasyon süreci olduğundan, tam olarak parçalanıp ayrılmamış materyal bulunma yüzdesi son derece düşüktür (Heşşen, 2010).

4.3.3.6. Sera Denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının yararışlı fosfor (P) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta yarayışlı fosfor miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta fosfor miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın yarayışlı P içeriği üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.30'da ve Ek 9'da verilmiştir.



Şekil 4.30. Sera denemesi sonunda toprakların fosfor içeriğindeki değişimler (mg/kg)
(1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1);
(5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Yapılan analiz sonuçlarına göre uygulamaların, dozların ve uygulama x doz interaksiyonlarının toprakların yarayışlı fosfor miktarındaki değişimi üzerine istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli derecede ($P<0.01$) etki ettiği belirlenmiştir. Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun toprağa uygulanması sonucunda toprak analiz sonuçlarına göre toprakların ekstrakte edilebilir fosfor miktarında dozlara göre artış olduğu belirlenmiştir. En yüksek artış miktarı kontrol uygulamasına göre %1 %2 %4 %6 uygulama dozlarında vermikompostun V1 uygulamasından elde edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada 2. en yüksek artışlar ise tüm uygulama dozlarında vermikompostun V2 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük ekstrakte edilebilir fosfor miktarı ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kompost ve vermikompostun artan dozlarda uygulanması sonucunda toprakta ekstrakte edilebilir fosforda önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir.

Padmavathiamma et al. (2008) yaptıkları bir çalışmada vermikompost uygulamalarının bir inokulan görevi görerek fosfor çözünürlüğünü artırması ile ortamın yararlı fosfor kapsamını artırdığı bildirmişlerdir.

Toprakta P un toprak çözeltisine geçişi yavaş cereyan etse de vermikompost uygulamalarında P'un açığa çıkmasının büyük ölçüde artan mikrobiyal aktiviteden kaynaklandığı belirtilmektedir (Arancon et al., 2006; Marinari et al., 2000; Padmavathiamma et al., 2008).

Devliegher ve Verstraete (1997), benzer şekilde yapmış olduğu bir çalışmada vermikompost uygulamalarından sonra yararlı P içeriğinde önemli bir artış belirlemişlerdir. Topraklara kompostların uygulamalarının topraktaki yararlanılabilir P miktarlarını artırmaktadır ve benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Gallardo-Lara ve Nogales, 1987; Sharpley ve Rekolainen, 1997).

Marinari et al. (2000), yapmış oldukları bir çalışmada organik materyallerin uygulanmasından sonra toprakta yararlı P'de benzer artışlar gösterdiğini belirlemişlerdir. Fosfataz aktivitesinin artırılması ve materyalin fiziksel olarak parçalanması daha fazla mineralleşmeye neden olmuştur (Sharpley ve Syres, 1997).

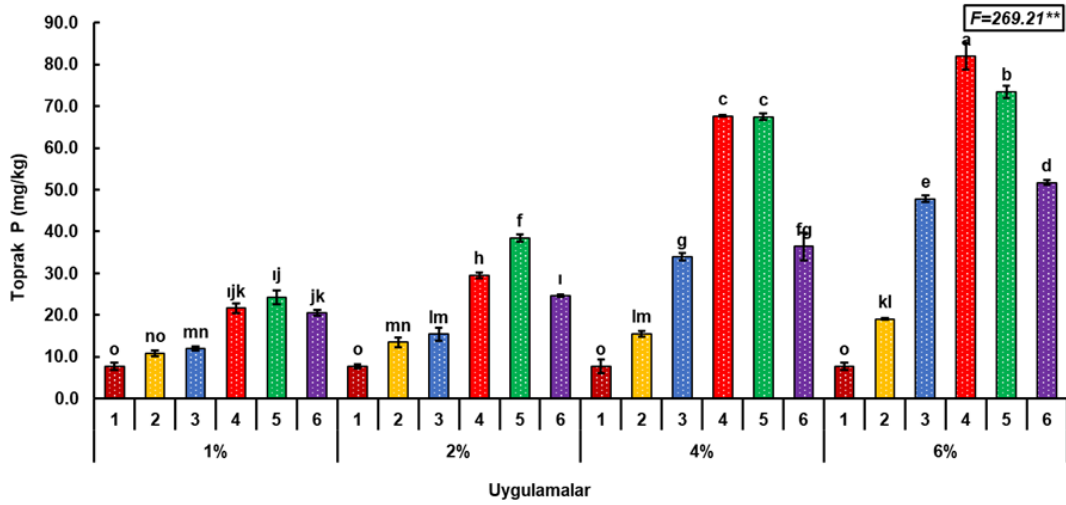
Devliegher ve Verstraete (1997) çalışmalarında vermikompost uygulamalarından sonra toprakların P içeriğinde önemli bir artış belirlemiş, bazı uygulamalar için başlangıç değerinin iki katına ve bazı uygulamalarda 3 katına çıktığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlara solucanlardan gelen fosfatazların enzimatik aktivitesindeki artışların sebep olduğunu rapor etmişlerdir.

Chaoui et al. (2003) bir laboratuvar inkübasyon denemesi kurdukları bir çalışmada vermikompost, geleneksel kompost ve NPK inorganik gübre uygulamalarının N mineralizasyon oranları, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyokütle üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Denemede inkübasyon çalışmasının bitki besin elementlerinin alımı üzerindeki etkilerini araştırmak ve organik materyal uygulamalarının bitki büyümesi ve besin maddesi alımı üzerindeki etkilerini değerlendirmek için buğday bitkisi (*Triticum aestivum* L.) yetiştirmişlerdir. Kompost uygulamalarında vermikompost uygulamalarına göre daha fazla miktarda alınabilir K ve daha az miktarda yararlı P içerdiğini belirlemişlerdir.

4.3.3.6.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının yararlı fosfor (P) kapsamı üzerine etkisi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta alınabilir fosfor miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta alınabilir fosfor miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 4 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın alınabilir fosfor içeriği üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.31'da ve Ek 9'da verilmiştir.



Şekil 4.31. Sera denemesi sonunda toprakların fosfor miktarındaki değişimler (dozlara göre). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

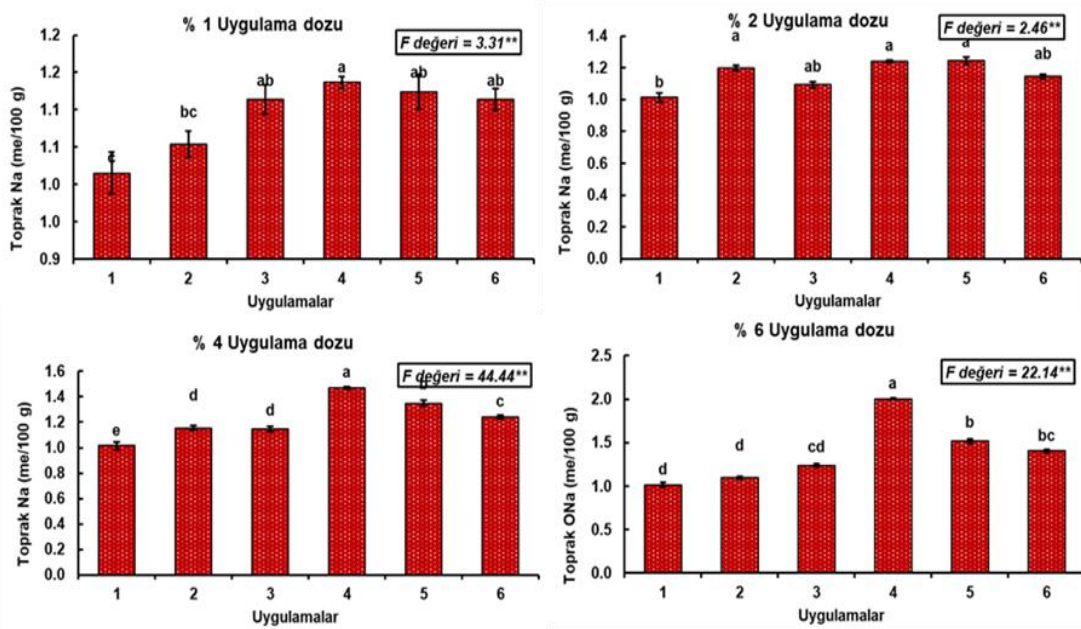
Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostunun uygulanması sonucunda toprakların yararlı fosfor miktarlarında artış belirlenmiş ve artış miktarları kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Doz miktarı arttıkça fosfor miktarında artış olduğu görülmüştür. En yüksek artış miktarı %6 uygulama dozunda vermikompostun V1 uygulamasında görülmüştür. Tüm uygulamalar kendi içinde incelendiğinde ise en az artış kontrole göre çay atığı uygulamasından elde edilmiştir.

Topraklar genellikle yüksek toplam P içeriğine sahip olmalarına rağmen bitki besin maddesi olarak özellikle alınabilir P bakımından yetersizdir (Muhammad et al., 2008). Özellikle çok bozulmuş topraklara yapılan kompost uygulamaları topraktaki mikro besin içeriği oranını ve P fiksasyon seviyesini azaltabilmektedir (Obi ve Ebo, 1995).

4.3.3.7. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının sodyum (Na) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta sodyum miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P < 0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta sodyum miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 4 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın sodyum içeriği üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.32’de ve Ek 10’da verilmiştir.



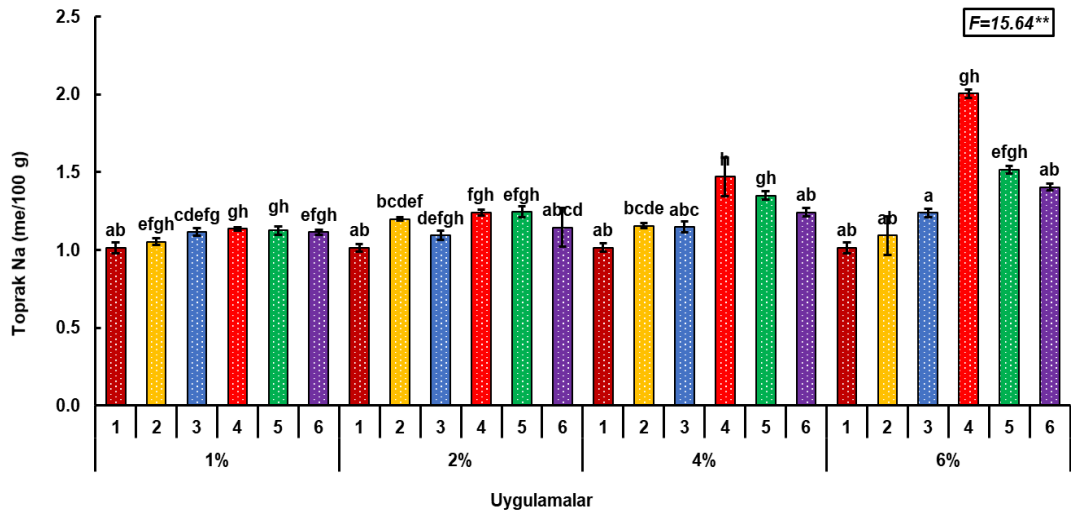
Şekil 4.32. Sera denemesi sonunda toprakların sodyum (Na) içeriğindeki değişimler. (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Toprakların Sodyum analiz sonuçlarına göre, %1 %2 %4 %6 uygulama dozlarında en fazla artış olduğu vermikompostun V1 uygulamasından elde edilirken bu artışı V2 ve V3 uygulamaları takip etmektedir. Çay atığı ve kompost uygulamalarında doz miktarı arttıkça toprakların sodyum içeriklerinde azalma belirlenmiştir.

4.3.3.7.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Na kapsamı üzerine etkisi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta Na miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta Na miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 4 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın Na içeriği üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.33'de ve Ek 10'da verilmiştir.



Şekil 4.33. Sera denemesi sonunda toprakların sodyum miktarındaki değişimler (dozlara göre). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

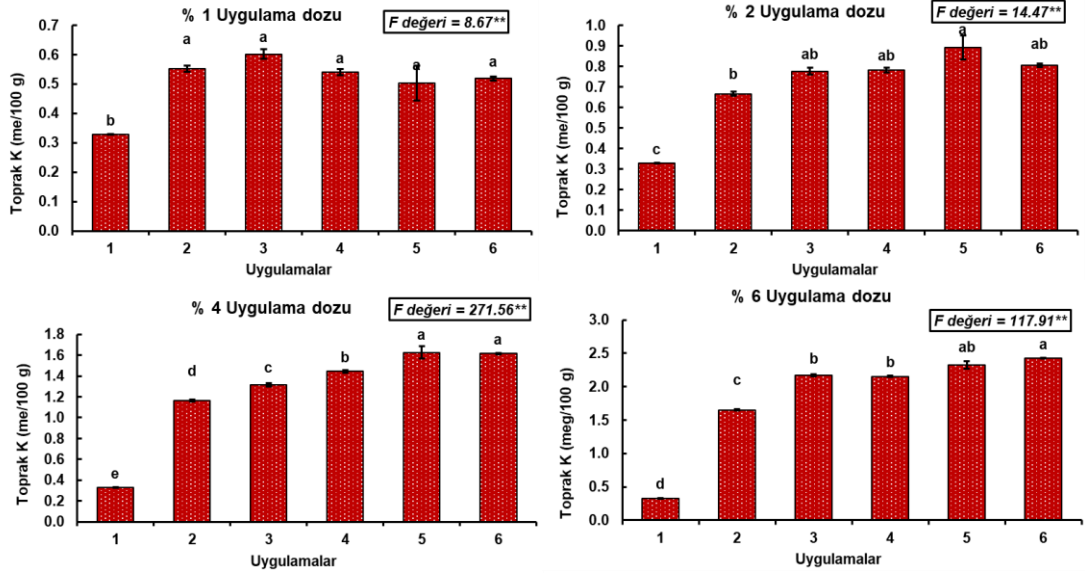
Yapılan analiz sonuçlarına göre uygulamaların, dozların ve uygulama x doz interaksiyonlarının toprağın sodyum içeriğine istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir. En yüksek sodyum miktarı %6 vermikompostun V1 uygulamasında olurken, en düşük sodyum miktarı ise kontrolde elde edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada 2. en yüksek sodyum miktarı ise %6 vermikompostun V2 uygulamasından elde edilmiştir.

4.3.3.8. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Potasyum (K) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta potasyum

miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta potasyum miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın potasyum içeriği üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.34'te ve Ek 11'de verilmiştir.



Şekil 4.34. Sera denemesi sonunda toprakların potasyum içeriğindeki değişimler. (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera denemesi sonucunda alınan toprak örneklerinde toprakların K içeriğinde dozlara bağlı olarak en fazla artış vermikompost uygulamalarında belirlenmiştir. En fazla artış %6 dozunda V3 uygulamasında belirlenmiştir. %1 uygulamasında uygulamalar arasında kontrole göre artış olduğu ancak uygulamalar arasında benzer oranda artış olduğu görülmüştür.

Topraktaki K miktarı toprak organik maddesiyle yakından bağlantılıdır. Toprağa eklenen kompostta bulunan organik maddeler yardımıyla organik komplekslerin oluşumu ile topraktaki potasyum hareketliliği azalmaktadır (Miller ve Donahue, 1991).

Angelova et al. (2013) kompost ve vermikompost uygulamalarını karşılaştırdıkları bir çalışmada vermikompost uygulamasının toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir potasyum (K) miktarını daha çok artırdığını belirlemişlerdir. vermikompost uygulamasından sonra, vermikompostun yüksek besin eelemnti

içeriğinden dolayı, kompost ile karşılaştırıldığında daha yüksek K değerleri elde etmişlerdir.

Solucanların biyolojik olarak organik ve inorganik materyalleri öğütürler. Solucan sindirim sisteminden geçen materyaller daha ince parçacıklara ayrılırlar. Vermikompostlar çok ince toprak parçacıklarında enzimler aracılığıyla farklı K formlarının arttırılmasına sebep olmaktadırlar (Rao et al., 1996).

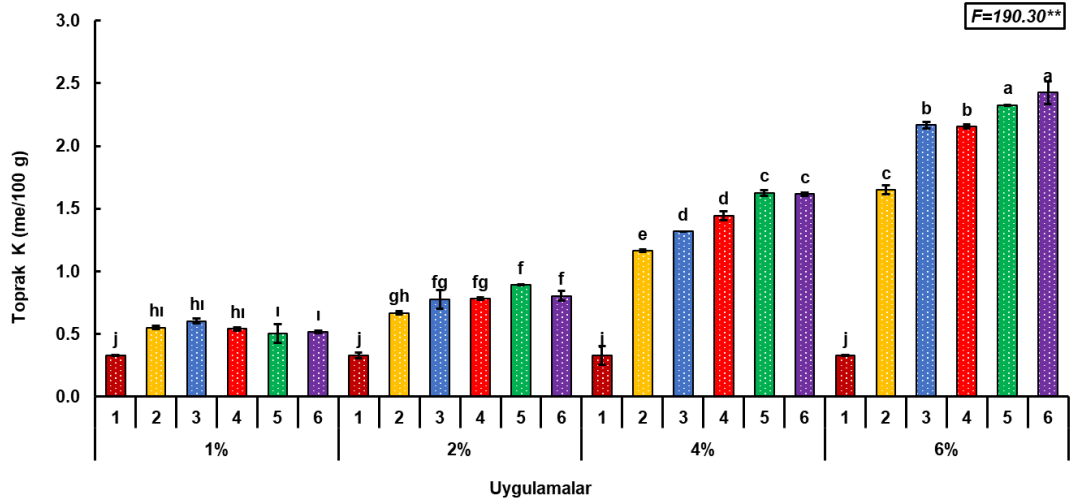
Topraktaki organik madde miktarının artması potasyum fiksasyonunun azalmasına neden olurken süreç içerisinde potasyumun toprakta bulunabilirliğinin de artmasına neden olmaktadır (Olk et al., 1993). Swarup ve Yaduvanshi (2000), Singh et al., (2001), Khoshgoftarmanesh ve Kalbasi (2002), Singh et al., (2002), Verma et al. (2005) yapmış oldukları çalışmalarla mineral gübreler, gübre, kompost ve diğer iyileştiricilerin uzun süreli kullanımının topraktaki potasyum içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Kompostların zayıf bir K kaynağıdır (Barker 1997). Organik atıkların kompostlanması K miktarını etkilemez gibi görünse de uygulama hem toprağın K miktarını (Baziramakenga et al., 2001; Wen et al., 1997; Warman ve Cooper 2000) hem de bitki tarafından K alımını (Chen et al., 1996) etkileyebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, ot ve samandan yapılan kompostun tavuk gübresinin yaklaşık iki katı kadar K içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Eklind et al., 1998).

4.3.3.8.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Potasyum (K) kapsamı üzerine etkisi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta potasyum miktarı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı toprakta potasyum miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağın K içeriği üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.35'te ve Ek 11'de verilmiştir.



Şekil 4.35. Sera denemesi sonunda toprakların potasyum miktarındaki değişimler (dozlara göre). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun uygulanması sonucunda toprakların potasyum miktarlarında, analiz sonuçlarına göre uygulamaların, dozların ve uygulama x doz interaksiyonlarının toprağın potasyum içeriğine istatistiksel olarak çok önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir. En yüksek potasyum miktarı %6 vermikompostun V2 ve V3 olan uygulamada olurken, en düşük potasyum miktarı ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Uygulamalardaki doz miktarı artıka topraktaki potasyum miktarında artış görülmüştür. Bununla birlikte çalışmada 2. en yüksek potasyum miktarı ise vermikompostun %6 dozunda V1 uygulamasından ve çay atığı kompostundan elde edilmiştir. Tüm uygulamalar kendi içinde incelendiğinde en az artış kontrol uygulamasından sonra çay atığı kompostundan elde edilmiştir.

4.3.3.9. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum Mg) kapsamı üzerine etkisi

4.3.3.9.1. Ca kapsamına etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta Ca kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6 toprakların Ca kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.6’de ve Ek 12’de verilmiştir.

Tablo 4.6. Sera denemesi sonunda toprakların kalsiyum miktarındaki değişimler (me/100 g)

Uygulama	Toprak Ca (me/100 g)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	13.66	13.66a	13.66a	13.66a
Çay	12.84	13.22bc	13.24a	13.59a
Kompost	12.98	12.95cd	13.53a	13.89a
Vermikompost%0	12.59	12.66d	12.41b	12.5b
Vermikompost%25	12.61	12.89cd	12.62b	12.82b
Vermikompost%50	12.7	13.5ab	13.63a	13.69a

Tabloda çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu uygulamaların toprakta Ca içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde uygulama topraklarında Ca içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Topraklar da Ca içeriklerine göre %4 %6 uygulamaların da en yüksek değerde elde edilmiştir. Tüm uygulamalar dikkate alındığında en yüksek Ca içeriği ise %6’lık V3 uygulamasında belirlenmiştir.

4.3.3.9.2. Mg kapsamına etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta Mg kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6 toprakların Mg kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.7’de ve Ek 13’te verilmiştir.

Tablo 4.7. Sera denemesi sonunda toprakların magnezyum miktarındaki değişimler (me/100 g)

Uygulama	Toprak Mg (me/100 g)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	1.55	1.55c	1.55c	1.55d
Çay	2.25	2.23b	2.82a	2.86b
Kompost	2.72	2.38ab	2.57a	2.85b
Vermikompost%0	2.58	2.64a	2.79a	3.52a
Vermikompost%25	2.78	2.57a	2.67a	2.87b
Vermikompost%50	1.98	1.79c	2.08b	2.51c

Tabloda çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu uygulamaların toprakta Mg içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde uygulama topraklarında Mg içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Topraktaki Mg içeriklerine göre %1 uygulamasında önemsiz bulunurken %2 %4 %6 uygulamalarında önemli bulunmuştur. Tüm uygulamalar dikkate alındığında en yüksek Mg içeriği ise %6'lık V1 uygulamasında belirlenmiştir.

Angelova et al. (2013), yapmış oldukları bir çalışmada toprağa kompost ve vermikompost uygulamalarının toprağın mevcut Ca ve Mg içeriğini önemli ölçüde arttırdığı belirlemişlerdir. Çözünür kalsiyum ve magnezyum içeriğinin toprağa vermikompost ve kompost ilavesi ile artması, vermikompost ve kompostun yüksek kalsiyum ve magnezyum içeriğinden kaynaklanmaktadır. En yüksek artışı ise vermikompost uygulanan topraklarda belirlediklerini bildirmişlerdir. Kompost ve vermikompost uygulama dozlarındaki artışa bağlı olarak DTPA ile ekstrakte edilebilen Mg'yum miktarının toprakta arttığını ve bu artışın toprak pH'sındaki artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Vermikompost uygulamasından sonra pH'daki artış organik C'un katyon komplekslerinin oluşumunu teşvik etmesi ve takiben makrobesin hareketliliğinin artmasından kaynaklanmaktadır. Toprak pH'si nötrün üzerine çıktıkça, toprağın çözünmüş organik karbon emilimi zayıflar ve katyon kompleksleri oluşturma potansiyeli artar (Romkens et al., 1996).

4.3.3.10. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Demir (Fe) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta Fe kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6 toprakların Fe kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.8'de ve Ek 14'te verilmiştir.

Tablo 4.8. Sera denemesi sonunda toprakların demir miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprak Fe (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	7.15	7.15bc	7.15b	7.15bc
Çay	7.54	7.85abc	7.77b	7.78abc
Kompost	7.76	8.08ab	6.75bc	6.74bc
Vermikompost%0	7.96	7.15c	5.57c	5.74c
Vermikompost%25	6.84	7.03c	7.92b	8.49ab
Vermikompost%50	8.63	8.43a	9.35a	9.81a

Tabloda çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu uygulamalarının toprakta Fe içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde uygulama topraklarında Fe içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Topraktaki Fe içeriklerine göre %1 uygulamasında önemsiz bulunurken %2, %4, %6 uygulamalarında nemli bulunmuştur. Tüm uygulamalar dikkate alındığında en yüksek Fe içeriği ise %2, %4, %6 dozlarında V3 uygulamasında belirlenmiştir.

4.3.3.11. Sera Denemesinde Kompost ve Vermikompost Uygulamasının Deneme Toprağının Bakır (Cu) Kapsamı Üzerine Etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta Cu kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6 toprakların Cu kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.9'da ve Ek 15'te verilmiştir.

Tablo 4.9. Sera Denemesi Sonunda Toprakların bakır miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprak Cu (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	1.79	1.79ab	1.79a	1.79ab
Çay	1.77	1.85ab	1.37b	1.17c
Kompost	1.63	1.48c	1.04c	0.86d
Vermikompost %0	1.96	1.89a	1.81a	1.96a
Vermikompost %25	1.69	1.61bc	1.65a	1.65b
Vermikompost %50	1.86	1.67abc	1.62ab	1.54b

Tabloda çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu uygulamalarının toprakta Cu içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde uygulama topraklarında Cu içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Topraktaki Cu içeriklerine göre %1 uygulamasında önemsiz bulunurken %2, %4, %6 uygulamalarında önemli bulunmuştur. Tüm uygulamalar dikkate alındığında %2, %4, %6 dozlarında en yüksek Cu içeriği V1 uygulamasında belirlenmiştir.

Toprakta Cu miktarının azalması, organik maddenin daha fazla Cu bağlayabilen kararlı bir formda dönüşümüne bağlı olabilmektedir. Organik materyallerden kaynaklanan hümitik asitler, her metal için farklı pH, katyon değişim kapasitesi ve kil mineral fraksiyonu gibi toprak koşullarına bağlı kompleksler oluşturma eğilimindedirler (Barancikova ve Macovnikova, 2003).

