

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI EVSEL ATIKLARIN
KIRMIZI KALİFORNİYA SOLUCANI (*Eisenia fetida*)
ÜREME YOĞUNLUĞUNA VE VERMİKOMPOST
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BERÇEM AŞKIN BOĞATEMÜR**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Yunus ESEN**

BİNGÖL-2022



T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI EVSEL ATIKLARIN
KIRMIZI KALİFORNİYA SOLUCANI (*Eisenia fetida*)
ÜREME YOĞUNLUĞUNA VE VERMİKOMPOST
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Yunus ESEN danışmanlığında, Berçem AŞKIN BOĞATEMÜR tarafından hazırlanan bu çalışma .././2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda YüksekLisans Tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Yunus ESEN

İmza :

Üye : Doç. Dr. Yasin DEMİR

İmza :

Üye : Doç. Dr. Sadreddin TUSUN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun// tarih ve/

nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer ŞİAR

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

ÖNSÖZ

Bu çalışma üzerinde yaşadığımız, bize ev sahipliği yapan dünya gezegenin var olan atık ve kirlenme problemi ile beraber oluşan maalesef ki zamanla geri dönüşü daha zor boyutlara varacak olan ekolojik sorunlara bir katkı sunabilmek adına yapılmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, kıymetli bilgilerini benimle paylaşıp, değerli zamanını ayıran, sabır ve büyük bir ilgiyle bana yol gösteren, gelecekteki meslek hayatımda da bana kattıkları ile her zaman sevgi ve saygıyla anacağım, kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Yunus ESEN'e minnet ve şükranlarımı sunuyorum.

Bu sürecin başlamasında büyük katkısı olan ve sürecin başından itibaren bana destek olan Prof. Dr. Mustafa KOYUN hocama teşekkürlerimi sunuyorum.

Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvar müdürü Doç. Dr. Ferdi AKMAN ve Sayın Arş. Gör. Ramazan GÜN hocalarıma desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez yazım aşamasında benden desteğini esirgemeyen Öğr. Gör. Dilan AŞKIN ÖZEK ve kıymetli Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Bilal TOLAN hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu sürece başlamama vesile olup her daim yanımda olan melek anneme ve aileme, Abdulkadir AŞKIN'a, desteğini benden esirgemeyen, varlığı ile hayatıma anlam katan sevgili yol arkadaşım İbrahim Halil BOĞATEMÜR, saygıdeğer Şahin BOĞATEMÜR ve çok sevgili ailesine destekleri için teşekkürlerimi sunuyorum.

Berçem AŞKIN BOĞATEMÜR

BİNGÖL 2022

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ŞİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kırmızı Kaliforniya Solucanı (<i>Eisenia fetida</i>) Genel Özellikleri	18
1.1.1. Genel Vücut Yapısı.....	18
1.1.2. Vücut Duvarı Yapısı	19
1.1.3. Hareket.....	20
1.1.4. Beslenme.....	20
1.1.5. Sindirim Sistemi	20
1.1.6. Dolaşım Sistemi.....	21
1.1.7. Solunum Sistemi.....	22
1.1.8. Boşaltım Sistemi.....	22
1.1.9. Sinir Sistemi	22
1.1.10. Üreme ve Erginleşme	23
1.1.11. Gelişimleri	24
1.1.12. Ekolojileri	25
1.1.13. Toprak Solucanlarının Popülasyonunu Olumsuz Etkileyen Durumlar	26
1.1.14. Toprak Solucanlarının Sistematik Teşhisleri.....	27
1.2. Vermikültür ve Vermikompost.....	29
1.2.1. Vermikültür ve Vermikompost Üretimi	31
1.2.2. Vermikültür ve Vermikompostun Tarım ve Toprak Üzerine Etkileri.....	33
2. MATERYAL VE YÖNTEM	36
2.1. Atıkların kurutulması.....	38
2.2. Atıkların parçalanması.....	38
2.3. Atıkların elenmesi	39

2.4. Karışımların hazırlanması	39
2.5. Kompostlama.....	40
2.6. Gübre Üretimi.....	44
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
3.1. pH Değeri	47
3.2. Nem Değeri	48
3.3. Organik Madde ve Organik Karbon	49
3.4. Nem-azot Miktarı	50
3.5. Potasyum	50
3.6. Fosfor.....	51
3.7. İnorganik Bileşikler	52
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	:Santigrat Derece
pH	:Hidrojen İyonu Aktivitesinin Negatif Logaritması
N	:Azot
P	:Fosfor
K	:Potasyum
Ca	:Kalsiyum
Mg	:Magnezyum
B	:Bor
Cu	:Bakır
Fe	:Demir
Na	:Sodyum
Zn	:Çinko
Mn	:Mangan
Cr	:Krom
Ni	:Nikel
Cd	:Kadmiyum
Pb	:Kurşun
Hg	:Cıva
%	:Yüzde
ppm	:PartS Per Million (milyonda bir kısım)
ppb	:Parts Per Billion (milyarda bir kısım)
WWF	:Dünya Doğayı Koruma Vakfı
Spp.	:Türler

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Dünya enerji tüketimi.....	2
Şekil 1.2.	Enerji kaynaklarının küresel payları.....	2
Şekil 1.3.	Toprak solucanlarının anatomik yapısı.....	18
Şekil 1.4.	Hermofrodit toprak solucanlarının üreme vekolonolşturmaları.	23
Şekil 1.5.	Oligochaeta (Toprak Solucanlarının) Sınıfının Sistematığı veE. fetida'nın Yeri (Edwards,1996; Blakemore 2006).....	28
Şekil 1.6.	Vermikompost solucan örnekleri.....	29
Şekil 1.7.	Vermikompost solucan örnekleri.....	29
Şekil 2.1.	Vermikompost için hazırlanan kasalar.....	37
Şekil 2.2.	Vermikompost için hazırlanacak gıda atıkları örnekleri.....	38
Şekil 2.3.	Vermikompost için parçalanmış mutfak atıkları.....	39
Şekil 2.4.	Vermikompost için gerçekleştirilen eleme işlemi.....	39
Şekil 2.5.	Hazırlanan kasaların uygun ortama yerleştirilmesi.....	40
Şekil 2.6.	Kompostlama işlemi.....	40
Şekil 2.7.	Oluşturulan vermikompost örneklem alanları.....	41
Şekil 2.8.	Oluşturulan vermikompostların kapalı görünüşü.....	41
Şekil 2.9.	Solucanların Besi ortamına aktarımı ve gübre üretimi.....	44
Şekil 3.1.	Örneklemlerde ki pH değerleri.....	47
Şekil 3.2.	Örneklemlerdeki nem oranı (%).....	48
Şekil 3.3.	Örneklemlerdeki organik karbon ve organik madde miktarı (%)...	49
Şekil 3.4.	Örneklemlerdeki nem-azot miktarı.....	50
Şekil 3.5.	Örneklemlerdeki K miktarı (ppb).....	50
Şekil 3.6.	Örneklemlerdeki P miktarı (ppb).....	51
Şekil 3.7.	Örneklemlerdeki inorganik madde miktarı (ppb).....	52
Şekil 3.8.	Örneklemlerdeki Mg madde miktarı (ppb).....	52
Şekil 3.9.	Örneklemlerdeki Ca madde miktarı (ppb).....	53

Şekil 3.10.	Örneklemlerdeki Cr madde miktarı (ppb).....	53
Şekil 3.11.	Örneklemlerdeki Mn madde miktarı (ppb).....	54
Şekil 3.12.	Örneklemlerdeki Fe madde miktarı (ppb).....	55
Şekil 3.13.	Örneklemlerdeki Ni madde miktarı (ppb).....	55
Şekil 4.1.	Başlangıç birey sayısı ve sonuç birey sayısı grafiği	56
Şekil 4.2.	Örneklemlerde C:N oranı.....	59
Şekil 4.3.	Örneklemlerde N oranı (%).....	61
Şekil 4.4.	Örneklemlerde organik madde – azot ilişkisi.....	62
Şekil 4.5.	Örneklemlerde K-P ilişkisi	63
Şekil 4.6.	Örneklemlerde inorganik maddelerin çizgisel grafik ile gösterimi.....	64

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1.1.	Geleneksel kompost olan ahır gübresi ve vermikompost içindeki N, P ve K değerlerinin karşılaştırılması.....	16
Tablo 1.2.	Geleneksel (aerobik ve anaerobik) kompostlar ile vermikompost içindeki önemli besin elementlerinin karşılaştırılması.....	16
Tablo 2.1.	Örneklem Alanlar ve Vermikompost oluşturulan madde oranları (%).	43
Tablo 3.1.	Vermikompost alanlarına eklenen ve deney sonucu oluşan birey sayısı.....	46
Tablo 4.1.	Birey sayısı ile çeşitli etkenler arasındaki regrasyon (R^2) ve kolerasyon ilişkisi.....	57
Tablo 4.2.	Örneklemlerde C:N oranı.....	60

FARKLI EVSEL ATIKLARIN KIRMIZI KALİFORNİYA SOLUCANI (*Eisenia fetida*) ÜREME YOĞUNLUĞUNA VE VERMİKOMPOST KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışma artan dünya nüfusu ile beraber azalan doğal kaynakların aşırı tüketimini ve israfı önlemek için hem toprak kalitesini artırmanın alternatif yollarını hem de evsel ve hayvansal atıkların değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Evsel atıklardan ve hayvansal atıklardan yararlanılarak elde edilen gübrelerin tarım ve bitki yetiştiriciliğinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında Kırmızı Kaliforniya Solucanı olarak isimlendirilen *Eisenia fetida* türü kullanılmıştır. Bu kapsamda 7 tane farklı deney ortamı oluşturulup A1, B1, C1, D1, E1, F1 ve G1 olarak isimlendirilmiştir. Farklı evsel atıklar ile büyükbaş hayvan gübresi kullanılarak vermikompost ortamları hazırlanmıştır. Başlangıç olarak tüm ortamlara 50 adet solucan bırakılmıştır. Altı ay sonunda solucanların üreme durumlarına ve oluşturdukları gübrenin içerik bakımından bileşimlerine bakılmıştır. Sonuçta elde edilen verilere göre; A1 (yumurta kabuğu-çay posası) örnekleminde 1357, B1 (evsel atıklar) örnekleminde 2485, C1 (kavun-karpuz-elma kabuğu) örnekleminde 2350, D1 (yeşil sebze atıkları) örnekleminde 1125, E1 (kuru yaprak-karton kâğıt-çim) örnekleminde 854, F1 (domates-limon-portakal kabuğu) örnekleminde 1143, G1 (hayvan gübresi) örnekleminde 1734 birey tespit edilmiştir. Analizlerde nem, pH, organik C miktarı, toplam organik madde miktarı, N, K, P ve inorganik diğer moleküllerin (Fe, Mn, B, Mg, Ca, Cr, Ni) toplam ppb değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Analiz sonucunda evsel atık ve hayvan gübresinin solucanın yaşamını devam ettirebilmesi ve üremesi açısından uygunluk göstermesi ile beraber gübrenin içeriğini önemli ölçüde pozitif yönde değiştirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Eisenia fetida*, organik atık, vermikompost, sürdürülebilirlik, geri dönüşüm.

