

**T.C.**  
**RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEMLENMİŞ ÇAY ATIĞI VE EVSEL YEMEK ATIKLARI İLE  
BESLENEN KIRMIZI KALİFORNİA SOLUCANINDAN ELDE  
EDİLEN KATI SOLUCAN GÜBRESİNDEKİ BAZI BESİN  
ELEMENTLERİNİN BELİRLENMESİ**

**KEVSER TÜRÜT**

**TEZ DANIŞMANI**

**PROF. DR. VAGİF ATAMOV**

**II. DANIŞMAN**

**PROF. DR. TURAN YÜKSEK**

**TEZ JÜRİLERİ**

**PROF. DR. TEMEL GÖKTÜRK**

**DOÇ. DR. HURİYE ARIMAN KARABULUT**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ YUSUF ŞAVŞATLI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**RİZE-2018**

**Her Hakkı Saklıdır**

T.C.  
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMLENMİŞ ÇAY ATIĞI VE EVSEL YEMEK ATIKLARI İLE BESLENEN  
KIRMIZI KALİFORNİA SOLUCANINDAN ELDE EDİLEN KATI SOLUCAN  
GÜBRESİNDEKİ BAZI BESİN ELEMENTLERİNİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Vagif ATAMOV danışmanlığında, Kevser TÜRÜT tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 27/11/2018 tarihinde Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Vagif ATAMOV
Üye	: Prof. Dr. Turan YÜKSEK
Üye	: Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK
Üye	: Doç. Dr. Huriye ARIMAN KARABULUT
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ŞA VŞATLI

İmzası

*(Handwritten signatures of the jury members)*

  
**Doc. Dr. Ferhat KALAYCI**  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

## ÖNSÖZ

Demlenmiş çay atığı ve evsel yemek atıkları ile beslenen Kırmızı Kalifornia solucanından elde edilen katı solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin belirlenmesinin araştırıldığı bu çalışma, Recep Tayip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yaptığım çalışmanın her aşamasında destek, bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen çok değerli danışmanlarım sayın Prof. Dr. Vagıf ATAMOV ile Prof. Dr. Turan YÜKSEK hocalarıma, istatistik analizlerinde yardımcı olan Prof. Dr. Ali BİLGİN hocama, güler yüzüyle her zaman bilgilerini paylaşan Dr. Öğr. Üyesi Şule GÜZEL hocama, laboratuvar analizlerinde yardımını esirgemeyen Zuhale KALCIOĞLU'na ve çalışmaya destek veren beş kez solucan ve besleme yemini sağlayan LAZUTİM şirketine teşekkürlerimi bir borç bilirim. Hayatımın her aşamasında yanımda olan, verdiğim kararlarda desteklerini her zaman arkamda hissettiğim maddi ve manevi olarak yanımda bulunan, bugünlere gelmemde en büyük paya sahip canım aileme ve varlığı her zaman ilham kaynağı olan biricik yeğenim Muhammet Eymen ŞİMŞEK'e sonsuz teşekkürler.

Hazırlanan Bu Yüksek lisans tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2017-784 nolu proje ile desteklenmiştir.

**Kevser TÜRÜT**

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Demlenmiş Çay Atığı ve Evsel Yemek Atıkları ile Beslenen Kırmızı Kalifornia Solucanından Elde Edilen Katı Solucan Gübresindeki Bazı Besin Elementlerinin Belirlenmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.

26/11/2018

  
Kevser TÜRÜT

**Uyarı:** *Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir*

## ÖZET

### DEMLENMİŞ ÇAY ATIĞI VE EVSEL YEMEK ATIKLARI İLE BESLENEN KIRMIZI KALİFORNİA SOLUCANINDAN ELDE EDİLEN KATI SOLUCAN GÜBRESİNDEKİ BAZI BESİN ELEMENTLERİNİN BELİRLENMESİ

**Kevser TÜRÜT**

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışmanı: Prof. Dr. Vagif ATAMOV**

Bu çalışmada, demlenmiş çay atığı ve evsel yemek atıkları ile beslemenin Kırmızı Kalifornia solucanından elde edilen katı solucan gübresindeki (vermikompostaki) bazı besin elementlere etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma, ülkemizde evsel yemek atıklarından Kırmızı Kalifornia solucanı ile katı solucan gübresinin elde edilmesi için yapılan ilk çalışmadır. Bu çalışmada, altı farklı besi ortamında rastgele yöntemle göre üç tekrarlı deneme deseni uygulanmıştır. Bu amaçla, denemelerin her birine başlangıç ağırlıkları belirlenen besi ortamları ve bu besi ortamlarının içine ağırlıkları tespit edilen 30'ar adet solucan eklenmiştir. 1 ay arayla deneme kaplarındaki solucanlar sayılmış, ağırlıkları belirlendikten sonra tekrar deneme kaplarına bırakılmıştır. Sekiz haftadan sonra solucan gübreleri alınmış ve hava kurusu hale getirildikten sonra analiz edilmiştir. En yüksek solucan sayısı ve ağırlığına E (% 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi) besi ortamında rastlanmıştır. Yemek atıklarının  $\geq$  % 50 olduğu besi ortamlarında (B, C, F) solucanlar ölmüştür. Besi ortamlarından elde edilen solucan gübresindeki en yüksek N değerine (% 2,16) % 100 demlenmiş çay atığından elde edilen solucan gübresinde, en yüksek P, K, Ca, Zn, Cu, Fe, Mg değerleri ve pH'a % 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresinden elde edilen solucan gübresinde, en yüksek Mn değerine % 40 demlenmiş çay atığı + % 40 yemek atığı + % 20 inek gübresinden elde edilen solucan gübresinde rastlanmıştır. Farklı besi ortamı olarak tercih edilen organik atıkların kompoze süresinin solucan ağırlığı, sayısı ve meydana gelen solucan gübresinin bazı besin elementlerine etkisi olduğu söylenebilmektedir. Dolayısıyla; kompoze yöntemi, zaman ve besi ortamı açısından yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

**2018, 45 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Besin elementleri, Demlenmiş çay atığı, Evsel yemek atığı, Vermikompost

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF SOME NUTRIENT ELEMENTS IN SOLID VERMICOMPOST OBTAINED FROM RED CALIFORNIA WORMFEEDING WITH BREWED TEA WASTE AND DOMESTIC FOOD WASTE

**Keyser TÜRÜT**

**Recep Tayyip Erdoğan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology  
Master Thesis  
Supervisor: Prof. Dr. Vagif ATAMOV**

In this study, the effect of feeding with brewed tea waste and domestic food waste on the number and weight of Red California Worm and some nutrient elements of vermicompost were investigated. This study is the first research to obtain solid vermicompost with Red California Worm from domestic food waste in our country. In this study, three repeating trial designs were applied in six different media according to random method. For this purpose, the feeds assigned initial weights and 30 worms in the these feeds were added in the each of the experiments. The worms were counted in trial containers in every 4 week, after their weights were determined, they were returned to the containers. After eight weeks, vermicompost were removed and analyzed later air drying. The highest number and the heaviest weight of worms were found in the medium of E (brewed tea waste 50 % + cow dung 50 %). Worms were mortality in food waste ( $\geq 50$  %) in the mediums (B, C, F). The highest N value (2.16 %) was determined in the vermicompost which formed growth media brewed tea waste (100 %), the highest P, K, Ca, Zn, Cu, Fe, Mg values and pH were determined in the vermicompost which formed growth media brewed tea waste (50 %) + cow dung (50 %), and the highest Mn value was determined in the vermicompost which formed growth media brewed tea waste (40 %) + food waste (40 %) + cow dung (20 %), respectively. The effect of composition time of organic waste materials as different media should be considered on the weight and number of worms and certain nutrient elements of vermicompost. Therefore, there is need to new research for composition method, time and growth media.

**2018, 45 pages**

**Keywords:** Nutrient elements, Brewed tea waste, Domestic food waste, Vermicompost.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	VIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Özeti .....	5
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	17
2.1. Materyal .....	17
2.2. Yöntem.....	17
2.2.1. Denemelerin Kurulması ve Parsellerde Yapılan İşlemler.....	17
2.2.2. Laboratuvar Analizleri .....	21
2.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi .....	22
3. BULGULAR.....	23
3.1. Besi Ortamlarındaki Solucan Sayı ve Solucan Ağırlığında Meydana Gelen Değişimler.....	23
3.2. Farklı Besi Ortamlarından Elde Edilen Gübrelerdeki Bazı Besin Elementlerinin Değişimi .....	28
4. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	32
5. ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR .....	38
ÖZGEÇMİŞ .....	45

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. <i>E. fetida</i> 'nın anatomik yapısı.....	7
Şekil 2. Çürümeye bırakılan yemek atıklarından genel bir görünüm.....	17
Şekil 3. Deneme parsellerin kurulumu.....	18
Şekil 4. Deneme deseninden genel bir görünüm.....	18
Şekil 5. % 100 Demlenmiş çay atığından genel bir görünüm.....	19
Şekil 6. % 100 yemek atığından genel bir görünüm.....	19
Şekil 7. % 50 demlenmiş çay atığı + % 50 yemek atığından genel bir görünüm.....	19
Şekil 8. Vermikompost numunelerinin analize hazırlanması ve tartımı.....	22
Şekil 9. ICP-OES cihazından analiz okumalarına ait bir görüntü.....	22
Şekil 10. Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan sayılarının (adet) değişimi.....	24
Şekil 11. Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan ağırlıklarının (gr) değişimi.....	25
Şekil 12. Besi ortamı demlenmiş çay atığı (% 100) solucan sayısı ve ağırlıklarının zamana bağlı değişimleri.....	26
Şekil 13. Besi ortamı demlenmiş çay atığı (% 40) + yemek atığı (% 40) + inek gübresi (% 20) solucan sayısı ve ağırlıklarının zamana bağlı değişimleri.....	26
Şekil 14. Besi ortamı demlenmiş çay atığı (% 50) + inek gübresi (% 50) solucan sayısı ve ağırlıklarının zamana bağlı değişimleri.....	27
Şekil 15. Farklı besi ortamlarına göre mineral maddelerin ve pH'ın değişim grafiği.....	30



## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Farklı organik atıkların sindirimiyle elde edilen vermikompostların NPK değerleri (Aalok, vd., 2009).....	10
<b>Tablo 2.</b> Denemelerde kullanılan besi ortamı ve deneme deseni .....	18
<b>Tablo 3.</b> Deneme başlangıcında parsellerindeki solucan sayıları, ağırlığı ve verilen yem miktarları.....	20
<b>Tablo 4.</b> Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan sayılarının değişimi (adet). ....	23
<b>Tablo 5.</b> Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan ağırlıklarının(gr)değişimi.....	24
<b>Tablo 6.</b> Solucan sayısı ve ağırlıklarının besi ortamlarına göre değişimi. ....	28
<b>Tablo 7.</b> Farklı besi ortamlarına göre mineral maddelerin ve pH'ın değişimi.....	30
<b>Tablo 8.</b> Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin değişimi. ....	31

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
DDT	Dikloro Difenil Trikloroethan
Fe	Demir
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Manganez
N	Azot
Na	Sodyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
ppm	Parts Per Million
Pb	Kurşun
t/ha	Ton/hektar
Zn	Çinko

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin beraberinde getirdiği hızlı kentleşme ve nüfus artışı, bütün dünyadaki insan faaliyetlerinin çevreye baskısını artırmaktadır. Bu süreçte sürekli artan tüketimle birlikte pek çok atık oluşmaktadır. Bu atıkların miktarı ve zararlı içerikleri sebebiyle büyük bir çevre sorunu haline geldiği, çevre ve insan sağlığını tehdit ettiği belirtilmektedir. Dolayısıyla, oluşan atıkların geri kazanımı günümüz dünyasında oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Dünya nüfusunun gittikçe artması ile beraber besin ihtiyaçlarının karşılanması da zorlaşmıştır. Tarımsal üretimi kısa vadede artırdığı için tarım ilacı ve kimyasal gübre kullanımını teşvik eden “Yeşil Devrim” hareketi, bütün dünyayı salgın bir hastalık gibi sarmıştır. Bu dönemin önemli ilaçları arasında, halk sağlığından tarım zararlılarına kadar birçok alanda kullanılan dikloro difenil trikloroethan (DDT) yer almaktadır (Beard, 2006). Sonraki yıllarda aşırı ve bilinçsizce kullanılan kimyasalların, çevreyi ve canlı hayatı olumsuz olarak etkilediği ve onarılamaz boyutlarda zarar verebildiği bildirilmiştir. Kimyasal gübre kalıntıları su kaynaklarında, pestisit kalıntıları ise insan ve hayvanların besinlerinde tespit edilmiştir. Dolayısıyla kanserojen, mutajen ve teratojen etkilerin ortaya çıkması, farklı tarım yöntemlerine ihtiyaç duyulması gerekliliğini başlatmıştır (Baier-Anderson ve Anderson, 2000). Bununla beraber yoğun kimyasal kullanımı ile toprağın verimsiz hale gelmesi hızlanmış ve toprak flora ve faunası olumsuz bir şekilde etkilenmiştir. Bütün bu sebepler sonunda, tarımsal üretim için doğal dengeyi koruyucu ve bozulan doğayı yenileyebilecek yaklaşımlar aranmaya başlanmış ve organik yaklaşımlar ortaya çıkmıştır (Chen vd., 2001).

Dünyada ve ülkemizde organik tarıma olan ilgi ve talep gün geçtikçe artış göstermektedir. Dolayısıyla tarımsal üretimde, kimyasal gübrelemeye alternatif olarak organik gübrelemenin kullanılması önem kazanmıştır (İlay vd., 2013). Organik gübreleme toprağın verimini, sürdürülebilirliğini ve su tutma kapasitesini artırmakta, toprağa bakım yapmakta, kanserojen riskini ortadan kaldırmakta ve mikrobiyal aktiviteleri hızlandırmaktadır (URL-1, 2007).

Organik ve sürdürülebilir tarım modelleri için topraktaki organik madde içeriğinin artırılabilmesinde ilk olarak, aerobik termofilik kompostlarla çalışmalar yapılmıştır. Bu kompostlar bitkinin beslenmesi ve toprakta bulunan bitki patojenlerinin baskılanmasında önemli bir göreve sahiptir. Bu sebeple organik tarım uygulamalarında termofilik kompostlarla ilgili çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Boehm vd., 1993).

Şehirleşmeden kaynaklanan olumsuz etkenler de kompost uygulamalarının yaygın hale gelmesine imkân vermiştir. Dolayısıyla kompost uygulamaları ile atıkların ve artıkların işlenmesi, sürdürülebilir hale gelmesi sağlanmaktadır. Ayrıca bunların çevre dostu ve ekonomik olması büyük bir avantaj olarak görülmektedir. Bununla beraber özellikle son yıllarda, evsel ve endüstriyel atık ve artıkların geri kazanımında solucanlar kullanılarak da kompost elde edilebilmektedir. Vermikompost olarak isimlendirilen bu mezofilik kompost, termofilik komposttan daha kısa sürede gerçekleşmekte, ürün ve işlem açısından daha iyi sonuç verebilmektedir (Dominguez vd., 1997).