4.3.3.12. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Mangan (Mn) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta Mn kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P < 0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6 toprakların Mn kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.10'da ve Ek 16'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Sera denemesi sonunda toprakların mangan miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprak Mn (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	7.53ab	7.53b	7.53bc	7.53bc
Çay	8.58a	10.33a	11.75a	12.67a
Kompost	7.55ab	9.05a	8.48b	10.29ab
Vermikompost%0	7.18ab	6.58bc	5.77cd	7.52bc
Vermikompost%25	5.67c	4.95d	5.01d	6.37c
Vermikompost%50	7bc	6.1cd	8bc	9.87ab

Tabloda çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu uygulamalarının toprakta Mn içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde uygulama topraklarında Mn içerikleri arasında istatistiksel olarak

farklılık olduğu görülmektedir. Topraktaki Mn içeriklerine göre tüm uygulamalarda önemli bulunmuştur. Tüm uygulamalar dikkate alındığında Mn içeriği ise çay atığının %1, %2, %4, %6 uygulamalarında önemli bulunurken en fazla yine çay atığının %6 dozunda belirlenmiştir. En düşük miktarda vermikompost uygulamalarında belirlenmiştir. Vermikompost uygulanan topraktaki Mn kapsamı kontrol toprağına kıyasla toprağın Mn konsantrasyonunu azalttığı belirlenmiştir.

Jordao et al. (2006), çalışmalarında topraktaki toplam Mn varlığının (karbonatlar, hidroksitler ve fosfatlara bağlı), toprak pH'sını ve toprak atmosferini değiştiren yüksek mikrobiyal aktivite ile çözüldüğünü bildirmişlerdir.

4.3.3.13. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Çinko (Zn) kapsamı üzerine etkisi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının toprakta Zn kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6 toprakların Mn kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.11'de ve Ek 17'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Sera denemesi sonunda toprakların çinko miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprak Zn (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.52	0.52	0.52d	0.52d
Çay	0.73	1.89	0.84d	0.95cd
Kompost	0.86	0.99	1.19c	1.46c
Vermikompost%0	1.58	2.39	2.93b	3.98b
Vermikompost%25	2.89	2.22	3.53a	5.72a
Vermikompost%50	1.14	5.06	2.93b	4.12b

Tabloda çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostu uygulamalarının toprakta Zn içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde uygulama topraklarında Zn içerikleri arasında %1 ve %2 dozları arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı görülmektedir. Ancak, tüm uygulamalar dikkate alındığında Zn içeriği ise V1 %4%6 uygulamalarında önemli bulunurken en

fazla V2 uygulamasının %6 dozunda belirlenmiştir. En düşük miktarda kontrol uygulamasında belirlenmiştir.

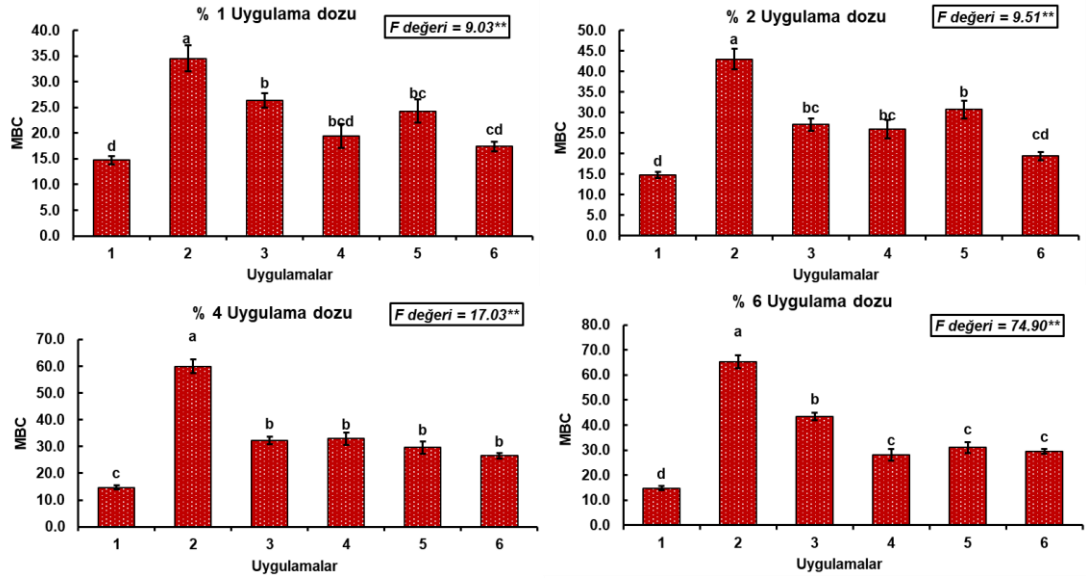
Adiloğlu et al. (2015), artan dozlarda uyguladıkları solucan gübresinin salata bitkisinin verimi üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışma sonucunda, bitkinin Fe ve Mn gibi bazı mikro besin elementi içerikleri üzerine önemli derecede artışların olduğunu belirtmişlerdir.

4.3.4. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi

Sera denemesinde, organik bir materyal olarak kompostlanmamış çay atığı, çay atığının geleneksel kompostlanmış materyali ve 3 farklı dozda karışım yapılarak vermikompostlanmış çay atığı kompostu içeren 3 ayrı vermikompost olmak üzere 5 farklı organik materyal toprağa artan dozlarda uygulanarak bazı biyolojik toprak özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Deneme desenine göre 5 farklı organik materyal (ay atığı, çay atığı kompostu, %0 çay atığı kompostu vermikompostu, %25 çay atığı kompostu vermikompostu, %50 çay atığı kompostu vermikompostu) 5 farklı dozda (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) toprağa uygulanmıştır.

4.3.4.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının mikrobiyal biyomas C (C_{mic}) üzerine etkisi

Sera denemesi sonunda toprağa, çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun *Eisenia fetida* türü solucanları ile elde edilen vermikompost uygulamalarının toprakların mikrobiyal biyomas C değerlerinde meydana getirdikleri değişiklikler Şekil 4.36'te ve istatistiksel değerlendirmeler ise Ek 18'de verilmiştir.



Şekil 4.36. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin mikrobiyal biyomas C (Cmic) seviyelerindeki değişimler.

(1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera denemesi sonunda alınan toprak örneklerinin Cmic değeri, tüm uygulamalarda kontrole göre artış göstermiştir. Uygulama dozları arasında ise istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P < 0,001$). %1, %2, %4, %6 dozlarında 2 nolu karışımda (Çay atığında) en yüksek seviyelerde saptanmıştır. Diğer ikinci en yüksek seviye çay atığı kompostu uygulamasından elde edilmiştir.

Biyolojik parametreler bir toprakta meydana gelen değişikliklere karşı en hassas olanlardır, toprak kalitesindeki değişiklikler hakkında hızlı ve doğru bilgi sağlamaktadırlar ve sürdürülebilir verimliliğinin en iyi yollarını belirlemeye yardımcı olurlar. Mikrobiyal biyomas C, toprağın mikrobiyal topluluğunun büyüklüğünü ve bazal solunum bu biyokütlenin aktivitesini yansıtır (Nannipieri et al., 1990).

Yakushev et al. (2009), yaptıkları bir çalışmada organik materyallerin vermikompostlanması süresince mikrobiyal biyomas C değerlerindeki değişimleri araştırmışlardır. Elde edilen vermikompostların daha yüksek mikrobiyal biyomas C içerdiğini ve vermikompostların Cmic değerlerinin vermikompostlanmamış karışımlarına göre 2,7 kat daha fazla olduğu belirlemişlerdir.

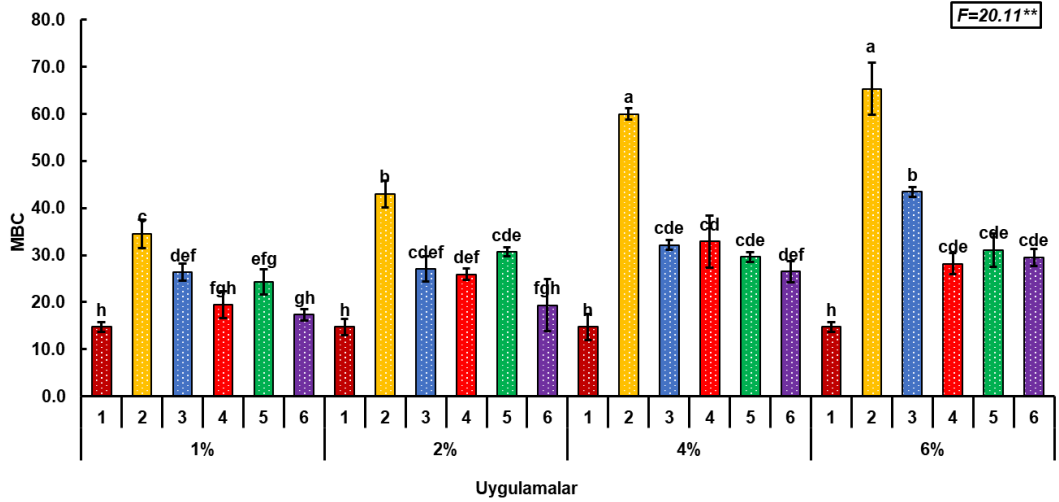
Chaoui et al. (2003) ise benzer bir vermikompostlama çalışmasında, bir inkübasyon denemesinde vermikompost ile geleneksel kompostun, buğday bitkisi yetiştiriciliğinde toprakların Cmic değeri üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Inkübasyon denemesinin ilk 15 günlük periyodunda en yüksek Cmic değerini

belirlemişlerdir. Bu çalışma sonuçlarına göre ise geleneksel kompost uygulamasındaki C_{mic} değerinin vermikomposta göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Toprak enzimleri spesifik reaksiyonların biyolojik katalizörleridir. Enzimler toprak yönetimindeki değişikliklere diğer değişkenlerden daha hızlı tepki vermektedirler. Bu nedenle biyolojik değişikliklerin erken bir göstergesi olarak kullanılabilirler (Bandick ve Dick, 1999; Masciandaro et al., 2004). Aslında enzimler toprağın mikrobiyolojik aktivitesini sürdürme potansiyelini de göstermektedirler (Paul ve Clarck, 1989). Oksidoredüktazlar ve hidrolaz enzimlerinin, organik maddenin ayrışmasının temel süreçlerini etkilediği belirlenmiştir.

4.3.4.1.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının mikrobiyal biyomas C (C_{mic}) üzerine etkisi (dozlara göre)

Sera denemesi sonunda toprağa, çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun *Eisenia fetida* türü solucanları ile elde edilen vermikompost uygulamalarının toprakların mikrobiyal biyomas C değerlerinde meydana getirdikleri değişiklikler Şekil 4.37’de ve istatistiksel değerlendirmeler ise Ek 18’de verilmiştir.



Şekil 4.37. Toprakların mikrobiyal biyomas C içeriklerindeki değişimler (dozlara göre).

- (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera deneme sonrasında alınan toprak örneklerinde C_{mic} değeri dozlara bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Dozlar kendi içerisinde incelendiğinde en fazla artışın çay atığı uygulamasında olduğu saptanmıştır. Toprağa %6 atık uygulamasında en yüksek çay atığı ve kompost uygulamalarında C_{mic} olduğu

belirlenmiştir. İstatistiksel olarak uygulama, doz uygulama ve doz intekrasyonları arasında çok önemli ($p<0,001$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bazı çalışmalarda toprağa uygulanan kompost ilavelerinin, kontrole göre toprak solunumu ve toprak mikrobiyal biyokütle karbonunda önemli bir artışa neden olduğu belirlenmiştir (Pedra et al., 2007; Tejada et al., 2009).

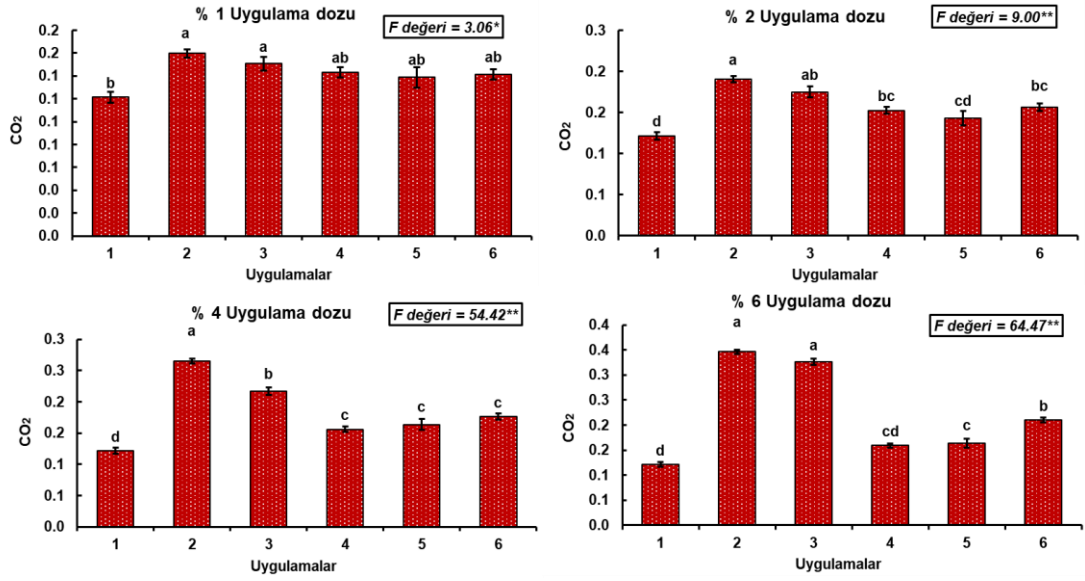
Calbrix et al. (2007), üç farklı organik madde kaynağı (kanalizasyon çamuru, hindi gübresi ve hindi gübresi ve odunsu atıktan yapılmış kompost) kullanarak yaptıkları çalışmalarında ekim yapılan tarım toprağına uygulama yapmışlar ve çalışma sonunda bu organik madde uygulamaları arasında mikrobiyal biomas karbon değerlerinde önemli farklılıklar gözlemlememişlerdir.

Bazı araştırmacılar ise (Borken et al., 2002) bozulmuş ılıman orman topraklara kompost uygulamasından sonra mikrobiyal biyokütlenin azaldığını gözlemlemişlerdir, bu durumun kompostun tuz içeriğinin ortamın orijinal mikrobiyal biyokütlesinin azalmasına neden olabileceğinden ortaya çıktığını rapor etmişlerdir.

Turrion et al. (2010) belediye atık kompostunu uygulayarak yanmış bir orman alanının ıslahı projesi kapsamında laboratuvar koşullarında yaptıkları bir inkübasyon denemesinde yanmış ve yanmamış kireçli topraklara eklenen üç doz (%1, %2 ve %4) MWC uygulanmıştır. Uygulanan kompost miktarları toprak mikrobiyolojik aktivitesini her zaman artırmadığını bazı durumlarda azalttığını saptamışlardır.

4.3.4.2. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının toprak solunumu (CO₂ üretimi) üzerine etkisi

Sera denemesi sonunda, farklı organik atıkların çay atığı çay atığının kompostlanması ve farklı dozlarda *Eisenia fetida* türü solucanları ile tekrar vermikompostlaştırılması ve topraklara uygulanması sonucunda, toprakların CO₂ üretimindeki değişimler Şekil 4.38'de ve istatistiksel değerlendirmeleri ise Ek 19'da verilmiştir.



Şekil 4.38. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin mikrobiyal solunum seviyelerindeki değişimler.

(1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera denemesi sonunda, karışımların uygulandığı saksılara ait toprak örneklerinde tüm dozlarda toprakların CO₂ içeriğinin kontrole göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir. En yüksek CO₂ değerinin %1 %2 %4 %6 dozlarında çay atığı ve kompost uygulamalarında olduğu belirlenmiştir.

Chaoui et al. (2003), topraklara vermikompost, konvansiyonel kompost ve NPK inorganik gübre uygulamalarının N mineralizasyon oranları, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyomas üzerindeki etkileri bir laboratuvar inkübasyon çalışmasında belirlemişlerdir. İlk 35 günlük inkübasyondan sonra benzer solunum hızları ve biyomas değerleri elde edilmiş ancak 70. Günde hem mikrobiyal solunum hem de biyomas değerlerinin vermikompost uygulamasına kıyasla konvansiyonel kompost uygulamasında önemli ölçüde yüksek çıktığını belirlemişler.

Benzer şekilde kompost uygulaması yapılan inkübasyon denemelerinde de CO₂ solunumu sonuçlarının uygulanan organik materyalin sahip olduğu organik C stabilite derecesi ile ters orantılı olduğu saptanmış ve nispeten stabil kompost uygulamalarının organik C solunumunu azalttığı ve böylece toprak organik maddesinin stabilize olduğu rapor edilmiştir (Mondini et al., 2007; Sánchez-Monedero et al., 2010).

Toprağa kompost ilavesi, kararsız toprak organik maddesi bileşiklerinin mineralizasyonunu azaltmakta (Fortuna et al., 2003; Piccolo et al., 2004) toprak

mikrobiyal topluluklarının aktivitesini, büyüklüğünü ve kompozisyonunu arttırmaktadır (Saison et al., 2006; Rivero et al., 2004).

Tejada ve Gonzales (2007) yaptıkları bir çalışmada topraklara taze pancar atığı, arıtma çamuru ve kompost uygulaması yaparak toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kompost uygulaması toprağın mikrobiyal biyokütlesini, toprak solunmasını ve toprak enzimatik aktivitelerini artırırken taze pancar atığı ve arıtma çamurunun azalttığını bunun nedeninin ise bu farklı organik materyallerin içermiş oldukları fulvik asit ve Na dan kaynaklandığı bildirmişlerdir.

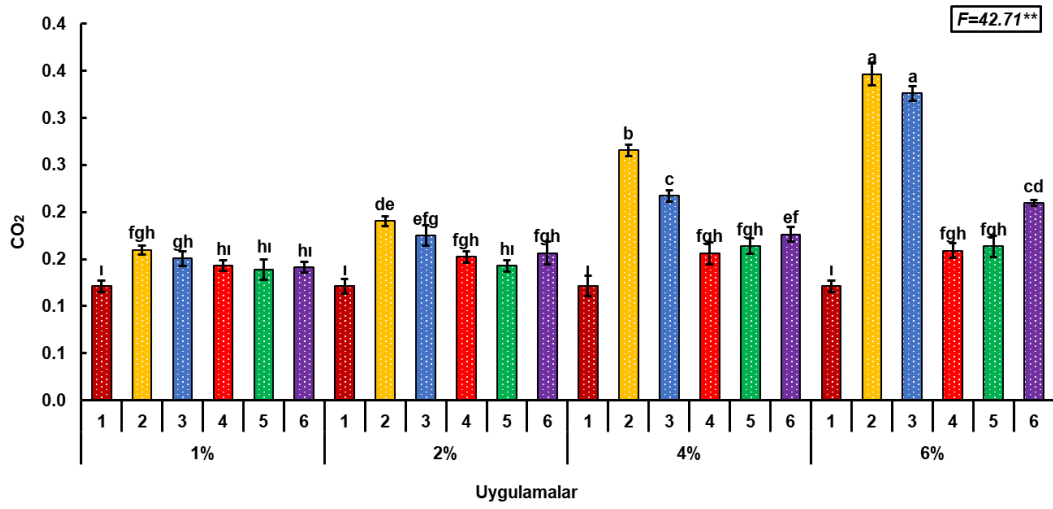
Topraklara organik materyal olarak arıtma çamuru uygulaması yapılan çalışmalarda toprak mikrobiyal biyokütlesi, toprak solunumu ve toprak enzimatik aktivitelerinde azalma olduğunu belirlenmiştir. Çalışmalarda bu durumun arıtma çamurunun içerdiği ağır metal konsantrasyonundan kaynaklandığı rapor etmişlerdir (Brendecke et al., 1993; Fließbach et al., 1994; Filip ve Bielek, 2000).

Yapılan başka bir 70 günlük inkübasyon çalışmasında, vermikompost, geleneksel kompost ve NPK inorganik gübre uygulamalarının N mineralizasyon oranları, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyokütle üzerindeki etkileri araştırılmıştır. İnkübasyonun 35. Gününden itibaren 70. Güne kadar hem mikrobiyal solunum hem de biyokütle değerlerinin geleneksel kompost uygulamasında vermikompost uygulamasına kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Chaoui et al., 2003).

Topraklara organik materyal uygulamalarının toprakların gözenek hacmini, su ve besin maddesi miktarlarını artırması sebebiyle toprak mikroorganizma popülasyon ve çeşitliliğini de artırdığı bilinmektedir. Dolayısıyla vermikompost ve kompost uygulamaları da topraklarının mikroorganizma varlığını artırmaktadır (Scott et al., 1996). Ancak, Vermikomostlanan organik materyallerin mikroorganizma içerikleri solucanlar için bir besin kaynağıdır ve solucanlar kendileri için besin kaynağı olan diğer materyaller gibi mikroorganizmaları da tüketirler. Bu nedenle vermikompostlamanın yeni başladığı zamanlarda ortamın mikrobiyal biyokütle içeriğinin de düşebileceği belirtilmektedir (Bohlen ve Edwards, 1995).

4.3.4.2.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının toprak solunumu (CO₂ üretimi) üzerine etkisi (dozlara göre)

Sera denemesi sonunda toprağa, çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun *Eisenia fetida* türü solucanları ile elde edilen vermikompost uygulamalarının toprakların CO₂-C değerlerinde meydana getirdikleri değişiklikler Şekil 4.39'da ve istatistiksel değerlendirmeler ise Ek 19' de verilmiştir.



Şekil 4.39. Sera denemesi sonunda toprakların CO₂ seviyelerindeki değişimler (dozlara göre). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera denemesi sonucunda alınan toprak örneklerindeki mikrobiyal CO₂ miktarının dozlara bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu artışın en yüksek olduğu dozların %6 kompost ve %6 çay atığı uygulamalarından olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre dozlar arasında çok önemli ($p < 0,01$) farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir.

Ortamın besin elementi içeriği değerlerine göre toplam N kapsamı %6 dozunda en yüksek olduğu için mikroorganizmaların miktarını ve aktivitesini arttırmış olabilir (Marin, 2004).

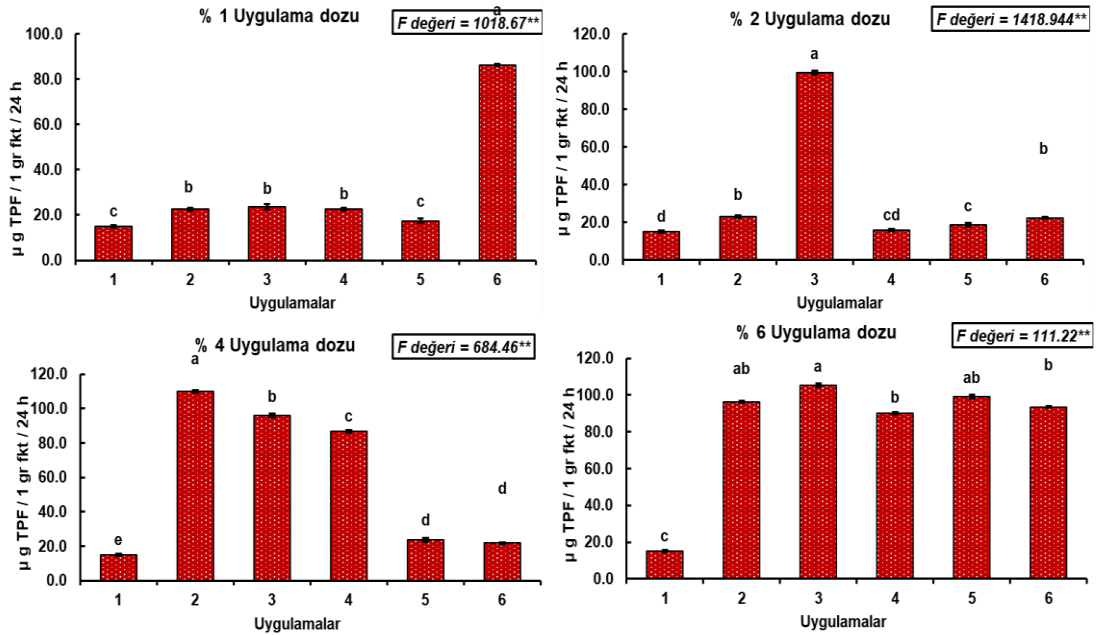
Cook ve Allan (1992), Seville (Guadalquivir Vadisi, Endülüs, İspanya) yakınındaki kurak arazilerde bir tuzlu toprakta (Salorthidic Fluvaquent) 5 yıl boyunca yürüttükleri bir çalışmada toprağa iki farklı organik atık (pamuk bitkisi kompostu ve kanatlı gübresi) uygulaması yapmışlardır. Kümes gübresi uygulamalarında toprak mikrobiyal biyokütlesi ve toprak solunumu değerlerinin pamuk kompostu uygulanmış

topraklara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ortamın besin içeriğinin (N ve P) yine kümes gübresi uygulamalarında daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Marin (2004) ve Tejada ve arkadaşlarının (2006) elde ettikleri benzer sonuçlara göre ortamın besin elementi varlığındaki artış ile mikrobiyal solunum değerlerindeki artış doğru orantılıdır.

Garcia ve Hernandez (1996) çalışmalarında toprak tuzluluğundaki artışın benzoil argininamid hidroliz aktivitesi, alkalın fosfataz, b-glukosidaz ve mikrobiyal solunum gibi çeşitli toprak enzimatik aktivitelerini inhibe ettiğini göstermişlerdir. Benzer çalışmalarda ortamın tuz içeriğindeki artışların toprak mikrobiyal biyokütle karbonu ve enzim aktiviteleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır (Zahran, 1997; Rietz ve Haynes, 2003).