EFFECT OF DIFFERENT DOMESTIC WASTE ON RED CALIFORNIA WORM (*Eisenia fetida*) REPRODUCTION DENSITY AND VERMICOMPOST QUALITY

ABSTRACT

This study aims to evaluate both alternative ways to improve soil quality and domestic and animal wastes to prevent excessive consumption of natural resources that decrease with the increasing world population. It has been shown that the fertilizers obtained by using domestic wastes and animal wastes can be used in agriculture and plant breeding. Within the scope of this study, *Eisenia fetida* species named Red California Worm was used. Within the scope of the experiment, 7 different experimental environments were created and named A1, B1, C1, D1, E1, F1 and G1. The vermicompost medium was prepared by using different domestic wastes and cow manure. To begin with, 50 worms were left in all the environments. At the end of six months, the reproductive status of the worms and the composition of the fertilizer they created were examined. According to the data obtained as a result; 1357 worms in the A1 (eggshell-tea pulp) sample, 2485 worms in the B1 (household waste) sample, 2350 worms in the C1 (melon-watermelon-apple peel) sample, 1125 worms in the D1 (green vegetable waste) sample, E1 (dry leaf-carton) paper-grass) sample 854 worms, F1 (tomato-lemon-orange peel) sample 1143 worms, G1 (animal manure) sample 1734 worms. In analysis, the total ppb values of moisture, pH, organic C amount, total organic matter amount, N, K, P and other inorganic molecules (Fe, Mn, B, Mg, Ca, Cr, Ni) were measured. As a result of the analysis, it was determined that the domestic waste and animal manure were suitable for the survival and reproduction of the worm and changed the content of the manure positively.

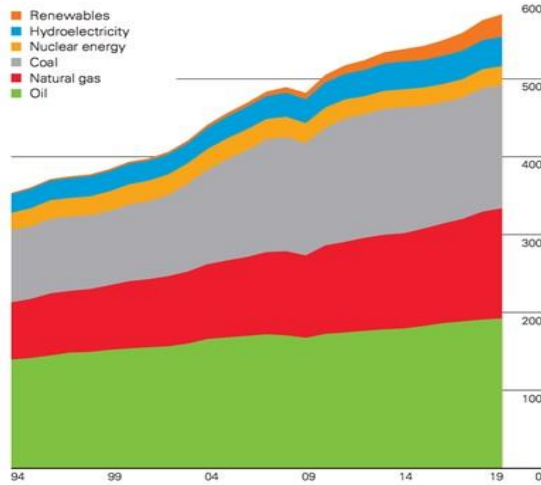
Keywords: *Eisenia fetida*, organic waste, vermicompost, sustainability, recycling.

1. GİRİŞ

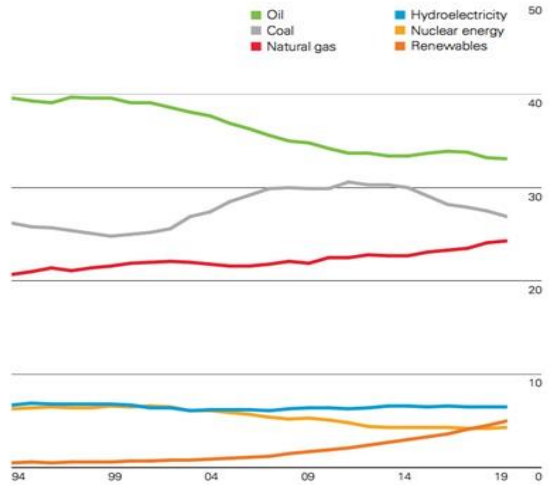
Yaklaşık 4,5 milyar yıl yaşında olan dünya gezegeni 21. yüzyıl itibari ile yoğun nüfus artışının etkileri ile karşı karşıyadır. Artan nüfus ve buna bağlı olarak artan sanayi ve teknoloji aktiviteleri beraberinde doğal kaynakların yok olması, içilebilir suların azalması, tarım arazilerinin kullanışsız hale gelmesi gibi birçok yeni çevrebilimle ilgili sorunu da beraberinde getirmiştir. Neredeyse ilk canlı ve insan topluluklarından günümüze kadar yüzyıllar boyunca canlılığa ev sahipliği yapmış olan toprak ve yaşamın kaynağı olan su gelişen sanayi ile beraber daha fazla kirlenmeye maruz kalmıştır. Özellikle tarımda kullanılan kimyasal maddeler, toprağın yapısını bozarak bünyesinde yetişen bitkileri etkilemektedir. Kullanılan kimyasalların bir kısmı besinlere geçerken bir kısmı da yeraltı sularına karışarak bölgedeki sucul yaşamı ve dolayısıyla besin zincirindeki tüm trofik düzeylerde bulunan canlıları tehlikeye sokmaktadır. Bu hızlı kirlenme küresel ısınmanın etkileri ile de birleşince birçok türün etkilenme durumu söz konusudur. Özellikle tarımda kullanılan kimyasal içeriklerin yoğun olduğu gübreler flora ve fauna açısından olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Toprakta biriken kimyasallar bitki ve yeraltı suları aracılığıyla tüm besin zincirine geçmesiyle beraber büyük kısmı da toprakta birikerek zamanla toprağın verimsizleşmesine neden olur.

Bu sorunların yanı sıra günlük hayatta organik veya inorganik özellikte olan birçok ürün atık veya çöp olarak sınıflandırılıp kullanılmaya uygun görülmemektedir. Bu kategorinin en büyük kısmını besin atıklarından oluşan mutfak çöpleri oluşturmaktadır.

21. yüzyıl ile hayatımıza giren ve tüm insanları etkisi altına alan korkunç boyutlara ulaşmış olan tüketim çılgınlığı ile karşı karşıya kalınan bu çağda, var olan doğal kaynakların artık ihtiyaçları karşılamada yetersiz kalacağı gerçeği evrensel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 1.1. ve Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Dünya enerji tüketimi.
Kaynak: BP 2020 Dünya Enerji Raporu Özeti



Şekil 1.2. Enerji kaynaklarının küresel payları.
Kaynak: BP 2020 Dünya Enerji Raporu Özeti

Bu durum sınırlı olan tüketim kaynaklarının atık üretime yetemeyeceği anlamına gelmektedir. Meydana gelen arz talep dengesizliğinden etkilenen biyolojik sistemler karşımıza çevrebilimle ilgili ayak izi kavramını çıkarmıştır.

Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tanımlamalarına göre ekolojik ayak izi, sahip olunan teknoloji ve kaynaklarıyla bir bireyin ya da toplumun tükettiği kaynakları üretmek ve ortaya çıkan atıkları yok etmek için gerekli, biyolojik olarak verimli toprak ve su alanları olarak tanımlanır ve en genel anlamıyla çevresel sürdürülebilirliği ölçmektedir. Ekolojik ayak izinin belirlenmesinde iki önemli göstergesi, tüketimin ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasitedir. Tüketimin ekolojik ayak izi, toplum tarafından tüketilen ürünleri üretmek için kullandığımız yenilenebilir doğal kaynakları ifade etmektedir. Biyolojik kapasite ise bir coğrafi bölgenin yenilenebilir doğal kaynakları üretme kapasitesinin göstergesidir. Kişi başına düşen tüketimin ekolojik ayak izi miktarının, kişi başına düşen biyolojik kapasiteyi aşması, o bölgede yaşayan insanların tüketim biçimlerinin sürdürüleemeyeceği anlamına gelmektedir (WWF, 2012).

Bu çalışma ile sorunlara farklı bir bakış açısı geliştirmek ve var olan sorunlara küçük bir katkı sunabilmek amacı ile evsel atıkların geri dönüştürülebilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda evsel ve hayvansal atıklardan vermikompost yöntemi ile gübre elde edilmek istenmektedir.

Vermikompost; solucanların yaşamsal aktiviteleri sonucu ortaya çıkan, organik atıkların değerlendirildiği, besin değeri yüksek, doğa için faydalı organik gübrenin üretimidir. Kısacası organik atıkların solucanlar aracılığıyla gübre haline getirilme işlemidir.

Solucan gübresi ile ilgili hem ülkemizde hem de diğer ülkelerde birçok çalışma yapılmıştır. Solucan gübresi kavramı hayatımıza yakın tarihte girdiğinden yapılan çalışmalar günceldir. Edwards ve Bohlen (1996)'e göre; dünyada vermikompost faaliyetlerinde ve aerobik kompost üretiminde kullanılan solucan türleri; *Eisenia fetida*, *E. andrei*, *Dendrobaena venata*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae*, *Fletcherodrilus* spp. *Heteroporodrilus* spp., *Pheretima excavatus* 'tur. Ancak bu solucan türleri içerisinde vermikompost çalışmalarında en iyi sonuçları veren türler ise *E. fetida*, *E. andrei*, *D. venata*, *L. rubellus*, *P. excavatus* 'tur.

Dickerson (2004) solucan türleri içerisinde ticari amaçla kurulan vermikompost işletmelerinde en çok tercih edilen türlerin *Eisenia* spp. ve ikinci olarak *L. rubellus* olduğunu belirtmiştir.

Edwards ve Bohlen (1996) *E. fetida* 'nın tercih sebebi olmasında birçok faktör bulunduğunu belirtmiştir. Bunların en önemlileri;

- Diğer türlere göre besin tüketiminin daha hızlı olması,
- Üreme ve popülasyon artış oranının diğer türlere göre daha yüksek olması,
- Adaptasyon kabiliyetinin yüksek olmasıdır.