Vermikompost organik atık ve artıkların bazı toprak solucanlarının sindirilmeleriyle kompostlaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Solucanlar tarafından sindirilen organik atıklar, hızlı bir şekilde humifikasyon ve detoksifikasyona tabi tutularak kömüre benzer bir materyal meydana gelmektedir (Kale vd., 1992). Vermikompost, mikroorganizmalar ile solucanların etkileşimiyle organik materyallerin biyodegradasyonu sonucunda elde edilmektedir. Vermikompostun bünyesinde fosfat, kalsiyum, nitrat, magnezyum ve potasyum bulunmaktadır (Joshi ve Pal Vig, 2010). Yeterli mineral elementler bulunduğu, humik maddelerin bitkilerin gelişimine olumlu etkileri bulunmaktadır (Chen ve Aviad, 1990). Normal şartlarda vermikompost % 17-36 oranında humik madde içermektedir (Orlov ve Biryukova, 1996). Hayvansal gübre, arıtma çamuru, kağıt endüstrisi atıklarından elde edilen vermikompostların yüksek miktarda humik maddeye sahip olduğu görülmüştür (Masciandro vd., 1997; Atiyeh vd., 2000).

Solucanlar organik atıkları tüketirken, ortamda bulunan patojen bakterileri, mantarları, nematodları ve birçok yabancı ot tohumunu da tüketmektedir. Bununla beraber, solucan sindirim sistemi zararlı maddelerin büyük bir kısmını imha etmektedir. Solucanların sindirim atıkları tarafından salgılanan maddeler ise ortamda bulunan pek

çok zararlıının yapısını bozmakta ve farklı mikroorganizmalarca çabuk bir şekilde tüketilebilmektedir. Bu sebeple, vermikompost son ürünlerinde insan sağlığı için sorun oluşturacak patojenler yer almamaktadır. Vermikompost ürünlerin elde edilmesinde patojenlerin solucanlar tarafından tüketilmesi, organik atığın kanalizasyon atığı dahi olsa eldivene gerek duyulmadan dokunulabileceğini göstermektedir. Ayrıca, başlangıçtaki organik materyallerin bileşenleri ile solucanların kompostlanması sonucunda elde edilen vermikompostun besin maddesi kapsamının özellikleri, kimyasal ve fiziksel özellikleri açısından önemli derecede farklılıklar göstermektedir. Vermikompostlanmamış materyalle kıyaslandığında vermikompostun besin maddesi içeriği çok daha yüksek seviyelerdedir (Orozco vd., 1996; Erşahin, 2007b).

Vermikompostun yüksek değerlikli olmasının en önemli sebepleri arasında, bitki için gerekli besin elementlerinin çözülmüş ve hemen kullanılabilir formda olması ve bakteri, fungus gibi birçok faydalı mikroorganizmayı içermesi yer almaktadır. Solucanların sindirim sisteminden doğal olarak dışarı atılan organik atıkların mikro besin elementleri, kolloidal bir formda oldukları için bitkilerce topraktan kolay bir şekilde alınmaktadır. Ayrıca vermikompostun amino asit, enzim, humik asit, fulvik asit gibi bitki gelişimi için gerekli organik bileşikleri içermesi, bitkiler için hormon aktivitesini artırarak hastalıklara karşı korumaktadır. Bununla beraber, simbiotik ve asimbiotik azot bağlayan bakterileri de içerdiğinden, topraktaki azot kazancını artırmaktadır. Bütün bu özellikler, vermikompostun organik gübre içinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010).

Vermikompostun içermiş olduğu solucan mukusuyla çevrelenen besin elementleri yavaş bir şekilde salınmakta ve bitki tarafından hızlıca kullanılabilir. Bu besinlerin yavaş çözünmesi besin elementlerinin kaybını engellemektedir. Ayrıca vermikompostun su tutma kapasitesi, yüksek havalanma ve gözenekli yapıya sahip olması, iyi bir toprak düzenleyicisi olduğunu göstermektedir. Bunlara ek olarak, vermikompost erozyonu ve yabancı otların gelişmesini azaltmakta ve bitki köklerini yüksek sıcaklıklardan korumaktadır. Aerobik parçalanma sonrasında, solucanın sıvı olarak almış olduğu besinlerin sindirim sisteminde daha fazla parçalanması, bitkinin kullanacağı formda ve bitki için faydalı besin elementleri yönünden zengin bir özelliktir (Buchanan vd., 1988).

Vermikompost günümüzde tarımın sürdürülebilirlik özelliğini destekleyen yöntemler arasında ekonomik olarak oldukça yüksek öneme sahiptir. Bununla beraber endüstrinin hızla gelişmesi ve popülasyonun artışıyla çevre açısından büyük bir problem oluşturan katı organik atıkların ve artıkların işlenmesi için yoğun bir şekilde tercih edilmektedir (Manyuchi ve Phiri, 2013). Ayrıca vermikompost yöntemi, ticari ve ekolojik açıdan büyük öneme sahip ürünlerin elde edilmesini sağladığı için, tüm dünyada yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Punde ve Ganorkar, 2012).

Vermikompost üretimi için evsel yemek atıkları, çay atıkları, ölü bitkiler, büyükbaş, küçükbaş ve farklı hayvan atıkları, endüstriyel atıklar, atık sularındaki çöpler, kanalizasyon içeriği gibi pek çok atık kullanılabilir. Vermikompost tekniğiyle İngiltere’de hayvan, bitki ve endüstri atıklarının, Amerika’da ise kanalizasyon atıklarının işlenmesinde büyük yararlar elde edilmiştir (Neuhauser vd., 1988).

Vermikompost üretiminde, aerobik kompost yığınları içerisinde sık bir şekilde kompost solucanları, bilimsel isimleriyle *Eisenia fetida* (tiger worm), *Eisenia andrei* (red tiger worm), *Perionyx excavatus* (Indian blue worm), *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus* (red worm), *Pheretoma excavatus*, *Eudrilus eugeniae* (African nightcrawler), *Herteroporodrilus* spp. ve *Fletcherodrilus* spp. yer almaktadır. Bunlar içerisinde *E. fetida*, *E. andrei* ve *D. veneta* ılıman bölgelere, *L. rubellus* ve *P. excavatus* ise sıcak bölgelere daha iyi adapte olmaktadır. Bu beş tür organik artıkları daha iyi indirgediği için vermikompost çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ticari olarak en fazla tercih edilen tür *E.fetida* sonrasında ise *L. rubellus* türüdür (Edwards ve Bohlen, 1996).

Ticari anlamda *E. fetida*’nın en çok tercih edilmesinin birçok nedeni bulunmaktadır. Bunlar:

- *E. fetida* diğer türlerden çok daha hızlı bir şekilde besin tüketmektedir.
- Besin içeriği yeterli olan ortamlarda yaşayan ve ortamdaki besini tüketen bu türün çoğalma kapasitesinin yüksek olmaktadır.
- Bu tür farklı çevrelerde ve iklim şartlarında yaşayabilmektedir.
- Adaptasyonu yüksek olan bu türün kolay ve yeterli besin kaynaklarıyla popülasyon artışları çok hızlı olmaktadır.

Dolayısıyla, *E. fetida* bütün dünyada ticari ya da ticari olmadan en çok kültürü yapılan türdür. Bu kapsamda, çalışmamızda da Kırmızı Kaliforniya Solucanı (*E. fetida*) kullanılmıştır. Çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çay tüketiminin fazla olması sonucunda açığa çıkan demlenmiş çay atıklarının değerlendirilerek vermikompost elde edilmesi ile faydalı hale getirilmesi hipotezi ile kurulmuştur. Literatürden (Yüksek vd., 2017) de faydalanılarak farklı besi ortamları oluşturulmuş ve bu ortamlardaki solucanların gelişimine ve besin elementlerine bakılmıştır. Çalışmanın amacını, demlenmiş çay atığı ve evsel yemek atıklarının olduğu besi ortamında *E. fetida*'nın gelişimi ve elde edilen solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin tespit edilmesi oluşturmaktadır.

## 1.2. Literatür Özeti

Milyonlarca yıldır doğada yer alan toprak solucanları karasal, uzun vücutlu ve halkalı solucanlardır. Neredeyse tamamen silindirik yapıda olmalarına rağmen, son kısımlarının enine kesitinde dörtgen, sekizgen veya trapezoidal olabildiği görülmüştür. Bazı toprak solucanlarında ise son kısım sırt-karın tarafına doğru yassılaştırmış ve sırttan daha soluk renkli bir görünüm halini almıştır (Mısırlıoğlu, 2011). Toprak solucanları iskeletsizdir. Bu solucanların vücutları segmentli ve renkli yapıdadır. Renkleri çoğunlukla kırmızı, kahverengi veya bunların kombinasyonları şeklinde olabilmektedir (Edwards ve Bohlen, 1996).

Toprak solucanları, temel olarak söm olarak isimlendirilen vücut boşluğunun ayırdığı iki tüp, vücut duvarı ve sindirim sisteminden oluşmaktadır. Bu nedenle, solucanlar morfolojik olarak iç içe geçen iki boruya benzetilebilmektedir. Ağızdan anüse kadar uzanan bir sindirim sistemi kanalı, su dengesini ayarlayan boşaltım sistemi ve iki tüp arasında yer alan bir sinir sistemine sahiptir. Toprak solucanları türlerinin farklı ekolojik ortamlarda yaşamalarına rağmen, fizyolojik özelliklerinin birbirlerine benzer oldukları tespit edilmiştir (Tecimen, 2013).

Toprak solucanlarının beslenmelerinin büyük bir kısmını ölü bitki dokusu içeren organik maddeler oluşturmaktadır. Bununla beraber toprak solucanları mikroorganizmaları, nematodları, diğer mikrofaunayı ve bunların ölü kalıntılarını tüketerek de beslenebilmektedir (Curry ve Schmidt, 2007). Beslenmeleri direkt ağızdan

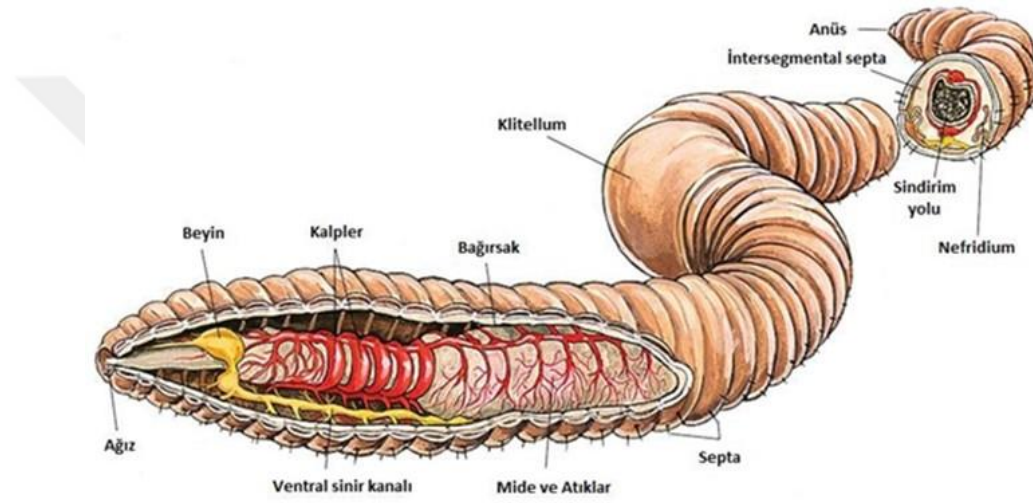
gerçekleşmektedir. Aldıkları besinlerin büyük bir kısmını sindirdikten sonra, vücut dışına toprak yüzeyinde küçük topluluklar halinde atıklar meydana getirmektedir. (Mısırlıoğlu, 2011). Besinler ağızda tükürük fonksiyonu gibi role sahip olan bir sıvı ile muamele olmakta ve yutağa geçmektedir. Yutaktan sindirim sisteminin diğer kısımlarına iletilmektedir. Besinler kursakta tutulmakta ve taşlık bölgesinde mekanik olarak parçalanmaktadır. Yemek borusu üzerindeki segmentlerin her birinde en az bir çift kese yer almaktadır. Bu keselerce sindirilen besinlerin vücudun diğer kısımlarına iletilmesi kolaylaşmaktadır. Keselerde bulunan bezlerde kalsiyum karbonat taneleri yer almakta ve humik asit miktarı yüksek olan besinlerin nötr duruma getirdiği ifade edilmektedir. Ayrıca bu bezlerin kandaki asit-baz dengesi için oldukça önemli bir görev üstlendiği düşünülmektedir. Solucanların bağırsağı düz bir doğrultuda bulunmaktadır. Bağırsak duvarları geniş veinedir, kenarlarında besinlerin emilimini arttırmaya yarayan çıkıntılar ve dorsalinde tiflosis ismi verilen bir girinti yer almaktadır. Solucanlarda omurgalılarıdaki karaciğer gibi göreve sahip olan klorogogen hücreleri bulunmaktadır. Bu klorogogen hücreleri bağırsağın etrafında tabakalı olarak yer almaktadır. Klorogogen hücreler tarafından glikojen sentezi, ürenin, depo edilmesiyle yağların ve silisik asidin sentezlenmesi gerçekleşmektedir. Atık maddelerin birikiminin de bu hücrelerde gerçekleşebildiği bilinmektedir. Sindirim sistemindeki anüse bağlanan son bağırsakta sindirilen besinlerin organik kısmı emilmekte, mineral kısmı ise anüsten dışarıya atılmaktadır (Tutar, 2012). Solucanların bağırsak florasında oldukça fazla sayıda bakteri bulduklarını tespit edilmiştir. Doğal, tahrip edilmemiş ve verimli toprakta bakteri sayısı  $1,7 \times 10^8$ , toprak solucanlarının bağırsaklarında ise  $2,1 \times 10^9$  adet olarak belirlenmiştir (Pedersen ve Hendriksen, 1993). Toprak solucanlarının bağırsaklarında yer alan bakteri ve funguslarla sindirim işlevini kolaylaştığı ve oldukça önemli işleve sahip oldukları saptanmıştır (Byzov vd. 2009). Toprak solucanların bazılarında da bağırsaklarında bulunan aktif amilaz, selülaz, sellobiaz, endoglukanaz, ksilenaz, nitrat redüktaz, alkalın fosfataz, asit fosfataz enzimlerinin besinlerdeki organik maddelerin sindirimini gerçekleştirdiği ve humusun elde edilmesinde önemli oldukları belirlenmiştir (Prabha vd., 2007).

Toprak solucanları toprak ekosistemindeki fiziksel özellikleri düzenlemesi, azotlaşmayı sağlaması, humifikasyona destek olması, toprağın havalanmasını



gerçekleştirmesi ve organik materyalleri parçalaması sebebiyle sıklıkla kullanılan ve oldukça önem teşkil eden canlılar olarak bilinmektedir (Aydın, 2006).

Toprak solucanları ile yapılan pek çok çalışmada Kırmızı Kaliforniya Solucanı olarak bilinen *E. fetida* kullanılmıştır. *E. fetida* yaklaşık 5-7 cm uzunluğunda, 3-5 mm çapında, 500-600 mg biyokütleyle sahiptir. Bu solucanlar ilk 30 gün içerisinde çok yavaş büyümekte, sonrasında ise solucanın büyüme oranı düzenli olarak artış göstermektedir (Sivasankari, 2016). Şekil 1’de *E. fetida*’nın anatomik yapısı verilmiştir.