4.3.4.3. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) üzerine etkisi

Sera denemesi sonunda toprağa, çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun *Eisenia fetida* türü solucanları ile elde edilen vermikompost uygulamalarının toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi değerlerinde meydana getirdikleri değişiklikler Şekil 4.40'da ve istatistiksel değerlendirmeler ise Ek 20'de verilmiştir.



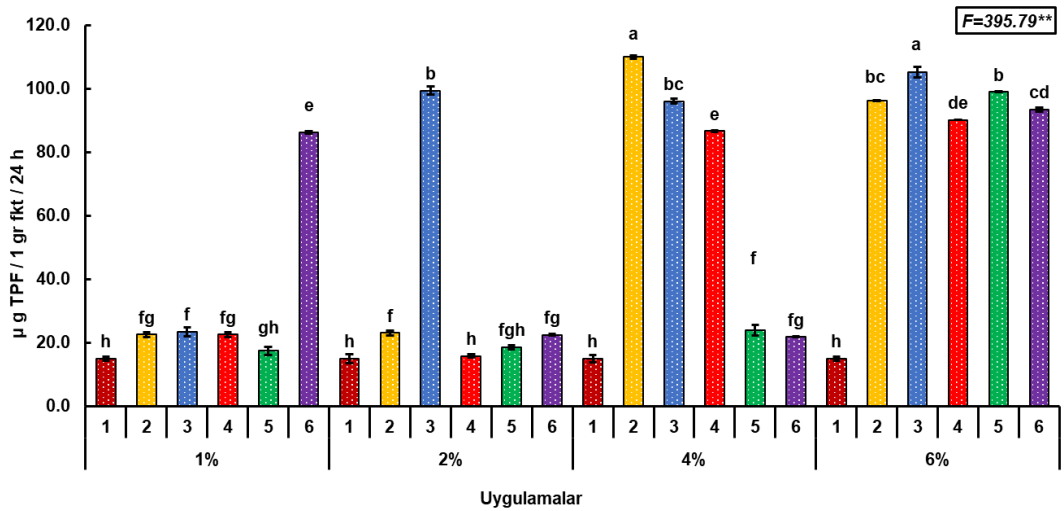
Şekil 4.40. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin dehidrogenaz enzim aktivitesindeki değişimler.

- (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera denemesi sonunda, karışımların uygulandığı saksılara ait toprak örneklerinin dehidrogenaz aktivitelerinin tüm dozlarda kontrole göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir. En yüksek DHA, %1 uygulama dozunda V3 uygulamasında, %2 dozunda kompost uygulamasında, %4 dozunda çay atığı ve çay atığı kompostu uygulamalarında, %6 dozunda ise çay atığı kompost uygulamasında belirlenmiştir.

4.3.4.3.1. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının DHA üzerine etkileri (dozlara göre)

Sera denemesi sonunda toprağa, çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun Eisenia fetida türü solucanları ile elde edilen vermikompost uygulamalarının toprakların DHA değerlerinde meydana getirdikleri değişiklikler Şekil 4.41’de ve istatistiksel değerlendirmeler ise Ek 21’de verilmiştir.



Şekil 4.41. Sera denemesi sonunda toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesindeki (DHA) değişimler (dozlara göre).

- (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera deneme sonucunda alınan toprak örneklerinde dehidrogenaz aktivitesinin dozlara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. En yüksek DHA değerinin ise %6 kompost uygulamasında olduğu belirlenmiştir.

Toprağa organik materyallerin eklenmesi dehidrogenaz aktivitesini uyarmaktadır, çünkü eklenen materyal hücre içi ve hücre dışı enzimler içerebildiği gibi aynı zamanda toprak mikroorganizmaları için zengin bir substrat sağlamaktadır. Bu

sebeple tüm mikrobiyal aktiviteyi dahi uyarabilir (Pascual et al., 1998; Liang et al., 2005).

Oksidoredüktaz ve hidrolaz enzimler, organik maddenin ayrışmasının temel süreçlerini etkilemektedir. Dehidrojenaz aktivitesi (DHA), genel mikrobiyal aktivitenin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır (Masciandaro et al., 2001), çünkü oksidatif fosforilasyon işlemleriyle ilişkili intersellüler bir enzimdir (Pascual et al., 1998; Masciandaro et al., 2004; Trevors, 1986). Başlıca besin maddelerinin (C, N, P ve S ile bağlantılı beta glukozidaz, üreaz, fosfataz ve arilsülfataz gibi enzimler) döngülerinde yer alan diğer hidrolitik enzimler aktiviteleri de toprak organik maddesi ile güçlü ilişkileri nedeniyle toprak özelliklerindeki yönetim kaynaklı değişikliklerin en önemli göstergeleridir (Pascual et al., 1998; Masciandaro ve Ceccanti, 1999; Masciandaro et al., 2004).

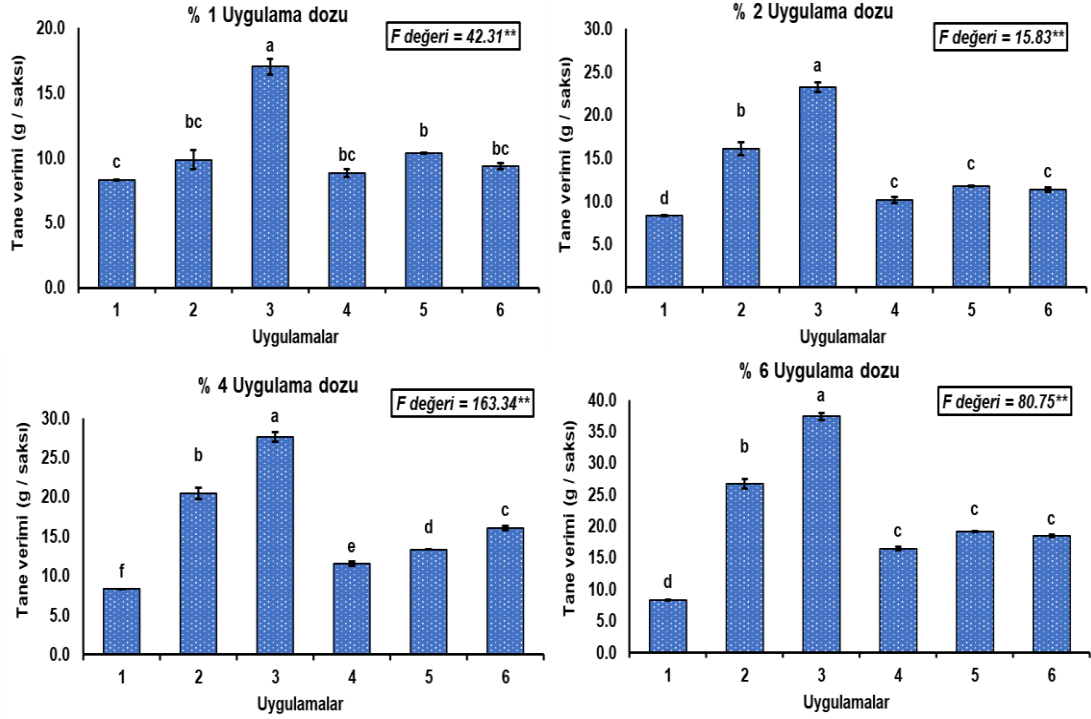
4.4. Sera denemesinde hasat edilen buğday bitkisi verim özellikleri

4.4.1. Buğday bitkisi tane verimi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday tane verimi üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P < 0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı olarak verim artışına sebep olduğu belirlenmiştir.

Sera denemesinde en yüksek tane verimi %6 kompost uygulamasında, en düşük tane verimi ise kontrolde elde edilmiştir. Bununla birlikte tane veriminde en yüksek verimi %6 çay atığı ve %4 kompost uygulamaları takip etmiştir. Çalışma sonucunda %6 kompost uygulamasının, kontrol konusuna göre tane veriminde %450'lik bir artışa sebep olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin tane verimi üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.42'de ve Ek 20'de verilmiştir.



Şekil 4.42. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tane verimleri (g/saksı). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Şekil 4.42’de %1 dozuna ait sonuçlar incelendiğinde en yüksek verim 17.02 gr ile kompost uygulamasında, en düşük verim ise 8.31 gr ile kontrol konusunda olmuştur. Çay atığı, V1, V2 ve V3 uygulamalarından elde edilen verim değerleri arasında ise istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. %2, %4 ve %6 uygulama dozu olan uygulamalara ait sonuçlara göre tüm uygulamalarda en yüksek verim değerleri kompost uygulamalarından elde edilmiştir.

Mohammed et al. (2004) birbirini izleyen 2 mevsim boyunca süren çalışmalarında mahsul verimliliğini ve tarımsal sürdürülebilirliği arttırmak için sulu ve kuru tarım koşullarında kimyasal gübrelere alternatif olarak organik atıkların kullanımını karşılaştırmıştır. Kurak mevsimde elde edilen verim sonuçları, kompost uygulama oranı mahsul veriminde kademeli bir artış belirlemiştir.

Gamal (2009) ise yaptığı benzer bir çalışmada 5 ton.ha⁻¹ kompost uygulamasının sorgum tane verimini kontrol parsellerine göre %45 artırdığını, uygulanan kompost miktarının 10 ton.ha⁻¹ olduğu parsellerde ise verimin 5 ton uygulamasından % 19 daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

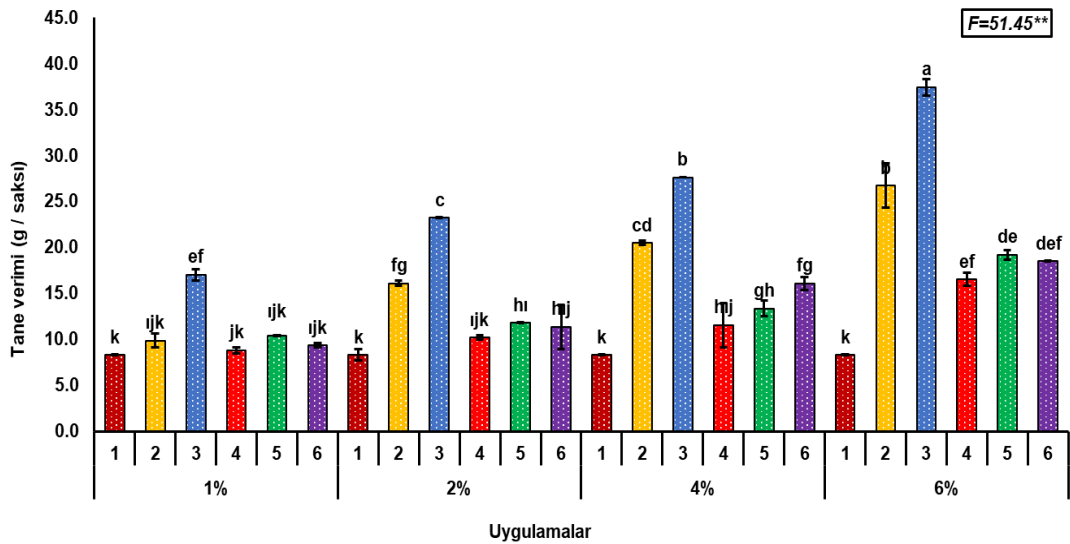
Olowoake et al. (2018), biyodizel üretim atığını kompostlayarak, elde ettikleri kompostu uyguladıkları arazide mısır (*Zea mays* L.) yetiştirmişlerdir. Kompost

uygulamasının mısır verimi üzerindeki etkisi araştırmışlar ve mısırdaki yüksek verim elde ettiklerini bildirmişlerdir.

4.4.1.1. Buğday bitkisinin tane verimi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının dozlara göre buğday tane verimi üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı olarak verim artışına sebep olduğu belirlenmiştir

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompost vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin tane verimi üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.43'de ve Ek 20'de verilmiştir.



Şekil 4.43. Hasat edilen buğday bitkisinin dane verimi (dozlara göre) (gr/saksı).

(1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Uygulamalar, dozlar, uygulama x doz etkileşimi dane verimi üzerine çok önemli düzeyde etki etmiştir. Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı dozunun dane veriminin kontrole göre artış gösterdiği ve karışımlar içerisinde en yüksek verimin kompost uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Kompost uygulamalarında doz miktarı arttıkça dane veriminin de arttığı saptanmıştır. Tüm uygulamalar kendi içinde

incelendiğinde %1, %2, %4, %6 dozlarında çay atığı ve çay atığı kompostunda doz miktarı artıkça veriminde artışı sonucu elde edilmiştir.

Organik atıkların toprağa ilavesinin, bitkisel üretimi artırdığı pek çok çalışmayla ortaya konulmuştur. Çay atığı kompostunun toprağa uygulanmasının bitki verimi ve besin elementi kapsamını artırdığı belirlenmiştir. Çay kompostu uygulaması buğday bitkisi verim ve besin elementi kapsamını diğer organik madde uygulamalarına göre daha yüksektir. Bu durum çay atığının N başta olmak üzere besin elementi kapsamının diğer atıklardan yüksek olması ile açıklanmaktadır (Jamil et al., 2004; Kumar, 1994; Sharma et al., 2001).

Demir ve Gülser (2015), farklı dozlarda çeltik kavuzu kompostunun domates yetiştiriciliğinde verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada en yüksek domates verimini %9 çeltik kavuzu kompostu uygulamasında belirlediklerini bildirmişlerdir.

Ouédraogo ve arkadaşlarının (2001) yapmış oldukları bir çalışmada sorgum veriminin kompost uygulanan parsellerde kontrol parsellerine oranla üç kat arttığını belirlemişlerdir. Bununla birlikte kompost uygulamasının ekimdeki gecikmenin olumsuz etkilerini de azalttığı bu çalışmada bildirilmiştir.

Farklı organik materyallerin ve kompost dozlarının kullanıldığı bir başka çalışmada ise tüm uygulama dozlarında toprak özelliklerinde iyileşme, buğday veriminde (sap ve tane) ve hasat endeksinde artış olduğu ortaya konmuştur (Abou Hussien et al., 2019).

Marigold (kadife çiçeği) bitkisi yetiştiriciliğinde, çay atığı ve ağaç kabuğu kompostları kullanılarak yapılan 2 farklı çalışmanın sonuçlarına göre, çay atık kompostu uygulanmış ortamda ağaç kabuğu uygulanmış ortamlara göre bitki verim ve yaş ağırlığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Khalighi ve Padasht Dehkaei, 2000; Padasht Dehkaei, 1998).

Pancar atığı, arıtma çamuru ve pamuk atığı olmak üzere 3 farklı organik atık kompostunun kullanıldığı başka bir çalışmada ise, toprağa yapılan kompost uygulamasının buğday verim parametrelerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Ancak sadece pamuk atığı kompostu uygulamasının toprak ve buğday verim parametrelerinde olumlu bir etki yarattığı, pancar atığı ve arıtma çamuru

uygulamalarının ise olumsuz bir etki yaratmış olduğu rapor edilmiştir (Tejada ve Gonzales, 2007).

Topraklara kompost uygulaması yapılan benzer çalışmalarda, ağaç kabuğu atıkları ve çay atığı kompostunun yetiştirme ortamına uygulanması sonucu uygulama oranı artıkça marul büyümesinin artışı belirlenmiştir. Bununla birlikte çay atığı kompostunun uygulamasının kullanıldığı karışımlarda daha yüksek verim elde edilmiştir (Khalighi ve Padasht Dehkaei, 2000; Padasht Dehkaei, 1998).

Soheil et al. (2012), kompost uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri ve mısır bitkisi verimi üzerindeki etkilerini belirlemiştir. Kompost uygulama miktarlarının kuru maddedeki makro ve mikro besin konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırdığını ayrıca ağır metal konsantrasyonlarını da düşürdüğünü belirlenmişlerdir.

Ranjbar ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları bir çalışmada kimyasal gübre ile belediye atık kompostunun uygulandığı bir tarla denemesi çalışmasında topraklara 15, 30 ve 45 ton.ha⁻¹ belediye atık kompostu, %25, %50 ve %75 oranında kimyasal gübre uygulanmıştır . Sonuçlar, belediye atık kompostunun 7 yıllık kullanımının toprak ve pirinç tanelerinin azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırdığını ve pirinç verimini de arttırdığını ortaya koymuştur.

4.4.2. Buğday bitkisi 1000 dane ağırlığı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi 1000 dane ağırlığı üzerine kontrol uygulamasına göre %4 ve %6 dozlarının önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompost vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin bin tane ağırlığı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.12'de ve Ek 22'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Buğday bitkisinin 1000 tane ağırlığı

Uygulama	1000 tane ağırlığı			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	45.59	45.59	45.59d	45.59d
Çay	47.77	48.52	53.22a	54.01a
Kompost	48.58	46.78	52.11 ab	54.33a
Vermikompost%0	47.33	47.19	46.67d	47.48cd
Vermikompost%25	47.66	47.68	48.56cd	49.58bc
Vermikompost%50	47.67	48.68	49.81bc	51.58b

En yüksek ağırlık %6 kompost uygulamasında, en düşük ağırlık ise kontrol konusunda elde edilmiştir. Bununla birlikte tane veriminde en yüksek verim %6 çay atığı ve %4 çay atığı uygulamaları takip etmiştir. %1 ve %2 dozlarında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Naaem ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları bir çalışmada, biyoçar ve kompost ile inorganik gübrelemenin birlikte uygulanmasının, mısırdaki büyüme ve verim değerlerini tek başlarına ayrı ayrı uygulamalarına kıyasla daha çok artırdığını bildirmişlerdir. Kompostun inorganik gübrelerle birlikte kullanıldığı uygulamalarda mısırın bin tane ağırlığının diğer uygulamalara göre önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bioçarın inorganik gübre ile kombinasyonunun önemli ölçüde farklı olmadığı ortaya konmuştur. Tahıl veriminin kompost ile inorganik gübrelerin birlikte kullanımının tek başına inorganik gübre kullanımına göre %12 ve %9'lük oranlarda arttığını rapor etmişlerdir.

Ranjbar ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları bir çalışmada kimyasal gübre ile belediye atık kompostunun uygulandığı bir tarla denemesi çalışmasında topraklara 15, 30 ve 45 ton.ha⁻¹ belediye atık kompostu, %25, %50 ve %75 oranında kimyasal gübre uygulanmıştır. Sonuçlar, belediye atık kompostunun 7 yıllık kullanımının kontrol uygulanmasına kıyasla azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonları sırasıyla %73,68, 230.0 ve 30.74 arttığı ve 45 t / ha +%25 kimyasal gübre muamelesi en yüksek 1000 tane ağırlığa sahip olduğu yapılan çalışmayla ortaya konmuştur. 1000 tane ağırlığın yüzdesinin kontrol işlemine kıyasla %9.82 arttığı belirlenmiştir.

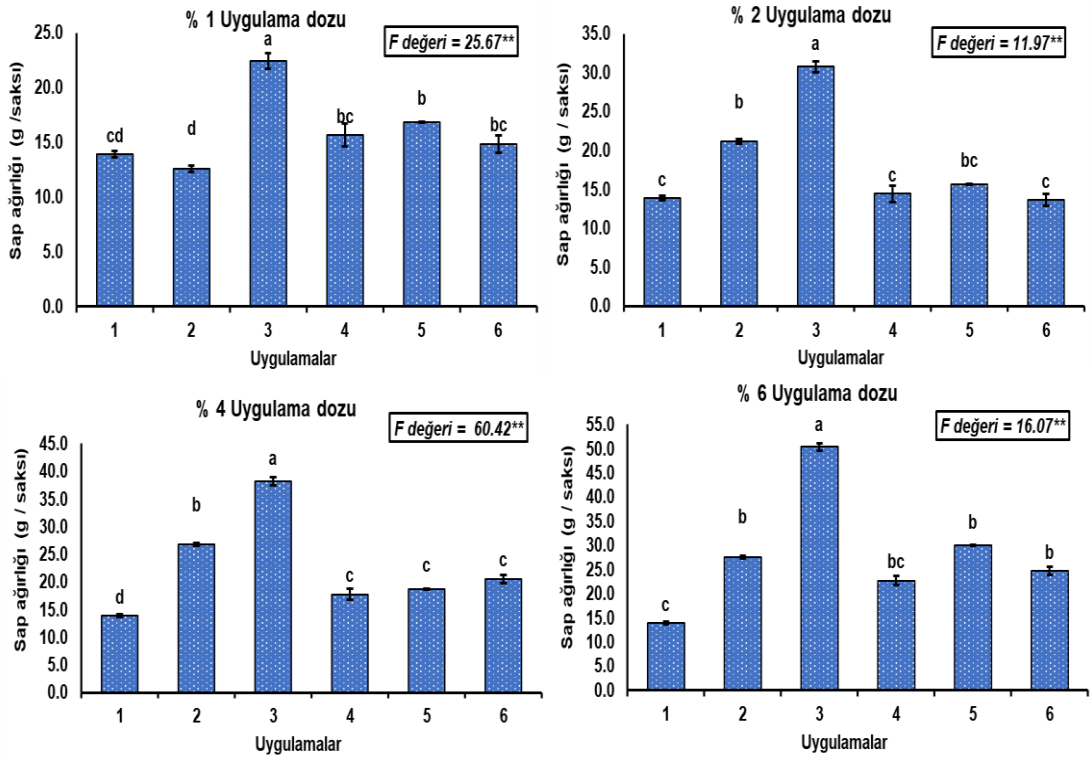
Abdulghani (2012), farklı dozlarda siyah çay atığının toprağa uygulanmasının toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerine etkilerini incelediği bir çalışmada, çay atığının toprak EC ve pH değerini düşürdüğünü ve arpa bitkisinin 1000 dane ağırlığı

ve kuru ağırlık üzerine %4 ve %6 oranında çay atığı uygulamaların olumlu etki yaptığını belirlemiştir.

4.4.3. Buğday bitkisinin sap verimi

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostunun vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğdayın sap verimi üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı olarak verim artışına sebep olduğu belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompost vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin sap verimi üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.44'te ve Ek 23'te verilmiştir.



Şekil 4.44. sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin sap verimi (gr/saksı). (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Sera denemesinde en yüksek sap verimi bütün uygulama dozları arasında %6 kompost uygulamasından elde edilmiştir. %1 uygulamasında en yüksek sap verimi çay atığı kompostu uygulamasından ikinci en yüksek değerde vermikompost uygulamalarından elde edilmiştir. %2 doz uygulamasında çay atığı kompost

uygulamasından elde edilirken diğer yüksek verim çay atığı uygulamasından elde edilmiştir. %4 uygulama dozunda çay atığı kompostu uygulamasından elde edilirken en yüksek verim yine ikinci en yüksek verim çay atığından elde edilmiştir. %6 uygulama dozunda ise en yüksek verim çay atığı kompostundan elde edilirken çay atığı ve vermikompost uygulamalarında ikinci en yüksek verim elde edilmiştir. Sonuç olarak en yüksek sap verimi kompostun %6 dozunda elde edilmiştir.

Benzer çalışmalarda kompost uygulamalarının bitki büyümesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Topraklara kompost uygulamalarının bitki boyu ve yaprak alanı özelliklerinde kontrole kıyasla önemli ölçüde iyileşme olduğu belirlenmiştir (Aziz et al., 2010; Ogbonna et al., 2012).

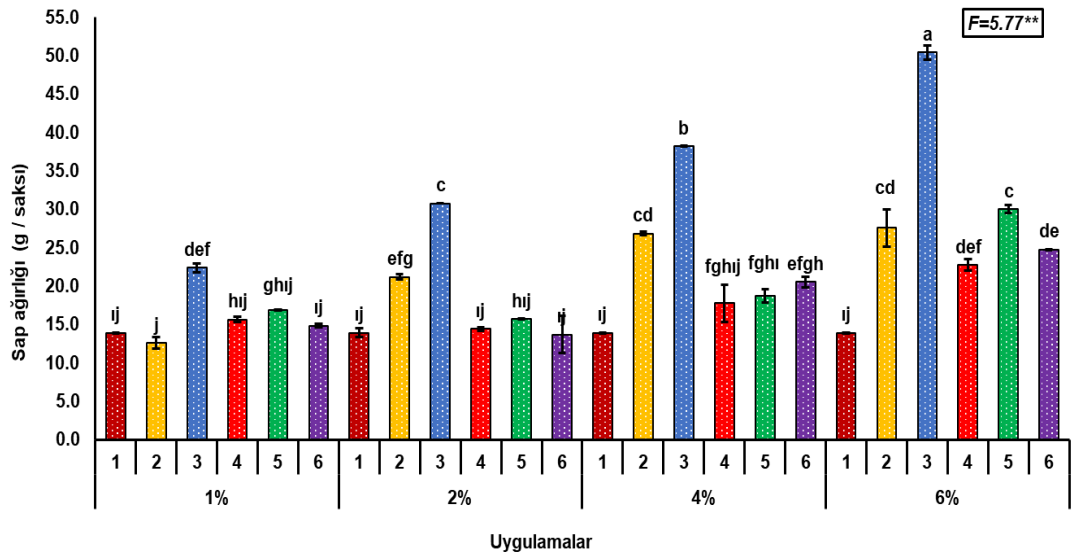
Hernández et al. (2010), topraklara talaş kompostu ve talaş kompostunun vermikompostu uygulamasının, kimyasal gübrelemeye karşı maruldaki (*Lactuca sativa* L.) verim ve yaprak besin içeriği üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir sera çalışması yapmışlardır çalışmada iki organik ve bir geleneksel veya inorganik gübre uygulamışlardır. İlk 4 haftada bitki boyu organik gübre uygulamaları kimyasal gübre uygulamalarına göre artış göstermiş, 5.haftadan itibaren gelişim kimyasal gübre uygulamasının gerisinde kalmıştır. Çalışma sonuçları, organik gübrelerin içerdiği bitki büyümesini uyaran fitohormonların varlığından kaynaklanabileceği belirtmiştir (Blandon et al., 1999, Gajalakshmi et al., 2001, Nogales et al., 2005).