Pierre vd. (1982), solucanların bırakmış oldukları sölomik sıvının anti bakteriyel proteinler taşıdığı ve biyomas içerisindeki tüm patojenleri baskıladığını, bu durumun yanında ayrıca solucanların protozoa, bakteri ve fungileri besin olarak kullandığını belirtmiştir.

Ireland (1983), toprak solucanlarından *E. fetida* 'nın kadmiyum, cıva, kurşun, bakır, manganez, kalsiyum, demir ve çinko gibi ağır metalleri negatif bir durum yaşamadan vücut dokularında son derece yüksek oranda depolayabildiğini ifade etmiştir.

Saxena vd. (1998) toprak solucanlarının ağır metali vücutlarında depoladığı, bundan dolayı atıklardaki ve topraktaki ağır metali başarılı bir şekilde tolare ettiğini ifade etmiştir.

Elvira vd. (1998) vermikompostun çalışmalara göre azot ve fosfor içeriği bakımından zengin olduğunu, düşük ağır metale, düşük iletkenlik ve yüksek humik asit özelliklerine sahip olduğunu belirtmiştir.

Ramana vd. (2001) damıtılmış arıtma çamurunun, üretim alanına sterilizasyonu sağlanmadan uygulandığında mikrobiyal aktiviteyi baskılayarak düşürdüğünü, besin maddesi kaybını artırdığını ve ürünlerde hastalıklara neden olduğunu belirtmiştir.

Lung vd. (2001) toksik olan arıtma çamurunun doğada mikroflora ve makrofauna tarafından kademeli olarak iyileştirebildiğini fakat bunun zaman içerisinde gerçekleştiğini belirtmiştir. Mikrobiyal bozulma ürünü yani geleneksel kompost tarım için çok gerekli ve önemli bir üründür. Toprak solucanları ile elde edilen kompost yani vermikompost geleneksel komposta göre çok daha kaliteli hastalık etmenleri taşımamakla beraber besin elementlerince oldukça zengindir. Geleneksel komposta göre daha kısa bir zamanda meydana gelmektedir. Toprak solucanları, toprak mikroflorası ile mutualist ilişkiler geliştirerek, düşük kalitedeki organik maddeyi tüketip sindirerek, zengin besin değeri olan ürünlere dönüştürmesini sağladığını belirtmiştir.

Cardoso (2002) arıtma çamurundan yapılan vermikompostta, arıtma çamuru içerisindeki helmintlerin %100, koliformların ise %90 kadarının ortadan kalktığını belirtmiştir.

McCarthy (2002) kanalizasyon çamurundan elde edilen vermikompostun, toprak içeriğinden 15 kat daha fazla azot, 2 kat daha fazla magnezyum ve 7 kat daha fazla potasyum içerdiğini belirtmiştir.

Singleton vd. (2003) toprak solucanlarının bağırsaklarının içinde bazı bakteri ve fungi (*Penicillium spp.* ve *Aspergillus spp.*) türlerinin yaşadığını belirtmiş ve bu canlıların üretmiş olduğu antibiyotiğin biyomas yapısındaki tüm patojenleri öldürdüğünü ya da baskıladığını belirtmiştir. *E. coli* ve *Salmonella* canlılarının oranının oldukça azaldığını tespit etmiştir.

Demirtaş vd. (2005) domates yetiştiriciliğinde verim artışını yükseltmiş ve kontrol grubuna göre, çiftlik gübresi ile %54 kompost ile %39-107 ve kimyasal gübre ile %61 oranında

verimde artış elde etmiştir. İyi ayrıışmış bir kompostun sürekli olarak organik madde, C, N, P, K ve çok sayıda mikro element içerdğini, kompostun toprağı ıslah etmenin yanı sıra erozyonu da önledğini, toprağın gözenek yapısını artırarak, bitki gelişimini olumlu bir şekilde desteklediğini belirtmiştir.

Aydın (2006) toprak solucanlarının toprak ekosisteminde toprağın fiziksel özelliklerini düzelttiklerini, azot oluşumunu gerçekleştirdiklerini, humus oluşumuna yardımcı olduklarını, organik maddelerin ayrışmasını sağladıklarını ve toprak içerisinde ki hareketlerinden dolayı toprağın havalanmasını sağlayarak önemli bir rol oynadıklarını belirtmiştir. Toprak solucanlarının, toprak fonksiyonlarının yapılanmasını, toprak ekosisteminin yenilenmesini, topraktaki organik madde ve minerallerin dengeli bir şekilde dağılmasını sağladıklarını belirlemiştir. Topraktaki organik materyal ve mineral maddelerin birbirlerine bağlanması sonucunda da organik-mineral humus tabakasının oluşmasını sağladıklarını belirtmiştir. Bu tabaka toprağın, bitki besleme ve su tutma kapasitesini arttırmaktadır. Toprak solucanlarının metabolik faaliyeti sonucunda oluşturdukları metabolik atıklar ile toprağı azot ve karbon sağladıklarını belirtmiştir. Toprak solucanlarının bu özellikleri bakımından ekolojik sistemin işleyişine büyük katkı sağladıklarını ifade etmiştir.

Erşahin (2007) kimyasal madde kullanımı çevre güvenliğini riske atmakta, toprak kalitesini düşürmekte, patojen dayanıklılığını artırmakta ve insan sağlığını tehlikeye sokmaktadır. Bu durum da bilim insanlarını biyolojik gübre ve pestisit olarak etkili organik ürünler kullanımını hedefleyen sürdürülebilir tarımsal üretim yöntemlerine yönelmesine neden olmuştur. Bu alanda vermikompost ve kompostun her bakımdan toprak kalitesini yükselttiğı ve büyük önem kazandığını belirtmiştir. Vermikompost üretim yöntemleri, çeşitli organik çöplerin değerlendirilmesinde güvenilir, ekonomik ve sürdürülebilir bir yöntemdir. Bu yöntem bitki büyümesini teşvik etmekte, çürümeye neden olan canlılar üzerinde baskı kurmaktadır. Vermikompost küçük veya orta ölçekli tarım üreticileri için önemli ve düşük girdili olan aynı zamanda geri dönüşüm sağlayan bir yoldur. Vermikompost yöntemleri, insan ve hayvanlarda besin güvenliğini sağlamakta, çevre sağlığı bakımından güvenilir ve yüksek ekonomik değere sahip sürdürülebilir tarımsal üretim modelini desteklemektedir. Uygulaması ve takibi iyi yapılmış vermikompost süreci

sonunda biyogübre ve biyopestisit olarak etkili bir ürün elde edilebilir. Vermikompostun toprak kökenli patojen ve bunların neden olduğu birçok hastalığı baskıladığını belirtmiştir.

Joanna (2008) su mercimeğinden vermikompostlar üretmiş ve su mercimeği ile üretilen vermikompostların *Eisenia fetida* türü toprak solucanlarının popülasyon oranını nasıl etkilediği ve üretilen vermikompostlara sağladığı özellikleri incelemiştir. Araştırma sonucunda sığır gübresi ile karıştırılan su mercimeklerinden hazırlanan kompostlarda solucan sayısının arttığı, yalnız su mercimeğinden üretilen vermikompostlarda solucan sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Yalnızca su mercimeğinden üretilen vermikompostların kokusuz ve daha iyi granular yapıda olduğu belirtmiş, ayrıca su mercimeği ve sığır gübresinin karışımından elde edilen vermikompostların daha fazla kül, N, P, K, Mg, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd ve Pb içerdiğini belirtilmiştir.

Sinha vd. (2008), toprak solucanlarının Cd, Pb, Cu, Hg, gibi ağır metallere karşı tolerans aralıklarının geniş olduğunu ve vücut dokularında depolayabildiklerini ifade etmiştir.

Sinha vd. (2008), kanalizasyon çamurundan elde edilen vermikestin amilaz, lipaz, selüloz, kitinaz gibi enzimleri içerdiğini belirlemiştir. Bu belirlenen enzimler toprak içerisindeki organik maddeleri parçalayarak toprağı besin elementlerince zenginleştirdiği ve bu elementlerin bitkilerin absorbe edebileceği forma dönüştürdüğünü belirlemiştir. Elde edilen vermikestin besin maddesi bakımından topraktan daha zengin olduğunu ve daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğunu belirlemiştir. Vermikestin homojen bir yapıya sahip olduğunu ve N, P, K bakımından oldukça zengin (%1,16 N, %1,34 K, %1,22 P) olduğunu ifade etmiştir. Vermikestin mikrobesein elementleri faydalı toprak mikroorganizmaları (Azot bağlayıcı bakteriler ve mikoriza mantarları) bakımından oldukça zengin olup zararlı patojenleri önemli derecede baskıladığını belirlemiştir. Tüm iklim koşullarında vermikompost üretiminde en iyi sonuçları veren solucan türlerinin tiger worm (*E. fetida*), red tiger worm (*E. andrei*), indian blue worm (*Perionyx excavatus*), Africa night crawler (*Eudrilus euginae*) ve red worm (*Lumbricus rubellus*) olduğunu ifade etmiştir.

Rogelio vd. (2008), zeytinyağı üretiminde kullanılan 2 ekstraksiyon fazı süresince üretilen yarı katı zeytin keki ve ıslak zeytin kekini 3 ay boyunca *Pleurotus ostreatus* ile muamele

ettikten sonra bu atıklardan *Eisenia fetida* türü ile vermikompost üretmiştir. Çalışma sonucunda üretilen vermikompost enzim aktivitesinin yüksek olmasının yanında mikro besin içeriği ve N, P, K, Ca, Mg miktarlarının artışının gözlemlendiğini belirtmiştir.

Akyüz ve Kırbağ (2009), bazı tarımsal ve endüstriyel atıkların *Pleurotus* spp. üretiminde kompost olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğini araştırmıştır. Bu çalışmaya göre dünyanın pek çok ülkesinde, tarımsal ürünlerin hasadı ile sanayide işlenmesi sırasında oluşan sap, saman, kepek ve melas gibi organik kökenli atıklar oluşmaktadır. Bu atıkların büyük kısmı yakılma işlemine tabii tutulmakta ve bunun sonucunda doğal çevre üzerinde büyük problemler oluşturmaktadır. Çalışmada, atıklar kompost haline getirilerek *Pleurotus* spp. üzerinde farklı oranlarda uygulanmış ve gelişimi üzerinde etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuç olarak, *Pleurotus* spp. üzerine farklı oranlarda uygulanan kompostların türün gelişiminde pozitif etki yarattığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda tarımsal ve endüstriyel atıklardan elde edilecek olan kompostların bitki gelişimi üzerinde olumlu etkilerinin olacağını ifade etmişlerdir.