**Şekil 1.** *E. fetida*’nın anatomik yapısı (Tutar, 2012).

*E. fetida*’nın hayvansal atıklar, evsel atıklar, kağıt endüstrisi gibi endüstrilerin atıkları, çay atıkları, sebze ve meyve kabukları gibi farklı organik maddeler ile beslenmesi sonucunda büyüme, doğurganlık ve yaşam yüzdesine olan etkisi araştırılmıştır (Edwards, 2004). Bu solucanın katı ve taze inek gübresi, genç domuz gübresi, katı haldeki taze meyve ve sebze atıklarından oluşan besi ortamlarında yaşayamadıkları görülmüştür. En iyi büyümenin katı kuru domuz gübresi atıkları ile beslenen solucanlarda olduğu belirlenmiştir. En iyi üreme ise ikili artık karışımlardan elde edilmiş ve bu karışımlara üçüncü bir organik atık eklendiğinde solucan büyümesinde ve gelişiminde yavaşlama görülmüştür (Gunadi ve Edwards, 2003). Ayrıca; solucanların kemik, yağ, tuz gibi atıklarla beslenmesi, solucanların hayatlarını devam ettirememelerine neden olabilmektedir. Çünkü solucanlar kemikleri çok zor sindirerek, besin ihtiyaçlarını yeteri kadar sağlayamamaktadır. Bu nedenle gelişimleri durma seviyesine gelebilmektedir.

Yağ, deri solunumu yapan solucanların gözeneklerini tıkayarak, solunumlarını engellemektedir. Tuz ise solucanın oldukça fazla sölom salgısı ve mukus üretmesine neden olduğu için daha kısa zamanda tüm sıvısını kaybetme seviyesine getirmektedir. Dolayısıyla solucan yataklarındaki besinlerin tuzluluğu, pH'ları, nem ve amonyak içeriğinin dengeli tutulması gerekmektedir (Edwards, 2004).

Solucanların organik atığı sindirme özelliği dolayısıyla, oldukça değerli bir organik gübre olan solucan gübresi ortaya çıkmıştır. Solucan gübresinin yaklaşık 40 yıldır ABD ve birçok Avrupa ülkesinde tarımsal işletmelerce üretildiği ve kullanıldığı bilinmektedir. Solucan gübresi denilince akla ilk olarak *E. fetida* ve *L. Rubellis* gibi türlerin büyükbaş hayvan dışkılarını ve organik bitkisel maddelerin yapılarını fiziksel ve kimyasal olarak değiştirerek ürettikleri kompost gelmektedir. Bu kompost toprak düzenleyici ve bitki beslemesi için gerekli materyaldir. Yoğun bir şekilde agro-kimyasalların kullanımı ise toprak kalitesini düşürmekte, insan sağlığını olumsuz olarak etkilemekte, çevre sorunları oluşturmakta ve patojenlerin dayanıklılığını arttırmaktadır. Dolayısıyla, uzun dönemde doğal kaynakların korunması ve çevreye zarar vermeyen tarımsal teknolojilerin kullanımıyla tarımsal bir yapının oluşturulması olarak ifade edilen sürdürülebilir tarım oldukça önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir tarım anlayışında kimyasal gübre gibi doğal olmayan girdilerin kullanımından kaçınılarak sağlık ve çevre ve kaliteye dayanan biyolojik gübrelerle organik tarım teknikleri anahtar bir göreve sahiptir (Turhan, 2005). Bu gübreler içerisinde yer alan ve toprağın kalitesinin artırılmasında büyük bir öneme sahip olan aerobik kompost ve vermikompostun da yerinin vazgeçilemediği düşünülmektedir (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010).

Vermikompost yöntemi, birçok organik çöpün değerlendirilmesi için ekonomik, güvenilir ve sürdürülebilir özelliğe sahiptir. Bu yöntem bitki büyümesini teşvik eden, bitki beslemesine yardımcı olan ve çürüklük etmenlerini baskılayan “vermikest” isimli ürünler oluşturmaktadır. Vermikompost tarım üreticileri için oldukça büyük önem içeren düşük girdili üretimi oluşturmakla beraber organik tarımdaki ürün düşüşünün gerçekleşmesini engellemektedir. Böylelikle tarım üreticileri geleneksel tarımdan organik tarıma çok rahat bir şekilde geçebilecektir (Erşahin, 2007a).

Tarım arazisine uygulanan vermikompostun verime ve toprak kalitesinin artışına önemli katkısının olduğu gözlenmiştir. Vermikompost azot (N), fosfor (P), potasyum (K), mikro besin elementleri, yararlı mikroorganizmalar gibi içerikleriyle bitkinin büyümesine ve korunmasına yardımcı olan bir organik gübredir. Vermikompostun NPK değerlerinin, ilk beslendiği organik materyalin içeriğinden yaklaşık 3-4 kat daha fazla olabileceği belirtilmiştir (Agarwal vd., 2010). Farklı organik materyallerin sindirimiyle elde edilen vermikompost içeriklerinin NPK değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Orozco vd. (1996), kahve telvesini Kırmızı Kaliforniya solucanı olan *E. fetida*’ya vermiş ve sonuçta P, Mg ve Ca besin elementlerinin arttığını görmüştür. Kahve telvesinde ilk başta belirlenen P miktarının, vermikompostlanma sonucunda % 64 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu artışın sebebinin, mikroorganizmaların işlemesi ve solucanların bağırsak enzimleri ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Çay atığı, mutfak atığı ve büyükbaş hayvan gübresi farklı oranlarda karıştırılarak, laboratuvar şartlarında solucanların büyümesi, üreme oranı ve vermikompostun elde edilmesi incelenmiştir. Karışımdaki çay atığının artmasıyla solucanların biyokütlesinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Organik atıklar içerisinde çay atığının  $\geq$  %50 olduğunda vermikomposttaki N, P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu’nun daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Toplam organik C ve C:N oranı bütün karışım atıklarla beslenerek elde edilen vermikompostlarda azalmıştır (Akyurt, 2018).

**Tablo 1.** Farklı organik atıkların sindirimiyle elde edilen vermikompostların NPK değerleri (Aalok, vd., 2009).

<b>Atığın Tipi</b>	<b>Azot (%)</b>	<b>Fosfor (%)</b>	<b>Potasyum (%)</b>
Bahçe atığı	1,94	0,47	0,7
Kentsel katı atık	3,0	0,6	0,78
Kümes gübresi	2,02	1,6	1,42
Koyun gübresi	2,7	1,9	0,17
Lağım çamuru	1,5-3,5	0,75-4,0	0,3-0,6
Mutfak atığı	2,5	0,89	0,58
Tarımsal atık	1,1	0,3	0,31
Gıda atığı	1,3	2,7	9,2
Kağıt atığı	1,0	2,7	6,2
Büyükbaş hayvan gübresi	1,5	0,7	0,74
Evsel atık	2,1	1,0	1,18
Otel atığı	2,0-2,5	2,0-2,5	3,2-3,4
Elyaf atığı	0,52	0,06	0,247

Garg vd. (2006), mutfak atıkları, tarımsal kalıntılar ve tekstil endüstrisinin atıklarını *E. fetida*'ya 100 gün uygulamıştır. Farklı besin karışımlarından elde edilen vermikompostların N, P ve K içeriklerinin arttığı, pH ve toplam organik C'nun ise azaldığı tespit edilmiştir. Vermikompostun kökenine göre N artışı 4,4 - 5,8 kat arasında değişiklik göstererek, tekstil çamuru > tekstil ipliği > tarımsal kalıntılar > mutfak atıkları olarak sıralanmaktadır. Uygun P miktarında 1,4 - 6,5 kat arasında değişen artış saptanmıştır. Toplam organik C'daki azalma ise 1,5 - 3,0 kat arasında değişmekle beraber, tarımsal kalıntılar > mutfak atıkları > tekstil ipliği > tekstil çamuru olarak sıralanmaktadır. Dolayısıyla bu atıklardan elde edilen vermikompost teknolojisinin oldukça uygun olduğu belirlenmiştir.

Nath vd. (2009), çiftlik hayvan gübreleri, tarımsal atıklar ve mutfak atıklarından farklı kombinasyonlar oluşturarak *E. fetida*'ya uygulamışlar ve elde edilen vermikompostların içeriğini incelemişlerdir. Sonuçta, vermikompostlarda N, P, K ve Ca miktarları önemli bir şekilde artarken, toplam organik C, C:N oranı, iletkenlik ve pH ise

ciddi bir biçimde azalmıştır. Hayvansal atıklar, tarımsal atıklar ve evsel yemek atıklarını içeren organik kaynakların son ürünlerinin bitki besin elementlerindeki artış, vermikompostun tarımda sürdürülebilirlik için değerli bir organik gübre olabileceğini göstermiştir.

Pattnaik ve Reddy (2010), pazardaki sebze atıkları ve çiçek atıklarından köken alınarak elde edilen vermikompostu incelemiştir. Vermikompost elde edilirken 0,15, 30, 45 ve 60. günlere doğru ilerlendiğinde N, P, K, Ca ve Mg miktarların arttığı, toplam organik C, C/N, C/P oranlarının ise azaldığı saptanmıştır. Sebze atıklarının besin içeriğinin çiçek atıklarından daha fazla olması, vermikompost için kentsel yeşil atıkların besin olarak kullanılıp yeniden kazanılmasında daha önemli bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Hait ve Tare (2012), ilk kanalizasyon çamuru ve aktif kanalizasyon çamur atığını *E. fetida*'ya uygulamışlar ve besinlerin uygunluğunu, dönüşümünü ve bazı ağır metal içeriklerini değerlendirmişlerdir. Vermikompostların ilk kompost madde ile kıyaslandığında, toplam azotlarında (ilk kanalizasyon çamuru: % 41,7 – 64,6; aktif kanalizasyon çamur atığı: % 36,4 – 58,6), suda çözülmüş azotlarında (ilk kanalizasyon çamuru: % 37,1 – 50,5; aktif kanalizasyon çamur atığı: % 40,1 – 53), toplam fosforlarında (ilk kanalizasyon çamuru: % 39,9 – 69,8; aktif kanalizasyon çamur atığı: % 32,2 – 56,6), suda çözülmüş fosforlarında (ilk kanalizasyon çamuru: % 25,2 – 34,3; aktif kanalizasyon çamur atığı: % 24,1 – 34,2) değerlerinde önemli bir şekilde artış görülmüştür. Çalışma sonucunda kanalizasyon çamurlarının vermikompostun elde edilmesinde oldukça önemli bir besin olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, vermikompostun Fe ve Mn haricindeki ağır metalleri makul bir şekilde azalttığı belirlenmiştir.

Namlı vd. (2014), vermikompost içeriğinin %50'den fazlasının arıtma çamuru olduğunda, solucanların yaşayamadığını belirlemiştir. Organik madde karışımındaki arıtma çamurunun artmasıyla (maksimum % 50'e kadar) orantılı olarak toplam azot ve pH'nın arttığı; organik C ve C/N oranının ise azaldığı tespit edilmiştir.

Hanc ve Vasak (2015), biyogaz tesisinin çamurundan elde ettikleri vermikompostun toprak düzenleyici olarak kullanımını doğrulamışlardır. Çamur içerisine

farklı oranlarda saman eklenmesiyle, son vermikompostta pH'ın azaldığına ulaşılmıştır. Organik maddenin kaybı sebebiyle, vermikompostta Ca dışındaki toplam makro elementlerin içeriği artmıştır. Benzer şekilde, fosfor ve potasyumun içeriğindeki artış, vermikompostun tarımsal amaçlar doğrultusunda kullanımının çok elverişli olduğunu göstermektedir. Vermikompost eldesinden 5 ay sonra, solucan biyokütlesinde % 282 - 896 arasında artış tespit edilmiştir. Çalışmalarından elde ettikleri vermikompostların içerikleri karşılaştırıldığında en iyi sonuca, organik madde karışımı % 25 saman ve % 75 çamur olduğunda ulaşılmıştır.

Suleiman vd. (2017), solucanları kentsel katı atık, talaş tozu ve ot kırpıntıları ile beslemişlerdir. Sonuçta, solucanların bünyelerinde ağır metallerin  $Cd > Co > Cu > Zn > Ni > Pb > Cr$  sırasıyla biriktirdiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla vermikomposttaki ağır metal kontaminasyonu engellenmiş olmaktadır. 45 gün sonunda da agronomik parametreler ve kompostun kalitesine göre vermikompost elde edilmiştir.

Shahmansouri vd. (2005), kanalizasyon çamurlarında hem İranlı hem de Avustralyalı *E. fetida* solucanlarını kullanarak ağır metal olan Cr, Cd, Pb, Cu ve Zn'nin birikimini çalışmışlardır. Ağır metal konsantrasyonunun vermikompost süresinin artması ile azaldığını saptamışlardır. İranlı solucanların Avustralyalı solucanlara kıyasla Cu ve Zn gibi mikro besinleri daha fazla tükettiklerini belirlemişlerdir. Cr, Cd ve Pb gibi temel olmayan elementlerin biyolojik birikiminin Avustralyalı solucan grubunda daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Çalışmalarının sonunda her iki solucan grubundan elde ettikleri vermikompostta da ağır metal konsantrasyonlarında önemli bir azalmaya ulaşmışlar ve bu *E. fetida* türlerinin vücut dokularındaki ağır metalleri biriktirme kapasitesi olduğunu ifade etmişlerdir.

Toprak solucanlarının dokularında ağır metal birikimi, solucanların biriktirme kapasitesine, metallerin solucanlar üzerindeki toksisitesine, ağır metallerin çeşidine ve solucanlarının ekolojik kategorilerine göre farklılık göstermektedir. *E. fetida*'ların diğer türlerle karşılaştırıldığında en az Pb toksisitesi gösterdiklerini belirlenmiştir (Tacıroğlu vd., 2016).

Tutar ve Karaman (2017), toprak solucanlarının, pek çok patojen mikroorganizma ile birlikte yaşamalarına rağmen, bunların etkilerinden immün sistemlerinin güçlü olması ve salgıladıkları sekresyonlarla korunabildikleri belirtmişlerdir. Ayrıca vermikompostta da sölom ve mukus sıvılarının bazı patojenlere karşı etkili olduğu tespit edilmiştir. *E. fetida*'dan elde edilen sölom-mukus sıvılarının bitki patojenleri üzerinde de antibakteriyel aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir.

Vermikompost yavaş bir şekilde salınan, bitkiyi hastalıklardan ve dış faktörlerden koruyan bir gübre olarak işlev görmektedir. Vermikompostun devamlı uygulanması, ortamda humusun birikmesine neden olduğundan organik azotun ve diğer gerekli besin elementlerinin sabit oranda salınması gerçekleşmektedir. Dolayısıyla NPK'nın verimliliği kimyasal gübrelerle karşılaştırıldığında % 50 oranda daha iyi olmaktadır. Ayrıca vermikompostun kimyasallarla kirlenmiş olan toprakları iyileştirmede ilaç görev gördüğü ve sonrasında toprağın verimini artırdığı bilinmektedir. Vermikompost agrokimyasal yerine kullanılabilen ve agrokimyasalların tehlikelerini de önemli bir şekilde azaltabilmektedir. Bu sebeple, sulama ihtiyacını azaltan, bitkiyi pestisitlerden ve hastalıklardan koruyan vermikompost, çiftçiler için ekonomik ve ekolojik anlamda büyük bir kazanç sağlamaktadır (Buckerfield ve Webster, 1998). Toprağa vermikompost uygulandığında, toprak içerisindeki organik karbonun arttığı, pH'ın düzenlendiği, su tutma kapasitesinin pozitif olarak etkilendiği tespit edilmiştir (Maheswarappa vd., 1999).