Mastouri ve arkadaşlarının (2005) yaptıkları benzer bir çalışmada topraklara organik materyal olarak çay atığı kompostu ve ağaç kabuğu kompostu uygulamışlardır. Uygulamaların marul bitkisi verim parametreleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, her iki tür kompostun yetiştirme ortamına ilavesi arttıkça marul büyümesinin arttığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, büyüme ve yaş taze ağırlığı, çay atık kompostu uygulanmış ortamda ağaç kabuğu uygulanmış ortamlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ağaç kabuğu kompostu uygulanmış ortamda yetiştirilen marul bitkisinde büyüme ve verim değerlerinin çay atığı kompostuna oranla daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bu durumun, hızlı ayrışmanın sebep olduğu düşük azot kaynağı ve ortamın hava kapasitesini nispeten az olmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanmıştır (Khalighi et al., 2000; Padasht Dehkaei, 1998).

4.4.3.1. Buğday bitkisinin sap verimi (dozlara göre)

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının dozlara göre buğday bitkisinin sap verimi üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği ve doz artışına bağlı olarak verim artışına sebep olduğu belirlenmiştir

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin sap verimi üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Şekil 4.45'te ve Ek 23'te verilmiştir.



Şekil 4.45. Hasat edilen buğday bitkisinin sap verimi (dozlara göre) (gr/saksı).

- (1) Kontrol; (2) Çay atığı; (3) Çay atığı kompostu; (4) %0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); (5) %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); (6) %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun uygulama dozlarına göre sap veriminin kontrole göre arttığı ve uygulamalar içerisindeki doz miktarı arttıkça sap veriminde artış olduğu görülmüştür. Uygulamalar içerisinde en yüksek sap verimi %4 ve %6 dozlarında kompost uygulamasından elde edilmiştir. Doz artışına bağlı olarak verim de artmıştır.

Van Assche ve Uyttebroecke (1982), yapmış olduğu benzer bir doz çalışmasında kompost uygulamalarının doz artışına bağlı olarak kereviz verimini arttırdığını belirlemişlerdir.

4.5. Sera denemesinde hasat edilen buğday bitkisinin danedeki besin maddesi içerikleri

4.5.1. Buğday bitkisi danede ve sapta Fe kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi Fe kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre çok önemli derecede ($P<0,001$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin Fe kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.13'te ve Ek 24'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tane ve sapta Fe kapsamı

Uygulama	Dane Fe				Sap Fe			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	19.53c	19.53cd	19.53b	19.53b	19.85b	19.85bc	19.85bc	19.85cd
Çay	23.28ab	24.84a	19.23bc	18.71b	16.24c	20.53bc	18.59bc	22.97bc
Kompost	22.49b	22.57b	25.14a	27.07a	24.84a	33.98a	27.71a	32.09a
Vermikompost 1	24.83a	18.95cd	17.46c	19.01b	18.54bc	16.89c	15.27c	16.05d
Vermikompost 2	19.74c	18.05d	17.99bc	18.46b	17.69bc	20.42bc	19.84bc	27.53ab
Vermikompost 3	18.97c	20.95bc	17.67bc	16.7b	18.31bc	23.04b	22.74b	17.13cd

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı uygulamaların buğdayın tane ve saptaki Fe içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde hem danede hem de saptaki Fe içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Danedeki demir içeriklerine göre %1 uygulamada en yüksek değer V1 uygulamasında olurken, %2 de çay atığında, %4 de ve %6 da ise kompost uygulamalarında en yüksek değerler elde edilmiştir. Tüm uygulamalar dikkate alındığında en yüksek demir içeriği ise %6'lık kompost uygulamasında belirlenmiştir. Saptaki demir içeriği kontrol uygulamasına göre V3 %2 dozundan elde edilmiştir.

Abou Hussien et al. (2019) yaptıkları bir çalışmada, farklı bitkisel atıklardan (mısır, domates, asma) elde ettikleri kompost materyallerde en yüksek makro ve mikro bitki besin içeriğinin mısırdan atığı kompostunda, en düşük içeriğin ise domates atığı kompostunda olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan benzer çalışmalarda da

kompostlanan ürünlerin kompostlanmamış atıklara göre önemli derecede bitki besin maddesi içerdiği belirlenmiştir (Alexander, 2001; Nada, 2011).

4.5.2. Buğday bitkisi danede ve sapta Cu kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi Cu kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin Cu kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.14'te ve Ek 25'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tane ve sapta Cu kapsamı

Uygulama	Dane Cu				Sap Cu			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	6.83cd	6.83b	6.83bc	6.83c	3.35a	3.35a	3.35a	3.35a
Çay	8.44b	7.78a	7.14b	10.43a	1.89d	2.53b	1.94c	2.63b
Kompost	9.75a	7.52a	7.52b	8.05b	2.99b	3.14a	2.95b	2.41bc
Vermikompost 1	7.2c	6.81b	6.91bc	6.52cd	2.35c	1.14d	1.38d	1.19d
Vermikompost 2	6.66d	6.34c	9.35a	10.1a	2.23c	1.98c	1.78c	2.19c
Vermikompost 3	6.91cd	6.74b	6.4c	6.35d	2.41c	3.32a	3.67a	3.15a

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı organik materyal uygulamalarının buğdayın tane ve saptaki Cu içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde hem danede hem de saptaki Cu içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Danedeki Cu içeriklerine göre %2 %4 ve %6 uygulama dozlarında önemli çıkmıştır en yüksek değer çay atığı ve kompost uygulamalarından olurken sapta %4 ve %6 dozlarında V3 de belirlenmiştir ve kontrole göre azalma göstermiştir.

Hınıslı (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, vermikompost, inek gübresi ve koyun gübresinin farklı uygulama dozlarının (%0 (kontrol), %1, %3, %5, %7) kıvırcık marulun gelişimi üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Vermikompostun kıvırcık marulun erkencilik özelliğine önemli derecede olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Genel olarak koyun gübresi uygulamalarının bitki besin elementlerinin alınabilirliğini artırdığı tespit edilmiştir. N alımında ise inek gübresinin önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Lineer bir artış sergileyen bitkideki N miktarı, 175 g inek gübresi

uygulamasında %3.608 N ile maksimum seviyeye ulaştığı rapor edilmiştir. Özellikle Ca, Cu ve Zn elementlerinin kıvrıkcık marul bitki bünyesine alımında vermikompost uygulamalarının olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Kızılkaya et al. (2014), yapmış olduğu bir çalışmada, *Eisenia foetidana* labratuvar koşullarında farklı oranlarda fındık kabuğu ve inek gübresi ile değiştirilen anerobik ayrıştırılmış kentsel arıtma çamurunun dönüştürme kabiliyeti araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda %20 kentsel arıtma çamuru +%40inek gübresi+%40 fındık kabuğu yem karışımından maksimum solucan biyokütlesinin elde edileceğini göstermiş, solucan sayısı, %30 kentsel arıtma çamuru +%35inek gübresi+%35 fındık kabuğundan oluşan bir yem karışımında vermikompostlama süresince en yüksek bulunmuştur. Yem karışımlarının tümünde ağır metal konsantrasyonu (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni ve Cr) vermikompostlama süresiyle ilişkili olarak azaldığı belirlenmiştir

4.5.3. Buğday bitkisi danede ve sapta Zn kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi Zn kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin Zn kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.15'te ve Ek 26'da verilmiştir.

Tablo 4.15. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tanede ve sapta Zn kapsamı

Uygulama	Dane Zn				Sap Zn			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	23.76bc	23.76de	23.76bc	23.76bc	3.78c	3.78bc	3.78c	3.78d
Çay	37.3a	30.35bc	27.29ab	28.11ab	6.55b	11.98a	7.54a	8.52a
Kompost	21.58c	20.56e	21.35c	19.55c	3.2c	3.11c	5.02b	4.26cd
Vermikompost 1	26.84bc	26.94cd	27.52ab	28.27ab	3.93c	3.41c	3.82c	5.47b
Vermikompost 2	27.67bc	30.63b	31.04a	29.94a	8.13a	3.72c	3.78c	4.06d
Vermikompost 3	29.59b	35.37a	28.04ab	28.21ab	3.08c	4.52b	4.57bc	4.75c

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı organik uygulamaların buğdayın tane ve saptaki Zn içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde hem danede hem de saptaki Zn içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Zn kapsamı

danede en yüksek %1 çay atığı uygulamasında %4, %6 vermikompost V2 uygulamasında, en düşük ise kontrol grubundan ve kompost grubundan elde edilmiştir. Bununla birlikte Zn kapsamında 2. en yüksek içerik ise %2 vermikompost V3 uygulamasında belirlenmiştir. Bitki sapında en yüksek % 2,%4,%6 dozlarında çay atığından elde edilmiştir

Hınıslı (2014) yapmış olduğu bir çalışmada vermikompost uygulamasının Ca, Cu, Zn elementlerinin bitki bünyesine alınmasında etkili olduğunu belirlemiştir. Çalışmada kıvırcık marul yetiştiriciliğinde vermikompost, inek gübresi ve koyun gübresinin farklı uygulama dozlarının (%0 (kontrol), %1, %3, %5, %7) besin elementlerinin bitki bünyesine alınımı üzerine etkilerini araştırmış ve vermikompost uygulamasının Zn alınımı artırdığını bildirmiştir.

4.5.4. Buğday bitkisi danede ve sapta Mn kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı kompostu vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi toplam Mn kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin Mn kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.16'de ve Ek 27'de verilmiştir.

Tablo 4.16. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta Mn kapsamı

Uygulama	Dane Mn				Sap Mn			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	20.22cd	20.22cd	20.22b	20.22b	20.12bc	20.12b	20.12a	20.12b
Çay	33.62a	22.3b	20.37b	23.04a	19c	19.57b	16.19c	26.78a
Kompost	18.49d	19.35d	23.87a	22.44a	34.35a	25.4a	21.33a	26.43a
Vermikompost 1	24.55b	20.76c	20.8b	22.88a	15.54d	14.78d	13.29d	15.54c
Vermikompost 2	21.36c	22.69b	22.99a	23.84a	21.25b	20.6b	16.38c	19.1b
Vermikompost 3	23.81b	25.58a	20.26b	18.3b	19.58bc	17.88c	18.4b	16.28c

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı uygulamaların buğdayın tane ve saptaki Mn içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde hem danede hemde saptaki Mn içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir Mn kapsamı danede en yüksek %4 ve %6 kompost uygulamasında elde edilmiştir. Bununla birlikte

Mn kapsamında 2. en yüksek içerik ise %4 ve %6 vermikompost V2 uygulamasında belirlenmiştir. Sapta ise en yüksek Mn miktarı ise %1, %2, %4, %6 dozlarında kompost uygulamasında belirlenmiştir.

Adiloğlu et al. (2015) vermikompost uygulamasının salatalık bitkisinin verimi üzerine olan etkisini araştırdıkları bir çalışmada, bitkinin Fe ve Mn gibi bazı mikro besin elementi içeriklerinde önemli derecede artışların olduğunu belirlemişlerdir.

4.5.5. Buğday bitkisi Danede ve Sapta Ca kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi Ca kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin Ca kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.17’de ve Ek 28’de verilmiştir

Tablo 4.17. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta Ca kapsamı

Uygulama	Dane Ca				Sap Ca			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.02e	0.02c	0.02d	0.02cd	0.11e	0.11c	0.11c	0.11b
Çay	0.04a	0.02bc	0.02d	0.02d	0.19a	0.21b	0.14b	0.14a
Kompost	0.02e	0.02bc	0.03c	0.02c	0.16b	0.18a	0.22a	0.19a
Vermikompost 1	0.03b	0.02b	0.03bc	0.03a	0.12de	0.13b	0.15b	0.13c
Vermikompost 2	0.02d	0.03a	0.03a	0.02bc	0.14c	0.16b	0.16b	0.14b
Vermikompost 3	0.03c	0.03a	0.03ab	0.03b	0.13cd	0.16b	0.15b	0.14c

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı organik materyal uygulamalarının buğdayın tane ve saptaki Ca içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre hem danede hem de saptaki Ca içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu belirlenmiştir. Danede Ca kapsamı %6 dozunda vermikompost V1 uygulamasından elde edilmiştir. Bununla birlikte sapta Ca kapsamında en yüksek içerik ise %2, %4, %6 dozlarında kompost uygulamasından belirlenmiştir.

Garcia et al. (1991) çalışmalarında, taze organik maddenin Ca ve Mg bitki konsantrasyonlarını arttırdığını, ancak olgun kompostta bir artışa sebep olmadığını

rapor etmişlerdir. Bu durumun hammateryalin Ca ve Mg içeriğinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

4.5.6. Buğday bitkisi danede ve sapta Mg kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi Mg kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin Mg kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.18’da ve Ek 29’da verilmiştir.

Tablo 4.18. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta Mg kapsamı

Uygulama	Dane Mg				Sap Mg			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.11cd	0.11c	0.11bc	0.11bc	0.05d	0.05d	0.05c	0.05b
Çay	0.13a	0.12b	0.11c	0.12ab	0.1a	0.09a	0.08a	0.09a
Kompost	0.1d	0.11bc	0.12ab	0.11c	0.07b	0.07bc	0.05c	0.05c
Vermikompost 1	0.12ab	0.11c	0.11bc	0.12a	0.05e	0.06cd	0.05d	0.04d
Vermikompost 2	0.12ab	0.12b	0.12a	0.11c	0.06c	0.06cd	0.06bc	0.04d
Vermikompost 3	0.11bc	0.13a	0.11b	0.11c	0.07c	0.07b	0.06b	0.06b

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı uygulamaların buğdayın tane ve saptaki Mg içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Tablo incelendiğinde hem danede hem de saptaki Mg içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Danedeki Mg içeriklerine göre %6 uygulamada en yüksek değer Vermikompost V3 uygulamasında olurken, sapta çay atığında, %1, %2, %4 ve %6 uygulamalarında en yüksek değerler elde edilmiştir. Tüm uygulamalar dikkate alındığında sapta en yüksek Mg içeriği ise %6’lık çay atığından uygulamasında belirlenmiştir. Topraklarda Ca içeriğinin yüksek olması K ve Mg alınımını düşürmektedir ve topraklarda bazı organik komplekslerin oluşumu da K ve Mg’un alınmaz fraksiyonlarda tutulmasına sebep olabilir.

Hernández et al. (2010), topraklara talaş kompostu ve talaş kompostunun vermikompostu uygulamasının, kimyasal gübrelemeye karşı maruldaki (*Lactuca sativa* L.) verim ve yaprak besin içeriği üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir sera çalışması yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, vermikompost uygulanmış

toprakların alınabilir Ca ve Mg içerikleri yüksek, geleneksel kompost ve inorganik gübre uygulanan topraklarda ise düşük olarak belirlenmiştir.

Durukan et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise mısır bitkisine vermikompost uygulamasının Mg konsantrasyonu üzerinde olumlu yönde etki ettiğini belirtmişlerdir.

4.5.7. Buğday bitkisi danede ve sapta toplam P kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi toplam P kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin toplam P kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.19'da ve Ek 30 de verilmiştir.

Tablo 4.19. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta P kapsamı

Uygulama	Dane P				Sap P			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.34b	0.34c	0.34ab	0.34bc	0.02e	0.02e	0.02e	0.02e
Çay	0.38a	0.34c	0.3c	0.32c	0.07c	0.06c	0.03d	0.02e
Kompost	0.29c	0.33d	0.34ab	0.35ab	0.04d	0.04d	0.05c	0.05d
Vermikompost1	0.37a	0.34c	0.32b	0.36a	0.09a	0.08b	0.09b	0.08c
Vermikompost2	0.36a	0.36b	0.37a	0.34b	0.09a	0.1a	0.1a	0.09b
Vermikompost3	0.36a	0.38a	0.34ab	0.34bc	0.08b	0.1a	0.1a	0.11a

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı organik uygulamaların buğdayın tane ve saptaki P içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre hem danede hem de saptaki P içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu belirlenmiştir. Danedeki P içeriklerine göre %1, %2, %4 ve %6 uygulamalarında en yüksek değer vermikompostlarda, sapta ise yine vermikompost uygulamalarında %1, %2, %4 ve %6 dozlarında elde edilmiştir. Tüm uygulamalar dikkate alındığında en yüksek P içeriği ise %6 dozunda V3 uygulamasında belirlenmiştir.

Benzer araştırmalar incelendiğinde bitkide toplam P konsantrasyonlarına ait sonuçların çelişkili olduğu görölmektedir ve çalışmalarda bu durumun hammaddeden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Vermikompost organik bir gübreleme materyali olarak topraklara uygulandığında bitkide toplam P kapsamında artışlar saptanmıştır (Bhattacharya ve Chattopadhyay, 2002; Ghosh et al., 1999).

Benitez et al. (1999) yaptıkları bir çalışma sonuçlarına dayanarak, vermikompostlanmış atıklarda fosfat çözüdüren bakterilerin arttığını, böylece çözünmeyen P'yi bitki alınabilir formlarına dönüştürdüğünü, bununla birlikte solucanların mikrobiyal metabolizmayı uyardığı ve solucan ve mikrobiyal dokuya serbest PO₄'ün immobilizasyonuna neden olduğu öne sürmüşlerdir.

Rupani et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı organik atıkların vermikompostlanması ile materyallerin besin maddesi içeriklerinde (N, P, K) önemli ölçüde artış olduğunu belirlemişlerdir. Organik materyallerin vermikompostlandığında alınabilir besin elementi içeriklerinde artış olmaktadır.

Turp ve arkadaşlarının (2021) yaptığı bir çalışmada ise, kanatlı gübresi, orman ve bitki mahsul artıklarının kompostlanmasıyla elde edilen organik materyalden kuru ağırlık üzerinden farklı dozlarda kül biyoması olarak adlandırılan “biomass ash (BA)” ile vermikompostlanması ile son ürünün önemli ölçüde BA dozlarına bağlı olarak toplam P ve yararılışlı P miktarlarının sırasıyla %69-79 ve %5-8 oranında arttığı saptanmıştır.

Katakula ve arkadaşlarının (2021) yaptığı benzer bir çalışmada, mutfak atıkları ve keçi gübresinin farklı dozlarının kompostlanması ve vermikompostlanması sonucu elde edilen materyallerin bitki besin elementi içerikleri karşılaştırılmıştır. Yararılışlı P çözünürlüğünde, kompost işleminde mutfak atıklarının en yüksek dozlarında (%75 ve %50) en yüksek sonuçlar belirlenmiştir.

4.5.8. Buğday bitkisi danede ve sapta toplam K kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi toplam K kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede (P<0,05) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin toplam K kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.20’de ve Ek 31’de verilmiştir.

Tablo 4.20. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta toplam K kapsamı

Uygulama	Dane K				Sap K			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.48a	0.48a	0.48a	0.48a	1.21d	1.21e	1.21d	1.21d
Çay	0.47a	0.42c	0.38d	0.41b	2.03a	3.19a	2.43b	2.48b
Kompost	0.43c	0.45b	0.43c	0.47a	1.93b	1.96d	2.12c	2.52b
Vermikompost 1	0.45b	0.39d	0.43c	0.5a	2.04a	2.08cd	2.15c	2.17c
Vermikompost 2	0.48a	0.47a	0.44c	0.5a	2.08a	2.61b	2.58ab	2.16c
Vermikompost 3	0.44bc	0.42c	0.46b	0.5a	1.45c	2.15c	2.61a	3.15a

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı uygulamaların buğdayın tane ve saplarındaki K içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre hem danede hem de saptaki K içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu görülmektedir. Danedeki K içeriklerine göre %1 %2 %4 %6 uygulamada en yüksek değer Vermikompost uygulamalarında olurken, sapta ise yine vermikompost uygulamalarında %1, %2, %4 ve %6 dozlarından elde edilmiştir Tüm uygulamalar dikkate alındığında en yüksek K içeriği ise %6 V3 uygulamasında belirlenmiştir.

4.5.9. Buğday bitkisi danede ve sapta toplam N kapsamı

Sera denemesinde uygulama materyali olarak kullanılan çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostu olmak üzere 3 farklı organik materyalin, %0, %1, %2, %4 ve %6 olmak üzere 5 farklı doz uygulamalarının buğday bitkisi dane ve sapta toplam N kapsamı üzerine kontrol uygulamasına göre önemli derecede ($P<0,05$) etki ettiği belirlenmiştir.

Çay atığı, çay atığı kompostu ve çay atığı vermikompostunun 5 farklı uygulama dozunun (%0-kontrol, %1, %2, %4 ve %6) buğday bitkisinin toplam N kapsamı üzerine olan etkilerine ait analiz sonuçları Tablo 4.21’de ve Ek 32’de verilmiştir.

Tablo 4.21. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin danede ve sapta toplam N kapsamı

Uygulama	Dane N				Sap N			
	%1	%2	%4	%6	%1	%2	%4	%6
Kontrol	1.43e	1.43d	1.43d	1.43f	0.15e	0.15c	0.15c	0.15f
Çay	1.64b	1.7b	1.98a	2.12b	0.29b	0.3a	0.3a	0.27d
Kompost	1.69a	1.8a	2a	2.42a	0.22d	0.29a	0.33a	0.38a
Vermikompost1	1.53d	1.63c	1.56c	1.59e	0.22d	0.29a	0.24b	0.28c

Vermikompost2	1.52d	1.68b	1.7b	1.69d	0.25c	0.26b	0.25b	0.22e
Vermikompost3	1.59c	1.67bc	1.67b	1.78c	0.32a	0.26b	0.3a	0.31b

%0 çay atığı kompostu vermikompostu (V1); %25 çay atığı kompostu vermikompostu (V2); %50 çay atığı kompostu vermikompostu.

Tabloda farklı organik atık uygulamalarının buğdayın tane ve saplarındaki N içeriği üzerine olan etkileri verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre hem danede hem de saptaki N içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu belirlenmiştir. Danedeki N içeriklerine göre %1, %2, %4 ve %6 uygulamada en yüksek değer kompost uygulamalarında olurken, sapta ise yine kompost uygulamalarında %1, %2, %4 ve %6 dozlarından elde edilmiştir. Tüm uygulamalar dikkate alındığında en yüksek N içeriği ise %6 kompost uygulamasında belirlenmiştir.

Aşık ve Kütük (2012) çay atığı kompostu, ahır gübresi ve peat kullanılarak yapmış oldukları bir çalışmada, çay atığı kompostu ve diğer organik atıkların çim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Organik tüm materyallerin önemli derecede pozitif etki yaptığı belirlenirken çim bitkisinin N ve K kapsamının en yüksek çay atığı kompostu uygulamasında olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre toplam N içeriği açısından en yüksek organik materyalin çay atığı kompostu olduğunu belirlemişlerdir. Kacar (1997), yapmış olduğu bir çalışmada çay atığının azot yönünden ahır gübresine oranla 3 kat, çöp gübresine oranla 4.5 kat daha zengin olduğunu belirlemiştir. Pek çok çalışmada çay atığı kompostunun diğer bitkisel materyallerden hazırlanmış kompostlardan daha yüksek toplam azot içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Khalighi ve Padasht Dehkaei, 2002, Padasht Dehkaei, 1998; Verdonck et al., 1983).

Negassa et al. (2001; 2005), inorganik gübre, çiftlik gübresi ve kompost gibi farklı organik maddelerle uygulandığında, kontrol muamelesine kıyasla kompost uygulamalarında yüksek N içeriğinden dolayı mısır tane veriminde artış olduğunu bildirmiştir. Kompostun bitki büyümesi ve verimi üzerindeki olumlu etkisi Erhart & Hartl (2010) ve Abdel-Mawgoud (2006) tarafından da bildirilmiştir.

Gamal (2009), bir çalışmada toprağa 3 farklı dozda (0 ton, 5 ton ve 10 ton ha⁻¹) kompost uygulaması yapmış ve hasattaki bitki besin içeriğini belirlemiştir. Alınan tüm örneklerde N, P ve K besin içeriğinin arttığı belirlenmiş ve bu artışın 10 ton ha⁻¹ kompost uygulamasında en yüksek olduğunu bildirmiştir. Tayebbeh et al. (2010) ise kompost uygulamasının tohum proteini üzerinde önemli bir etkiye sahip

olduğunu ve 60 kg ha⁻¹ kompost uygulanmasında tohum protein oranının maksimum olduğunu saptamışlardır.