Rajiv vd. (2009) toprak solucanlarının, mineralize azot ve fosforu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürdüğünü, mükemmel bir bio-gübre ürettiğini ve mükemmel bir toprak düzenleyicisi olduğunu belirtmiştir. Aynı araştırmacılara göre toprak solucanlarının 4,5-9 pH ve 5-29 °C sıcaklıkta yaşayabildiklerini, ancak solucanlar için uygun değerlerin 20-25 °C sıcaklık ve %60-75 nem olduğunu, bu şartlar altında solucanların sayısının her 60-70 günde bir ikiye katlandığını belirtmiştir.

Dincheva ve Tringovska (2011) kaliteli kompost kullanımının bitki büyümesi ve toprak yapısını pozitif etkilediğini aynı zamanda bitki hastalıklarına karşı koruyucu etkilerinin bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacılara göre kompost oluşumu toprağın biyolojik özellikleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Ayrıca sürdürülebilir arazi kullanımını sağlayarak toprak verimliliğini korumakta ve artırmaktadır. Araştırmacılar kompost içerisindeki humus miktarı artışının bitki gelişimi ve kalitesi bakımından olumlu değer kattığını ifade etmiştir. Çünkü toprak üstü kısmın kütlesinin ve gövde uzunluğunun önemli ölçüde arttığını, yaprak yüzeyinin genişlediğini ve yaprak miktarının arttığını belirtmiştir.

Rajiv vd. (2010) vermikompostun zengin besin içeriği, maksimum miktarda kaliteli humus, bitki büyüme hormonları ve enzimleri, bitkileri hastalıklara ve zararlılara karşı koruyan birçok maddelere ve içeriğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Joshi ve Pal Vig. (2010) solucanlar organik artık ve atıkların kompostlaştırılmasında kullanılan artık ve atıklar ortamdaki mikroorganizmalarca fermentasyona uğramakta ve solucanların sindirim sisteminde hızlandırılmış humifikasyon ve detoksifikasyon sürecinden geçmektedir. Organik artık ve atıklar aerobik ve anaerobik şartlarda kompost haline dönüştürülmesi, solucanlar tarafından elde edilen kompost işlemleri sonrasında toprağa verilmesi ile toprağın biyolojik ve harici bütün özelliklerinin olumlu bir şekilde düzenlendiği görülmektedir. Vermikompost, solucanların mikroorganizmalarla organik maddeleri biyolojik olarak parçalamasıyla elde edilmektedir. Vermikompost içeriğinde nitrat, fosfat, değişen miktarda kalsiyum ve potasyum içermektedir. Ayrıca mikroorganizmalarca salgılanan bitkilerin büyümesi artışında görevli olan hormonlar da bulunmaktadır. Bununla beraber, kompostlarda ve vermikompostlarda zararlı mikroorganizmaların yok edilmelidir. Termofilik ortamlarda gerçekleşen kompost patojen bakteriler sıcaklık, bu patojenlerle beslenen farklı organizmaların bulunması, patojenlerin ortamda uygun bir şekilde beslenme aktivitelerini gerçekleştirememesi ve anaerobik ortamın sağlanması ile yok olmaktadır. Termofilik kompostlar karışıkça sıcaklık artmakta ve sıcaklığın artması biyolojik parçalanmayı hızlandırarak, patojenlerin daha hızlı bir şekilde imha edilmesini sağlamaktadır. Bununla beraber, vermikompostta ciddi boyutta bir sıcaklık gözlenmemektedir. Patojenler, kompostta sıcaklıkla, vermikompostta ise solucanlarla yok edilmektedir. Solucanlar organik atıklarla beraber ortamdaki bakterileri, patojenik mantarları, nematod ve ot tohumlarını tüketmektedir. Solucanların sindirim sistemine, patojenik ve diğer maddeler olumsuz etki yaratmamakta ve solucanlar bu maddelerin büyük bir bölümünü yok etmektedir. Sindirim atıkları tarafından salgılanan maddeler ise ortamdaki patojenlerin yapısını deforme ederek, farklı organizmalarca hızlı bir şekilde tüketilmektedir.

Dominguez ve Edwards (2011) solucanların organik atık içerisinde pH değeri 5-9 olan ortamlarda yaşayabildiklerini ve asidik ortama doğru hareket ettiklerini belirtmiştir. *E. fetida* türünün yaşamının devamlılığı için organik atık içerisinde bulunması gereken nem oranının yaklaşık olarak %50-%90, daha hızlı büyümesi için ise nem miktarının yaklaşık

olarak %80-%90 aralığında olması gerektiğini belirtmiştir. Solucanların çiftleşirken birbirine ters biçimde bağlanarak çiftleştiklerini ve oluşan yavruların doğdukları zaman renk pigmentlerine sahip olmadıklarını belirtmiştir. Vermikompost yönteminde yaygın olarak kullanılan solucan türleri; *E. andrei* (Bouche, 1972), *E. fetida* (Savigny, 1826), *D. veneta* (Rosa, 1886), *P. excavatus* (Perrier, 1872) ve *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867) olarak belirtmiştir. Bu türler içerisinde *E. andrei*'nin üreme ve büyüme hızı, *E. fetida* türüne göre daha yüksek, ancak her iki türünde yaşam alanı olarak benzer alanları seçtiği ve her ikisinin de koloniler halinde yaşadığı, bu iki tür arasında melezleşmenin mümkün olabileceğini ifade etmiştir. Solucan gübresi üretiminde kullanılan toprak solucanı türlerinin yüksek miktarda amonyak ve inorganik tuzları içeren ortamlarda yaşamsal faaliyetlerini sürdüremediklerini ve öldüklerini belirtmiştir. Bu nedenle atıkların amonyak miktarının $< 1 \text{ mg g}^{-1}$, inorganik tuz miktarının $< \%0,5$ olması gerektiğini belirlemiştir.

Garg ve Gupta (2011) kış ve yaz dönemlerindeki mevsimsel sıcaklık değişiminin, mutfak atıklarından üretilen kompost ile *E. fetida* türü toprak solucanının verimine ve kalitesine etkisinin olup olmadığını araştırmıştır. Elde edilen bulgulara göre mevsimsel sıcaklık değişiminin solucan gübresinin kalitesi ve solucanın yaşam aktivitesi üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında solucanın yaşamsal faaliyetine sadece kompostun miktar ve kalitesinin değil aynı zamanda ortam sıcaklığının da etki ettiğini ifade etmiştir. İyi bir vermikest üretiminin ve vermikompost sürecinin pH, sıcaklık, nem içeriği, besin olarak kullanılan madde ve havalandırmaya bağlı olduğunu belirtmiştir. Sıcaklık metabolizma, solunum, büyüme ve üreme üzerinde büyük bir etkiye sahip olup, ürünlerin toplam azot içerikleri ile başlangıçtaki karışımların azot içerikleri değerlendirildiğinde, ürünlerin toplam azot içeriklerinin başlangıçtaki ham hallerine oranla önemli oranda artışın gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Çakır ve Makineci (2011) toprak solucanlarının toprakta ve ölü örtüde yaşayan canlıların, toprağın gözenek yapısı, havalanması, infiltrasyonunu ve toprak içeriğinde bulunan organik maddenin dağılımı gibi birçok parametrede etkili olduğunu belirtmiştir. Toprak ekosisteminde toprağa enerji girişi bitkisel tabanlı organik madde ile gerçekleşirken, bu işlem ayrıştırıcıların organik maddeleri monomerlerine kadar ayrıştırması ile meydana gelmektedir. Solucanlar bu ayrıştırıcılardan birisidir. Solucanların metabolik aktiviteleri ile diğer toprak canlıları üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve mikro habitatlar

oluşturduklarını bu nedenle ekosistem mühendisi olarak adlandırıldıklarını belirtmiştir. Solucanların toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını olumlu yönde etkileyerek besin ve enerji akışını değiştirdiğini, bununda bitki gelişimini ve toprak içeriğini olumlu yönde etkilediği ifade etmiştir.

Mısırlıoğlu (2011) toprak solucanları kapalı dolaşım sistemine ait omurgasızlardır. Bu solucanlar besin olarak bitki materyalleri ve organik atıkları tüketmektedir. Solucanların sindirim sonucunda oluşan dışkısının yapısında mikrobiyal ve enzimatik aktiviteler oldukça yüksektir. Solucan dışkısı bitki büyümesi ve gelişimi, toprağın yapısının iyileştirilmesini sağlayıcı birçok etkiye neden olmaktadır.

Diacono ve Montemurro (2011) toprağın yapısının bozulmasında zirai kimyasalların aşırı kullanımı, derin toprak işleme ve lüks sulama gibi yaygın tarım uygulamalarını işaret etmiştir. Bahsedilen sebeplerin su kaynaklarını ve atmosferi kirlettiğini belirtmiştir. Toprak bozulmasının beraberinde getirdiği çölleşme, erozyon, sera etkilerinin artması ve iklim değişikliği gibi birbiriyle ilişkili çevresel problemlerin arttığı ifade edilmiştir. Yapısı bozulmuş topraklarda sürdürülebilir tarımsal üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilemeyeceğini belirtip, organik bazlı besin kaynakları ile üretilen ve bitkilere besin sağlayan gübrelere alternatif bir kaynak olabileceği ifade edilmiştir.

Li vd. (2011) sığır gübresinin farklı oranları ile kanalizasyon çamurunun 5 farklı substratında 90 gün boyunca *E. fetida* ile vermikompost işleminden sonra meydana gelen kimyasal değişimi ve farklılıkları incelemiştir. Tüm uygulamalarda toplam organik karbon ile C:N oranının azaldığını, ekstrakte edilebilir C ile humik asit miktarının arttığını belirtmiştir. Bu çalışma sonucunda vermikompost işleminin organik atıkların dönüştürülmesinde ve gübrenin kaliteli hale gelmesinde etkili bir yöntem olduğu ile ilgili sonuçlar ortaya koymuştur.