Vermikompost içerisinde bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gerekli tüm enzimler, vitaminler, antibiyotikler ve büyüme hormonları yer almakta, patojen maddeler, ağır metaller, ot tohumları ve parazit yumurtaları bulunmamaktadır. Ayrıca vermikompost, mikrobiyolojik yönden solucanın beslenmiş olduğu organik maddelerden daha aktif özelliktedir (Doube ve Brown, 1998).

Vermikompost yüksek seviyede amilaz, selüloz, proteaz, üreaz, dehidrogenaz, fosfataz peroksidaz gibi enzim aktivitelerine sahiptir (Edwards ve Bohlen, 1996). Dolayısıyla toprağa vermikompost uygulamasıyla enzimatik aktiviteler ve mikrobiyal popülasyonda artışlar olmaktadır (Lavelle ve Martin, 1992). Aynı zamanda farklı enzim aktivitelerindeki artış, mikrobiyal popülasyon üzerinde de değişime neden olmaktadır.

Örneğin, vermikompost içerisinde fosfataz aktivitesinin artması, bakteri ve aktinomiset sayısında yükseliş olduğunu göstermiştir (Syers ve Springett, 1984).

Buchanan vd. (1988), solucan gübresinin içerisinde yer alan bitki besin elementlerinin, bitkiye fayda sağlaması ve konsantrasyon değeri yönünden geleneksel komposttan ve ticari saksı karışımlarından çok daha üstün olduğunu belirtmişlerdir. Aerobik parçalanma sonrasında solucanın sıvı formda almış olduğu besinlerin, solucanın sindirim sisteminde çok daha iyi bir şekilde parçalanması sebebiyle, vermikompost bitkinin kullanabileceği besin elementlerini yoğun olarak bünyesinde taşımaktadır.

Edwards ve Burrows (1988), *E. fetida* kullanarak organik atıkların sindirimini gerçekleştirmişlerdir ve elde edilen vermikompostu 28 süs bitkisi ve sebze üzerine uygulamışlardır. Çalışma sonucunda vermikompostun ticari olarak satılan bitki büyüme ortamlarından daha kaliteli besin elementi içerdiği ve bitki tarafından alınabilirliğinin daha iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Vermikompost uygulamasının süs bitkilerinde ve sebzelerde büyümeyi ve ürün verimini arttırdığı belirlenmiştir. Arazi koşullarında 2,5-5,0 t/ha arasındaki vermikompost uygulamasının bitki gelişimi ile sebze ve meyve verimini artırdığı saptanmıştır (Edwards ve Burrows, 1988).

Scott (1988), soğuğa dayanıklı olan *Chaemocypris lawsonian*, *Cotaneaster conspicus* *Elaeagnus pungens* gibi süs bitkilerinin gelişiminde az miktarda vermikompostun kullanımıyla artış olduğunu saptamıştır.

Buckerfield vd. (1999), artan vermikompost uygulaması ile birlikte kırmızı turp bitkisinin ürün miktarını incelemiştir. Kırmızıturpa % 100 vermikompost uygulandığında % 10 vermikompost uygulamasından 10 kat daha fazla büyüme gerçekleştiği görülmüştür. Vermikompostun filizlenmeyi engellediği, sonrasında seyrelterek verildiğinde ise kırmızı turpun gelişimini arttırdığı gözlenmiştir. Bu kapsamda, yüksek oranda vermikompost uygulamasının tuz içeriği ve besin maddesinin fazla olması sebebiyle büyümeyi engelleyebildiği ortaya çıkmıştır.



Vermikompost uygulanan ve uygulanmayan çalışmalar kıyaslandığında; vermikompost uygulanan topraklarda bahçe teresi bitkisinin daha iyi büyüdüğü gözlenmiştir. Sonrasında, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde iyileşme görülmüştür. Üzüm asması altında yer alan bitkisel atıklar, üzüm posası ve saman karıştırılarak vermikompost elde edilmiş ve kuş üzümü bitkisine verilmiştir. Kuş üzümünün verimliliği % 55 artış göstermiştir. Sonraki çalışmalarda ise vermikompostun üzüm üretimi yapılan topraklara bir kez verilmesinin, o topraklardaki üzüm üretiminin 5 yıl süresince olumlu olarak etkilendiğini göstermiştir (Buckerfield ve Webster, 1998).

Çekirdeksiz üzüm bitkisine vermikompost uygulanması sonucunda ürünlerin arttığı tespit edilmiştir. Üç farklı kişniş türüne 5, 10, 15, 20 ve 25 t/ha vermikompost uygulamış ve üç türde de vermikompostun konsantrasyonu ile orantılı olarak büyümelerinde artış görülmüştür (Vadiraj vd., 1998).

Ramachandra vd. (1998), vermikompostu % 100 oranda inorganik ve hayvan gübresiyle karıştırarak, bezelye yetiştirilen tarlalara uygulamışlardır. Sonuçta ürün veriminin ciddi miktarda arttığı saptanmıştır. Toprağa 10 t/ha olarak vermikompost ve % 100 oranında inorganik gübre uygulayarak, dut büyümesinin arttığı görülmüştür. Vermikompost uygulamalarına eklenen inorganik gübrenin, toprağın N seviyesini dengelemek için yapıldığı bildirilmiştir.

Mrinal vd. (1998), toprağı % 75 oranda işlemiş ve bu karışıma 2,5 t/ha vermikompost uygulamışlardır. Sonuçta patates üretiminin çok daha fazla olduğu görülmüştür. Araştırmacılar vermikompostun bu kadar çok etkili bir gübre olmasını, son ürünlerinde bulunan birçok faydalı mikroorganizmadan kaynaklandığını belirtmiştir.

Athani vd. (1999), muzda bitki başına 2 kg olacak miktarda toprağa vermikompost uygulamışlardır. Ayrıca her bitkiye % 75 oranda inorganik gübre eklemiştir. Araştırma sonucunda, muz üretimindeki olumlu yönde bir artış tespit edilmiştir. Devi vd. (1998), ay çekirdeği yetiştirilen toprağa 5 t/ha ve 10 t/ha vermikompost ve % 50 inorganik gübre ekleyerek, ay çekirdeğinde oldukça önemli artışa ulaşmışlardır.

Arancon vd. (2004), vermikompost ve inorganik gübre karışımından ticari gübre kullanılan tarlalara kıyasla daha fazla domates ürünü alınmışlardır. Aynı şekilde başka bir çalışmada da toprağa vermikompost ve % 50 oranda inorganik gübrenin uygulanmasıyla domates üretiminde artış görülmüştür (Kolte vd., 1999).

Vermikompost uygulamasının ABD ve Japonya gibi ülkelerde buğday verimini % 15-20, mısır verimini % 30-50, pancar verimini % 15-20, patates verimini % 50-80, domates, hıyar ve biber verimini % 20-30, üzüm ve şeftali verimini % 80-100, çilek verimini % 30-35 oranlarında arttırdığı bildirilmiştir (Sharma vd., 2005).

Yourtchi vd. (2013), patates bitkisine solucan gübresini uygulayarak, bitkinin verim özelliklerini araştırmışlar. Çalışmada 0, 4,5, 9 ve 12 t/da konsantrasyonlarda solucan gübresi uygulanmıştır. Araştırmanın sonucuna göre, bitki boyu, yumru ağırlığı, yumru sayısı, yumru N yüzdesi, yumru K yüzdesi, gövde ve yaprak kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerler, 12 t/da solucan gübresi uygulaması ile elde edilmiştir.

Tejada ve Benítez (2015), domates fidelerinin büyümesi için kullanılan ticari turba kömürü ve pamuk çırçır kompostuna ek olarak bitkisel ve hayvansal kökenli vermikompostların etkilerini incelemişlerdir. Sera şartlarında yapılan çalışmanın sonucuna göre, vermikompostlar kullanıldığında domates fidelerinin boyları, sap çapları, fide başına düşen yaprak sayısı gibi bitki büyüme değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Mineral element içeriği açısından en yüksek sonuçlar hayvansal kökenli vermikomposttan elde edilmiştir. Takibinde ise onu bitkisel kökenli vermikompost, pamuk çırçır kompostu ve ticari turba kömürü izlemiştir. Dolayısıyla domates yetiştiriciliğinde ticari turba kömürü yerine alternatif olarak vermikompost kullanımının oldukça uygun olduğu belirtilmiştir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

Denemelerde kullanılan çay atıkları ve yemek atıkları Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi öğrenci- personel yemekhanesinden sağlanmıştır. Denemelerde kullanılan yemek atıkları ve çay posası kapaklı özel kaplarda 3 ay süreyle çürütülerek kompoze hale getirilmeye çalışılmıştır (Şekil 2). İnek gübresi ve Kırmızı Kaliforniya Solucanları LAZUTİM Ticaret Şirketi tarafından temin edilmiştir. Temin edilen Kırmızı Kaliforniya Solucanları 4,78 – 11,31 g ağırlıklarındadır. Doğal hayvan gübresinden elde edilen bu solucanlar her türlü evsel atığa kolayca adapte olabilecek özelliktedir.



Şekil 2. Çürümeye bırakılan yemek atıklarından genel bir görünüm.

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1. Denemelerin Kurulması ve Parsellerde Yapılan İşlemler

Araştırma, 40 cm en x 40cm boy x 20cm derinliğe sahip kasalarda tesadüf parselleri deneme desenine uygun ve üçer tekrarlı olarak yürütülmüştür (Tablo 2, Şekil 3). Deneme deseninden genel bir görünüm Şekil 4’te, denemelerde kullanılan besi ortamlarından bazıları ise Şekil 5, 6, 7’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Denemelerde kullanılan besi ortamı ve deneme deseni.

Deneme No	Denemelerde Kullanılan Besi Ortamları	Tekrar Sayısı		
A	Demlenmiş Çay Atığı (% 100)	A1	A2	A3
B	Yemek Atığı (% 100)	B1	B2	B3
C	Demlenmiş Çay Atığı (% 50) + Yemek Atığı (% 50)	C1	C2	C3
D	Demlenmiş Çay Atığı (% 40)+ Yemek Atığı (% 40)+ İnek Gübresi (%20)	D1	D2	D3
E	Demlenmiş Çay Atığı (% 50) + İnek Gübresi (% 50)	E1	E2	E3
F	Yemek Atığı (% 50) + İnek Gübresi (% 50)	F1	F2	F3



**Şekil 3.** Deneme parsellerin kurulumu.



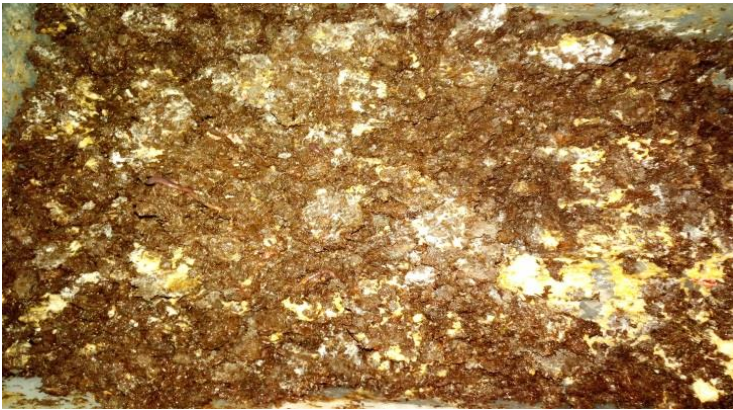
**Şekil 4.** Deneme deseninden genel bir görünüm.



**Şekil 5.** % 100 Demlenmiş çay atığından genel bir görünüm.



**Şekil 6.** % 50 yemek atığı % 50 inek gübresinden genel bir görünüm.



**Şekil 7.** % 50 demlenmiş çay atığı + % 50 yemek atığından genel bir görünüm

Daha sonra ilgili kaplara granül haldeki kompost besi malzemesi konulmuştur. Kompost besi ortamlarındaki, solucan sayıları ve ağırlıklarına ait bilgiler Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3.** Deneme başlangıcında parsellerindeki solucan sayıları, ağırlığı ve verilen yem miktarları.

Deneme No	Deneme Yemi	Solucan sayısı(adet)	Solucan Ağırlığı (g)	Yemin Ağırlığı (Yem + Su)(g)
A1	Demlenmiş Çay Atığı (% 100)	30	7,63	890
A2		30	8,91	890
A3		30	8,62	890
<b>Ortalama</b>		<b>30</b>	<b>8,38</b>	<b>890</b>
<b>Standart sapma</b>		<b>0,00</b>	<b>0,67</b>	<b>0,00</b>
B1	Yemek Atığı (% 100)	30	11,31	890
B2		30	6,82	708
B3		30	4,78	708
<b>Ortalama</b>		<b>30</b>	<b>7,64</b>	<b>768,66</b>
<b>Standart sapma</b>		<b>0,00</b>	<b>3,35</b>	<b>105,07</b>
C1	Demlenmiş Çay Atığı (% 50) + Yemek Atığı (% 50)	30	8,31	708
C2		30	9,37	708
C3		30	9,21	804
<b>Ortalama</b>		<b>30</b>	<b>8,96</b>	<b>740</b>
<b>Standart sapma</b>		<b>0,00</b>	<b>0,57</b>	<b>55,42</b>
D1	Demlenmiş Çay Atığı (% 40)+ Yemek Atığı (% 40)+ İnek Gübresi (%20)	30	9,03	804
D2		30	8,73	804
D3		30	8,12	804
<b>Ortalama</b>		<b>30</b>	<b>8,63</b>	<b>804</b>
<b>Standart sapma</b>		<b>0,00</b>	<b>0,46</b>	<b>0,00</b>
E1	Demlenmiş Çay Atığı (% 50) + İnek Gübresi (%50)	30	8,52	876
E2		30	9,05	876
E3		30	9,60	876
<b>Ortalama</b>		<b>30</b>	<b>9,05</b>	<b>876</b>
<b>Standart sapma</b>		<b>0,00</b>	<b>0,54</b>	<b>0,00</b>
F1	Yemek Atığı (% 50) + İnek Gübresi (%50)	30	7,87	876
F2		30	8,68	876
F3		30	8,16	876
<b>Ortalama</b>		<b>30</b>	<b>8,24</b>	<b>876</b>
<b>Standart sapma</b>		<b>0,00</b>	<b>0,41</b>	<b>0,00</b>

İlgili besi ortamlarının her birine ağırlıkları belirlenmiş 30 adet Kırmızı Kaliforniya Solucanı yerleştirilmiştir. Her gün günde 3 kez olmak üzere nem ölçümleri yapılarak besi ortamındaki nem değerleri araştırma süresince % 50±5 seviyesinde tutulmuştur (Yüksek vd., 2017). Araştırmada 30 Nisan, 30 Mayıs ve 26 Haziran'da her bir deneme parselindeki solucanların sayımı yapılmış ve toplam ağırlıkları belirlendikten sonra yeniden besi ortamlarına konulmuştur. İşlem sonucunda deneme parsellerindeki kaplarda oluşan solucan gübresinden yeter miktarda örnekler alınmış ve bazı analizlerin (nem, yanma kaybı, pH, EC, Toplam N, P,K, Ca, Fe, Mn, Zn ve Cu) yapılması için Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Laboratuvarında analiz edilmiştir.