4.5.10. Bitki (dane) analizlerinin sonuçları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Deneme sonunda hasat sonrası bitki analizlerinin (danede) saksılardan alınan toprak örneklerindeki analiz sonuçları arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçları Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22. Dane analizlerinin sonuçları ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizlerinin sonuçları

	Toplam ağırlık	1000 tane ağırlık	Dane.Fe	Dane Cu	Dane Zn	Dane Mn	Dane Ca	Dane Mg	Dane P	Dane.K	Dane N
pH	-0.71**	-0.68**	-0.04	-0.38**	0.02	0.00	0.08	0.11	0.44**	0.27*	-0.72**
EC	0.24*	0.20	-0.30*	0.05	0.12	-0.05	0.20	0.03	0.01	0.13	0.15
Kireç	-0.68**	-0.57**	-0.09	-0.32**	0.11	0.07	-0.05	0.10	0.26*	0.10	-0.67**
OC	0.82**	0.75**	0.10	0.36**	-0.01	0.00	-0.02	-0.10	-0.20	-0.18	0.85**
OM	0.82**	0.75**	0.10	0.36**	-0.01	0.00	-0.02	-0.10	-0.20	-0.18	0.85**
Top.N	0.91**	0.75**	0.31**	0.29*	-0.23	-0.02	-0.09	-0.21	-0.18	0.00	0.90**
Top. P	0.26*	0.19	-0.28*	0.10	0.15	0.03	0.29*	0.03	0.18	0.29*	0.18
Top. K	0.62*	0.56**	-0.18	0.25*	0.04	-0.05	0.10	-0.13	-0.05	0.20	0.56**
Top Na.	0.14	0.09	-0.27*	-0.03	0.16	0.00	0.29*	0.09	0.12	0.27	0.07
Top. Ca.	0.30**	0.27*	0.12	-0.07	-0.29*	-0.24*	-0.38**	-0.34**	-0.19	0.08	0.27*
Top. Mg.	0.44**	0.38**	0.00	0.30*	0.05	0.06	0.15	0.09	-0.09	-0.07	0.44**
Top.Fe	0.03	0.17	-0.20	0.08	0.17	-0.06	-0.04	-0.09	-0.02	-0.05	0.06
Top. Cu.	-0.81**	-0.66**	-0.35**	-0.32**	0.28*	0.02	0.23	0.20	0.25*	0.10	-0.83**
Top.Zn.	0.03	0.09	-0.25*	0.01	0.33**	0.05	0.17	0.10	0.23*	0.18	-0.02
Top. Mn	0.55**	0.50**	0.21	0.21	-0.22	-0.08	-0.30*	-0.19	-0.41**	-0.28*	0.56**
CO2	0.82**	0.79	0.23	0.39**	-0.11	0.03	-0.21	-0.12	-0.29*	-0.31**	0.91**
MBC	0.62**	0.65	0.10	0.44**	0.09	0.10	-0.12	-0.01	-0.37**	-0.42**	0.72**
DEHİDROGENAZ	0.71**	0.55	0.04	0.21	-0.18	-0.06	-0.09	-0.24	-0.30**	-0.05	0.65**

EC: Elektriksel iletkenlik, OC: Organik karbon, OM: Organik madde, Top. N: Toplam N, CO2: Toprak solunumu, MBC: Mikrobiyal biyomas karbon, *p< 0.05, **p< 0.01

Danedeki toplam ağırlıkla pH, kireç ve bakır arasında çok önemli negatif ilişki bulunmuştur. Organik karbon, organik madde, azot, kalsiyum, magnezyum, mangan, karbondioksit üretimi, mikrobiyal biyomas karbon ve dehidrogenaz arasında çok önemli pozitif ilişki, kalsiyum ile arasında ise önemli pozitif ilişki bulunmuştur. 1000 dane ağırlığı ile pH, kireç ve bakır arasında çok önemli negatif ilişki, organik karbon, organik madde, azot, potasyum, magnezyum, mangan arasında çok önemli pozitif ilişki bulunmuştur.

Danedeki demir kapsamı ile topraktaki azot arasında çok önemli pozitif ilişki, bakır ile arasında ise çok önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danedeki demir ile EC, fosfor, sodyum ve çinko arasında ise önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danedeki bakır ile topraktaki pH, kireç, bakır arasında çok önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danedeki bakır ile toprakta organik madde ve karbondioksit üretimi, mikrobiyal biyomas karbon arasında çok önemli pozitif ilişki bulunmuştur. Danedeki çinko ile topraktaki çinko arasında çok önemli pozitif ilişki, bakır ile önemli pozitif ilişki, topraktaki kalsiyum ile de önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danedeki mangan sonuçları ile topraktaki kalsiyum miktarları arasında negatif önemli ilişki belirlenmiştir.

Danedeki kalsiyum sonuçları ile topraktaki kalsiyum arasında çok önemli negatif ilişki, topraktaki mangan arasında önemli negatif ilişki bulunmu, fosfor ve sodyum arasında ise önemli pozitif ilişki bulunmuştur. Danede magnezyum ile topraktaki kalsiyum arasında çok önemli negatif ilişki bulunmuştur.

Danede fosfor sonuçları ile toprak pH arasında çok önemli pozitif ilişki, kireç, bakır çinko ile önemli pozitif ilişki, mangan, mikrobiyal biomas karbon ve dehidrogenaz arasında ise çok önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danede fosfor ile CO₂ üretimi arasında ise önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danede potasyum sonuçları ile pH ve fosfor arasında önemli pozitif ilişki, karbondioksit üretimi ve mikrobiyal biomas karbon arasında ise çok önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danede potasyum ile mangan arasında ise önemli negatif ilişki bulunmuştur. Danede azot ile pH, kireç ve bakır arasında çok önemli negatif ilişki, organik madde, azot, potasyum, magnezyum, mangan, karbondioksit üretimi, mikrobiyal biyomas karbon ve dehidrogenaz arasında çok önemli pozitif ilişki bulunmuştur. Danede azot ile kalsiyum arasında ise önemli pozitif ilişki bulunmuştur.

4.5.11. Bitki (sap) analizleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Hasat sonrası bitki (sap) analizleri ilr saksılardan alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan korelasyon analizinin sonuçları Tablo 4.23'te verilmiştir.

Tablo 4.23. Bitki (sap) analizlerinin sonuçları ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizlerinin sonuçları

	Sap. Fe,	Sap Cu	Sap Zn	Sap Mn	Sap Ca	Sap Mg	Sap P	Sap K	Sap N
pH	0.30*	0.11	-0.29*	-0.10	-0.13	-0.25*	0.10	-0.61**	-0.55**
EC	-0.33**	-0.50**	0.00	-0.49**	-0.14	-0.46**	0.47**	0.44**	0.19
Kireç	0.41**	0.25*	-0.08	0.00	0.05	0.13	-0.24*	-0.59**	-0.63**
OC	-0.36**	-0.12	0.21	-0.04	0.09	-0.04	0.22	0.70**	0.68**
OM	-0.36**	-0.12	0.21	-0.04	0.09	-0.04	0.22	0.70**	0.68**
Top.N	-0.18	0.04**	0.20	0.14	0.18	0.03	-0.02	0.60**	0.69**
Top. P	-0.37**	-0.43	0.05	-0.44**	-0.11	-0.54**	0.65**	0.49**	0.22
Top. K	-0.36**	-0.20**	0.16	-0.19	-0.03	-0.33**	0.45**	0.65**	0.48**
Top Na.	-0.35**	-0.51**	0.04	-0.43**	0.00	-0.47**	0.52**	0.38**	0.12
Top. Ca.	0.32**	0.52**	0.02	0.30*	0.04	0.18	-0.39**	-0.04	0.01
Top. Mg.	-0.43**	-0.50**	0.18	-0.12	-0.01	-0.16	0.31**	0.52**	0.42**
Top. Fe	-0.11	0.37	0.10	0.06	-0.03	0.11	0.27*	0.25*	0.22
Top. Cu.	0.03	-0.19	-0.10	-0.41**	-0.16	-0.18	0.24*	-0.33**	-0.52**
Top.Zn.	-0.30*	-0.15*	0.21	-0.36**	-0.07	-0.22	0.63**	0.42**	0.13
Top. Mn	0.01	0.24	0.23*	0.21	0.15	0.31**	-0.46**	0.21	0.40**
CO ₂	-0.25*	0.00	0.23	0.17	0.17	0.21	-0.18	0.49**	0.65**
MBC	-0.33**	-0.17	0.33**	0.08	0.17	0.36**	-0.13	0.57**	0.50**
DEHİDROGENAZ	-0.24*	-0.11	0.12	-0.06	-0.01	-0.17	-0.03	0.36**	0.51**

EC: Elektriksel iletkenlik, OC: Organik karbon, OM: Organik madde, Top. N: Toplan N, CO₂: Toprak solunumu, MBC: Mikrobiyal biyomas karbon, * p< 0.05, ** p< 0.01

Saptaki demir kapsamının toprak özelliklerinden EC, organik madde, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum ve mikrobiyal biyomas karbon ile çok önemli negatif ilişkili olduğu bulunmuştur. Saptaki demir kapsamının çinko, karbondioksit üretimi ve dehidrogenaz ile ise önemli negatif ilişki, kireç ve kalsiyum ile çok önemli pozitif ilişki, pH ile ise önemli pozitif ilişki olduğu bulunmuştur. Saptaki bakır ile EC, potasyum, sodyum, magnezyum arasında çok önemli negatif ilişki, çinko ile önemli negatif ilişki, azot ile ise çok önemli pozitif ilişkili olduğu bulunmuştur. Sapta çinko ile toprak pH'sı arasında önemli negatif ilişki, mangan ile önemli pozitif ilişki ve MBC ile çok önemli pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Sapta mangan ile toprak EC, fosfor, sodyum, bakır ve çinko sonuçları arasında çok önemli negatif ilişki, kalsiyum ile önemli pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir.

Sapta magnezyum sonuçları ile toprak EC, fosfor, potasyum, sodyum sonuçları arasında çok önemli negatif ilişki ve pH ile negatif önemli ilişki olduğu bulunmuştur. Sapta magnezyum sonuçları ile topraktaki mangan ve mikrobiyal biyomas karbon ile de çok önemli pozitif ilişki olduğu bulunmuştur. Sapta fosfor sonuçları ile toprak EC, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum, çinko sonuçları ile çok önemli pozitif ilişki, kalsiyum ve mangan arasında çok önemli negatif ilişki olduğu ve kireç kapsamı arasında ise önemli negatif ilişki olduğu bulunmuştur. Sapta potasyum ile toprak pH, kireç ve bakır değerleri arasında çok önemli negatif ilişki olduğu, EC, organik madde, azot, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum, bakır, çinko, karbondioksit üretimi, mikrobiyal biyomas karbon ve dehidrogenaz enzim aktivitesi arasında çok önemli pozitif ilişki bulunmuştur. Sapta potasyum sonuçları ile toprak Fe kapsamı arasında ise önemli pozitif ilişki olduğu saptanmıştır. Sapta azot sonuçları ile toprak pH, kireç ve bakır değerleri arasında çok önemli negatif ilişki olduğu, organik madde azot, potasyum, magnezyum, bakır, mangan, karbondioksit üretimi, mikrobiyal biyomas karbon ve dehidrogenaz arasında ise çok önemli pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir.

4.5.12. Toprak özellikleri ile topraktaki besin maddelerinin birbirleri ile olan ilişkileri

Hasat sonrası saksılardan alınan toprak örneklerinin toprak özellikleri ile topraktaki besin maddeleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan korelasyon analizinin sonuçları Tablo 4.24'te verilmiştir.

Tablo 4.24. Toprak özellikleri ile toprak besin maddeleri arasındaki korelasyon analizinin sonuçları

	pH	EC	Kireç	OC	OM	Top. N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
pH	1.00														
EC	-0.39**	1.00													
Kireç	0.66**	-0.44**	1.00												
OC	-0.78**	0.56**	-0.77**	1.00											
OM	-0.78**	0.56**	-0.77**	1.00	1.00										
Top. N	-0.69**	0.32**	-0.66**	0.85**	0.85**	1.00									
P	-0.20	0.85**	-0.45**	0.56**	0.56**	0.38**	1.00								
K	-0.60**	0.78**	-0.67**	0.85**	0.85**	0.73**	0.82**	1.00							
Na	-0.23	0.90**	-0.31**	0.44**	0.44**	0.24*	0.84**	0.70**	1.00						
Ca	-0.16	-0.34**	0.13	0.09	0.09	0.33**	-0.35**	0.02	-0.35**	1.00					
Mg	-0.51**	0.67**	-0.64**	0.62**	0.62**	0.43**	0.61**	0.60**	0.61**	-0.54**	1.00				
Fe	-0.13	-0.15	-0.14	0.09	0.09	0.04	-0.15	0.12	-0.19	0.16	-0.19	1.00			
Cu	0.56**	0.05	0.48**	-0.64**	-0.64**	-0.77**	-0.06	-0.40**	0.11	-0.45**	-0.21	0.14	1.00		
Zn	-0.02	0.48**	-0.24*	0.30**	0.30**	0.09	0.60**	0.45*	0.48**	-0.18	0.27	0.24*	0.10	1.00	
Mn	-0.68**	-0.02	-0.37**	0.42**	0.42**	0.51**	-0.28*	0.20	-0.16	0.37**	0.10	0.34**	-0.31**	-0.26*	1.00

EC: Elektriksel iletkenlik, OC: Organik karbon, OM: Organik madde, Top. N: Toplam N, * p< 0.05, ** p< 0.01

Hasat sonu toprak özellikleri ile topraktaki besin maddesi parametrelerine ait Tablo 4.24'te verilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre pH ile EC, organik madde, azot, potasyum, magnezyum, mangan arasında istatistiksel olarak negatif çok önemli ilişki olduğu, organik madde ve bakır arasında ise pozitif çok önemli ilişki olduğu saptanmıştır. EC'nin kireç ve kalsiyum ile negatif çok önemli ilişki olduğu; organik madde, azot, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum ve çinko ile arasında pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir.

Kireç ile organik madde, azot, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum, bakır, mangan arasında negatif çok önemli ilişki olduğu, bakır ile ise pozitif çok önemli ilişki olduğu bulunmuştur. Organik madde ile azot, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum, çinko, mangan arasında pozitif çok önemli ilişki olduğu, bakır ile ise negatif çok önemli ilişki olduğu bulunmuştur.

Azot ile fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, mangan ile pozitif çok önemli ilişki olduğu, sodyum ile önemli pozitif ilişki, bakır ile negatif çok önemli ilişki bulunmuştur. Fosfor ile potasyum, sodyum, magnezyum, çinko arasında pozitif çok önemli ilişki, kalsiyum ile negatif çok önemli ilişki, mangan ile de negatif önemli ilişki bulunmuştur. Potasyum ile sodyum ve magnezyum arasında pozitif çok önemli ilişki, bakır ile negatif çok önemli ilişki bulunmuştur. Sodyum ile kalsiyum, magnezyum, çinko arasında pozitif çok önemli ilişkiler bulunmuştur. Kalsiyum ile magnezyum ve bakır arasında negatif çok önemli ilişki, mangan ile arasında ise pozitif çok önemli ilişki bulunmuştur.

Demir ile mangan arasında pozitif çok önemli ilişki, çinko ile de pozitif önemli ilişki bulunmuştur. Bakır ile mangan arasında negatif çok önemli ilişki bulunmuştur. Çinko ile mangan arasında da negatif önemli ilişki bulunmuştur. Toprak organik maddesinden, artan N, P, K kullanılabilirliğinden ve topraktaki düşük pH'dan kaynaklanabilir (Aggelides ve Londra, 2000).

4.5.13. Toprakların biyolojik özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Hasat sonrası saksılardan alınan toprak örneklerinin biyolojik özellikleri ile topraktaki besin maddeleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan korelasyon analizinin sonuçları Tablo 4.25’de verilmiştir.

Tablo 4.25. Toprak biyolojik özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizinin sonuçları

	CO ₂	MBC	Dehidrogenaz
pH	-0.80**	-0.84**	-0.64**
EC	0.18	0.27*	0.50**
Kireç	-0.64**	-0.56**	-0.58**
OC	0.82**	0.70**	0.72**
OM	0.82**	0.70**	0.72**
Top. N	0.82**	0.60**	0.66**
P	0.12	0.13	0.43**
K	0.55**	0.44**	0.66**
Na	0.05	0.12	0.38**
Ca	0.26*	0.04	0.01
Mg	0.43**	0.51**	0.49**
Fe	0.05	-0.02	0.01
Cu	-0.73**	-0.51**	-0.51**
Zn	-0.08	-0.01	0.12
Mn	0.67**	0.58**	0.44**
CO ₂	1.00	0.82**	0.63**
MBC		1.00	0.53**
Dehidrogenaz			1.00

EC: Elektriksel iletkenlik, OC: Organik karbon, OM: Organik madde, Top. N: Toplam NCO₂: Toprak solunumu, MBC: Mikrobiyal biyomas karbon, * p< 0.05, ** p< 0.01

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda karbondioksit üretiminde ile pH, kireç ve bakır arasında çok önemli negatif ilişki; organik madde, azot, potasyum, magnezyum ve mangan arasında çok önemli pozitif ilişki bulunmuştur. Karbondioksit üretimi ile kireç ve bakır arasında ise çok önemli negatif ilişki bulunmuştur.

MBC kapsamı ile pH, kireç ve bakır arasında çok önemli negatif ilişki; organik madde, azot, potasyum, magnezyum, mangan ve karbondioksit üretimi arasında çok önemli pozitif ilişki bulunmuştur.

Dehidrogenaz enzim aktivitesi ile pH, kireç ve bakır arasında çok önemli negatif ilişki; organik karbon, organik madde, azot, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum,

mangan, karbondioksit üretimi, mikrobiyal biyomas karbon ile arasında çok önemli pozitif ilişki bulunmuştur.

Taylor vd (2002), yaptıkları çalışma sonucunda toprakların biyolojik özellikleri ile toprak pH'sı arasında negatif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Zantua (1977), toprakların azot içeriği ve organik madde kapsamı ile toprakların biyolojik özellikleri arasında önemli ilişkiler olduğunu belirtmiştir. Baligar vd (1991) ve Burns (1982), toprakların biyolojik özellikleri ile diğer özellikleri arasında istatistiksel anlamda önemli ilişkiler olduğunu rapor etmişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde artan tarımsal faaliyetler sonunda önemli miktarda tarımsal atık açığa çıkmakta ve açığa çıkan bu atıklar kontrol altına alınmadığı zaman veya geri dönüşüme dahil edilmediği zaman hem organik materyal olarak ziyan olmakta hem de bir kısım çevre sorununu da beraberinde getirmektedirler. Tarımsal faaliyetler sonucunda veya tarıma dayalı sanayinin pek çok kolunda açığa çıkan bu atık maddelerin çok büyük kısmı organik niteliktedir. Organik kökenli bu atıkların, toprak organik madde içeriği düşük olan topraklarda kompostlanarak veya kompostlanmadan doğrudan topraklara ilavesi sonucunda ise, toprak organik madde içeriğinde önemli artışlar sağlanabilmekte ve bunun bir sonucu olarak hem toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde iyileşmeler olabilmekte hem de bitkisel ürün verimi artmaktadır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesinde yaş çayın işlenmesi sırasında açığa çıkan, tarımsal amaçlı değerlendirilemeyerek çevresel çöp sorunlarına sebep olan organik atığın, 2 farklı kompostlama yöntemi (aerobik kompostlama ve vermikompostlama) ile tarımda toprak organik madde içeriğini artırma amacına yönelik olarak güvenle kullanılabilir ürünler dönüşürülmesi, elde edilen ürünlerin tarımsal açıdan etkenliğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Geçtiğimiz yarım yüzyılda ülkemiz çay tarım topraklarında bilinçsiz kimyasal gübreleme ile toprak özellikleri bozulmuştur. 2017 yılında ülkemizde GTHB'nın yayınladığı bir yönerge ile Tüm çay topraklarında kimyasal gübre kullanımı yasaklanmış sadece organik gübre kullanımı serbest bırakılmıştır. Ancak 2018 yılı itibari ile kimyasal gübre kullanımı %50 yeniden serbest bırakılmıştır. Çünkü bölgede ve ülkemizde organik gübre kullanımını karşılayacak kadar organik gübre materyali eldesi sağlanamamıştır. Bu sebeple özellikle bölgesel bitkisel atıkların değerlendirilerek organik gübreleme materyaline dönüştürülmesi önem taşımaktadır. Ülkemizde özellikle bölgesel olarak açığa çıkan büyük miktarlarda organik atıklar mevcuttur. Bunlardan birisi Karadeniz Bölgesinin doğusunda yaş çayın işlenmesi sırasında açığa çıkan organik atıklardır. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğüne ait fabrikalardan her yıl yaklaşık 1 milyon 200 bin ton çay bitkisi üreticiden satın alınmaktadır. Bu rakamın yaklaşık olarak %20-25'i atık madde miktarını oluşturmaktadır. Bu rakam özel sektöre ait fabrikalar göz önüne alındığında daha da artmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesinin coğrafi ve jeolojik özellikleri sebebiyle

depolanmasında büyük güçlüklerden dolayı atık yönetimi uygulanamamaktadır. Özetle, bölgemizde büyük miktarlarda çay atığı açığa çıkarken ve çay tarım topraklarının da organik maddeye ihtiyacı varken ülkemizde organik gübreleme materyali de yok denecek kadar az iken çay atıkları bitkisel organik madde kaynağına dönüştürülerek ülke ve bölge için değerli bir organik gübreleme materyali sağlanmalıdır. Çay atıkları iki metot kullanılarak organik bir gübre olarak değerlendirilebilir

Bitkisel ve hayvansal atıklar termofilik kompostlanarak organik düzenleyici ve organik gübreleme materyali olarak değerlendirilmektedir. Bitkisel artıklar kompostlamanın yanı sıra yeşil gübreleme materyali de olabilirler. Ancak bitkisel atıkların dönüştürülmesinde kompostlama ve yeşil gübreleme haricinde yeni bir yöntem olan solucan ve mikroorganizma varlığında organik maddelerin hızlandırılmış bir biodegradasyon sürecinden geçerek doğal bir organik ürüne dönüştürülmesi de söz konusudur. Kompostlama ve vermikompostlama yöntemleri ile ham organik artıklar hızlı bir şekilde toprak ekosistemi ile dengeye ulaşırlar. Bu ürünler tarımda besin kaynağı ve toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaları bakımından değerlidir. Kompostlama, atığın organik bileşeninin kontrollü aerobik koşullarda biyolojik olarak ayrıştırıldığı bir işlemdir.

Kompostlama atık yönetiminde de yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Organik atıkların toprağa uygulanması konusunda en çok bilgiye sahip olunan proses bitkisel ve hayvansal atıkların kompostlanması ve elde olunan kompostun özellikleridir. Vermikompostlama ise yeni bir yöntem olmakla beraber, bilim dünyasında dikkatleri üzerine çekmiş ve yoğun şekilde çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Ancak halen çalışılması gereken pek çok konusu ve parametresi bulunmaktadır. Çay atıklarının vermikompostlanması ile geleneksel kompostlanması arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. Kompostlama ve vermikompostlama, katı organik atıkların biyolojik stabilizasyonu için iyi birer yöntemdir.

Bu tez çalışmasının amacı doğrultusunda, kompostlama işlemi için Doğu Karadeniz Bölgesinde yaygın bir şekilde tarımı yapılan çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) hasat sonu fabrikasyon atıkları Çay İşletmeleri Genel ait Ardeşen Çay Fabrikasından temin edilerek windrow kompostlayıcı kullanılarak kompostlanmıştır. Kompostlama işlemi tamamlandıktan sonra çay atığı kompostu içeren karışımlar bir inkübasyon periyodunda vermikompostlanarak, çay atığının ideal

vermikompostlanma doz ve süresi belirlenmiştir. Bulgular ışığında, çay fabrikasyon atığı kompostunun vermikompostlanma ortamına ideal katılma oranlarının %25 ve %50, ideal vermikompostlanma süresinin ise 30 gün olduğu belirlenmiştir. İnkübasyon denemesi sonuçlarına göre çay atığı kompostu ideal koşullarda vermikompostlanarak, indikatör bitki olarak seçilen buğday bitkisi yetiştirilerek materyalin etkinliği araştırılmıştır. Sera denemesinde kontrol grubu dahil 4 farklı organik materyal kullanılmıştır. Bunlar; çay atığı kompostu, çay atığı vermikopostu, çay atığının kendisi ve atıksız uygulamalardır. Kullanılan çay atığı vermikompostları inkübasyon denemesi sonuçlarına bağlı olarak belirlenmiş ideal doz ve sürede 3 farklı çay atığı dozundan 3 vermikompost şeklinde elde edilerek uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre vermikopostlama sürecinde solucanlar %50 çay atığının üzerinde olan karışımlarda yaşamamışlardır. Dolayısıyla sera denemesinde kullanılacak vermikompostlar %0, %25 ve %50 çay atığı kompostu içeren karışımlardan üretilmiştir (V1, V2, V3). Sera denemesinde kullanılan, kontrol dahil 4 organik materyal şu şekilde uygulanmıştır; kontrol, çay atığı, çay atığı kompostu, V1 (%0 çay atığı kompostu vermikopostu), V2 (%25 çay atığı kompostu vermikopostu), V3 (%50 çay atığı kompostu vermikopostu).

Sera denemesi sonunda, kompost ve vermikompost uygulamasının buğday bitkisinin verimi üzerine olumlu etkisinin kontrole göre daha yüksek olduğu ve topraklara ilave edilen organik materyal miktarı arttıkça buğday bitkisinin veriminin arttığı da ortaya konulmuştur. Bununla birlikte toprakların kimyasal ve biyolojik özelliklerinde kontrole göre artışlar belirlenmiştir.

Toprak biyolojik aktivitesi toprak canlılığının, sağlığının ve toprak verimliliğinin en önemli unsurlarından birisidir. Toprakta organik maddenin parçalanıp ayrışması, bitki besin elementlerinin açığa çıkması, bu elementlerin bitkinin alabileceği formlara dönüşmesi ve pek çok oksidasyon redüksiyon tepkimelerinde çok önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla toprak biyolojik aktivitesi toprak verimliliği ve toprak sağlığı için dikkate alınan önemli bir parametredir. Toprakta mikrobiyal solunum, mikrobiyal biyomas ve bazı intrasellüler ve ekstrasellüler toprak enzimlerinin aktiviteleri, toprak biyolojik aktivitesinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; sera denemesinde toprağına organik atıklar uygulayarak buğday bitkisi yetiştirilmiş ve hasat sonunda saksılardan alınan toprak örneklerinde toprak

solunumu (TS), mikrobiyal biyomas C (Cmic) ve dehidrogenaz (DHA) enzim aktiviteleri değerlendirilmiştir.