Banerjee vd. (2011) kimyasal gübreleme işlemlerinin tarım üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin toprak, su ve hava kirliliğine de neden olduğunu belirtmiştir.

Ansari ve İsmail (2012), toprak solucanlarının dağılımı ve yaşamlarının devamlılığında önemli olan etmenleri araştırmıştır. Bu çalışmada sıcaklığın büyüme, solunum, üreme gibi hayati fonksiyonlarda etkisinin çok önemli olduğunu, pH değerinin solucan hayat döngüsünde elzem rol oynadığını ve toprak solucanlarının nötral pH değerlerini tercih ettiklerini tespit etmiştir. Ayrıca nemin solucanların yaşamsal faaliyetlerini, sayısını ve kütlesini etkilediğini belirlemiştir. Toprak solucanlarının bitki büyüme ve gelişme faaliyetlerinde önemli rol oynayan oksin ve sitokin gibi kimyasalların üretimine katkı sunarak bitkilerin hasat edilen ürün miktarını artırdığını ifade etmiştir. Solucan gübresi içerisindeki organik karbon ve diğer besin elementlerinin bitkiler tarafından rahatça absorbe edebileceği ve bu maddelerin toprak içeriğini zenginleştirdiğini belirtmiştir. Organik maddelerin bu şekilde geri dönüşümünün yapılması ile sürdürülebilir tarım faaliyetlerinin olumlu şekilde ivme kazanabileceğini belirtmiştir.

Ludibeth vd. (2012) vermikompost işlemi süresince kompost içerisinde bitki gelişimi için gerekli besin elementlerinin (N, P, K, Ca) mikrobiyal faaliyet sonucunda daha çözülebilir ve bitkinin alabileceği bir forma dönüştüğünü ifade etmiştir. Buna ilaveten %95'den daha fazla fermente olmamış kanalizasyon çamuru içindeki toksisiteye bağlı olarak meydana gelen oksijen oranının düşüklüğü solucanların ölmesine neden olduğu tespit edilmiştir.

Adhikary (2012) solucan gübresinde bulunan granüller çok sayıda ve farklı türlerdeki mikroorganizma bulundurarak toprak faunasını zenginleştirdiğini belirtmiştir. Ayrıca hayvan yetiştiriciliğinde ortaya çıkan artık ve atık maddeler solucan gübresi üretiminde kullanılabileceğini ifade etmektedir.

Tutar (2012) kompost çalışmalarında toprak solucanlarının bünyelerinde güçlü antimikrobiyal özellikte maddelerin bulunduğu ve bu maddelerin solucanların immun sisteminin en önemli bileşenlerinden olması özelliği değerlendirilerek kültür bitkilerinde patojenlerin baskılanarak bitkilerin zararlı canlılardan korunabileceği ortaya konmuştur.

Bhattacharya vd. (2012) termal tesislerden çıkan düşük besin öğelerine, ağır metal toksisitesine sahip toprakta zor çözünen uçucu kül ile sığır gübresini harmanlayarak ve *E. fetida* türü toprak solucanlarını kullanıp solucan gübresi üretmiştir. Gübrenin toprağa

uygulanması ile toprak içeriğindeki N, P, K değerlerinin önemli oranda artışı izlenmiş ve bunu kanıtlamak amacıyla solucan gübresi uygulaması yaparak patates yetiştirmiştir. Uygulama sonucunda elde edilen ürün miktarının arttığını ve ağır metal toksisite miktarının önemli ölçüde azaldığını ifade etmiştir.

Kaouachi vd. (2013) solucan gübresi üzerine yaptığı çalışmada, solucan gübresinin toprağın azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi parametrelerini artırdığını belirtmiştir. Aynı zamanda yaptığı araştırmalarda organik gübre üretimi amacıyla kullanılabilecek en yaygın kompost solucanları *Lumbricus rubellis* ve *Eisenia fetida*'dır.

Vanlı ve Bedük (2013), solucan gübresinin tanımını yaparak, solucanların zengin besin içerikli toprağı yiyerek, enzimleri ile sindirim sistemlerinde bu maddeleri parçalayıp granül haline getirmesi ile oluşan yapı olduğunu ifade etmişlerdir. Solucan gübresi, oldukça zengin N, P, K içerikli mikro besin ve faydalı toprak mikroorganizmalarından oluşmaktadır. Solucanların toprağın havalandırılması, toprakta bulunan organik maddelerin ayrıştırılması, bitki gelişimi için gerekli olan öğelerin açığa çıkarılması, bitki büyüme ve gelişme hormonların salgılanması ve bitkinin biyolojik dayanıklılığının artırılması gibi birçok açıdan fayda sağladıklarını ifade etmektedir. Organik solucan gübresinin, kimyasal gübre ile karşılaştırılmasında N, P, K, fosfobakteriler ve karbonik biyomas bakımından organik solucan gübresinin kimyasal gübreye göre daha avantajlı bir durumu olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışma ile beraber sürdürülebilirlik açısından solucan gübresinin çok değerli olduğu ortaya konmuştur.

Demirtaş (2013) kentsel katı atık durumunu değerlendirerek kompost oluşumunun toprağa ve bitkilere olan etkileri yönüyle çiftlik gübresi yerine kullanılabileceğini ifade etmiştir. Topraktaki organik maddelerin, su ve besin tutma kapasitesi ile toprakta bulunan farklı mikroorganizma popülasyonunu artırdığını belirtmiştir. Tarımda bitki ve hayvan atıklarının kullanıldığı kompostlar ile toprak içerisindeki organik madde oranını artıracağını belirtmiştir. Kompostlaşma sürecinde mikroorganizmaların oluşturduğu maddelerin patojenleri yok ederek, ortam ısısının kompostlaşma meydana gelirken ayrışma sırasında 70°C'ye kadar yükseldiğini ve bu durumun pastörizasyon etkisi yarattığını belirtmiştir.

Fernandez-Gomez vd. (2013) seralardan sökülen domates bitkisi ve kâğıt fabrikası atıklarının sığır gübresi ile karıştırılarak kompost elde edilmek istenmiştir. Sürdürülebilir ve ekolojik açıdan çevre kirliliğinin de önüne geçerek atık maddelerin vermikompost olarak değerlendirilmesi ile ilgili bu çalışmada kullanılan atık maddelerin sorun olmaktan çıkartılarak değerli bir organik ürün haline gelerek, basit bir teknoloji ile atıklardan vermikompost elde edilmiştir.

Molina vd. (2013) *Eisenia fetida* 'nın biyolojik ve kimyasal parametrelerinde ki değişimler vinas ya da arıtma çamuru ile tavşan gübresi karıştırılıp kullanılarak vermikompost yöntemi denenmiştir. Arıtma çamuru ve vinas ile birlikte kontrol grubu dâhil 7 ortam hazırlanarak toprak içeriğinde ki bileşenler incelenmiştir. Hazırlanan deney ortamlarında arıtma çamuru ile kurulan denemelerin vinaslı denemelere göre daha yüksek humus, besin elementi ve toplam metal içeriğine fakat buna rağmen daha az çözülebilir tuz içeriğine sahip olduğunu belirtmiştir. Vermikompost işleminin biyoatıkların dönüştürülmesinde ve sürdürülebilirlik açısından etkin bir metot olduğu belirtilmiştir.

Song vd. (2014) çalışmada mantar artıkları ile hayvan gübresinin karıştırılması sonucunda kompost elde edilmiştir. Kompost ile toprak solucanının olduğu ve toprak solucanının olmadığı uygulamalar yaparak elde edilen gübrelerin arasındaki farklılıkları araştırmıştır. Çalışma sonucunda solucan bulunan ortamda toplam N, P, K değerlerinin arttığını, C/N oranının ve ağır metal içeriğinin azaldığı yapılan deneyler sonucunda ortaya konmuştur.

Hanc ve Chadimova (2014) çalışmalarında saman ve elma atıklarını karıştırarak vermikompost oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda atık haldeki maddelerin sürdürülebilir şekilde geri dönüştüğünü, içeriği zengin bir ürün haline geldiğini, işlem süresince toplam besin değerinin arttığını, pH değerinin nötr ve asit değerler arasında değiştiğini ortaya koymuştur.

Sing vd. (2014) solucan gübresinin topraktaki etkisinin uzun dönemli olduğunu, ekosisteme açısından çok değerli olduğunu, toprak flora ve faunası için zengin besin kaynağı olduğunu yaptığı çalışmalar ile belirlemiştir. Çalışmalarında damıtılmış çamur ile sığır gübresini farklı oranlarda karıştırarak vermikompost üretimi sağlamıştır. Çalışma

sonucunda azot, fosfor, sodyum ve pH değerlerinin başlangıçtaki miktara oranla artış gösterdiği belirtilmiştir.

Chatterjee vd. (2014) çalışmasında domates bitki yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi ile solucan gübresini karşılaştırmıştır. Hazırlanan ortamda solucan gübresi miktar olarak çiftlik gübresinden daha az uygulanmasına rağmen, solucan gübresi uygulanan bitkilerde meyve kalitesi ve veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kızılkaya ve Türkay (2014) sığır gübresi kanalizasyon çamuru, fındikkabuğu karışımlarından oluşan kompost yapısının, *E. fetida* türünde üreme yeteneğini ve bununla beraber atıklardan elde edilen vermikompost içerisindeki ağır metal miktarına etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda vermikompostlar içerisindeki ağır metal oranının azaldığını, ağır metallerin solucanların dokularında depolandığı belirtilmiştir. *E. fetida*'nın en çok %30 KÇ+35 FK + 35 SG karışımında çoğaldığını, en iyi gelişimin ise %20 KÇ + 40 SG + 40 FK karışımında olduğu belirtilmiş olup buna ek olarak hazırlanmış karışımlar içerisindeki ağır metal içeriği ile elde ettikleri ürünün ağır metal içeriğini kıyaslanmış ve ağır metal içeriğinin vermikompost sürecinde azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada vermikompost süresince başlangıçta mevcut olan N, P, K gibi bitki besin elementlerinin mikrobiyal faaliyet sonucunda bu elementlerin bitki tarafından daha kolay alınabilir bir forma dönüştüğünü ifade etmiştir. Vermikest toprağı iyileşmesi, enzim ve hormonların patojenleri baskılaması ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilemesi ile önem kazanmaktadır. Vermikompost yönteminde kullanılan en yaygın toprak solucanı türünün *E. fetida* olduğunu belirtmiştir. Bu türün kullanılmasının avantajları çok hızlı bir şekilde büyümesi, neredeyse tüm organik maddeleri besin olarak tüketebilmesi, geniş bir sıcaklık toleransına sahip olması, üreme kapasitesinin yüksek olması ve ağır metal biriktirme yeteneğine sahip olması gibi önemli parametreleri kapsamaktadır.