### **2.2.2. Laboratuvar Analizleri**

Vermikompost analizinde her bir vermikompost numunelerinden 1'er gram tartılmıştır (Şekil 2). Tartılan numuneler teflon kaplara alınarak üzerine 2,35 ml %65 lik HNO<sub>3</sub> ve 7 ml %30'luk HCl eklenmiştir. Daha sonra teflon kapların kapakları kapatılarak 2 dakika bekletilmiş ve süre sonunda ilgili numuneler Berghof marka speed wave (mikrodalga) cihazına yerleştirilerek uygun programda çalıştırılmıştır. Mikrodalga fırında yaş yakma işlemi tamamlanan numuneler sıvı ortama aktarılmış ve üzerine saf su ilave edilerek 100 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen çözelti falkon tüplere konularak Pelkin Elmer Marka, Optima 7000 DV Model, ICP-OES cihazında (Şekil 3) ve milyonda bir hassasiyetle (ppm düzeyinde) ağır metal değerleri okunmuştur. Elde edilen sonuçlara Azot Analizi, Kjeldahl yöntemine göre AOAC 990.03TS 8337 ISO 11261 metotlarına göre, pH analizi, AOAC 981.12 TS EN 159332'e göre, kuru madde analizi AOAC 932.12'ye göre yapılmıştır.



**Şekil 8.** Vermikompost numunelerinin analize hazırlanması ve tartımı



**Şekil 9.** ICP-OES cihazından analiz okumalarına ait bir görüntü

### **2.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi**

Farklı niteliklerdeki kompost materyalin, solucanın çoğalmasına, solucan biyokütle değişimine, gübre kalitesine (gübredeki bazı besin elementlerine) etkisi varyans analizi ile test edilmiştir (Yüksek vd., 2017). Farklı besin ortamlarında solucan sayısının ve ağırlığının zamana göre değişimi regresyon denklemleri ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Besi ortamlarına göre solucan sayısı ve biyokütle ile elde edilen gübredeki bazı besin elementlerinin karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır. Veriler SPSS-23 paket programında değerlendirilmiştir.



### 3. BULGULAR

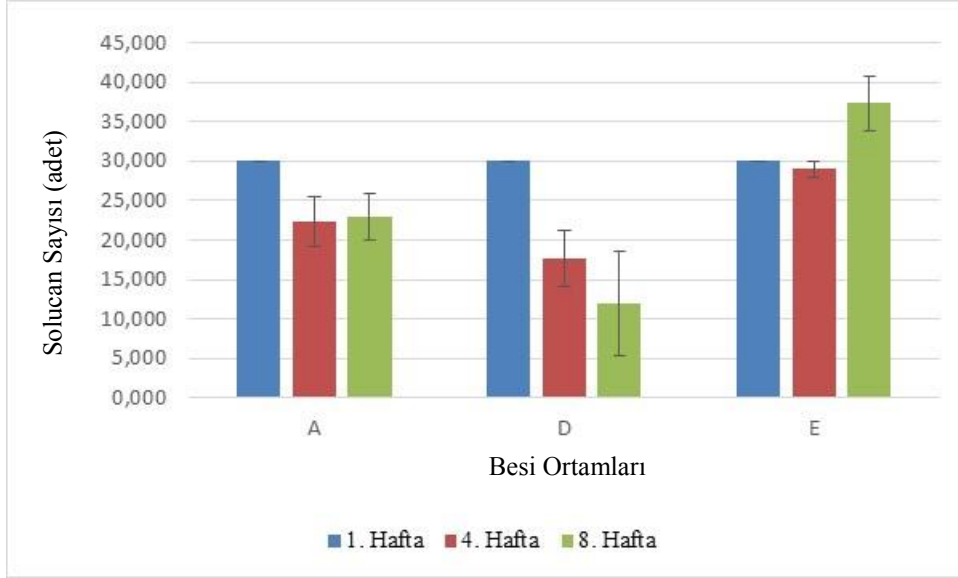
#### 3.1. Besi Ortamlarındaki Solucan Sayı ve Solucan Ağırlığında Meydana Gelen Değişimler

Çalışmada 6 farklı besi ortamı kullanılmıştır. Bu besi ortamları % 100 demlenmiş çay atığı (A), % 100 yemek atığı (B), % 50 demlenmiş çay atığı + % 50 yemek atığı (C), % 40 demlenmiş çay atığı + % 40 yemek atığı + % 20 inek gübresi (D), % 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi (E) ve % 50 yemek atığı + % 50 inek gübresi (F)'nden oluşmaktadır. Bütün besi ortamlarında nem, sıcaklık, pH gibi diğer tüm koşullar sabit tutulmuştur. Yemek atıklarının  $\geq 50$  olduğu B, C ve F besi ortamlarında solucanların yaşamadığı görülmüştür. A, D ve E besi ortamlarındaki solucan sayıları ve ağırlıkları saptanmıştır. Üç tekerrürlü yapılan çalışma 8 hafta sürdürülmüş, her ay solucanların sayımı ve ağırlıklarının ölçümü yapılmıştır. Buna göre; A besi ortamında başlangıçta (1. Hafta) 30 adet olan solucan sayısı 4. Hafta sonunda ortalama  $22,3 \pm 3,18$ , 8. Hafta sonunda ise ortalama  $23 \pm 3$  olarak belirlenmiştir. D besi ortamında 1. Haftadaki 30 adet solucan sayısının 4. Haftada ortalama  $17,6 \pm 3,48$ 'e, 8. Haftada ortalama  $12 \pm 6,55$ 'e düştüğü görülmüştür. E besi ortamında ise başlangıçtaki 30 adet solucan 4. Hafta sonunda ortalama  $29 \pm 1$ , 8. Hafta sonunda ortalama  $37,3 \pm 3,52$  olarak tespit edilmiştir. Bu sebeple, 8 hafta sonundaki solucan sayılarındaki artışa göre E (% 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi) besi ortamında en iyi sonuca ulaşıldığı saptanmıştır (Tablo 4 ve Şekil 10).

**Tablo 4.** Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan sayılarının değişimi (adet).

Zaman (hafta)	A	D	E
1	$30 \pm 0$	$30 \pm 0$	$30 \pm 0$
4	$22,3 \pm 3,18$	$17,6 \pm 3,48$	$29 \pm 1$
8	$23 \pm 3$	$12 \pm 6,55$	$37,3 \pm 3,52$

**A:** % 100 Demlenmiş çay atığı, **D:** % 40 Demlenmiş çay atığı + % 40 Yemek atığı + % 20 inek gübresi, **E:** % 50 Demlenmiş çay atığı + % 50 İnek gübresi.



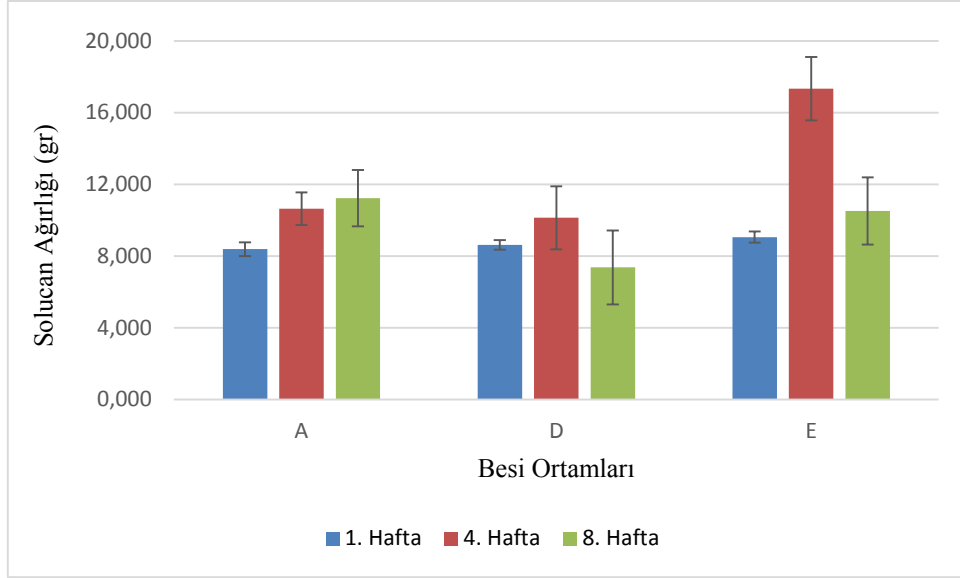
**Şekil 10.** Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan sayılarının (adet) değişimi.

Solucan ağırlıklarının ölçümü de, solucan sayıları ile paralel olarak başlangıçta (1. Hafta), 4. Haftada ve 8. Haftada yapılmıştır. Buna göre, A besi ortamında başlangıçta ortalama  $8,39 \text{ gr} \pm 0,38$  olan solucan ağırlığı 4. Hafta sonunda ortalama  $10,64 \text{ gr} \pm 0,91$ 'e, 8. Hafta sonunda ise ortalama  $11,23 \pm 1,57$ 'e yükselmiştir. D besi ortamında 1. Haftadaki ortalama  $8,63 \pm 0,26$  solucan ağırlığı 4. Haftada ortalama  $10,13 \pm 1,76$ 'a yükselmiş, 8. Hafta sonunda ise ortalama  $7,37 \pm 2,06$  düşmüştür. E besi ortamında ise başlangıçtaki ortalama  $9,06 \pm 0,31$  solucan ağırlığı 4. Hafta sonunda ortalama  $17,34 \pm 1,76$ , 8. Hafta sonunda ortalama  $10,52 \pm 1,89$  olarak tespit edilmiştir. Bu sebeple, 8 Hafta sonunda solucan ağırlıklarındaki düzenli artış A (% 100 demlenmiş çay atığı) besi ortamında görülmüştür (Tablo 5 ve Şekil 11).

**Tablo 5.** Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan ağırlıklarının (gr) değişimi.

Zaman (hafta)	A	D	E
1	$8,39 \pm 0,38$	$8,63 \pm 0,26$	$9,06 \pm 0,31$
4	$10,64 \pm 0,91$	$10,13 \pm 1,76$	$17,34 \pm 1,76$
8	$11,23 \pm 1,57$	$7,37 \pm 2,06$	$10,52 \pm 1,89$

**A:** % 100 Demlenmiş çay atığı, **D:** % 40 Demlenmiş çay atığı + % 40 Yemek atığı + % 20 inek gübresi, **E:** % 50 Demlenmiş çay atığı + % 50 İnek gübresi.



**Şekil 11.** Farklı besi ortamları ve zamana göre solucan ağırlıklarının (gr) değişimi.

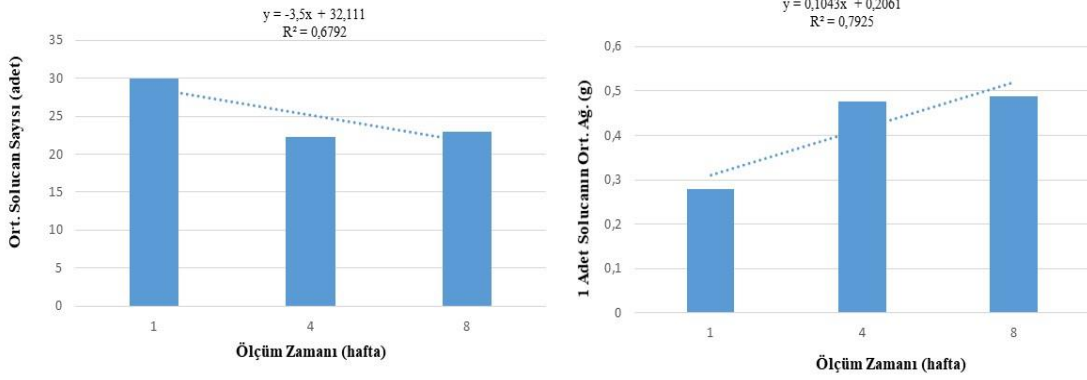
A (% 100 demlenmiş çay atığı) besi ortamındaki ölçümlerde başlangıçtaki solucan sayısı 4. Haftaya kadar azalmış, 8. haftaya kadar ise az bir artış göstermiştir. Solucan sayısında zamanla meydana gelen değişim:

$R^2 = 0,679$  ile  $Y = -3,5x + 32,111$  şeklindedir.

Burada zaman (X) bağımsız değişken, solucan sayısı (Y) bağımlı değişkeni oluşturmaktadır. X başka bir değişkenden etkilenmemektedir. Ancak Y'nin değişme sebebi olan veya onu etkilediği düşünülen değişken olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla Y değişkeni X'e bağlı olarak değişebilmektedir. X ve Y arasındaki doğrusal ilişki aşağıdaki "Doğrusal Regresyon Modeli" ile verilebilmektedir. Regresyon katsayısı  $R^2$  olarak gösterilmektedir. Bu katsayı temsil ettiği noktalara yakınlığına göre hesaplanmaktadır. Noktalar birbirlerine ne kadar yakın olursa  $R^2$  değeri de 1'eyakın olmaktadır.

1 adet solucanın ortalama ağırlığı 4. ve 8. haftalarda doğrusal bir şekilde artmıştır. Solucan ağırlığında zamanla meydana gelen değişim:

$R^2 = 0,792$  ile  $Y = 0,1043x + 0,2061$  şeklindedir. Formülde Y: Solucan Ağırlığı  
X: Zaman (hafta sayısı) (Şekil 12).



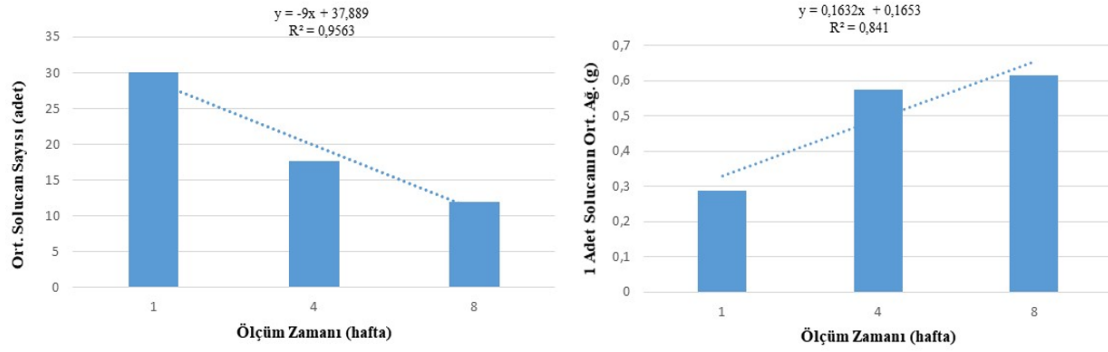
**Şekil 12.** Besi ortamı demlenmiş çay atığı (% 100) solucan sayısı ve ağırlıklarının zamana bağlı değişimleri.