Sera denemesi sonunda alınan toprak örneklerinin Cmic değeri, tüm uygulamalarda kontrole göre artış göstermiştir. Uygulama dozları arasında ise istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar belirlenmiş olup, %1, %2, %4, %6 dozlarında 2 nolu karışımda (Çay atığında) en yüksek seviyelerde saptanmıştır. Diğer ikinci en yüksek seviye çay atığı kompostu uygulamasından elde edilmiştir. Dozlar kendi içerisinde incelendiğinde en fazla artışın çay atığı uygulamasında olduğu saptanmıştır. Toprağa %6 atık uygulamasında en yüksek çay atığı ve kompost uygulamalarında Cmic olduğu belirlenmiştir.

Toprak örneklerinde tüm dozlarda toprakların CO₂ içeriğinin (toprak solunumu) kontrole göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar olduğu ve mikrobiyal biyomas C sonuçlarına benzer ve destekler şekilde olduğu değerlendirilmiştir. En yüksek CO₂ değerinin %1 %2 %4 %6 dozlarında çay atığı ve kompost uygulamalarında olduğu belirlenmiştir. Toprak örneklerindeki mikrobiyal CO₂ miktarının dozlara bağlı olarak dozlar arasında da farklılık gösterdiği ve doz arttıkça solunum miktarının arttığı belirlenmiştir. Bu artışın en yüksek olduğu dozların %6 kompost ve %6 çay atığı uygulamalarından olduğu belirlenmiştir.

Toprak örneklerinin dehidrogenaz aktivitelerinin ise tüm dozlarda kontrole göre artış gösterdiği ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. En yüksek DHA, %1 uygulama dozunda V3 uygulamasında, %2 dozunda kompost uygulamasında, %4 dozunda çay atığı ve çay atığı kompostu uygulamalarında, %6 dozunda ise çay atığı kompost uygulamasında belirlenmiştir. dehidrogenaz aktivitesinin uygulama dozlarına da bağlı olarak değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. En yüksek DHA değerinin ise %6 kompost uygulamasında olduğu belirlenmiştir.

Vermikompostlanmış karışım uygulanan topraklarda mikrobiyal aktivitenin, diğerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla, kompostlanmış karışımların topraklara uygulanmasıyla biyolojik aktivitenin daha yüksek düzeylerde gerçekleşeceği sonucu da ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışmasının hipotezi doğrultusunda kurulan inkübasyon ve sera denemelerine ait kimyasal, biyolojik ve istatistiksel analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile;

- Organik atık uygulanmayan kontrol grubuna göre organik atık uygulaması yapılan tüm gruplarda toprakların besin elementi içeriği ve biyolojik aktivitesinde artışlar olduğu belirlenmiştir.
- Toprağa uygulanan ve aynı hammaddeden elde edilen farklı organik atık uygulamalarına ait toprak parametrelerdeki artışların ise birbirinden farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bir organik atık olarak çay fabrikasyon atığı kompostlandığında (geleneksel kompostlama ve vermikompostlama) kompostlanmamış haline göre toprakların besin elementi içeriği ve biyolojik aktivitesinde daha yüksek artışlar sağladığı belirlenmiştir.
- Çay fabrikasyon atığının geleneksel kompostlanmış halinin (çay atığı kompostu) %0, %25 ve %50 dozlarında vermikompostlama karışımlarına ilave edildiğinde, doz artışına bağlı olarak toprakların besin elementi içeriği ve biyolojik aktivitesinde daha yüksek artışlar sağladığı belirlenmiştir.
- Sera denemesinde buğday yetiştirilen saksılara, 6 farklı organik materyal uygulaması (kontrol, çay atığı, çay atığı kompostu, V1 (%0 kompost ilaveli vermikompost), V2 (%25 kompost ilaveli vermikompost), V3 (%50 kompost ilaveli vermikompost)) 4 farklı uygulama dozunda (%0, %1, %2, %4, %6) uygulandığında ise uygulama dozlarına bağlı olarak doz artışı oldukça toprakların besin elementi içeriği ve biyolojik aktivitesinde daha yüksek artışlar sağladığı belirlenmiştir.
- Topraklara uygulanan organik materyallerin kompostlanma yöntemine, dozuna ve toprağa uygulanma dozlarındaki artışa paralel olarak buğday verimini artırdığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, ülkemizde yüksek miktarda açığa çıkan ve değerlendirmeyen çay fabrikasyon atıkları kompostlanabilmekte ve belirlenen dozlarda vermikompostlabilmektedir. Organik materyaller (çay fabrikasyon atığı) her ne kadar kontrol uygulamalarına göre toprak verim ve biyolojik özelliklerinde ve beraberinde bitki verim parametrelerinde artış sağlıyor olsa da organik materyal kompostlandığında ve vermikompostlandığında bu artış miktarı yükselmektedir.

Toprağa uygulanan kompost miktarları arttıkça ise toprak daha çok fayda sağlamaktadır.

Bu tez çalışması sonuçlarına göre, kompost ve vermikompost uygulamalarının toprak verimliliği ve bitki verimini arttırdığı saptanmakla birlikte bu yöntemlerin organik atık yönetimi ve organik materyallerin değerlendirilmesi açısından son derece faydalı alternatif yöntemler oldukları belirlenmiştir.

ÖNERİLER

- Organik atıkların değerlendirilmesi ve topraklara uygulanması konusunda günümüzde intensif tarım uygulamalarıyla toprak sağlığında gelinen son nokta, toprakların organik madde ihtiyaçları, organik atık ve artık çeşit ve miktarları, organik atıkların bertaraf edilirken değerlendirilebilmesi, bitkisel verim, güvenilir gıda ve sürdürülebilir tarım teknikleri gibi çok yönlü bir değerlendirme yapılması gerekmektedir.
- Vermikompostların içeriği üretildiği hammaddeye bağlı olduğundan vermikompostlar tercih edilirken ve uygulanırken sadece organik madde içeriği gözönüne bulundurulmamalıdır. Vermikompostların spesifik özellikleri dikkate alınmalıdır.
- Vermikompostun tarımda kullanımında örtü altı yetiştiriciliği, kesme çiçekçilik gibi ürüne özelleşmiş alanlarda kullanımı daha uygun olacaktır. Tarla koşullarında geniş alanlarda organik madde uygulamaları için kompostlar tercih edilmelidir. Vermikompostların ürüne etkileri yalnızca ürün veriminde değil ürünün kalitesi, depolama ömrü gibi özelliklerinde de görülmektedir.
- Organik atıklar ideal kompostlanma koşulları belirlenerek kompostlanmalı hatta daha üstün nitelikli vermikompostlara dönüştürülebilmelidir.
- Kompostlama ve vermikompostlanma kriterlerine uygun üretilmiş son ürünün taşınması gereken özellikler konusunda bilinç düzeyi artırılmalıdır.
- Kompost ve vermikompost teknolojilerinin geliştirilmesi ve bunun yanısıra elde edilen son ürünlere tüketici güveninin sağlanması gerekmektedir. Ancak bu gereklilik sağlandığında kompostların kullanımı da üretimi de artacaktır. Dolayısıyla toprak sağlığı korunacak ve organik atıklar değerlendirilmiş olacaktır.

- Özellikle organik gıda üretim sistemlerine olan ilginin artmasıyla birlikte, günümüzde yetiştirme koşullarının beslenme üzerindeki etkileri hakkında bilinç düzeyinin artması önem kazanmaktadır.
- Organik hammateriyaller doğal koşullar simüle edilerek dönüştürülmektedir fakat kompostlama koşullarında N kayıplarını da en aza indirmek için stratejiler geliştirilmelidir.
- Geleneksel kompostlama koşullarında mikrobiyal süreç organik materyallerin temel özelliklerini değiştirir. Bu süreç en eski ve üzerine en çok çalışılmış dolayısıyla iyi anlaşılmış ve en yaygın bilinen mekanizmadır. Vermikompost üretim teknikleri ve topraklara uygulama sonuçları hakkında çalışmalar devam etmektedir. Vermikompostların bitki büyümesinin arttırılmasını sağlayan mekanizması ve bunun belirli bir vermikompost üretim yöntemine ne ölçüde özgü olduğunu belirlemek için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.
- Vermikompostların üretim tekniklerinin son ürünün kalitesini etkileyebileceği bilinmektedir ancak aynı zamanda kompostlama tekniklerinde olduğu gibi N kayıplarını en aza indirmek için yeni stratejiler belirlemeye ihtiyaç vardır.
- Toprak sağlığı ve organik atık dönüşümünde olduğu kadar güvenilir gıda konusunda da bilinç düzeyi artmaktadır. Tüketicilerin sağlıklı topraklarda iyi tarım uygulamalarıyla veya organik tarım teknikleri ile üretilen gıdaların daha sağlıklı olduğu konusunda farkındalıkları artmaktadır. Organik tarım ilkelerine uygun üretilen gıdaların tüketimi giderek daha popüler hale gelmektedir. Bu durum, organik üretim endüstrisinin genişlemesi ve tüketicinin güveninin korunması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bunun için çalışmalar bilimsel çalışma temellerine uygun ve titizlikle yürütülerek sonuçlar elde edilmeli ve paylaşılmalıdır.
- Dünyada atık yönetimi, biyolojik olarak parçalanabilir organik atıkları yönetme için alternatif yöntemlerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Tüm bunların yanısıra ülkemizde sürdürülebilir bir atık yönetimi çevresel açıdan önemli bir rol oynayacaktır. Kompostlama pratikleri ve son ürünler tarım sektörü için hızla büyüyen bir pazardır.
- Organik madde, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak için kilit bir rol oynarlar. Kompost ve vermikompostun etkinliğini kompost stabilitesinin bir göstergesi olarak öne sürülen fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından karşılaştırmak için çeşitli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen,

organik ürünleri kesin değerlere ve eşik değerlere dayanarak karşılaştırmak kolay değildir. Organik atık kaynaklarının çeşitliliği ve kompostlama süreçleri göz önüne alındığında, eşik değerler tüm kompost ve solucan gübresi çeşitleri için geçerli olmayabilir. Nihai verimi azaltmadan inorganik gübrenin ne kadar kompostlarla ve vermikompostlarla yer değiştirilebileceğinin belirlenmesi üzerine daha çok çalışma yapmaya ihtiyaç vardır.

6. KAYNAKLAR

- Abdel-Mawgoud, A.M.R. (2006). Growth, Yield and Quality of Green Bean (*Phaseolus Vulgaris*) in Response to Irrigation and Compost Applications. *Journal of Applied Sciences Research*, 2, pp. 443-450.
- Abou Hussien E. A., Elbaalawy A. M., Hamad M. M. (2019). Combined application of biochar with compost and fertilizer improves soil properties and grain yield of maize. *Chemical Properties of Compost in Relation to Calcareous Soil Properties and Its Productivity of Wheat*. *Egypt. J. Soil. Sci.* Vol. 59, No. 1, pp. 85-97. DOI: 10.21608/ejss.2019.7945.1248.
- Adani, F., Genevini, P., Ricca, G., Tambone, F. and Montoneri, E. (2007). Modification of soil humic matter after 4 years of compost application. *Waste Manage.*, 27: 319–324.
- Adiloğlu A., Eryılmaz Açıkgöz F., Adiloğlu S., Solmaz Y. (2015). Akuakültür Atığı ve Solucan Gübresi Uygulamalarının Salata (*Lactuca Sativa L. var. crispa*) Bitkisinin Verim, Bazı Bitki Besin Elementi İçeriği ile Bazı Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisi. Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: NKUBAP.00.24.AR.15.11.
- Agegehu G., vanBeek C., Bird M. (2014). Influence of integrated soil fertility management in wheat and tef productivity and soil chemical properties in the highland tropical environment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2014, 14
- Aggelides, S.M. and Londra, P.A. (2000). Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology* 71, 253-259.
- Alexander R. (2001). *Compost Utilization in Landscapes*. In: Stoffella P. J., Kahn B. A. (Ed.): *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. Lewis Publishers, New York, 153–175.
- Ali, SHN. (2011). Effect of Composted and Vermicomposted Cotton Residues on Nutrient Contents, Ryegrass Growth and Bacterial Blight Mitigation. Thesis of Doctor of Philosophy (PhD) in the International Ph. D. Program for Agricultural Sciences in Göttingen (IPAG) at the Faculty of Agricultural Sciences of the Georg-August-University Göttingen, Germany.
- Amlinger F., Peyr S., Geszti J., Dreher P., Karlheinz W., Nortcliff S. (2007). Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. Literature Study, Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Envi. and Water Management, Austria. [Online] Available: www.umweltnet.at/filemanager/download/20558/ Dec. 2013
- Angelova V. R., Akova V. I., Artinovan S., Ivanov K. I. (2013). The Effect of Organic Amendments on Soil Chemical Characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (No 5) 2013, 958-971.
- Ansari AA., Sukhraj K. (2010). Effect of vermiwash and vermicompost on soil parameters and productivity of okra (*Abelmoschus esculentus*) in Guyana. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (14), 1794-1798
- Arancon, N. Q., Edwards C. I., Bierman, P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresour. Technol.*, 97: 831-840.
- Arcak, S., Kütük C., Haktanır, K., Çaycı, G. (1997). Çay Atıklarının Toprakta Enzim Aktivitesi ve Nitrifikasyon Üzerine Etkileri. *Pamukkale üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3, 261-266

- Aşık, B.B, Kütük, C. (2012). Çay atığı kompostunun çim alanların oluşturulmasında kullanım olanağı. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 26(2): 47-57.
- Avnimelech, Y., Bruner, M., Ezrony, I., Sela, R., Kochba, M. (1996). Stability indexes for municipal solid waste compost. *Compost Science & Utilization*, 4, 13-20.
- Atiyeh RM., Subler S., Edwards CA., Metzger J. (1999). Growth of tomato plants in horticultural media amended with vermicompost. *Pedobiologia*, 43, 724-72
- Atiyeh, R. M., C. A. Lee Edward, N. Q. Arancon, J. D. Metzger (2002). The influence of humic acids derived from earthwormprocessed organic wastes on plant growth. *Bioresour. Technol.*, 84: 7-14
- Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Nasim, M., Farooq, M., Khan, M.M. (2010). Nutrient Availability and Maize (*Zea mays* L.) Growth in Soil Amended with Organic Manures. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, pp.621–624.
- Baligar, V. C., Staley, T. E., & Wright, R. J. (1991). Enzyme activities in Appalachian soils: 2. Urease. *Communications in soil science and plant analysis*, 22(3-4), 315-322.
- Bandick, A.K., Dick R.P. (1999). Field management effects on soil enzymes activities. *Soil Biol. Biochem.* 31:1471–1479.
- Barancikova, G., Makovnikova J. (2003). The influence of humic acid quality on sorption and mobility of heavy metals. *Plant Soil Environ.*, 49: 565-571.
- Barker, A.V. (1997). Composition and use of composts. In JE Rechcigl & HC MacKinnon (eds.) *Agricultural use of by-products and wastes*. ACS Symposium Series 668. ACS, Washington DC, USA, pp 140-162.
- Baziramakenga, R., Simard, R.R. and Lalande, R. (2001). Effect of de-inking paper sludge compost application on soil chemical and biological properties. *Canadian Journal of Soil Science* 81, 561-575.
- Benitez E., Nogales R., Elvira C., Masciandaro G., Ceccanti B. (1999). Enzyme activity as indicators of the stabilisation of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 67: 297- 303.
- Benito, M., Masaguer, A., Moliner, A., Arrigo, N., Palma, R. M. (2003). Chemical and microbiological parameters for the characterisation of the stability and maturity of pruning waste compost. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 184-189.
- Bernal M., Navarro A. F., Roig A., Cegarra J., Garcia D. (1996). Carbon and Nitrogen transformations during the composting of sweet sorghum bagasse. *Biology and Fertility of Soil* 22: 141-148.
- Bhattacharya S. S., Chattopadhyay G. N. (2002). Increasing bioavailability of phosphorus from flyash through vermicomposting. *Journal of Environmental Quality* 31: 2116 - 2119.
- Bilen S, Sezen Y, 1993. Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 24 (2): 156-166
- Blanchet G, Gavazov K, Bragazza L, Sinaj S. (2016). Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in a Swiss conventional farming system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 116–126. doi: 10.1016/j.agee.2016.05.032.
- Blandon, G., Dávila A., Rodríguez V. (1999). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de la pulpa de café sola y mucílago, en proceso de lombricompostaje. *CENICAFE* 50(1):5-23.

- Bohlen, P.J., Edwards, C.A. (1995). Earthworm effects on N dynamics and soil respiration in microcosms receiving organic and inorganic nutrients. *Soil Biology & Biochemistry* 27, 341–348.
- Bohn, H., B. McNeal and B. O'Connor (1985). *Soil Chemistry*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Borken, W., Muhs, A., Beese, F. (2002). Changes in microbial and soil properties following compost treatment of degraded temperate forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 34, 403e412
- Bouajila K., Sanaa M. (2011). Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological properties. *J. Mater. Environ. Sci.* 2 (S1) (2011) 485- 490.
- Brown S., Cotton M. (2011). Changes in Soil Properties and Carbon Content Following Compost Application: Results of On-farm Sampling. *Compost Science and Utilization*, (2011), Vol. 19, No. 1, 88-97.
- Bruun, T. B., Elberling, B., Christensen, B. T. (2010). Lability of soil organic carbon in tropical soils with different clay minerals. *Soil Biol. Biochem.*, 42: 888-895.
- Burns, R. G. (1982). Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil biology and biochemistry*, 14(5), 423-427.
- Bustamante, M. A., Said-Pullicino, D., Paredes, C., Cecilia, J. A., Moral, R. (2010). Influences of winery–distillery waste compost stability and soil type on soil carbon dynamics in amended soils. *Waste Manage.*, 30(10): 1966-75
- Cahyani VR., Watanable A., Matsuya K. (2002). Succession of microbiota estimated by phospholipid fatty acid analysis and change in organic constituents during the composting process of rice straw. *Soil science and plant Nutrition* 48:735-743
- Calbrix, R., Barray, S., Chabrerie, O., Fourrie, L., Laval, K. (2007). Impact of organic amendments on the dynamics of soil microbial biomass and bacterial communities in cultivated land. *Appl. Soil Ecol.* 35, 511e522
- Canarutto, S, Pera, A., La Marca, M. and Vallini, G. (1996). Effects of humic acids from compost-stabilized green waste or Leonardite on soil shrinkage and microaggregation. *Compost Science and Utilization* 4, 40-46.
- Castro E, Manas P, De las Heras J. (2009). A comparison of the application of different waste products to a lettuce crop: effects on plant and soil properties. *Scientia Horticulturae*, 123, 148–155. doi: 10.1016/j.scienta.2009.08.013.
- Ceccanti, B., Masciandaro, G., Macci, C. (2007). Pyrolysis-gas chromatography to evaluate the organic matter quality of a mulched soil. *Soil Till. Res.*, 97: 71–78.
- Chadimova AHZ. (2014). Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource Technology* Volume 168, September .240- 244.
- Chaoui H.I., Zibilske L.M., Ohno T. (2003). Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 295–302.
- Chatterjee D., Dutta SK., Kikon ZJ., Kuotsu R., Sarkar D, Satapathy BS., Deka BC. (2021). Recycling of agricultural wastes to vermicomposts: Characterization and application for clean and quality production of green bell pepper (*Capsicum annuum* L.), *Journal of Cleaner Production*, Volume 315 (2021, 128115, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128115>.
- Chen, L., Dick, W.A., Streeter, J.G, Hoitink, H.A.J. (1996) Ryegrass utilization of nutrient released from composted biosolids and cow manure. *Compost Science and Utilization* 4, 73- 83.

- Conti, M., Arrigo, N., Maralli, L. (1997). Relationships of soil carbon light fraction, microbial activity, humic acid production and nitrogen fertilization in the decaying process of corn stubble. *Biol. Fertil. Soils*, 25: 75-78.
- Cook, B.D., Allan, D.L. (1992). Dissolved organic matter in old field soils: total amounts as a measure of available resources for soil mineralization. *Soil Biology & Biochemistry* 24, 585–594.
- Cooperband, L., Bollero, G and Coale, F. (2002) Effect of poultry litter and composts on soil nitrogen and phosphorus availability and corn production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62, 185-194.
- Das K C., Tollner E W., Eiteman M A. (2003). Comparison of synthetic and natural bulking agents in food waste composting. *Compost Science and Utilization*, 11(1), 27–35
- Das, Kumar Abhishek, Pabitra Banik, Pradip Bhattacharya (2021). A valorisation approach in recycling of organic wastes using low-grade rock minerals and microbial culture through vermicomposting. *Environmental Challenges*. Volume 5, December 2021, 100225 <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100225>
- Daniel F., Bruno G. (2012). Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration, *Management of Organic Waste*, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-307-925-7. [Online] Available: <http://www.intechopen.com> (Sep. 2013)
- Debiase G, Montemurro F, Fiore A, Rotolo C, Farrag K, Miccolis A, Brunetti G. (2016). Organic amendment and minimum tillage in winter wheat grown in Mediterranean conditions: effects on yield performance, soil fertility and environmental impact. *European Journal of Agronomy*, 75, 149–157. doi: 10.1016/j.eja.2015.12.009
- de Leeuw, J. W., Versteegh, G. J. M., van Bergen, P. F. (2006). Biomacromolecules of algae and plants and their fossil analogues. *Plant Ecol.*, 182: 20–233
- Demir Z., Gülser C. (2015). Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Scienc* 4 (3) 185-190
- Devliegher W., Verstraete W. (1997). Microorganisms and soil physico-chemical conditions in the drilosphere of *Lumbricus terrestris*. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 29, Issues 11–12, November–December 1997, Pages 1721-1729.
- Diacono M., Montemurro F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, pp. 401-422.
- Dionné R.J., Tweddell, H.A., Avis, T.J. (2012). Effect of non-aerated compost teas on dampingoff pathogens of tomato. *Can J. P*
- Domínguez J. (2004). State of the art and new perspectives on vermicomposting research. In: C.A. Edwards (Ed.). *Earthworm Ecology* (2nd edition). CRC Press LLC. Pp. 401-424.
- Dominguez J., Edwards CA., Subler S. (1997). A comparison of vermicomposting and composting. *Biocycle* 38:57–59.
- Domínguez J., Aira, M., Gómez Brandón M. (2010). Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. In: H. Insam, I. Franke-Whittle and M. Goberna, (Eds.), *Microbes at Work: From Wastes to Resources* (pp. 93-114).
- Dominguez, J., Edwards, C.A. (2011). Relationships between Composting and Vermicomposting. In: *Vermiculture Technology*, Edwards CA, Arancon N, Sherman R, CRC Press, pp 12-24.
- Durukan, H., Saraç, H., Demirbaş, A. (2020). Farklı Dozlarda Vermikompost Uygulamasının Mısır Bitkisinin Verimine ve Besin Elementleri Alımına Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Türkiye* 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı:45-51.