Hanc ve Vasak (2014) biyogazdan çıkarılan ve sıvısından ayrılan bitki bulamacını toprak düzenleyici olarak kullanmak ve bundan dolayı bulamacın kalitesini arttırmayı hedeflemiştir. Bu hedef doğrultusunda bulamaç içerisine artan oranlarda saman ekleyerek vermikompost işlemi uygulamıştır. Uygulama sonucunda ağırlığın ve hacmin ve pH değerinin azaldığını, organik madde kaybından dolayı kalsiyum hariç, toplam makro element içeriğinin arttığını, potasyum ve fosfor içeriğinin arttığını ifade etmiştir.

Hwang vd. (2014) yaptığı çalışmada domuz gübresi ile talaşı belirli oranlarda karıştırarak etkili vermikompost elde etmeyi amaçlamıştır. Vermikompostun toprak solucanlarının üremesine ve üretilen solucan gübresinin miktarına etkisini ve kimyasal içeriğini nasıl etkilediğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda C:N oranının arttığını ve ağır metal oranının azaldığı ifade edilmiştir.

Song vd. (2014) kompost yapısının fiziksel ve kimyasal özellikleri, mikrobiyal biyokütle ve toprak solucanlarının biyokütle değişimleri araştırılmıştır. Vermikompost süresi sonunda kokon, solucan ağırlığı ve toprak solucanlarının üreme oranında ciddi bir artış gözlenmiştir. Son ürün ile başlangıç maddesi kıyaslandığında, son ürünün toplam organik karbon içeriğinin azalması ile beraber azot, fosfor ve potasyum gibi maddelerin toprak içeriğinde arttığı ortaya konmuştur.

Zhang vd. (2015) lağım çamuru ve sığır gübresi ile elde edilen kompost oluşumu *E. fetida* ile sağlanmıştır. Bu uygulamada ekstrakte edilen humik ve fulvik asitin dönüşümünü spektroskopik ve kimyasal yöntemler ile incelemiştir. Vermikompostta pH, C/N oranı ve toplam organik karbon miktarı azalırken C ve humik asit içeriğinin artış gösterdiği belirtilmiştir.

Bhat vd. (2015) şeker endüstrisinde atık olarak karşımıza çıkan küspenin solucan besini olarak kullanımı ile vermikompost elde edilmek istenmiştir. Bu çalışmada küspe farklı miktarlarda sığır gübresi ile karıştırılarak vermikompost oluşum süreci gerçekleştirilmiştir. Araştırma verilerine göre azot, fosfor ve sodyum içeriği artarken organik karbon ve C/N oranı tüm uygulamalarda azalmıştır. Ağır metal içeriği önemli derecede azalırken çinko, demir ve manganez içeriğinin önemli derecede arttığı belirtilerek toprak besin içeriğinin zenginleştiği belirtilmiştir.

Kashem vd. (2015) sera koşullarında yaptığı çalışmada domates bitkisinin kimyasal gübreyle oranla solucan gübresi verilen tüm saksılarda gelişimin ve veriminin daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Boran (2015) solucan gübresinin içeriğinin zenginliğinden dolayı bitkiye uygulandığında fitohormon etkisi yaparak patojenleri baskıladığını yaptığı araştırmalar sonucunda ortaya koymuştur. Ayrıca organik atıkların kısa sürede hızlı bir biçimde ve verimi yüksek kalitede

geri dönüştürülebilir vermikompost yönteminin solucan kullanılarak oluşturulan bir biyoteknolojik yöntem olduğunu ifade etmiştir. Bu yöntemin insan ve çevre açısından önemine ve sürdürülebilirliğine dikkat çekmektedir.

Tablo 1.1. Geleneksel kompost olan ahır gübresi ve vermikompost içindeki N, P ve K değerlerinin karşılaştırılması (Boran, 2015)

Besinler	Ahır Gübresi (%)	Vermikompost (%)
Azot	0,4-1,0	2,5-3,0
Fosfor	0,4-0,8	1,8-2,9
Potasyum	0,8-1,2	1,4-2,0

Tablo 1.2. Geleneksel (aerobik ve anaerobik) kompostlar ile vermikompost içindeki önemli besin elementlerinin karşılaştırılması (Boran, 2015)

BESİNLER	Aerobik Kompost (mg/g)	Anaerobik Kompost (mg/g)	Vermikompost (mg/g)
Azot	6,000	5,700	9,500
Fosfor	0,039	0,050	0,317
Potasyum	0,152	0,177	0,176
Demir	15,450	17,240	19,730
Magnezyum	1,680	2,908	4,900
Manganez	0,005	0,006	0,016
Kalsiyum	0,173	0,119	0,276

Bhat vd. (2015) büyükbaş hayvan gübresi ile şeker kamışı küspesi farklı oranlarda karıştırarak *Eisenia fetida*'ya yem oluşturularak vermikompost işlemi yapılmıştır. Her ikisinin eşit oranda olduğu ortamlarda minimum ölüm ve en yüksek popülasyon ortaya çıkmıştır. Maddelerin konsantrasyonunun artması solucan üreme hızını etkilemiştir. Çalışma sonucunda ortamdaki ağır metal oranının düştüğü ve makro besin elementlerinin oranının arttığı belirtilmiştir.

Soobhany vd. (2015) evsel katı atıkları kullanarak vermikompost metodu ile gübre üretmeyi amaçlamıştır. Elde edilen vermikompost N, P, K, Ca, Mg ve Na moleküllerine yüksek oranda sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Bu önemli moleküllerin artışının sebebi olarak solucanların bağırsak enzimleri bakteriyel ve fekal aktivitesi gösterilmektedir.

Surendra vd. (2015) belediyeye ait kompost olabilecek katı atıklar ile sığır gübresini farklı oranlarda karıştırarak, *Eisenia fetida* türü toprak solucanından faydalanıp vermikompost üretimi gerçekleştirmiştir. Vermikompost işlemi sonucunda pH, organik karbon ve C:N oranının azaldığını, toplam azot, toplam fosfor, toplam potasyum ve iz element olan Ca, Fe, Mn ve Zn moleküllerinin önemli miktarda arttığını yaptığı çalışmalar sonucunda ortaya koymuştur.

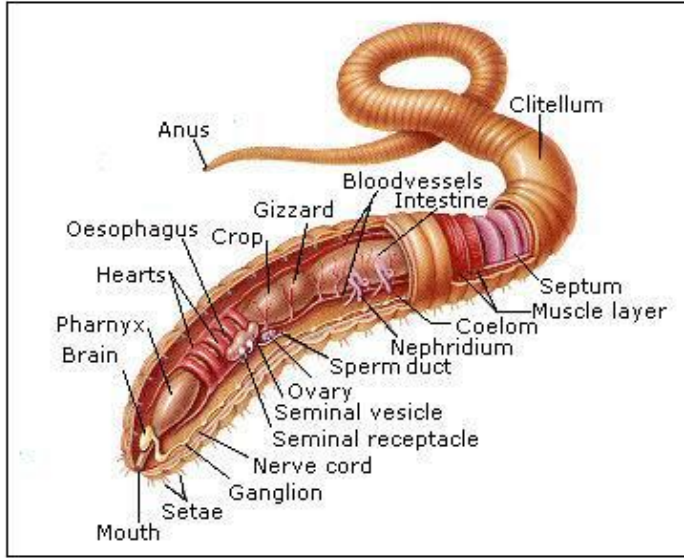
Malafaia vd. (2015) tabaklama çamuru ile sığır gübresini %10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında karıştırarak, karışımların içerisine *Eisenia fetida* türü toprak solucanı ekleyerek vermikompost oluşumunu incelemiştir. 120 günlük uygulamadan sonra kompost örnekleri analiz edilmiş ve Na, Mg, Ca, K ve N molekül oranlarında artış gözlemlendiğini bununla beraber Cu miktarının oranının azaldığını ifade etmiştir.

Xing vd. (2015) kanalizasyon çamurundan elde edilen vermikompost yapısının kimyasal özellikleri ve *Eisenia fetida* türü toprak solucanının adaptasyon özellikleri araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Araştırma sonucunda toplam organik karbonunu, C/N oranının başlangıca göre azaldığını ifade edilmiştir.

Lv vd. (2016) vermikompost işlemi süresince sığır gübresi ve domuz gübresi içerisindeki Zn, Pb, Cr ve Cu içeriği değişimini gözlemlemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre 90 günlük vermikompost süreci sonrasında EC ve humik asit içeriği artarken, pH, toplam organik karbon ve C/N oranında azalış gözlemlenmiştir.

Dasa vd. (2016) bazı organik atıkları *Eisenia fetida* ile birlikte faydalı mikroplar kullanarak vermikompost işlemi yapılarak gübre eldesi sağlanmıştır. Oluşan vermikompostun kimyasal ve biyo kimyasal özellikleri incelenerek, tüm solucan yataklarındaki pH, organik karbon, selüloz içeriği ve C/N oranı azaldığı belirlenmiş buna rağmen humik asit, toplam N, mevcut P, değişebilir K içeriği/miktarı önemli derecede artış göstermiştir.