D (% 40 Demlenmiş çay atığı + % 40 yemek atığı + % 20 inek gübresi)besi ortamında solucan sayısı zamana bağlı olarak 4. haftada yaklaşık 17'e, 8. haftada ise yaklaşık 12 adede düşmüştür. Buna göre, solucan sayısında zamanla meydana gelen değişim:

$Y = -9x + 37,889$  ile  $R^2 = 0,9563$  şeklindedir (Y: Solucan Sayısı, X: Zaman).

Bu besi ortamındaki 1 adet solucanın ortalama ağırlığı 4.ve 8. haftalarda artış göstermiştir. Solucan ağırlığında zamanla meydana gelen değişim:

$R^2 = 0,841$  ile  $Y = 0,1632x + 0,1653$  şeklindedir. Formülde Y: Solucan Ağırlığı, X: Zaman (hafta sayısı) (Şekil 13).

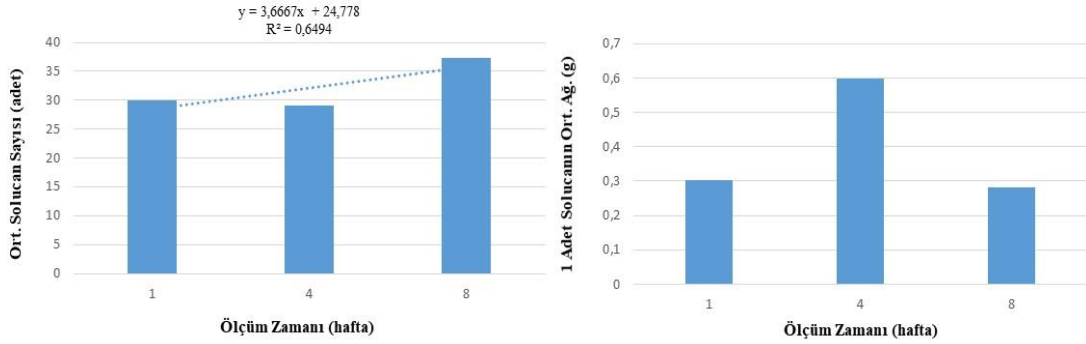


**Şekil 13.** Besi ortamı demlenmiş çay atığı (% 40) + yemek atığı (% 40) + inek gübresi (% 20) solucan sayısı ve ağırlıklarının zamana bağlı değişimler.

E (% 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi) besi ortamındaki kaplardaki solucan sayısı önce yaklaşık % 4 azalmış, sonra % 25 artmıştır. Solucan sayısında zamanla meydana gelen değişim:

$R^2 = 0,649$  ile  $Y = 3,6667x + 24,778$  şeklindedir. Formülde Y: Solucan Sayısı, X: Zaman (hafta sayısı).

1 adet ortalama solucan ağırlığı 4. haftada ciddi bir şekilde artmıştır (% 98), 8. haftada ise başlangıçtaki ağırlığından % 7 oranda azaldığı tespit edilmiştir (Şekil14).



**Şekil 14.** Besi ortamı demlenmiş çay atığı (% 50) + inek gübresi (% 50) solucan sayısı ve ağırlıklarının zamana bağlı değişimleri.

Ortalama değerlere göre en fazla solucan sayısı 32,11 adet ile E besi ortamında (% 50 Demlenmiş çay atığı + % 50 İnek gübresi), en düşük solucan sayısı ise 19,88 adet ile D besi ortamında (% 40 Demlenmiş çay atığı + % 40 Yemek atığı + % 20 İnek gübresi) görülmüştür. (D-E)\*\* besi ortamlarında  $p \leq 0,01$  yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir. (D-A) ve (A-E) besi ortamları arasındaki önemli bir fark bulunmamıştır. Solucan ağırlığı bakımından en yüksek değere 12,3044 gr ile E besi ortamında, en düşük değere ise 8,7389 gr ile D besi ortamında ulaşılmıştır. (D-E)\*\* besi ortamlarında  $p \leq 0,01$  yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu belirlenmiş ve (D-A) ve (A-E) besi ortamları arasındaki önemli bir fark görülmemiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** Solucan sayısı ve ağırlıklarının besi ortamlarına göre değişimi.

<b>Faktörler( Besi Ortamları)</b>	<b>Solucan Ağırlığı</b>	<b>Solucan Sayısı</b>	
<b>A</b>	Ortalama	10,0833	25,11
	N	9	9
	Std.Sapma	2,06797	5,27
	Std.Hata	0,689	1,75
<b>D</b>	Ortalama	8,7389	19,88
	N	9	9
	Std.Sapma	12,3044	10,24
	Std.hata	0,88	3,41
<b>E</b>	Ortalama	12,3044	32,11
	N	3	3
	Std.Sapma	4,43	5,06
	Std.Hata	1,47	1,66
<b>F- Değeri</b>		2,821	6,41
<b>Önem seviyesi</b>		0,079	0,006
		(D-E)**	(D-E)**
		(D-A) N.S	(D-A) N.S
		(A-E)N.S	(A-E)N.S

**A:** % 100 Demlenmiş çay atığı, **D:** % 40 Demlenmiş çay atığı + % 40 Yemek atığı +% 20 inek gübresi, **E:** % 50 Demlenmiş çay atığı + % 50 İnek gübresi.

\*:  $P \leq 0.05$  seviyesinde önemli, \*\*:  $P \leq 0.01$  seviyesinde önemli, \*\*\*:  $P \leq 0.001$  seviyesinde önemli, N.S: Önemsiz

### 3.2. Farklı Besi Ortamlarından Elde Edilen Gübrelerdeki Bazı Besin Elementlerinin Değişimi

Farklı besi ortamlarından elde edilen gübrelerdeki en yüksek azot (N) miktarına % 2,163 ile A (% 100 demlenmiş çay atığı) besi ortamında, en düşük azot miktarına ise % 1,266 ile D (% 40 demlenmiş çay atığı + % 40 yemek atığı + % 20 inek gübresi) besi ortamında rastlanmıştır. Azot değerleri bakımından (D-E\*), (D-A\*) ve (E-A) besi ortamları arasında  $p \leq 0.05$  önem seviyesinde anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (Tablo 7 ve 8).

Besi ortamlarından elde edilen en yüksek fosfor (P) miktarı 1633,33 ppm ile E (% 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek Gübresi) besi ortamında, en düşük P miktarı ise 1100 ppm ile D besi ortamında rastlanmıştır. P miktarlarına göre (A-E\*\*\*), (A-D\*\*\*),

(D-E\*\*\*) besi ortamlarında  $p \leq 0.001$  seviyesinde çok yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (Tablo 7 ve 8).

En yüksek potasyum (K) miktarlarına 4970 ppm ile D besi ortamında, en düşük K miktarına ise 3600 ppm ile A besi ortamında ulaşılmıştır. Besi ortamları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır (Tablo 7 ve 8).

Çinko (Zn) miktarları en yüksek 40,616 ppm, en düşük 18,75 ppm olarak belirlenmiştir. Zn miktarlarından en yüksek değer E besi ortamında, en düşük değer ise A besi ortamında tespit edilmiştir. Besi ortamlarına göre (D-A\*\*\*), (A-E\*\*\*) arasında  $p \leq 0.001$  seviyesinde çok yüksek düzeyde anlamlı fark tespit edilmiştir (Tablo 7 ve 8).

Besi ortamlarındaki en yüksek kalsiyum (Ca) 4640,160 ppm ile E besi ortamında, en düşük Ca ise 3429,018 ppm ile A besi ortamında belirlenmiştir. (A-D\*) ve (A-E\*) besi ortamları arasında  $p \leq 0.05$  seviyesinde önemli fark olduğu saptanmıştır (Tablo 7 ve 8).

Bakır (Cu) miktarları bakımından en fazla bakır 10,67 ppm ile E besi ortamında, en düşük değer 7,07 ppm ile A besi ortamında belirlenmiştir. (D-E\*) ve (A-E\*) arasında ( $p \leq 0.05$ ) önem seviyesinde fark olduğu belirlenmiştir. Demir (Fe) değerleri bakımından en yüksek miktar olan 3439,950 ppm'e E besi ortamında, en düşük miktar olan 285,000 ppm'e A besi ortamında rastlanmıştır. (A-E\*\*\*), (A-D\*\*\*), (D-E\*\*\*) besi ortamları arasında  $p \leq 0.001$  seviyesinde çok yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu görülmüştür (Tablo 7 ve 8).

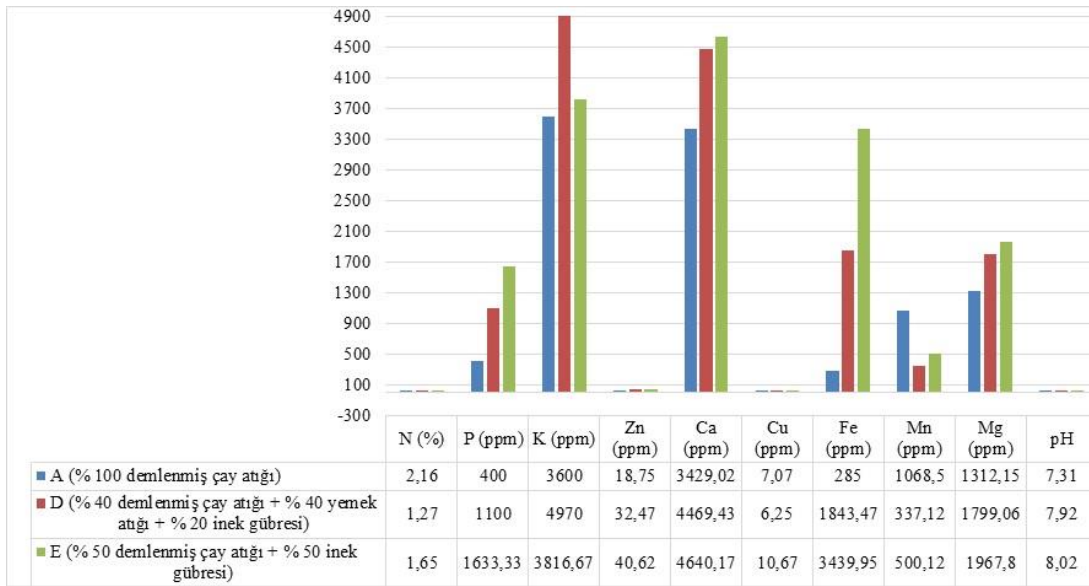
Besi ortamlarından elde edilen en yüksek Manganez (Mn) miktarına 1068,500 ppm ile A besi ortamında, en düşük Mn miktarına 337,116 ppm ile D besi ortamında rastlanmıştır. Besi ortamlarına göre (A-E\*\*\*), (A-D\*\*\*), (D-E\*\*\*) arasında  $p \leq 0.001$  seviyesinde fark olduğu belirlenmiştir. En yüksek Magnezyum (Mg) miktarı 1967,804 ppm ile E besi ortamında, en düşük Mg miktarı 1312,152 ppm ile A besi ortamında belirlenmiştir. (A-D\*\*), (A-E\*\*) besi ortamları arasında  $p \leq 0.01$  yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7 ve 8).

En yüksek pH değerine 8,023 ile E besi ortamında, en düşük pH değerine ise 7,306 ile A besi ortamında rastlanmıştır. pH değerleri bakımından (A-D\*\*), (A-E\*\*) arasında  $p \leq 0.01$  yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (Tablo 7 ve 8). Şekil 15'te bu değerler karşılaştırmalı olarak detaylı bir biçimde verilmiştir.

**Tablo 7.** Farklı besi ortamlarına göre mineral maddelerin ve pH'ın değişimi.

Mineraller	A	D	E
N(%)	2,16	1,27	1,65
P (ppm)	400,00	1100,00	1633,33
K (ppm)	3600,00	4970,00	3816,67
Zn(ppm)	18,75	32,47	40,62
Ca (ppm)	3429,02	4469,43	4640,17
Cu(ppm)	7,07	6,25	10,67
Fe (ppm)	285,00	1843,47	3439,95
Mn (ppm)	1068,50	337,12	500,12
Mg (ppm)	1312,15	1799,06	1967,80
pH	7,31	7,92	8,02

**A:** % 100 Demlenmiş çay atığı, **D:** % 40 Demlenmiş çay atığı + % 40 Yemek atığı + % 20 inek gübresi, **E:** % 50 Demlenmiş çay atığı + % 50 İnek gübresi.



**Şekil 15.** Farklı besi ortamlarına göre mineral maddelerin ve pH'ın değişim grafiği.



**Tablo 8.** Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin değışimi.

Faktörler	N	P	K	Zn	Ca	Cu	Fe	Mn	Mg	pH	
<b>A</b>	<b>Ortalama</b>	2,163	400,000	3600,000	18,750	3429,018	7,066	285,000	1068,500	1312,152	7,306
	<b>Std.Sapma</b>	0,320	200,000	360,550	3,397	624,887	1,700	54,285	104,545	126,498	0,095
<b>D</b>	<b>Ortalama</b>	1,266	1100	4970	32,466	4469,43	6,25	1843,46	337,116	1799,059	7,916
	<b>Std.Sapma</b>	1,501	264,575	3429,820	3,884	49,607	0,458	209,327	18,209	169,033	0,090
<b>E</b>	<b>Ortalama</b>	1,653	1633,330	3816,000	40,616	4640,160	10,666	3439,950	500,116	1967,804	8,023
	<b>Std.Sapma</b>	0,574	57,735	4751,234	8,167	109,895	2,285	544,742	63,575	90,872	0,189
<b>F</b>		3,998	30,382	0,142	11,774	9,55	5,869	65,2	86,702	19,745	25,389
		0,079	0,001	0,871	0,008	0,014	0,037	0,000	0,000	0,002	0,001
<b>Önem seviyesi</b>	N.S	(A-D)***	N.S	(D-A)***	(A-D)*	(D-E)*	(A-D)***	(D-E)***	(A-D)**	(A-D)**	
	N.S.	(A-E)***		(E-A)***	(A-E)*	(A-E)*	(A-E)***	(A-D)***	(A-E)**	(A-E)**	
		(D-E)***					(D-E)***	(E-A)***			

**A:** % 100 Demlenmiş çay atığı, **D:** % 40 Demlenmiş çay atığı + % 40 Yemek atığı +% 20 inek gübresi, **E:** % 50 Demlenmiş çay atığı + % 50 İnek gübresi.

\*: P ≤0.05 seviyesinde önemli, \*\*: P ≤0.01 seviyesinde önemli, \*\*\*: P ≤0.001 seviyesinde önemli, N.S: Önemsiz

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma üç tekerrürlü olarak 6 farklı besi ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneme 3 kez tekrarlanmasına rağmen bu besi ortamlarından % 50 oranında yemek atığı bulunan ortamlarda solucanların hayatlarını devam ettiremedikleri görülmüştür. Dolayısıyla, besi ortamındaki yüksek oranda yemek atıklarının kısmen ya da tamamıyla kompoze olmamasının, solucan büyümesi için elverişli bir ortam olmadığı tespit edilmiştir. Literatürde de, tam kompoze olmamış besi ortamları içerisindeki yüksek azot ve mineral maddelerin solucan ölümlerinde etkili olabileceği bildirilmiştir. Besi ortamlarındaki kompoze işlemi devam ederken açığa çıkan amonyum ve bunun artmasıyla geçici olarak artan pH ve yüksek miktarda parçalanabilir karbonhidratın da solucanları öldürebileceği belirtilmiştir (Kapoor vd., 2015).