- Duong T. T.T. (2013). Compost effects on soil properties and plant growth. Soils School of Agriculture, Food And Wine The University of Adelaide, Australia. PhD Thesis.
- Durmuş, M., Kızılkaya R. (2018). Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 6(2) 95 – 100.
- Edwards, L., Burney, J.R., Rochter, G., MacRae, A.H. (2000) Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81, 217-222.
- Edwards, C.A., Arancon, N.Q, Sherman, N., 2011. *Vermiculture technology*. CRC Press. Taylor Francis Group.
- Eghball, B. (2002). Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agronomy Journal* 94, 128-135.
- Eklind, Y., Salomonsson, L., Wivstad, M., Rämert, B. (1998). Use of herbage compost as horticultural substrate and source of plant nutrients. *Biological Agriculture and Horticulture* 16, 269-290.
- Erhart, E., Hartl, W. (2010). Compost Use in Organic Farming. In E. Lichtfouse (Red.), *Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming*, pp. 311-246. New York: Springer Science.
- Eriksen GN., Coale, FJ., Bollero GA. (1999). Soil nitrogen dynamics and maize production in municipal solid waste amended soil. *Agronomy Journal* 91, 1009-1016.
- Fließbach, A., Martens R., Reber H.H. (1994). Soil microbial biomass and microbial activity in soils treated with heavy metal contaminated sewage sludge. *Soil Biol. Biochem.* 26:1
- Filip, Z., Bielek. (2002). Susceptibility of humic acids from soils with various contents of metals to microbial utilization and transformation. *Biol. Fertil. Soils* 36:426–433
- Fortuna A. M., Harwood R. R., Kizilkaya K., Paul E. A. (2003). Optimizing nutrient availability and potential carbon sequestration in an agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 35:1005-1013.
- Fracchia L., Dohrmann A. B., Martinotti M. G., Tebbe C. C. (2006). Bacterial diversity in a finished compost and vermicompost: differences revealed by cultivation-independent analyses of PCR-amplified 16S rRNA genes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71, 942-952
- Fukumoto Y., Osada T., Hanjima D., Haga K. (2003). Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration- effect of compost pile scale. *Bioresource Technology* 89: 109- 114
- Gagnon, B., Lalonde, R. and Fahmy, S.H. (2001) Organic matter and aggregation in a degraded potato soil as affected by raw and composted pulp residue. *Biology and Fertility of Soils* 34, 441-447.
- Gajalakshmi, S., Ramasamy E.V., Abbasi S.A. (2001). Potential of two epigenic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. *Bioresource Technology* 76:177-181.
- Gajalakshmi S., Abbasi SA. (2004). Earthworms and vermicomposting. *Indian Journal of Biotechnology* Vol 3, October 2004, pp 486-494.
- Gallardo-Lara F., Nogales R. (1987). Effect of the application of town refuse compost on the soil-plant system: a review. *Biological Wastes*, 19: 35–62.
- Gamal, AR. (2009). Impacts of Compost on Soil Properties and Crop Productivity in the Sahel North Burkina Faso. *American- Eurasian J. Agric. and Envi. Sci*, 6(2): 220 -226

- Garcia-Gomez, A., Bernal, M. P., & Roig, A. (2002). Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource technology*, 83(2), 81-87.
- Garcia, C., Hernandez, T. (1996). Influence of salinity on the biological and biochemical activity of a calcithid soil. *Plant and Soil* 178, 255–263.
- Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F. (1991). The influence of composting on the fertilizer value of an aerobic sewage sludge. *Plant and Soil* 136, 269-272.
- García-Gil J., Plaza C., Soler-Rovira P., Polo A. (2000). Long-Term Effects of Municipal Solid Waste Compost Application on Soil Enzyme Activities and Microbial Biomass. *Soil Biology and Biochemistry*. 32. 1907-1913. 10.1016/S0038-0717(00)00165-6.
- Garcia, C., T. Hernandez, J.A. Pascual, J.L. Moreno, M. Ros. (2000). Microbial activity in soils of SE Spain exposed to degradation and desertification processes. p. 93–143. In C. Garcia and M.T. Hernandez (ed.) *Research and perspectives of soil enzymology in Spain*. CEBAS-CSIC, Spain.
- Gardiner DT., Miller RW. (2008). *Soils in our environment*. New Jersey: Pearson Education Ltd.
- Ghasha.S., Goswamiaj.JA., Pramanika. K.G.P. (2018). Quantifying the relative role of phytase and phosphatase enzymes in phosphorus mineralization during vermicomposting of fibrous tea factory waste. *Ecological Engineering* 110, 97- 108
- Ghosh M., Chattopadhyay G. N., Baral K. (1999). Transformation of phosphorous during vermicomposting. *Bioresource Technology* 69: 149-154.
- Giusquiani, F. L., M. Fagliari, G. Gigliotti, D. Businelli and A. Benetti (1995). Urban waste compost: effects on physical, chemical, and biochemical soil properties. *J. Environ. Qual*, 24: 175-182.
- Gopinath KA, Saha S, Mina BL, Pande H, Srivastva AK, Gupta HS. (2009). Bell pepper yield and soil properties during conversion from conventional to organic production in Indian Himalayas. *Scientia Horticulturae*, 122, 339–345. doi: 10.1016/j.scienta.2009.05.016.
- Goulet, E., Dousset, S., Chaussod, R., Bartoli, F., Doledec, A.F., Andreux, F. (2004). Water-stable aggregates and organic matter pools in a calcareous vineyard soil under four soil-surface management systems. *Soil Use and Management*, 20, 318– 324.
- Goyal, S., M.M. Mishra, S.S. Dhankar, K.K. Kapoor, R. Batra. (1993). Microbial biomass turnover and enzyme activities following the application of farmyard manure to field soils with and without previous long-term applications. *Biol. Fertil. Soils* 15:60–64.
- Gray KR, Sherman K, 1969. *Accelerated Composting of Organic Wastes*. Birmingham University Chemical Engineering 20:64-74.
- Gregorich, E. G., Monreal, C. M., Schnitzer, M., Schulten, H.-R. (1996). Transformation of plant residues into soil organic matter: chemical characterization of plant tissue, isolated soil fractions, and whole soils. *Soil Sci.*, 161: 680–693.
- Haddad G, El-Takach T, El-Ali F, Mouneimne AH. (2015). Impact of Olive Mill Wastewater (OMWW) on Young Olive Trees Growth and Soil. *International Journal of Environment* 4(1): 121-139.
- Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Composting*. Boca Raton, FL: Lewis.
- HeenaKauser ve MeenaKhwairakpam (2021). Organic waste management by two-stage composting process to decrease the time required for vermicomposting. *Environmental Technology & Innovation* Volume 25, February 2022, 102193

<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102193>

- Hepşen Türkay, F.Ş. (2010). Fındık zurufu ve arıtma çamurunun solucanlar ile (*Eisenia foetida*) kompostlanması elde edilen vermikompostun sera ve tarla koşullarında toprakların biyolojik özelliklerinde meydana getirdiği etkilerin belirlenmesi (2010) basılmamış doktora tezi. SAMSUN.
- Hernandez A, Castillo H, Ojeda D, Arras A, Lopez J, Sanchez E. (2010). Effect of Vermicompost and compost on Lettuce Production. *Chilean J. Agric. Res.* 70(4):585-589.
- Hınıslı, N., 2014. Vermikompost gübresinin kıvrıkcık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerle karşılaştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 50 s.
- Huang K., Zhang Y., Xu J., Guan M., Xia H. (2021). Feasibility of vermicomposting combined with room drying for enhancing the stabilization efficiency of dewatered sludge. *Waste Management* Volume 143, 15 April 2022, Pages 116-124 <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.026>
- Hubbe, M.A., Nazhad, M., Sánchez, C. (2010). Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: A review. *BioResources*, 5, 4, pp. 2808-2854.
- Hussein EAA., Elbaalawy AM., Hamad MM. (2019). Chemical Properties of Compost in Relation to Calcareous Soil Properties and Its Productivity of Wheat. *Egypt. J. Soil. Sci.* Vol. 59, No. 1, pp. 85-97.
- Imbeah, M. (1998). Composting piggery waste. *Bioresource Technology* 63:197-203
- Iannotti, D. A., Grebus, M. E., Toth, B. L., Madden, L. V., Hoitink, A. J. (1994). Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. *Journal of Environmental Quality*, 23, 1177-1183.
- Inbar, Y., Hadar, Y., Chen Y. (1993). Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *Journal of Environmental Quality*, 22, 857-863.
- Iglesias Jimenez, E., Pérez García, V., Fernández Falcón, M. (1986). The agronomic value of the sewage sludge of Tenerife Composting. *Agricultural Wastes*, 17, 119-130
- Iqbal MK, Shafiq T, Ahmed K, 2010. Effect of different techniques of composting on stability and maturity of municipal solid waste compost. *Environmental Technology* 31 (2): 205–214.
- Jamil, M., Qasim, M., Umar, M., Subhan, A. (2004). Impact in organic wastes (bagasse ash) on the yield of wheat (*Triticum aestivum*) in a calcareous soil. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6 (3), 468-470.
- Jordao, C. P., Nascentes, C. C., Cecon P. R., Fontes R. L., Pereira J. L. (2006). Heavy metals availability in soil amended with composted urban solid wastes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 112: 309–326
- Kacar, B. (1997). Gübre Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1490, Ders Kitabı: 449, Ankara.
- Katakula AAN., Handura B., Gawanab W., Itanna F., Mupambwa HA. (2021). Optimized vermicomposting of a goat manure-vegetable food waste mixture for enhanced nutrient release. *Scientific African* Volume 12, July 2021, 00727.
- Khalighi, A., Padasht Dehkaei, M.N. (2000). The effect of media produced by Tree Bark, Tea Waste, Rice Hull and Azolla as a substitute for peat, on growth and flowering of Marigold (*Tagetes patula* L. "Golden Boy"). *Iranian J. Agri. Sci.* 31 (3):557-565

- Khoshgofarmanesh A., Kalbasi M. (2002). Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33(13-14):2011-2020. DOI: 10.1081/CSS-120005745
- Kızılkaya, R. (2008). Dehydrogenase activity in *Lumbricus terrestris* casts and surrounding soil affected by addition of different organic wastes and Zn . *Bioresource Technology* 99,946- 953
- Kızılkaya, R., Hepşen, Ş. (2007). Microbiological properties in earthworm cast and surrounding soil amended with various organic wastes. *Communications in soil science and plant analysis*, 38(19-20), 2861-2876.
- Kızılkaya R., Hepşen Türkay F.Ş, Türkmen C., Durmuş M. (2012). Vermicompost effects on wheat yield and nutrient contents in soil and plant. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(1), 175-179.
- Kızılkaya R., Hepşen Türkay F.Ş. (2014). Vermicomposting of Anaerobically Digested Sewage Sludge with Hazelnut Husk and Cow Manure by Earthworm i *Eisenia foetida* i title. *Compost Science & Utilization*, 22(2), 68-82
- Kim JK, Oh BR, Chun YN, Kim SW. (2006). Effects of temperature and hydraulic retention time on anaerobic digestion of food waste. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 102, 328–332. doi: 10.1263/jbb.102.328.
- Kluge R. (2006). Key benefits of compost use for the soilplant system. In: *Ecologically Sound Use of Biowaste in the EU*; Brussels, 31 May – 1 June 2006
- Kumar, A.C. (1994). State of the art report on vermiculture in India, Council for Advancement of Peoples Action and Rural Technology (CAPART), New Delhi.
- Kumar Srivastava, P., Singh, P. C., Gupta, M., Sinha, A., Vaish, A., Shukla, A., Singh, N., Krishna Tewari, S. (2011). Influence of earthworm culture on fertilization potential xx and biological activities of vermicomposts prepared from different plant wastes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 420-429.
- Kutzner, H. J. (2000). Microbiology of composting. In: *Biotechnology* (Rehm HJ, Reed G. eds.) Vol. 11c: Environmental Processes III, Weinheim: Wiley-VCH pp. 35–100.
- Laila K., Ali M. (2011). Significance of Applied Cellulose Polymer and Organic Manure for Ameliorating Hydrophysico-chemical Properties of Sandy Soil and Maize Yield. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6): 23-35
- Lal R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304: 1623–1627.
- Lee, J.J, Park, R.D., Kim, Y.W., Shim, J.H., Chae, D.H., Rim, Y.S., Sohn, B.K., Kim, T.H., Kim, K.Y. (2004). Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. *Bioresource Technol.* 93:21-28
- Leinweber, P., Reuter, G. (1992). The influence of different organic fertilization practices on concentrations of organic carbon and total nitrogen in particle-size fractions during 34 years of a soil formation experiment in loamy marl. *Biol. Fertil. Soils*, 13: 119–124.
- Leinweber, P., Blumensteins, O., Schulten, H.R. (1996). Organic matter composition in sewage farm soils: Investigations by ¹³C-NMR and pyrolysis-field ionization mass spectrometry. *Eur. J. Soil Sci.*, 47: 71-80.
- Leroy, B.L.M.M., Bommele, L., Reheul, D., Moens, M., De Neve, S. (2007). The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: Effects on soil fauna and yield. *European Journal of Soil Biology*, 43, pp. 91-100.

- Liang, Y., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W., Jiang, Y. (2005). Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology & Biochemistry* 37, 1185–1195.
- Lima G., Diana LD., Santos MS., Scherer WH., Schneider JR., Duarte CA., Santos, B. H. E., Esteves IV. (2009). Effects of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. *Geoderma*, 150: 38-45
- Lou Z., Sun Y., Zhou X., Baig S.A., Hu B., Xu X. (2017). Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil, *Geoderma*, 307, 30-37.
- Madeleine I., Peter S., Tim T., Tom V. (2005). *Agrodok no. 8: The preparation and use of compost*. Agromisa Foundation, Wageningen.
- Mago M., Gupta R., Yadav A., Garg VK. (2021). Sustainable treatment and nutrient recovery from leafy waste through vermicomposting. *Bioresource Technology* Volume 347, March 2022, 126390. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126390>
- Mahaly M., Senthilkumar AK., Arumugam S., Kaliyape-rumal C., Karupannan N. (2018). Vermicomposting of Distillery Sludge Waste With Tea Leaf Residues Sustainable Environment Research. 28 (2018)223–227 DOI: 10.1016/j.serj.2018.02.002
- Mando A. (1998). Soil-dwelling termites and mulches improve nutrient release and crop performance on Sahelian crusted soils. *Arid Soil Res. Rehab.* 12, 153–164
- Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G. & Ranganathan, L.S. (2009). *Journal of Environmental Biology*, 30, pp. 275-281.
- Marin, J.A. (2004). *Biorremediación, mediante técnicas biológicas, de hidrocarburos contenidos en lodos de refinera. Experiencias en Clima Semiarido*. PhD Thesis, Murcia University.
- Marinari, S., Masciandaro G., Ceccanti B., Grego S. (2000). Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties, *Bioresour. Technol.*, 72: 9-17.
- Martínez-Blanco J., Lazcano C., Christensen T.H., Muñoz P., Rieradevall J., Møller J., Antón, A., Boldrin A. (2013). Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 4, pp. 721-732.
- Martins O., Dewes T. (1992). The loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. *Bioresource Technology* 42: 103-111.
- Masciandaro, G., Ceccanti B., Benedicto H.C.S., Cook F. (2004). Enzyme activity and C and N pools in soil following application of mulches. *Can. J. Soil Sci.* 84:19–30.
- Masciandaro, G., Ceccanti B. (1999). Assessing soil quality in different agro-ecosystems through biochemical and chemico-structural properties of humic substances. *Soil Tillage Res.* 51:129–1
- Masciandaro, G., Ceccanti, B., Benedicto, S., Lee, H. (2001). Humic substances to reduce salt effect on plant germination and growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33, 3–4.
- Masciandaro, G., Ceccanti B., Benedicto H.C.S., Cook F. (2004). Enzyme activity and C and N pools in soil following application of mulches. *Can. J. Soil Sci.* 84:19–30
- Mastouri, F., Hassandokht, M.R., Dehkaei, M.N. (2005). The effect of application of agricultural waste compost on growing media and greenhouse lettuce yield. *Acta Horticulturae*. 697. 153-158. [10.17660/ActaHortic.2005.697.18](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.697.18).
- McConnell, D., Shiralipour, A., & Smith, W. (1994). *Compost impact on soil/plant properties. Composting source separated organics*. JG Press, Inc., Emmaus, PA.

- Mohee, R. (2007). Waste management opportunities for rural communities: Composting as an effective waste management strategy for farm households and others. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Mondini, C., Cayuela, M. L., Sinicco, T., Cordaro, F., Roig, A. and Sánchez-Monedero, M. A. (2007). Greenhouse gas emissions and carbon sink capacity of amended soils evaluated under laboratory conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 39: 1366-1374.
- Mohammad H.G., Denney M.J., Iyekar C. (2004). Use of Composted Organic Wastes as Alternative to Synthetic Fertilizers for Enhancing Crop Productivity and Agricultural Sustainability on the Tropical Island of Guam. 13th International Soil Conservation Organization Conference – Brisbane, July 2004
- Muhammad, S., Müller, T., Joergensen, R.G. (2008). Relationships between soil biological and other soil properties in saline and alkaline arable soils from the Pakistani Punjab. *Arid Environ.* 72, 448-457
- Mwiti Mutegi, E., Biu Kung'u, J., Mucheru-Muna, Pypers, P., Njiru Mugendi, D. (2012). Complementary effects of organic and mineral fertilizers on maize production in the smallholder farms of Meru South District, Kenya. *Agricultural Sciences*, 3, 2, pp. 221-229.
- Nada W.M.A. (2011). Wood Compost Process Engineering, Properties and Its Impact on Extreme Soil Characteristics. Ph.D. Thesis, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Potsdam University, German.
- Naeem M.A., Khalid M., Aon M., Abbas G., Amjad M., Murtaza B., Khan W., Ahmad N. (2018). Combined application of biochar with compost and fertilizer improves soil properties and grain yield of maize, *Journal of Plant Nutrition*, 41:1, 112-122, DOI: 10.1080/01904167.2017.1381734
- Nagavallema, K. P., Wani, S. P., Lacroix, S., Padmaja, V. V., Vineela, C., Babu Rao, M., Sahrawat, K. L. (2004). Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agrosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 20 pp
- Nannipieri, P., Grego, S., Ceccanti, B. (1990). Ecological significance of the biological activity in soil. In: Bollag, J.M., Stotzky, G. (Eds.), *Soil Biochemistry*, vol. 6. Dekker, New York, pp. 293-355
- Nardi, S., Morari, F., Berti, A., Tosoni, M. and Giardini, L. (2004). Soil organic matter properties after 40 years of different use of organic and mineral fertilizers. *Eur. J. Agron.*, 21: 357– 367
- Negassa, W., Abera, T., Friesen, D.K., Deressa, A., Dinsa, B. (2001). Evaluation of compost for maize production under farmers' conditions. Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference, pp. 382-386.
- Negassa, W., Gebrekidan H., Friesen, D.K. (2005). Integrated Use of Farmyard Manure and NP fertilizers for Maize on Farmers' Fields. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 106, 2, pp. 131–141.
- Negassa, W., Getaneh, F., Deressa, A., Dinsa, B. (2007). Integrated Use of Organic and Inorganic Fertilizers for Maize Production. *Tropentag*.
- Negro, M. J., Solano, M. L., Ciria, P., Carrasco, J. (1999). Composting of sweet sorghum bagasse with other wastes. *Bioresource Technology*, 67, 89-92
- Neilsen, G. H., Hogue, E. J., Neilsen, G. H. (1998). Evaluation of organic wastes as soil amendments for cultivation of carrots and chard on irrigated sandy soils. *Can. J. Soil Sci.*, 78: 217–225.

- Nielsen, H., Berthelsen, L. (2002). A model for temperature dependency of thermophilic composting process rate. *Compost Science & Utilization* 10 (3): 249-257.
- Nogales, R., Cifuentes C., Benítez E. (2005). Vermicomposting of winery wastes: A laboratory study. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 1234:659-573.
- Obi, M. E., Ebo, P. O. (1995). The Effects of Organic and Inorganic Amendments on Soil Physical Properties and Maize Production in a Severely Degraded Sandy Soil on Southern Nigeria. *Bioresour. Technol.*, 51: 117-123
- Ogbonna, D.N., Isirimah, N.O., Princewill, E. (2012). Effect of organic waste compost and microbial activity on the growth of maize in the utisoils in Port Harcourt, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 11, pp. 12546-12554
- Olowoake, A.A., Osunlola O.S., Oj J.A. (2018). Infuence of compost supplemented with jatropha cake on soil fertility, growth, and yield of maize (*zea mays* L.) in a degraded soil of Ilorin, Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 7:67–73 <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0192-4>
- Orozco FH., Cegarra J., Trujillo LM. , Roig A. (1996). Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biol. Fert. Soils*, 22: 162-166.
- Ouedraogo E., Mando N., Zombre P. (2001). Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.* 84: 259-266.
- Padasht Dehkaei, M.N. (1998). Investigation of some physical and chemical properties of compost for application in greenhouse cropping system. M.Sc. Diss. University of Tehran. Pp. 100.
- Padmavathiamma, P. K., Li, L. Y., Kumari, U. R. (2008). An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. [10.1016/j.biortech.2007.04.028]. *Bioresource Technology*, 99.
- Pagliai, M., Guidi, G., La Marca, M., Giachetti, M. and Lucamante, G. (1981) Effects of sewage sludge and composts on soil porosity and aggregation. *Journal of Environmental Quality* 4, 556-561.
- Pascual, J.A., Hernandez T., Garcia C., Ayuso M. (1998). Enzymatic activities in an arid soil amended with urban organic wastes: Laboratoty experiment. *Bioresour. Technol.* 64:131–138.
- Pattanayak, S. K., K. N. Mishra, K. N. Jena and R. K. Nayak (2001). Evaluation of green manure crops fertilized with various phosphorus sources and their effect on subsequent rice crop. *J.Indian Soc. Soil Sci.*, 49(2): 285-291.
- Paul M. (2003). Long-term effects of manure compost and mineral fertilizers on soil biological activity as related to soil structure and crop yield. In: Amlinger F, Nortcliff S, Weinfurtner K, Dreher P., 2003c. Applying Compost – Benefits and Needs, Proc. of a seminar 22 – 23 November 2001, BMLFUW, European Commission, Vienna and Brussels.
- Paul, E.A., Clarck F.E. (1989). Reduction and transport of nitrate. p. 81–85. In *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, New York.
- Pedra, F., Polo, A., Ribeiro, A., Domingues, H. (2007). Effects of municipal solid waste compost and sewage sludge on mineralization of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 39, 1375e138
- Piccolo, A., Spaccini, R., Nieder, R., Richter, J. (2004). Sequestration of a biologically labile organic Carbon in soils by humified organic matter. *Clim. Change*, 67: 329-343

- Poincelot, R.P. (1972). The biochemistry and methodology of composting. Connecticut Agriculture Experiment Station Bulletin No.727. 38p
- Pottipati S., Chakma R., Haq I., Kalamdhad AZ. (2022). Composting and vermicomposting: Process optimization for the management of organic waste, Editor(s): Chaudhery Hussain, Subrata Hait, *Advanced Organic Waste Management*, Elsevier, 2022, Pages 33-43, ISBN 9780323857925, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85792-5.00015-0>.
- Quintern M, Lein M, Joergensen RG. (2006). Changes in soil – biological quality indices after long-term addition of shredded shrubs and biogenic waste compost. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169, 488–493. doi: 10.1002/jpln.200521801.
- Ramos RF., Santana NA., Andrade N., Romagna IS., Tirloni B., Silveira AP., Domínguez J., Jacques RJS (2022). Vermicomposting of cow manure: Effect of time on earthworm biomass and chemical, physical, and biological properties of vermicompost. *Bioresource Technology*, Volume 345, 2022, 126572, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126572>.
- Ranjbar M., Sadeghnejadtalouki Gh., Ghajar Sepanlou M., Sadegh-Zadeh F., Bahmanyar M.A. (2016). Effects of long-term municipal waste compost application on the concentrations of macro elements and yield of rice. *Int. J. Hum. Capital Urban Manage.*, 1(4): 243-252. DOI: 10.22034/ijhcum.2016.04.002
- Rao, S., A. Rao S., Takkar, P. N. (1996). Changes in different forms of K under earthworm activity. National Seminar on Organic Farming and Sustainable Agriculture, India, pp. 9-11.
- Reddy MV., Ohkura K. (2004). Vermicomposting of rice-straw and its effects on sorghum growth. *Tropical Ecology* 45, (2), 327-331.
- Rékási M., Mazsu N., Draskovits E., Bernhardt B., Szabó A., Rivier P., Farkas C., Borsányi B., Pirkó B., Molnár S., Kátay G., Uzinger N. (2019). Comparing the agrochemical properties of compost and vermicomposts produced from municipal sewage sludge digestate. *Bioresource Technology*, Volume 291, 121861 ISSN 09608524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121861>.
- Rietz, D.N., Haynes, R.J. (2003). Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 845–854
- Rivero C., Tait C., Ma L.Q., Martinez G. (2004). Influence of compost on soil organic matter quality under tropical conditions. *Geoderma* 123(3-4):355-361
- Rodriguez-Vila A, Asensio V, Forjan R, Covelo EF (2016). Carbon fractionation in a mine soil amended with compost and biochar and vegetated with *Brassica juncea* L. *Journal of Geochemical Exploration*, 169, 137–143. doi: 10.1016/j. gexplo.2016.07.021.
- Ros, M., Klammer, S., Knapp, B., Aichberger, K. and Insam, H. (2006). Long-term effects of compost amendment of soil on functional and structural diversity and microbial activity. *Soil Use Manage.*, 22: 209–218
- Rupani P.F., Ibrahim, M., Ismail, Ahmed S. (2013). Vermicomposting biotechnology: Recycling of palm oil mill waste into valuable products. *International Journal of recycling of organic waste in agriculture*. 2. 10.1186/2251-7715-2-10.
- Romkens, P. F., Bril J., Salomons W. (1996). Interaction between Ca²⁺ and dissolved organic carbon: implications for metal mobilization. *Applied Geochemistry*, 11: 109–115.
- Saha S., Mira BL., Gopinath KA., Kundu S., Gupta, HS. (2008). Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rate of organic composts in field crops. *Bioresource Technology*, 99:1750-1757.
- Saison, C., Degrange, V., Oliver, R., Millard, P., Commeaux, C., Montange, D., Le Roux, X. (2006). Alteration and resilience of the soil microbial community following compost

- amendment: effects of compost level and compost-borne microbial community. *Environ. Microbiol.*, 8: 247–257.
- Sánchez-Monedero, M. A., Cayuela, M. L., Mondini, C., Serramia, N., Roig, A. (2008). Potential of olive mill wastes for soil carbon sequestration. *Waste manage.* 28: 767-77
- Savala CEN., Omare MN., Woomer, PL. (2003). *Organic Resource Management in Kenya: Perspectives and Guidelines*. Nairobi: Forum for Organic Resource Management and Agricultural Technologies.
- Scherr, S. J. and Sthapit, S. (2009). Farming and land use to cool the planet. In: Starke, L. (Ed.), *State of the World 2009: Into a Warming World*. Worldwatch Institute, WashinPgon, DC, pp. 30–49
- Schulten, H.R., Leinweber, P. (1991). Influence of long-term fertilization with farmyard manure on soil organic matter: Characteristics of particle size fractions. *Biol. Fertil. Soils*, 12: 81- 88
- Scott, N.A., Cole, C.V., Elliott, E.T., Huffman, S.A. (1996). Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 60, 1102–1109
- Seran TH, Srikrishnah S., Ahamed MMZ. (2010). Effect of different levels of inorganic fertilizers and compost as basal application on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *The Journal of Agricultural Sciences*, 2010, vol. 5, no 2: 64-70
- Sharma, S.K., Kerala, N., Singh, G.R., Kalra, N. (2001). Fly ash incorporation effect on the soil healt and yield of maize and rice. *Journal Scientific and Industrial Research* 60, 580-585.
- Sharpley, A.N., Rekolainen, S. (1997). Phosphorus in agriculture and its environmental implications. In: H. Tunney, O.T. Caton, P.C. Brookes and A.E. Johnston (eds.) *Phosphorus loss from soil to water*. CAB International, Wallingford, UK, pp 1-53.
- Sharpley, A. N., Syres J. K. (1977). Seasonal variations in casting activity and in the amounts and release to solution of phosphorous forms in earthworm casts. *Soil Biol. Biochem.*, 9: 227-231.
- Singh S., Sinha RK. (2022). Vermicomposting of organic wastes by earthworms: Making wealth from waste by converting ‘garbage into gold’ for farmers. *Advanced Organic Waste Management 2022*, Pages 93-120. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85792-5.00004-6>
- Singh, M., Singh V. P., Reddy, K. S. (2001). Effect of Integrated use of fertilizer nitrogen and Farmyard manure or Green manure on transformation of N, K and S and productivity of ricewheat. *Journal of the Indian Society of Soil Science*.
- Singh, S., Singh R. N., Prasad J., Kumar B. (2002). Effect of green manuring, FYM and biofertilizer in relation to fertilizer nitrogen on yield and major nutrient uptake by upland rice. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 50 (3): 313-314.
- Singh A., Sharma S. (2002). Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology* 85: 107-11.
- Smiciklas, K. D., P. M. Walker and P. M. Kelley (2002). *Utilization of Compost (Food, Paper, Landscape and Manure) in Row Crop Production*. Department of Agriculture and Health Sciences, Illinois State University, US.
- Smith, D.C., Beharee, V., Hughes, J.C. (2001). The effects of composts produced by a simple composting procedure on yield of swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *flavescens*) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus*). *Scientia Hort.* 91:391-406