1.1. Kırmızı Kaliforniya Solucanı (*Eisenia fetida*) Genel Özellikleri



Şekil 1.3. Toprak solucanlarının anatomik yapısı (Anonim, 2012)

1.1.1. Genel Vücut Yapısı

Toprak solucanlarında boy uzunluğu ortalama olarak 5-15 cm'dir. Omurgasız hayvanların Annelida (halkalı solucanlar) şubesinde yer alırlar. Silindirik yapılı görünmesiyle beraber son kısımları enine kesit alındığında dörtgen, sekizgen ya da trapezoidal olabilmektedir. Bazı solucanlarda son kısım sırt-karın yönünde yassılaşıp, sırttan daha açık renkte görünmektedir (Mısırlıoğlu, 2011). Solucanlar omurgasız canlılar olduğundan iskelet yapısına sahip değildir. Vücut yapıları ince kütikül dış dokudan oluşup segmentli ve renklidir. Renkleri genellikle kırmızı, kahverengi ve bu renk tonlarının farklı aralıkları bulunabilmektedir. Solucanların kırmızımsı ve pembe renkli olma sebebinin vücut duvarlarına yakın kapillar kan damarlarındaki hemoglobin yapısından dolayı olabileceği şeklinde açıklanmaktadır (Edwards ve Bohlen, 1996).

Toprak solucanlarının vücut yapısı **söloom** denilen içi sıvı dolu vücut boşluğunun ayırması ile oluşan iki tüp, vücut duvarı ve sindirim sisteminden meydana gelmektedir. Toprak solucanlarının ağız ve anüs arasında sindirim sistemi kanalı bulunmaktadır. Ayrıca vücutları su dengesini sağlayan boşaltım sistemi, iki tüp arasında uzanan bir sinir sistemi kısımlarına sahiptir. Toprak solucanlarının farklı türleri, farklı ekolojik ortamlarda

bulunmaktadır. Buna rağmen farklı türler arasında fizyolojik özellikleri bakımından benzerlikler olduğu bilinmektedir (Tomlin, 2004). Halkalı solucan üyelerinin özelliklerinden biri de vücudun ön ucu ile arka ucuna kadar uzayan birbirine benzeyen segmentlerden oluşmasıdır. Vücut yapıları iç segmentlere uygun bir biçimde dıştan da segmentlere ayrılmaktadır. Yetişkin solucanlar yapı ve şekil olarak birbirine benzeyen ortalama 115-200 segmentten oluşmaktadır. Segment yapısı “**metamer**”, segmentli yapı “**metamerizm**” olarak isimlendirilmektedir. Toprak solucanın vücut yapısı beyin ve ağız bölümlerinin bulunduğu baş kısım “**prostomium**” ve anüsün bulunduğu kuyruk kısmı “**periprokt**” ya da “**anal segment**” olarak 2 kısımda incelenmektedir. Orta hat üzerinde bulunan anal segment çoğunlukla kısa yapılı ve dikey yarık şeklinde görünen anüsü bulundurmaktadır. Oluşan genç segmentler anal segmentten meydana gelmektedir.

Toprak solucanlarında kıl yapısı deriden çıkar. İlk ve son segmentte kıl yapısı yoktur. Gövde segmentlerinde çiftler oluşturacak şekilde 4 demet **seta** olarak isimlendirilen kıl yapısı bulunur. Bu kıl yapıları “S” şeklinde kitinden oluşmuş iğne ya da esnemez diken yapıdadır. Kıl boyu türden türe, aynı türün bireyleri arasında, hatta aynı bireyde ki ön ya da arka bölgede bulunan segmentte farklılık gösterebilmektedir. Bazı segmentlerde bulunan kıl çiftleri, üreme faaliyetlerinde görev almaktadır. Bu kıl yapıları tek ya da çiftler halinde küçük, bezsi yapılar üzerinde bulunurlar. Bahsedilen üreme faaliyetlerinde ki görevli bu kıl yapıları kavuşma sırasında eşini uyarma ve tutmada görevli olduğu düşünülmektedir. Toprak solucanlarında eşeysel olgunlaşma gerçekleşirken, eşeysel açıklıklar civarındaki segment yapılarında üst deri şişkin bir hal almaktadır. Oluşan şişkin kısma “**klitellum**” denir. Kavuşma ve kokon kılıfı oluşumunda görevli birçok farklı yapıya sahip bu bez hücrelerinin görevi proteince zengin bir sıvı salgılamaktır. Bu sıvı, galeri yapımının yanı sıra kavuşma sırasında bireylerin yapışmasında önemli bir göreve sahiptir (Mısırlıoğlu, 2011).

1.1.2. Vücut Duvarı Yapısı

Vücut duvarı sölom epiteli, sinir doku, kütikul, epidermis, boylamsal ve halka şeklinde kas tabakası yapısından oluşmuştur (Edwards ve Bohlen, 1996). Kas sisteminin üst deriyle birlikteliğine “deri-kas kılıfı” denmektedir. Sölom epiteli **klorogogen hücreleri**’nden oluşmuştur. Bahsi geçen bu hücreler kas kılıfının üzerinde ve septumlarda çok incedir. Bu

hücreler bağırsak damarları ile damarların üstüne rastlayan yerlerde içlerinde sarı, kahverengi, yeşilimsi taneler bulunan hücrelerdir. Sölom boşluğu yapısında değişik şekilli lenfositler, parçalanmış klorogogen hücreleri ve eşey bezlerinin bulunduğu renksiz bir sıvı bulundurmaktadır. Bazı segmentler sırtın orta hattı boyunca birer delik taşırlar. Sölom boşluklarını dışarıya bağlayan bu deliklere sırt porları denmektedir. Sırt porları deride kuruma meydana geldiğinde, vücut sıvısının bir kısmını bu deliklerden dışarı çıkarak, derinin nemlenmesini sağlamaktadır (Mısırlıoğlu, 2011).

1.1.3. Hareket

Vücudun dışını örten destek hücreleri epidermis tabakasını oluşturur. Destek hücreleri ile kütikül tabakası bağlantılıdır. Antagonistik olarak kasılan kasların zıt yönlü kasılma hareketi sölom sıvısı üzerinde basınç oluşturur. Bu etkiyle segmentlerin uzayıp kısılmasına bağlı olarak solucanın aktif hareketi gerçekleşir. Sölom sıvısı bir çeşit hidrolik iskelet görevi yapmaktadır. Halka kaslar vücudu enine kasarken, vücut boşluğu içerisinde bulunan ve sıvı-iskelet ödevi gören sıvıya uygulanan basınç hayvanın ön ucunun uzamaya başlamasını sağlamaktadır (Mısırlıoğlu, 2011; Edwards ve Bohlen, 1996).

1.1.4. Beslenme

Toprak solucanlarının beslenmeleri çürümüş bitkisel organik maddeler, toprak faunasına ait nematod, mikroskobik acarına ve collembola grubuna ait küçük hayvanlar, ayrıca protozoalar, bakteriler ve funguslar ile gerçekleşir (Tips, 2004). Beslenmeleri ağız yolu ile gerçekleşir. Alınan besinlerin bir kısmını sindirirken büyük bir kısmını da vücuttan dışarı atarlar. Dışarı atıkları materyallerin büyük kısmını toprak yüzeyine taşıyıp küçük kümeler oluştururlar (Mısırlıoğlu, 2011).

1.1.5. Sindirim Sistemi

Ağız birinci segmentin önünde abdominal kısımdadır. Farinks (yutak), üç ve altıncı segmentler arasında, özafagus (yemek borusu) 7-14. segmentler arasında, crop (kursak) 14-16. segmentlerde, gizzard (taşlık) 17-18. segmentlerde bulunup 19. segmentten son segmente kadar bağırsak uzanır ve anüs ile sindirim sistemi sonlanır (Xu, 1986; Tips,

2004). Ağızda ısıtılan besinler yutağa oradan da yemek borusuna iletilir. Yemek borusunun yan bölgesinde her segmentte bir çift olmak üzere bir ya da birden fazla çift kese yapısı bulunur. Bu keselerin görevi besinin kana geçmesini sağlamaktır. Keseler kalsiyum karbonat taneleri bulunduran bezlere sahiptir. Bu bezler sayesinde yüksek miktarda humik asit içeren besinler nötr hale dönüşmektedir. Bağırsak yapısı ince duvarlı ve geniş bir şekilde düz olarak uzanmaktadır. Bağırsağın yan kenarlarında bazı girinti ve çıkıntı yapıları bulunur. ‘**Tiflosolis**’ adı verilen bir girinti sırt tarafında bulunarak emilim yüzeyini arttırmaktadır. Bağırsağın etrafındaki bir tabakalı, yeşilimsi klorogogen hücreleri omurgalı canlılarda bulunan karaciğer organının görevlerini yerine getirmektedir. Bu hücreler tıpkı karaciğer organı gibi glikojeni sentez ve depo edip, üre, yağ ve silisik asidin sentezini gerçekleştirirler. Klorogogen hücrelerde atık maddeler de birikebilir. Son bağırsak çok kısadır. Bağırsak içerisinde, organik kısım alındıktan sonra mineral kısım anüsten dışarı atılır (Mısırlıoğlu, 2011).

Yapılan bir araştırmada solucan bağırsaklarında $2,1 \times 10^9$ adet bakteri ölçümü yapılmışken herhangi bir kimyasal ve fiziksel tahribata uğramamış doğal ve verimli topraklarda bu sayı $1,7 \times 10^8$ adet bakteri olarak ölçülmüştür (Pedersen ve Hendriksen, 1993).

Byzov vd. (2008) yaptıkları bir çalışmada, toprak solucanlarının bağırsaklarında sindirim işlevinde görevli olan bakteri ve fungusların önemini belirtmişlerdir.

Prabha vd. (2007) çalışmalarında bazı toprak solucanlarının bağırsaklarında organik maddelerin sindirimi ve humifikasyonunda önemli bir role sahip olan amilaz, selüloz, ksilenaz, sellobiaz, endoglukanaz, asit fosfataz, alkalın fosfataz ve nitrat redüktaz gibi aktif enzimleri belirtmişlerdir.

1.1.6. Dolaşım Sistemi

Toprak solucanları hemoglobin taşıyan kan yapısına sahiptirler (Burns ve Sarasota, 2007). Atardamar ve toplardamar ayrımı yoktur. Buna karşın kapalı dolaşım sistemine sahiptirler. Damar çeperinde kan ile vücut dokuları arasındaki tüm değişimler gerçekleşir. Vücutlarında bulunan üç damardan biri dorsalde, ikisi ventraldedir. Kalp yapısı yedi ve on birinci segmentler arasındaki beş halkasal kasılğan damarın oluşturduğu kalp görevi

şeklinde işlev gören bir yapıdadır. Kanın akış yönü sırt damarında sırtta öne, karın damarında da arkaya doğrudur (Edwards ve Bohlen, 1996).