Shanmugasundaram vd. (2013), *E. fetida*'nın bazı toksik gazlar ve yüksek alkalinite sebebiyle, keçi dışkısında yaşayamadığını tespit etmişlerdir. En yüksek biyokütle oluşumuna sığır gübresi ve çay atıklarında, sonrasında ise sığır gübresinde ulaşmışlardır. En düşük solucan ağırlığına ise at gübresinde olduğu sonucunu belirlemişlerdir. Bununla beraber at gübresine çay atıkları eklediklerinde biyokütlenin 4,3 kat, sığır gübresi eklediklerinde 5,3 kat arttığı saptamışlardır. Çay atıklarının tek başına kullanılarak elde edildiği biyokütlenin, sığır gübresi eklenerek elde edilen karışımdan 2,2 kat daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda, eşit oranda karıştırılan sığır gübresi ve demlenmiş çay atıkları ile en yüksek solucan ağırlıklarına ulaşılması, literatürle uyumluluk göstermektedir.

Parthasarathi (2007), solucan biyokütlesi ve üremesi arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirlemiştir. Aynı şekilde, Shanmugasundaram vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada sığır gübresinde daha fazla genç solucan ürediğini ve biyokütlenin arttığını gözlemleyerek, aralarında pozitif bir ilişkiye ulaşmışlardır. Çay atıkları ve at gübresi karışımında ise minimum üremenin gerçekleştiğini kaydetmişlerdir. Çalışmamızda en fazla solucan sayısı ve solucan ağırlıklarına sığır gübresi ve demlenmiş çay atıkları olan besi ortamında ulaşılması da, literatürdeki gibi pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, farklı besi ortamları kullanılarak, solucan gübrelerinin bazı besin elementlerinin değişimi incelenmiştir. Bu besi ortamlarından en yüksek N miktarına

% 100 Demlenmiş çay atığında, en yüksek P miktarına % 50 Demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi ortamlarında ulaşılmıştır. Azot zenginliği, mineralizasyon prosesindeki atıkların amonyum ve nitratın dönüşümündeki kinetiğe bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir. Ayrıca, biyokütlenin net kaybı, degradasyon proseslerinde atıkların N zenginliğine katkı sağlamaktadır (Huang vd., 2004). Solucan gübresinin elde edilmesinde, solucanlar ile mikroorganizmaların kombinasyonu sırasında P miktarının artmasında temel sebebin, organik asitlerin ve enzimlerin miktarındaki artış olduğu düşünülmektedir (Das vd., 2016).

Garg vd. (2006) ise mutfak atığı, tarımsal atık, kurumsal atık ve tekstil endüstri çamuru atıklarını organik substrat olarak kullanarak solucan gübresi elde etmişlerdir. N oranını kontrol ile kıyaslandığında 4,4 – 5,8 kat, P oranını kontrol ile karşılaştırıldığında 1,4 - 6,5 kat artış gösterdiğine sonucuna ulaşmışlardır. Toplam organik karbonun en fazla tarımsal atıklarda (3 kat), sonrasında mutfak atıklarında (2,2 kat), en son ise tekstil endüstrinin atıklarında (1,5 kat) azalma gösterdiği tespit etmişlerdir. Dolayısıyla, evsel ve tarımsal atıklar kullanılarak elde edilen solucan gübresine ek olarak, endüstriyel atıkların kullanımı ile de solucan gübresi oluşturulmasının ekolojik olarak büyük bir fayda sağlayacağını ve tarımsal ihtiyacın giderime katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Arancon ve Edwards (2011), sığır gübresi vermikompostunda % 1,90 N olduğunu saptamışlardır. Çalışmamızda sığır gübresine ek olarak demlenmiş çay atığı kullanılarak elde edilen vermikompostta % 1,65 N'ye, sığır gübresine hem demlenmiş çay atığı hem yemek atığı eklenerek oluşturulan vermikompost içerisinde % 1,27 N'ye ulaşılmıştır. Dolayısıyla literatürde yer alan ve sadece sığır gübresi kullanılarak elde edilen vermikomposttaki N miktarının, çalışmamızda kullanılan karışım besi ortamlarından oluşturulan vermikomposttan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla beraber sadece demlenmiş çay atığı kullanılarak elde ettiğimiz vermikompostta %2,16 N bulunması demlenmiş çay atığından elde edilen vermikompostun azot içeriği açısından literatürden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Arancon ve Edwards (2011) sığır gübresi kullanarak elde ettikleri vermikomposta 23 ppm Ca, 3454 ppm Fe, 5802 ppm Mg, 160 ppm Mn, 516 ppm Zn'ye ulaşmışlardır. Çalışmamızda sığır gübresi ve demlenmiş

çay atığı kullanılarak elde edilen vermikompostta 4640,17 ppm Ca, 3439,95 ppm Fe, 1967,80 ppm Mg, 500,12 ppm Mn, 40,62 ppm Zn belirlenmiştir. Sığır gübresi, demlenmiş çay atığı ve yemek atığı içeren vermikompost içerisinde ise 4469,43 ppm Ca, 1843,47 ppm Fe, 1799,06 ppm Mg, 337,12 ppm Mn, 32,47 ppm Zn tespit edilmiştir. Çalışmamızda literatürden farklı olarak Ca ve Mn miktarının yüksek, Mg ve Zn miktarının düşük olduğu görülmektedir. Fe miktarı ise sığır gübresine sadece demlenmiş çay atığı eklenilerek elde ettiğimiz vermikomposttaki ile benzerlik göstermektedir.

Bellitürk vd. (2014), sığır gübresi ve zeytin budama atığından elde ettikleri vermikompostta % 1,62 N, 3,75 ppm Ca, 12653 ppm Fe, 0,47 ppm Mg, 525 ppm Mn, 104 ppm Zn belirlemişlerdir. Çalışmamızda sığır gübresi ve demlenmiş çay atığından elde ettiğimiz vermikompostta % 1,65 N belirlenmesi literatür ile benzerlik göstermektedir. Ancak, çalışmamızda bu besi ortamını kullanarak oluşturduğumuz vermikompostun Ca ve Mg miktarları daha yüksek, Fe ve Zn miktarları daha düşük olduğu görülmüştür. Mn değerleri literatürle benzerlik göstermektedir.

Lange (2005), gıda ve bahçe atığı vermikompostunda % 1,81 N, 0,28 ppm Ca, 1440 ppm Fe, 2100 ppm Mg, 346 ppm Mn, 387 ppm Zn olduğunu tespit etmiştir. Çalışmamızda demlenmiş çay atığından elde edilen vermikompostta %2,16 N, 3429,02 ppm Ca, 285 ppm Fe, 1312,15 ppm Mg, 1068,50 ppm Mn, 18,75 ppm Zn belirlenmiştir. Literatürle karşılaştırıldığında demlenmiş çay atığı kullanılarak oluşturduğumuz vermikompostta N, Ca ve Mn miktarları yüksek, Fe, Mg ve Zn miktarlarının ise düşük olduğu görülmüştür.

Suthar vd. (2016), su marulu ve inek gübresi farklı oranlarda karıştırarak dört farklı besi ortamı oluşturmuşlardır. Bunlardan elde ettikleri solucan gübresinin N içeriğinin, inek gübresinden daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Bununla beraber en yüksek N içeriğine su marulu konsantrasyonunun en yüksek olduğu besi ortamında ulaşmışlardır. Burada su marulunun içerisinde yer alan N içeriğinin katkısından olduğunu ifade etmişlerdir. Bu araştırmacılar, solucan gübresinin elde edilmesi sırasında P miktarında da artış görmüşlerdir. Burada solucanların P mineralizasyonunda pozitif rollerinin olduğunu bildirmişlerdir. K ve Ca miktarında da vermikompostta artış görmüşler ve bu elementlerin miktarında ilk ve son içeriğin istatistiksel olarak önemli

olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda Fe, Cu, Zn gibi pek çok elementin de inek gübresi ile karşılaştırıldığında karışım atıklardan elde edilen solucan gübresinde daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Çalışmamızda da solucan gübresinin elde edilmesinde, Suthar vd. (2016) çalışmalarındaki gibi karışım besi ortamlarında elementlerin miktarlarında artış görülmüştür. En yüksek K ve Ca miktarı % 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi kullanımıyla meydana getirilen vermikompostta görülmüştür. Fe, Cu, Zn, Mn, Mg miktarlarının da besi ortamları arasında istatistiksel olarak önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sebeple, çalışmamız elementler açısından literatürle karşılaştırıldığında benzerlik göstermektedir.

Yüksek (2016), farklı besi ortamları elde ettikleri solucan gübresinde en yüksek N, P ve Mn miktarlarına % 100 çay lifi, en yüksek K miktarına % 100 Fındık zurufu, en yüksek Fe miktarına Fındık zurufu (%50)+ Çay lifi (% 50) besi ortamlarında ulaşmıştır. Dolayısıyla, organik atıklardan elde edilen solucan gübresinde, atıkların kompoze durumlarının gübre içeriği üzerinde oldukça önemli olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızdaki farklı besi ortamları kullanılarak elde edilen solucan gübresinin içeriğindeki farklılık da literatürü desteklemektedir.

Bazı araştırmacılar solucan gübresindeki organik madde kaybı ve atık karışımların ağırlığındaki azalmanın elementlerin (Fe, Zn Cr gibi) artmasındaki ana faktör olduğunu belirtmişlerdir (Wang vd., 2013). Suthar vd. (2014), elementlerin temel olarak atık karışımlarında organik olarak bağlı formlar ve çözünebilir formlarının miktarı, ara organik asitlerin oluşumu, organik madde degradasyon oranı gibi serbest bırakılmasına bağlı olduğunu belirtmiştir.

Çalışmanın sonucunda; ortalama değerlere göre en yüksek solucan sayısına E (% 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi) besi ortamında, en düşük solucan sayısına ise D (% 40 demlenmiş çay atığı + % 40 yemek atığı + % 20 inek gübresi) besi ortamında ulaşılmıştır.

En yüksek ortalama solucan ağırlığına E (% 50 demlenmiş çay atığı + % 50 inek gübresi)besi ortamında, en düşük ortalama solucan ağırlığına ise D (% 40 demlenmiş çay

atığı + % 40 yemek atığı + % 20 inek gübresi) besi ortamında rastlanılmıştır.

Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübrelerindeki en yüksek N miktarına % 2,16 ile A (% 100 demlenmiş çay atığı)besi ortamında, en düşük N miktarına ise E besi ortamında ulaşılmıştır.

Besi ortamlarından elde edilen en yüksek P ve K miktarlarına Ebesi ortamında rastlanmıştır. En yüksek Ca, Zn, Cu, Fe, Mg değerlerine E, en yüksek Mn değerine ise D besi ortamlarında ulaşılmıştır.



## 5. ÖNERİLER

Solucan gübresinin elde edilmesi için, büyümeyi destekleyen Ca, K, Mg, Na, Fe, Zn, Cu gibi elementlerin ve yüksek protein ve karbonhidrat içeriğinin yer aldığı atıkların tercihi, solucan biyokütlesinin artmasını desteklemektedir. Bununla beraber, degradasyon prosesinde CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>4</sub>, organik asitler ve diğer ara ürünler gibi toksik maddelerin üretilmesi, solucanların atık karışımlarında ölmelerine neden olmaktadır. Bu sebeple solucan biyokütlesinin oluşumunda ve vermikompostun elde edilmesinde atıkların içerikleri ve konsantrasyonu büyük bir önem oluşturmaktadır. Ayrıca kompoze işlemi ve süresinin de önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, bu alandaki boşlukların doldurulması için kompost aşamasında optimum süre ve ideal kompostlama işleminin tespiti, gübrenin kalitesini artırmış olacaktır. Bu konulardaki çalışmaların farklı çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Uygun atık içeriğinin meydana getirilmesi, ideal kompostlama işleminin tespiti ve optimum sürenin belirlenerek vermikompostun elde edilmesiyle, hem atıklar bertaraf edilmiş olacak hem de maliyeti düşük tarımsal ihtiyaç için oldukça önemli bir gübre elde edilerek ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Demlenmiş çay atıklarının solucan gübresinin elde edilmesinde kullanılmaması ve solucan gübresinin içerisindeki bazı besin elementlerinin belirlenmesi üzerine yapılan bu çalışma, ülkemizde bir ilk olması açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla, literatüre büyük bir katkı sağlamıştır. Ayrıca, özellikle ülkemizde farklı organik atıkların kullanılmasıyla solucan gübresinin elde edilmesi ile ilgili çalışmaların artırılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda farklı organik atıkların geri dönüşümünde kırmızı Kaliforniya solucanları kullanılmış ve atıklar hem çevreye bertaraf edilip kirletici olmamış hem de bu atıkların kompost hale getirilmesiyle sürdürülebilir tarımda oldukça önemli yeri olduğu düşünülen solucan gübresinin elde edilmesi gerçekleştirilmiştir. Solucan gübresinin elde edilmesiyle ekolojik, ekonomik ve tarımsal açıdan pek çok faydaya ulaşılacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla bu alandaki çalışmaların artırılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aalok, A., Prafulla, S. and Tripathi, A.K., 2009.** Role of earthworms in breakdown of different organic wastes into manure: a review. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 3 (Special Issue 2), 13-20.
- Agarwal, S., Sinha, R.K. and Sharma, J., 2010.** Vermiculture for sustainable horticulture agronomic impact studies of earthworms, cow dung compost and vermicompost vis-a-vis chemical fertilisers on growth and yield of lady's finger (*Abelmoschus esculentus*). *International Journal of Global Environmental Issues*, 10(3), 366-377.
- Akyurt, S., 2018.** Eysel ve Endüstriyel Arıtma Çamurlarının Toprak Solucanları ile Kompostlanması ve Vermikompost Kalitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye, 48 s., 25.
- Arancon, N.Q., Edwards C.A., Atiyeh R.M. and Metzger J.D., 2004.** Effects of vermicomposts produced from food waste on greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93, 139-144.
- Arancon, N. and Edwards, C.A., 2011.** The Use of Vermicomposts as Soil Amendments for Production of Field Crops. *Vermiculture Technology*. Edwards, C.A., Arancon, N.Q. and Sherman, R. (Eds.). CRC Press, Taylor and Francis Group, Chapter 10, 129-151.
- Athani, S.I., Hulamanai, N.C. and Shirol, A.M., 1999.** Effect of vermicomposts on the maturity and yield of banana. *South Indian Horticulture*, 47(1), 4-7.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A, Subler, S. and Metzger, J.D., 2000.** Earthworm processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigolds and vegetable seedlings. *Compost Science and Utilization*, 8, 215- 233.
- Aydın, H., 2006.** Toprak solucanlarının çevre toksikolojisi yönünden değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 32(3), 75-79.
- Baier-Anderson, C. and Anderson, R.S., 2000.** The effects of Chlorothalonil on oyster hemocyte activation: Phagocytosis, reduced pyridine nucleotides, and reactive oxygen species production. *Environmental Research*, 83(1), 72-78.
- Beard, J., 2006.** DDT and human health. *Science of the Total Environment*, 355(1), 78-89.
- Bellitürk, K., Görres, J.H., Turan, H.S., Göçmez, S., Bağdatlı, M.C., Eker, M. ve Aslan, S., 2014.** Zeytin Bitki Artıkları-Ahır Gübresi-Kum Karışımı ile Yapılacak Olan Vermikompostun Tarımda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: NKUBAP.00.24.AR.13.15.