- Soheil R, Hossien M H, Gholamreza S, Leila H, Mozhdeh J., Hassan E. (2012). Effects of Composted municipal waste and its Leachate on Some Soil Chemical Properties and Corn Plant Responses. *Int. Journal of Agriculture: Research and Review*. Vol., 2 (6), 801-814.
- Stewart, C. E., Neff, J. C., Amatangelo, K. L., Vitousek, P. M. (2011). Vegetation Effects on soil organic matter chemistry of Aggregate Fractions in a Hawaiian Forest. *Ecosystems*, 14: 382–397
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry. Genesis Composition Reaction*, 2nd ed. John Wiley. New York.
- Sundberg C, Smars S, Jönsson H, 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology* 95: 145–150.
- Swarup, A., Yaduvanshi, N. P. S. (2000). Effect of Integrated nutrient management on soil properties and yield of rice in Alkali soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 48 (2): 279-282
- Swift, M.J., Palm, C.A. (2000). Soil fertility as an ecosystem concept: A paradigm lost or regained? In: *Accomplishments and changing paradigm towards the 21st Century*.
- Tayebbeh A, Abass A., Seyed AK. (2010). Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. *Australian Journal of Crop Science (AJCS)* 4(6):384-389.
- Taylor, J. P., Wilson, B., Mills, M. S., & Burns, R. G. (2002). Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(3), 387-401.
- Tejada M., Garcia C., Gonzalez J.L., Hernandez M.T. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry* Volume 38, Issue 6, June 2006, Pages 1413-1421.
- Tejada M., Gonzalez J.L. (2007). Application of Different Organic Wastes on Soil Properties and Wheat Yield. *Agron. J. Waste Management*, 99:1597–1606.
- Tejada, M., Hernandez, M.T., Garcia, C. (2009). Soil restoration using composted plant residues: effects on soil properties. *Soil Till. Res.* 102, 109e117.
- Tohumcu, F., Aydın, A. 2016. Zeytinyağı fabrikası atık uygulamalarının toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 47:1, 35-44, ISSN : 1300-9036.
- Trevors, J.T. 1986. Electron transport system: Activity in soil, sediment and pure culture. *Crit. Rev. Microbiol.* 11:83–99.
- Turp GA., Turp S.M., Özdemir S., Yetilmezsoy K. (2021). Vermicomposting of biomass ash with bio-waste for solubilizing nutrients and its effect on nitrogen fixation in common beans. *Environmental Technology & Innovation*. Volume 23, August 2021, 101691.
- Turrión M.B., Lafuente F., Mulas R., López O., Ruipérez C., Pando V. (2010). Effects on soil organic matter mineralization and microbiological properties of applying compost to burned and unburned soil. *Journal of Environmental Management*, p.1-5.
- Van Assche, C., Uytendaele, P. (1982). Demand supply and application possibilities of domestic waste compost in agriculture and horticulture. *Agricultural Wastes* 4, 203-212.
- Verdonck, O., De Vleeschauwer, D., Penninck, R. (1983). CocoFiber dust, a new growing medium for plants in the tropics. *Acta Hort.* 133:215-220
- Verma, V. K., Setia, R. K. Sharma P. L., Charanjit S., Kumar A. (2005). Pedospheric Variations in distribution of DPTA – extractable micronutrients in soils developed on

- different physiographic units in central parts of Punjab, India. *Int. J. Agric. Biol.*, 7(2): 243 – 246
- Vinceslas-Akpa, M., Loquet, M. (1997). Organic matter translocations in lignocellulosic waste products composted or vermicomposted (*Eisenia fetida* Andrei): Chemical analysis and ¹³C CPMAS NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 751-758.
- Vivas, A., Moreno, B., Garcia-Rodriguez, S. and Benitez, E. (2009). Assessing the impact of composting and vermicomposting on bacterial community size and structure, and microbial functional diversity of an olive-mill waste, *Bioresource Technology*, 100, 1319-1326
- Walker, D. J., R. Clemente, A. Roig, M. P. Bernal (2003). The effects of soil amendments on heavy metal bioavailability in two contaminated Mediterranean soils. *Environ. Pollut.*, 122: 303–312.
- Wang J, Zhu B, Zhang J, Muller C, Cai Z. (2015). Mechanisms of soil N dynamics following long-term application of organic fertilizers to subtropical rain-fed purple soil in China. *Soil Biology and Biochemistry*, 91, 222–231. doi: 10.1016/j. soilbio.2015.08.039.
- Weber, J., Karczewska, A., Drozd, J., Licznar, M., Jamroz, E. and Kocowicz, A. (2007). Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biol. Biochem.*, 39: 1294–1302
- Wen, G., Winter, J.P., Voroney, R.P., Bates, T.E. (1997) Potassium availability with application of sewage sludge and sludge and manure composts in field experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 47, 233-241.
- Westerveld S.M., McDonald M.R., McKeown A.W., Scott-Dupree C.D. (2003). Optimum nitrogen fertilization of summer cabbage in Ontario. *Acta Hort.* 627:211- 215
- Wild, A. (1993). *Soils and the Environment. An Introduction.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wu, L., Ma, LQ., Martinez G A. (2000). Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *J. Environ. Qual.*, 29: 424-429
- Yaduvanshi, N. P. S. (2001). Effect of five years of rice-wheat cropping and NPK fertilizer use with and without organic and green manures on soil properties and crop yields in a reclaimed sodic soil. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 49(4): 714-719.
- Yakushev A. V., Blagodatsky S. A., Byzov B.A. (2009). The effect of earthworms on the physiological state of the microbial community at vermicomposting. *Microbiology* 78 (4), 510–519.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, Z. (2009). Organik materyal (elma posası) uygulamasının toprağın bazı verimlilik özelliklerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22:2, 233–250
- Zahrán H.H. (1997). Diversity, adaptation and activity of the bacterial flora in saline environments *Biol. Fertil. Soils*, 25, pp. 211-223
- Zaini MD., Saufi M., Wan S. (2021). Recycling of Waste Tea Leaves via Vermicomposting Process and the Effect on Water Spinach Growth. *Kemija u industriji*. 70.10.15255/KUI.2020.065.
- Zantua, M. I., Dumenil, L. C., & Bremner, J. M. (1977). Relationships between soil urease activity and other soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 41(2), 350-352.
- Zhang X, Wu X, Zhang S, Xing Y, Wang R, Liang W. (2014). Organic amendment effects on aggregate-associated organic C, microbial biomass C and glomalin in agricultural soils. *Catena*, 123, 188–194. doi: 10.1016/j.catena.2014.08.011.

- Zhou B., Chen Y., Zhang C., Li J., Tang H., Liu J., Dai J., Tang J. (2021). Earthworm biomass and population structure are negatively associated with changes in organic residue nitrogen concentration during vermicomposting. *Pedosphere*, Volume 31, Issue 3, Pages 433-439, ISSN 1002-0160, [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60089-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60089-3)
- Zimmermann, M., Leifeld, J., Schmidt, M. W. I., Smith, P., Fuhrer, J. (2007). Measured soil organic matter fractions can be related to pools in the RothC model. *Eur. J. Soil Sci.*, 58, 658–667.
- Zucconi, F., De Bertoldi, M. (1987). Composting specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In *Compost: Production, Quality and Use*, ed. M. De Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L'Hermite, and F. Zucconi, 30–51. Elsevier Applied Science, London

7. EKLER

Ek 1. Kompost ve orijinal çay atığının elek analiz değerleri

Elek Açıklığı (mm)	Kompost (g)	%	Orjinal madde	%	Elek Açıklığı (mm)	Kompost (g)	%
	30,98	(100/30,98)*g	30,03	(100/30,03)* g		31,49	(100/31,49)*g
8	3,96	12,78244028	3,76	12,13686249	8	12,38	39,31406796
6	2,35	7,585539057	0	0	6	0,91	2,889806288
4	0,98	3,163331181	0	0	4	0,77	2,445220705
2	9,5	30,66494513	3,28	10,58747579	2	8,14	25,84947602
1	5,37	17,33376372	10	32,27888961	1	4,56	14,48078755
0,50	4,24	13,68624919	6	19,36733376	0,50	2,49	7,90727215
0,25	2,85	9,199483538	3,76	12,13686249	0,25	1,35	4,287075262
<0,25	2,17	7,004519045	2,94	9,489993544	<0,25	1,10	3,493172436

Ek 2. Çay atığı yığının 30 günlük kompostlanma sürecinde yığının iç ve dış nem yüzdesi, pH, EC, %N, %C ve C/N oranındaki değişimler

Tarih	Dış nem (%)	Dış sıcaklık (°C)	İç nem (%)	İç sıcaklık (°C)	pH (1:10)	EC (1:10)	AZOT %	C, %	C/N
11.10.2018	71,6	18,5	70,18	41	6,67	1535	2,48	51,423	20,73
12.10.2018	68,7	16,2	78	55	6,84	1336	2,25	53,741	23,94
13.10.2018	52,8	19,6	77,61	60	6,77	1317	2,25	51,722	22,96
14.10.2018	38,9	24,9	75,0	58	7,71	1018	2,29	51,956	22,71
15.10.2018	49,0	22,7	74,84	55	7,43	1196	2,73	53,042	19,43
16.10.2018	69,9	29,9	75,55	44	8,00	917	2,75	51,278	18,66
17.10.2018	36,9	24,8	73,33	50	7,75	1048	2,76	51,740	18,72
18.10.2018	48,5	24	72,34	44	7,96	1208	2,80	52,985	18,92
19.10.2018	56,6	23,7	70,74	33	7,92	1174	2,55	52,932	20,78
20.10.2018	61,8	21,5	68,14	48	8,17	1135	2,31	52,377	22,66
21.10.2018	59,3	18,4	72,72	34	8,70	1188	2,73	51,89	19,00
22.10.2018	58,6	23	76,16	43	8,49	1114	2,68	52,71	19,66
23.10.2018	62,0	23	80,05	49	8,49	1223	2,63	52,77	20,06
24.10.2018	71,6	18,5	76,6	47	8,50	1381	2,46	52,13	21,19
25.10.2018	68,7	16,2	77,75	47,5	8,57	1110	2,57	51,944	20,18
26.10.2018	52,8	19,6	76,69	51	8,33	1082	2,81	58,005	20,65
27.10.2018	38,9	24,9	78,32	37	8,69	1008	2,86	53,480	18,71
28.10.2018	49,0	22,7	76,84	55	8,61	1169	2,78	54,667	19,70
29.10.2018	69,9	23,9	70,76	46	8,58	971	2,96	51,184	18,30
30.10.2018	36,9	24,8	72,32	47	8,51	1252	3,06	52,76	17,24
31.10.2018	48,5	24,0	68,69	35	8,57	1244	3,11	52,501	16,90
1.11.2018	56,6	23,7	66,7	40	8,46	1215	1,91	52,12	
2.11.2018	61,8	21,5	70,0	48	8,34	1192	2,84	52,43	18,46
3.11.2018	59,3	18,4	68,1	47	8,46	1007	2,80	52,89	18,88
4.11.2018	58,2	20,9	66,38	48	7,56	1347	2,93	51,92	17,72
5.11.2018	58,5	25,1	68,46	38	7,34	1305	2,41	51,84	21,51
6.11.2018	70,2	16,7	67,75	31	7,15	1357	2,72	51,75	19,02
7.11.2018	60,8	32,5	65,54	27	7,30	1506	2,89	51,90	17,95
8.11.2018	63,8	19,2	66,83	26	7,28	1328	3,01	51,33	17,11
9.11.2018	59,4	20,8	65,51	25	7,26	1326	3,12	52,40	16,79
10.11.2018	67,9	20,0	65,16	25	7,21	1316	4,87	51,87	10,65
11.11.2018	70,1	20,6	63,6	24,5	7,21	1362	4,90	51,87	10,45
12.11.2018	68,7	18,0	64,0	27,5	7,19	1464	4,96	51,83	10,44

Ek 3. Sera denemesi sonunda toprakların pH değerlerindeki değişimler

Uygulama	Toprakta pH			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	7.87b	7.87a	7.87a	7.87a
Çay	7.68d	7.67c	7.45e	7.42d
Kompost	7.73c	7.67c	7.61d	7.65b
Vermikompost%0	7.85b	7.8b	7.74b	7.67b
Vermikompost%25	7.85b	7.8b	7.78b	7.68b
Vermikompost%50	7.94a	7.84ab	7.69c	7.57c

Ek 4. Sera denemesi sonunda toprakların EC değerlerindeki değişimler

Uygulama	Toprakta EC			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.52d	0.52c	0.52d	0.52d
Çay	0.59bcd	0.73b	0.87bc	0.91c
Kompost	0.64bc	0.68b	0.82c	0.82c
Vermikompost%0	0.79a	1.02a	1.34a	1.79a
Vermikompost%25	0.68b	0.77b	0.95b	1.33b
Vermikompost%50	0.57cd	0.68b	0.86bc	1.2b

Ek 5. Sera denemesi sonunda toprakların kireç içeriklerindeki değişimler

Uygulama	Toprakta Kireç			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	12.4a	12.4a	12.4a	12.4a
Çay	11.94bc	12.05abc	11.59b	11.45b
Kompost	11.79c	11.62d	11.65b	11.29b
Vermikompost%0	12.08b	11.74cd	11.79b	11.73b
Vermikompost%25	11.8c	11.96bcd	11.72b	11.62b
Vermikompost%50	12.08b	12.31ab	11.5b	11.52b

Ek 6. Sera denemesi sonunda toprakların organik madde miktarındaki değişimler

Uygulama	Toprakta OM			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	1.29d	1.29d	1.29c	1.29e
Çay	2.25b	2.95ab	4.88a	5.11b
Kompost	2.75a	3.29a	4.11b	6.15a
Vermikompost%0	2.11b	2.73bc	3.64b	4.07d
Vermikompost%25	2.06bc	2.39c	3.94b	4.3cd
Vermikompost%50	1.74c	3.31a	4.02b	4.45c

Ek 7. Sera denemesi sonunda toprakların organik C miktarındaki değişimler

Uygulama	Toprakta OC			
	% 1	%2	%4	%6
Kontrol	0.75d	0.75d	0.75c	0.75e
Çay	1.31b	1.71ab	2.83a	2.96b
Kompost	1.59a	1.91a	2.38b	3.56a
Vermikompost%0	1.22b	1.59bc	2.11b	2.36d
Vermikompost%25	1.2bc	1.39c	2.28b	2.49cd
Vermikompost%50	1.01c	1.92a	2.33b	2.58c

Ek 8. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının toplam Azot (N) kapsamı üzerine etkisi

Uygulama	Toprakta azot N (%)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	7.87b	7.87a	7.87a	7.87a
Çay	7.68d	7.67c	7.45e	7.42d
Kompost	7.73c	7.67c	7.61d	7.65b
Vermikompost%0	7.85b	7.8b	7.74b	7.67b
Vermikompost%25	7.85b	7.8b	7.78b	7.68b
Vermikompost%50	7.94a	7.84ab	7.69c	7.57c

Ek 9. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının yarıyırlı/esktrakte edilebilir Fosfor (P) kapsamı üzerine etkisi

Uygulama	Toprakta P (%)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	7.73d	7.73e	7.73d	7.73e
Çay	10.88cd	13.46d	15.5c	19.08d
Kompost	11.97c	15.4d	33.93b	47.85c
Vermikompost%0	21.62ab	29.54b	67.65a	81.93a
Vermikompost%25	24.23a	38.47a	67.46a	73.44b
Vermikompost%50	20.47b	24.68c	36.45b	51.71c

Ek 10. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Sodyum (Na) kapsamı üzerine etkisi

Uygulama	Toprakta Na			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	1.02c	1.02b	1.02e	1.02d
Çay	1.05bc	1.2a	1.16d	1.09d
Kompost	1.11ab	1.09ab	1.15d	1.24cd
Vermikompost%0	1.14a	1.24a	1.47a	2a
Vermikompost%25	1.12ab	1.24a	1.35b	1.52b
Vermikompost%50	1.11ab	1.14ab	1.24c	1.4bc

Ek 11. Sera denemesinde kompost ve vermikompost uygulamasının deneme toprağının Potasyum (K) kapsamı üzerine etkisi

Uygulama	Toprakta K (me/100 g)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.14c	0.14e	0.14d	0.14e
Çay	0.18a	0.25d	0.26c	0.33d
Kompost	0.17a	0.22d	0.37b	0.51c
Vermikompost%0	0.14c	0.16b	0.2a	0.23a
Vermikompost%25	0.15b	0.18a	0.23a	0.26b
Vermikompost%50	0.15bc	0.15c	0.24b	0.33c

Ek 12. Sera denemesi sonunda toprakların kalsiyum miktarındaki değişimler (me/100 g)

Uygulama	Toprakta Ca (me/100 g)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	13.66	13.66a	13.66a	13.66a
Çay	12.84	13.22bc	13.24a	13.59a
Kompost	12.98	12.95cd	13.53a	13.89a
Vermikompost%0	12.59	12.66d	12.41b	12.5b
Vermikompost%25	12.61	12.89cd	12.62b	12.82b
Vermikompost%50	12.7	13.5ab	13.63a	13.69a

Ek 13. Sera denemesi sonunda toprakların magnezyum miktarındaki değişimler (me/100 g)

Uygulama	Toprakta Mg (me/100 g)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	1.55	1.55c	1.55c	1.55d
Çay	2.25	2.23b	2.82a	2.86b
Kompost	2.72	2.38ab	2.57a	2.85b
Vermikompost%0	2.58	2.64a	2.79a	3.52a
Vermikompost%25	2.78	2.57a	2.67a	2.87b
Vermikompost%50	1.98	1.79c	2.08b	2.51c

Ek 14. Sera denemesi sonunda toprakların demir miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprakta Fe (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	7.15	7.15bc	7.15b	7.15bc
Çay	7.54	7.85abc	7.77b	7.78abc
Kompost	7.76	8.08ab	6.75bc	6.74bc
Vermikompost%0	7.96	7.15c	5.57c	5.74c
Vermikompost%25	6.84	7.03c	7.92b	8.49ab
Vermikompost%50	8.63	8.43a	9.35a	9.81a

Ek 15. Sera Denemesi Sonunda Toprakların bakır miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprakta Cu (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	1.79	1.79ab	1.79a	1.79ab
Çay	1.77	1.85ab	1.37b	1.17c
Kompost	1.63	1.48c	1.04c	0.86d
Vermikompost %0	1.96	1.89a	1.81a	1.96a
Vermikompost %25	1.69	1.61bc	1.65a	1.65b
Vermikompost %50	1.86	1.67abc	1.62ab	1.54b

Ek 16. Sera denemesi sonunda toprakların mangan miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprakta Mn (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	7.53ab	7.53b	7.53bc	7.53bc
Çay	8.58a	10.33a	11.75a	12.67a
Kompost	7.55ab	9.05a	8.48b	10.29ab
Vermikompost%0	7.18ab	6.58bc	5.77cd	7.52bc
Vermikompost%25	5.67c	4.95d	5.01d	6.37c
Vermikompost%50	7bc	6.1cd	8bc	9.87ab

Ek 17. Sera denemesi sonunda toprakların çinko miktarındaki değişimler (mg/kg)

Uygulama	Toprakta Zn (mg/kg)			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.52	0.52	0.52d	0.52d
Çay	0.73	1.89	0.84d	0.95cd
Kompost	0.86	0.99	1.19c	1.46c
Vermikompost%0	1.58	2.39	2.93b	3.98b
Vermikompost%25	2.89	2.22	3.53a	5.72a
Vermikompost%50	1.14	5.06	2.93b	4.12b

Ek 18. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin mikrobiyal biyomas C (Cmic) seviyelerindeki değişimler.

Uygulama	Toprak Cmic			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	14.73d	14.73d	14.73c	14.73d
Çay	34.52a	43a	59.95a	65.28a
Kompost	26.35b	27.02bc	32.17b	43.41b
Vermikompost%0	19.44bcd	25.89bc	32.9b	28.16c
Vermikompost%25	24.29bc	30.69b	29.59b	31.07c
Vermikompost%50	17.38cd	19.37cd	26.53b	29.53c

Ek 19. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin bulunduğu saksılardan alınan toprak örneklerinin CO₂ seviyelerindeki değişimler.

Uygulama	Toprakta CO ₂			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	0.33b	0.33c	0.33e	0.33d
Çay	0.55a	0.67b	1.16d	1.65c
Kompost	0.6a	0.78ab	1.32c	2.17b
Vermikompost%0	0.54a	0.78ab	1.44b	2.15b
Vermikompost%25	0.5a	0.89a	1.63a	2.32ab
Vermikompost%50	0.52a	0.8ab	1.62a	2.42a

Ek 20. Sera denemesi sonunda hasat edilen buğday bitkisinin tane verimleri (g/saksı).

Uygulama	Verim			
	%1	%2	%4	%6
Kontrol	8.31cd	8.31d	8.31f	8.31d
Çay	9.86bc	16.11b	26.71b	26.71b
Kompost	17.02a	23.24a	37.4a	37.4a
Vermikompost%0	8.83bc	10.17c	16.49e	16.49c
Vermikompost%25	10.37b	11.79c	19.21d	19.21c
Vermikompost%50	9.35bc	11.36c	18.48c	18.48c

Ek 21. Verim değerlerine ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	2358.101	159.0457	<.0001
Doz	3	1073.186	120.6378	<.0001
Uygulama x Doz	15	437.902	9.845	<.0001
Hata	46	136.404	2.965	

Ek 22. 1000 tane ağırlığı değerlerine ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	245.8862	15.0236	<.0001
Doz	3	119.5774	12.177	<.0001
Uygulama x Doz	15	110.0894	2.2422	0.0184
Hata	46	150.57		

Ek 23. Sap Verim Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	3337.52	64.94	<.0001
Doz	3	1560.02	50.59	<.0001
Uygulama x Doz	15	888.80	5.77	<.0001
Hata	46	6280		

Ek 24. Tanede Fe Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	290.23088	37.0817	<.0001
Doz	3	42.53267	9.0571	<.0001
Uygulama x Doz	15	215.40049	9.1736	<.0001
Hata	46	72.001		

Ek 25. Tanede Cu Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	41.375732	110.2231	<.0001
Doz	3	10.474723	46.5070	<.0001
Uygulama x Doz	15	51.328848	45.5792	<.0001
Hata	46	3.45		

Ek 26. Tanede Zn Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	989.69969	22.2813	<.0001
Doz	3	38.80877	1.4562	0.2389
Uygulama x Doz	15	286.26341	2.1482	0.0240
Hata	46	408.65		

Ek 27. Tanede Mn Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	150.44735	36.6855	<.0001
Doz	3	55.81678	22.6842	<.0001
Uygulama x Doz	15	460.41460	37.4229	<.0001
Hata	46	37.73		

Ek 28. Tanede Ca Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	0.00027626	47.0490	<.0001
Doz	3	0.00008855	25.1340	<.0001
Uygulama x Doz	15	0.00073689	41.8330	<.0001
Hata	46	0.000054		

Ek 29. Tanede Mg Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	0.00072535	11.5080	<.0001
Doz	3	0.00027815	7.3550	0.0004
Uygulama x Doz	15	0.00235991	12.4803	<.0001
Hata	46	0.00057		

Ek 30. Tanede P Değerlerine Ait Varyans Tablosu Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	0.00825568	20.0629	<.0001
Doz	3	0.00265032	10.7347	<.0001
Uygulama x Doz	15	0.02153378	17.4438	<.0001
Hata	46	0.0037		

Ek 31. Tanede K Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	0.02485301	48.1213	<.0001
Doz	3	0.01703998	54.9890	<.0001
Uygulama x Doz	15	0.03319441	21.4241	<.0001
Hata	46	0.0047		

Ek 32. Tanede N Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Karelerin toplamı	F değeri	Önem düzeyi
Uygulama	5	2.2912595	716.8126	<.0001
Doz	3	0.7163478	373.5116	<.0001
Uygulama x Doz	15	0.8223319	85.7546	<.0001
Hata	46	0.0294		

ÖZGEÇMİŞ

Songül RAKICIOĞLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü'nde lisans eğitimini tamamladı. Ardından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimini bitirdi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim dalında doktora eğitimine devam etmektedir. 26.05.2022.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-8013-6439

Yayımlar:

1. **Rakıcioğlu, S.**, Kızılkaya, R. (2021). Çay fabrikasyon atığının windrow yöntemine göre kompostlanması. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 9(2) 62 – 68.

2. **Rakıcioğlu, S.**, Hepşen Türay, Ş. (2021). Relationship between chemical & organic fertilization practices and global warming. International Soil Science Symposium on “SOIL SCIENCE & PLANT NUTRITION” 18 – 19 December 2021 / Samsun, Turkey, 19.12.2021.

3. Kızılkaya R., Kızılgöz İ., Arcak S., Kaptan H., **Rakıcioğlu S.**, 1998. Harran Ovası topraklarının mikrobiyolojik özellikleri. Conference: M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, Menemen, İzmir, Turkey

4. Hepşen Türkey FS., **Rakıcioğlu S.**, Yakupoğlu, T., 2019. Evaluation of quality parameters of vermicomposts produced in different facilities. 10th International Soil Congress on “Successful Transformation toward Land Degradation Neutrality: Future Perspective” 17-19 June 2019, Ankara/Turkey. Sözlü sunum. Özet bildiri.