- Boehm, M.J., Madden, L.V., and Hoitink, H.A.J., 1993.** Effect of organic matter decomposition level on bacterial species diversity and composition in relationship to *Pythium* damping –off severity. *Applied and Environmental Microbiology*, 59, 4171-4179.
- Buchanan, M.A, Russell, E. and Block, S.D., 1988.** Chemical characterization and nitrogen earthworms in environmental and waste management In C.A.Edwards and E.F. Neuhauser (Eds.), SPB Acad. Publ., The Netherlands, 231-240.
- Buckerfield, J.C., Flavel, T.C., Lee, K.E. and Webster, K.A., 1999.** Earthworms and waste management-Vermicompost in solid and liquid forms as a plant-growth promoter. *Pedobiologia*, 43(6), 753-759.
- Buckerfield, J.C. and Webster, K.A., 1998.** Worm-worked waste boosts grape yields: prospects for vermicompost use in vineyards. *The Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 13, 73-76.
- Byzov B.A., Nechitaylo T.Y., Bumazhkin B.K., Kurakov A.V., Golyshin P.N. and Zvyagintsev D.G., 2009.** Culturable microorganisms from the earthworm digestive tract. *Microbiology*, 78(3), 360-368.
- Chen, S.K., Edwards, C.A. and Subtler, S., 2001.** Effects of the fungicides benaomyl, captan and chlorothalonil on soil microbial activity and nitrogen dynamics in laboratory incubations. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(14), 1971-1980.
- Chen, Y. and Aviad, T., 1990.** Effects of humic substances on plant growth. In: MacCarthy, P., C.E. Clapp, R.L. Malcolm and P.R. Bloom (eds) *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 161-186.
- Curry J.P. and Schmidt O., 2007.** The feeding ecology of earthworms—A Review. *Pedobiologia*, 50(6), 463-477.
- Das, D., Bhattacharyya, P., Ghosh, B.C., Banik, P., 2016.** Bioconversion and biodynamics of *Eisenia foetida* in different organic wastes through microbially enriched vermiconversion technologies. *Ecological Engineering*, 86, 154–161.
- Devi, D., Agarwal, S.K. and Dayal, D., 1998.** Response of sunflower (*Helianthus annuus*) to organic manures and fertilizers. *Indian Journal of Agronomy*, 43(3), 469-473.
- Dominguez, J., Edwards, C.A. and Subler, S., 1997.** A comparison of vermicomposting and composting. *Biocycle*, 38, 57–59.
- Doube, M. and Brown, G., 1998.** Life in A Complex Community Functional Interactions between Earthworms, Organic Matter, Microorganisms, and Plants. CRC Press, Edwards, C.A. (Ed.) 179-211.

- Edwards, C.A. and Burrows, I., 1988.** The Potential of Earthworm Composts as Plant Growth Media. In *Earthworms in Environmental and Waste Management*. SPB Academic Publishing, 2132 pp., Neuhauser, C.A. (Ed.), 211-219.
- Edwards, C.A., 2004.** *Earthworm Ecology*. Second edition, CRC Press, ISBN: 9780849318191, 456 pp., 230-245.
- Edwards, C.A., and Bohlen, P.J., 1996.** *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd. edition, ISBN: 978-0-412-56160-3, 438 pp., 196-212.
- Erşahin, Y.Ş., 2007a.** Vermikest ve vermikest hümik fraksiyonlarının hıyar (*C. sativus* L.) kök ve gövde çürüklük etmenleri *R. solani* (kühn) ve *F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum* üzerindeki baskılama etkisinin belirlenmesi (Doktora Tezi), Gaziosman Paşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye, 128 s., 80.
- Erşahin, Y.Ş., 2007b.** Vermikompost ürünlerinin eldesi ve tarımsal üretimde kullanım alternatifleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 99-107.
- Garg, P., Gupta, A., Satya, S., 2006.** Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource technology*, 97(3), 391-395.
- Gunadi, B. and Edwards, C.A., 2003.** The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedobiologia*, 47, 321-329.
- Gündüzalp, A.A. and Güven, S., 2016.** Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya Belediyesi ve semt tüketicileri örneği. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, ISSN, 1304-2823.
- Hait, S. and Tare, V., 2012.** Transformation and availability of nutrients and heavy metals during integrated composting–vermicomposting of sewage sludges. *Ecotoxicology and Environmental safety*. 79, 214-224.
- Hanc, A. and Vasak, F., 2015.** Processing separated digestate by vermicomposting technology using earthworms of the genus *Eisenia*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(4), 1183
- Huang, G.F., Wong, J.W., Wu, Q.T. and Nagar, B.B., 2004.** Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management*, 24(8), 805–813.
- İlay, R., Kavdır, Y. and Sümer, A., 2013.** The effect of olive oil solid waste application on soil properties and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85, 254-259.
- Joshi, R. and Pal Vig, A., 2010.** Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). *African Journal of Basic & Applied Sciences*, 2(3), 117-123.

- Kale, R.D., Mallesh, B.C., Kubra, B. and Bagyaraj, D.J., 1992.** Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, 1317-1320.
- Kapoor, J., Sharma, S. and Rana, N.K., 2015.** Vermicomposting for organic waste management. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(12), 7956-7960.
- Karaçal, İ. ve Tüfenkçi, Ş., 2010.** Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar ve Gübre- Çevre İlişkisi, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 257-268.
- Kolte, U.M., Patil, A.S. and Tumberbe, A.D., 1999.** Response of tomato crop to different modes of nutrient input and irrigation. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 14(1), 4-8.
- Lange, M.G., 2005.** A Comparison Analysis of Vermicomposting Strategies in Food Substrates with an Emphasis on Nutrient Values and Reproduction. Pioneer Undergraduate Research Fellowship, 1-15.
- Lavelle, P. and Martin, A., 1992.** Small-scale and large-scale effect of endogenic earthworms on soil organic matter dynamics, soils of the humid tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, 1491-1498.
- Maheswarappa, H.P., Nanjappa, H.V. and Hegde, M.R., 1999.** Influence of organic manures on yield of arrowroot, soil physico-chemical and biological properties when grown as intercrop in coconut garden. *Annals of Agricultural Research*, 20(3), 318-323.
- Manyuchi, M.M. and Phiri, A., 2013.** Vermicomposting in solid waste management: a review. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 2(12), 1234-1242.
- Masciandro, G., Ceccanti, B. and Garcia, C., 1997.** Soil agro-ecological management: fertirrigation and vermicompost treatments. *Bioresource Technology*, 59, 199-206.
- Mısırlıoğlu, M., 2011.** Toprak Solucanları Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri. Nobel yayınları, yayın no: 1636, 1 Baskı, ISBN: 9786053954477, 104 s, 30-35.
- Mrinal, S., Rajkhowa, D.J. and Saikia, M., 1998.** Effect of planting density and vermicomposts on yield of potato raised from seedling tubers. *Journal of the Indian Potato Association*, 25(3-4), 141-142.
- Namlı, A., Akça, O., Perçimli, C., Beşe, S., Gür, Ş., Arıkan, H., Eser, İ., İzci, E., Gümüşay, E., Tunca, G., Khalau J., Mutağçılar, Z. ve Demirtaş, Ö., 2014.** Evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1), 46-56.

- Nath, G., Singh, K., and Singh, D.K., 2009.** Chemical analysis of vermicomposts/vermiwash of different combinations of animal, agro and kitchen wastes. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3672-3676.
- Neuhauser, E.F, Loehr, R.C., and Malecki, M.R., 1988.** The Potential of Earthworms for Managing Sewage Sludge. *Earthworms and Waste Management*. SPB Academic Publishing, ISBN: 90-5103-017-7, Edwards, C.A., Neuhauser, E.F. (Eds.), 9-20.
- Orlov, D.S. and Biryukova, O.N., 1996.** Humic substances of vermicomposts. *Agrokhimiya*, 12, 60-67.
- Orozco, S. H., Cegarra, J., Trujillo, L. M. and Roig, A., 1996.** Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*. 22, 162-171.
- Parthasarathi, K., 2007.** Life cycle of *Lampito mauritii* (Kinberg) in comparison with *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) cultured on different substrates. *Journal of Environmental Biology*, 28(4), 803–812.
- Pattnaik, S. and Reddy, M.V., 2010.** Nutrient status of vermicompost of urban green waste processed by three earthworm species—*Eisenia fetida*, *Eudrilus eugeniae*, and *Perionyx excavatus*. *Applied and Environmental Soil Science*, 1-13.
- Pedersen J.C. and Hendriksen N.B., 1993.** Effect of Passage Through The Intestinal Tract of Detritivore Earthworms (*Lumbricus* Spp.) on The Number of Selected GramNegative and Total Bacteria. *Biology and Fertility of Soils*, 16(3), 227-232.
- Prabha, M.L., Jayaraaj, I.A., Jeyaraaj, R. and Rao, S., 2007.** Comparative studies on the digestive enzymes in the gut of earthworms, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*. *Indian Journal of Biotechnology*, 6, 567-569.
- Punde, B.D. and Ganorkar, R.A., 2012.** Vermicomposting-recycling waste into valuable organic fertilizer. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2, 2342-2347.
- Ramachandra, R., Reddy, M.A.N., Reddy, Y.T.N., Reddy, N.S., Anjanappa, M. and Reddy, R., 1998.** Effect of organic and inorganic sources of NPK on growth and yield of pea (*Pisum sativum*). *Legume Research* 21(1), 57-60.
- Scott, M.A., 1988.** The use of worm-digested animal waste as a supplement to peat in loamless composts for hardy nursery stock. In *Earthworms in Environmental and Waste*. Edwards CA and Neuhauser EF (eds.), The Netherlands, 231-229
- Shahmansouri, M.R., Pourmoghadas, H., Parvaresh, A.R. and Alidadi, H., 2005.** Heavy metals bioaccumulation by Iranian and Australian earthworms (*Eisenia fetida*) in the sewage sludge vermicomposting. *Iranian Journal Environmental Health Science Engineering*, 2(1), 28-32.

- Shanmugasundaram, R., Jeyalakshmi, T., Saravanan, M., Mohan, S.S., Goparaju, A. A. and Murthy, P.B., 2013.** Influence of some biological wastes and their combination on growth and reproduction potential of earthworm, *Eisenia fetida* and their effect on plant growth. *International Journal of Environment and Waste Management*, 11(4), 387-398.
- Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S. and Vasudevan, P., 2005.** Potentiality of earthworms for waste management and in other uses—A review. *The Journal of American Science*, 1(1), 4-16.
- Sivasankari, B., 2016.** Study on life cycle of earthworm *Eisenia foetida*. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences*. 3(5), 83-93.
- Suleiman, H., Rorat, A., Grobelak, A., Grosser, A., Milczarek, M., Plytycz, B., Kacprzak, M. and Vandenbulcke, F., 2017.** Determination of the performance of vermicomposting process applied to sewage sludge by monitoring of the compost quality and immune responses in three earthworm species: *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei* and *Dendrobaena veneta*. *Bioresource Technology*, 241, 103-112.
- Suthar, S., Kumar, K. and Mutiyar, P.K., 2014.** Nutrient recovery from compostable fractions of municipal solid wastes using vermitechnology. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17(1), 174-184.
- Suthar, S., Pandey, B., Gusain, R. and Gaur, R.Z., 2016.** Nutrient changes and biodynamics of *Eisenia fetida* during vermicomposting of water lettuce (*Pistia* sp.) biomass: a noxious weed of aquatic system. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), 199-207.
- Syers, J.K. and Springett, J.A., 1984.** Earthworms and soil fertility. *Plant and Soil*, 76, 93-104.
- Tacirođlu, B., Kara, E. ve Sak, T., 2016.** Toprakta ağır metal gideriminde solucanların kullanımı. *KSÜ Dođa Bilimleri Dergisi*, 19(2), 201-207.
- Tecimen, H., 2013.** Toprak solucanlarını sınıflandırma terimleri üzerine bir değerlendirme. *Avrasya Terim Dergisi*, 1(1), 40-45.
- Tejada, M., and Benítez, C., 2015.** Application of vermicomposts and compost on tomato growth in greenhouses. *Compost Science & Utilization*, 23(2), 94-103.
- Turhan, Ş., 2005.** Tarımda sürdürülebilirlik ve organik tarım. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 11(1), 13-24.
- Tutar U., 2012.** *Eisenia fetida* Türü Toprak Solucanlarından Elde Edilen Farklı Ekstraktların Bitki Patojenleri Üzerindeki Antibakteriyel ve Antifungal Aktivitelerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tokat, Türkiye, 112 s., 26.

- Tutar, U. and Karaman, İ., 2017.** Investigation of antibacterial properties of mucus and coelomic fluid obtained from *Eisenia fetida*. Cumhuriyet Science Journal, 38(3), 427-434.
- URL-1, 2007.** <http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/016uygunaksoy.pdf> (11 Aralık 2007).
- Vadiraj, B.A. and Potty, S.S.S.N., 1998.** Response of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivars to graded levels of vermicompost. Journal of Spices and Aromatic Crops, 7(2), 141-143.
- Wang, L., Zhang, Y., Lian, J., Chao, J., Gao, Y., Yang, F. and Zhang, L., 2013.** Impact of fly ash and phosphatic rock on metal stabilization and bioavailability during sewage sludge vermicomposting. Bioresource Technology, 136, 281-287.
- Yourtchi, M.S, Hadi, M.H.S. and Darzi, M.T., 2013.** Effect of nitrogen fertilizer and vermicompost on vegetative growth, yield and NPK uptake by tuber of potato (Agriacv.). International Journal of Agricultural Crop Science, 5(18), 2033-2040.
- Yüksek, T., 2016.** Farklı Tip Yemle Beslenen Kırmızı Kalifornia Solucanı (*Eisenia fetida*)'nın Biomass (Solucan Sayısı ve Toplam Ağırlığı) Verimi ve Meydana Gelen Gübrenin Bazı Kalite Parametrelerine Etkisinin Araştırılması. Sanayi İşbirliği Projesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, Türkiye, Proje No: 253.
- Yüksek, T., Verep, B. ve Baltacı, C., 2017.** Hayvan gübresinden elde edilen sıvı solucan gübresinin iz ve besin elementleri açısından incelenmesi. Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology, 5(8), 986-991.

## ÖZGEÇMİŞ

Kevser TÜRÜT, 01/09/1991 tarihinde Rize’de doğdu. İlköğretimi 1997 yılında Gündoğdu İlköğretim Okulu’nda ve Ortaöğretimi 2005 yılında Ali Metin Kazancı Rize Lisesi’nde tamamladı. 2010 yılında başladığı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi’nde lisans eğitimini 2014 yılında tamamladı. 2015 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir.