1.1.7. Solunum Sistemi

Toprak solucanlarında oksijen alınıp karbondioksit verilmesi ince ve nemli olan vücut duvarından kılcal damarlar aracılığıyla gerçekleştirilir. Alınan oksijen, kan plazmasındaki hemoglobin proteinine bağlanarak tüm vücut boyunca iletilir. Diğer hayvanlarda olduğu gibi karbon monoksit gazı solucanlardaki hemoglobinin çalışmasını bloke ederek çalışmasını inhibe etmektedir. Yağmur yağdığında solucanları yüzeye çıkması toprak içindeki gözeneklerin su ile dolması sonucu solucanların atmosferik oksijenden yararlanmak amacıyla gerçekleşmektedir (Edwards ve Bohlen, 1996).

1.1.8. Boşaltım Sistemi

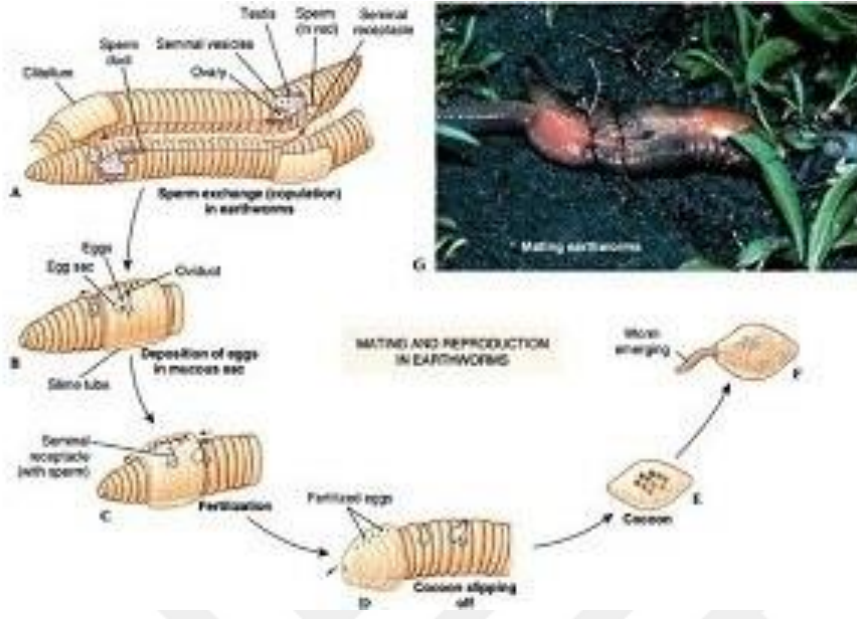
Toprak solucanlarında boşaltım organları nefridyumlardır. Vücutta 3. segmentten sonra başlar ve son segmentten bir öncesine kadar vücudun hemen hemen bütün segmentlerinde çift halde bulunan boşaltımdan sorumlu yapıya ‘**nefridyum**’ denmektedir.

Nefridyumlar su ve tuz dengesi için düzenleyici bir role sahip olmakla beraber sölom sıvısının su içeriğini düzenleme işinde de görevlidirler. Karın seta çiftlerinin yanında ‘nefridiopor’ denen açıklık yapılarından amonyak, üre ve kreatin gibi boşaltım ürünleri vücuttan uzaklaştırılır (Edwards ve Bohlen, 1996; Mısırlıoğlu, 2011).

1.1.9. Sinir Sistemi

Toprak solucanları kimyasal maddeler, mekanik etkiler ve ışığa karşı duyarlıdırlar. Olumsuz herhangi durumda hızlıca kaçtıkları gözlemlenmektedir. Sinir sistemi ip merdiveni şeklindedir. Başın sırt tarafında iki lob yapısında serebral ganglion olarak isimlendirilen bir beyin bulunmaktadır. Vücudun epidermis olarak isimlendirilen tabakasında birçok duyu organı bulunarak solucanın aktivitelerinde görevlidir. Bu duyu organları temel olarak iki başlık altında toplanan fotoreseptör organlar ve epitelyal duyu organlarıdır (Edwards ve Bohlen, 1996; Mısırlıoğlu, 2011).

1.1.10. Üreme ve Erginleşme



Şekil 1.4. Hermofrodit toprak solucanlarının üreme ve kokon oluşturmaları (Anonim, 2012)

Toprak solucanları eşeysel bakımdan hermafrodit bireylerden oluşmaktadır. Toprak solucanlarının Lumbricid familyasında bulunan erkek bireylerinin genital açıklıkları bazen 15. segmentte bazende 13. segmentte bulunmakla beraber genellikle vücutlarının ventro-lateral kısmındadır. Toprak solucanlarının diğer familya üyelerinde bu genital açıklıklar farklı segmentlerde bulunabilirler (Edwards ve Bohlen, 1996). Erkek üreme sistemlerinde bulunan iki çift testisler arka kısmında silli sperm hunisi bulundurup, sperm hunisinin kısa bir kanalla testislere bağlandığı bir yapıya sahiptirler.

Olgun spermier kavuşma sırasında huni ve kanallar aracılığıyla vücut dışına bırakılır (Mısırlıoğlu, 2011).

Dişi üreme sistemi aynı segmentte bir çift ovaryum bulundurur. Bu segmentte bulunan sölom sıvısının içerisinde yumurtalar bulunur. Bu yumurtaların dışarı atılması yumurta kanalı aracılığıyla meydana gelir. Yumurtalar ve spermier döllenme gerçekleşinceye kadar geçen süreçte bu segmentlerde tutulur. Testis ve yumurtalıklar çiftler halinde bulunup eril eşey bezleri dişi eşey bezlerinden önde bulunmaktadır. Toprak solucanları yıl içerisinde tüm dönemlerde üreme faaliyeti gerçekleştirebilirler. Tabi ki üremeleri için daha uygun olan ılıman ve nemli hava koşullarında üreme faaliyetlerinde artış gözlenmektedir. İki

toprak solucanı çiftleşme eylemlerini birinin başı diğerinin arka ucuna gelecek şekilde karın yüzeylerini bir araya getirerek gerçekleştirirler. Çiftleşme esnasında eşeysel kılların klitellum bezleri tarafından salınan mukus sayesinde birbirlerine bağlanması çok önemlidir. Çiftleşme faaliyetleri gece gerçekleşir. Çiftleşme karşılıklı sperm iletimi şeklinde olup 2-3 saat sürer. Çiftleşmeden birkaç gün sonra klitellumun etrafında kokon (yumurta kapsülü) oluşur. Kokon oluşumunda buradaki bezlerin salgıladıkları maddeler önemlidir. Oluşan kokonun ileriye hareketi hayvan vücut kasılmalarıyla kendisini geriye doğru çekmesi ile gerçekleşir. Yumurtaların dışarıya bırakılması kokon halkasının dişi eşey açıklığı üzerine gelmesi ile gerçekleşir. Kokonun dışarı atılımı ön uçtan gerçekleşir. Dışarıya bırakılan kokonun içerisinde döllenme olayı gerçekleşir. Kokon içerisinde bulunan yumurtalarda zigot gelişimi gerçekleşir ve belli bir süre sonra genç bireyler yumurtadan çıkarlar. Çalışmalar sonucu elde edilen bilgilere göre, *Eisenia fetida* türüne ait bireylerinin 3-5 gün aralıklarla 2-10 kokon meydana getirdiği, bu kokonların her birinin 1-8 yumurta içerdiği ve bu yumurtalardan ortalama olarak 2 tanesinin geliştiği bilgisi ortaya konmuştur (Mısırlıoğlu, 2011).

Toprak solucanlarının bireyleri karşılaştırıldığında oluşabilecek kokon sayısı bireylere göre farklılık gösterebilmektedir (Edwards, 2004).

Toprak solucanlarının birey sayısındaki artışı olumsuz etkileyecek sebeplerin başında çevre kirliliği gelmektedir. Toksik toprak kontaminasyonları solucanlar gibi birçok toprak organizmalarını ilk olarak etkilemektedir. İnsan kaynaklı çeşitli endüstriyel faaliyetler ve bu faaliyetler sonucunda ortaya çıkan ağır metal kirlenmeleri, solucan popülasyonlarında kokon sayısını, kokondan çıkan yavru birey sayısını ve genç bireylerin hayat devamlılığını belirleyen önemli kriterlerdendir (Savard vd.. 2007; Maleri vd. 2007; Dominguez vd.. 2012).

1.1.11. Gelişimleri

Toprak solucanlarında kokon içerisinde zigot oluşumu gerçekleşmektedir (Mısıroğlu, 2011). Döllenmenin ardından hızlı bir şekilde gerçekleşen hücre bölünmeleri ile blastula evresi başlar. Bu evrede canlının bir sonraki dönemde oluşacak olan anatomik yapılarının temeli olacak olan endoderm, ektoderm ve mesoblast hücre tabakaları oluşur. Blastula

evresinden sonra gastrula evresi meydana gelip ventral yüzey konkavlaşır, kenarları kıvrılır ve posterior olarak birleşerek ileri doğru gelişerek endoderm ağız ile sonlanan bir tüp (bağırsak) şeklinde bir görünüme sahip olur. Daha sonradan ise anüs kısmı oluşup gelişir. Çevresel şartlar bireyin yumurtadan çıkma süresi ve olgunluğa ulaşma sürelerinde etkilidir. Çevresel faktörlerden biri olan sıcaklık özellikle etkili olup havaların ısınması ile kokon içindeki genç bireylerin kokondan çıkışı hızlanır (Mısıroğlu, 2011).

Yaşam döngülerinde serbest larva evresi bulunmamakla beraber gelişim başkalaşım olmaksızın meydana gelir. Yaşam döngülerinde ki gelişim süreçleri 3 evreden oluşur. Bu evreler genç, önergın ve ergin olarak isimlendirilir. Genç evrede bireyde klitellum ve eşeyssel yapılar bulunmazken, önergın bireylerde klitellum hala gelişmemişken eşeyssel yapılar oluşmuş olup ergin bireylerde tam oluşmuş bir klitellum bulunmaktadır.

Toprak solucanlarında yüksek bir rejenarasyon yeteneği bulunmaktadır. Avantaj olarak karşımıza çıkan bu durum, vücutlarının ön ve arka kısmından ayrılan veya kopan parçaların tamamen yenilenebilir özellikte olmasını sağlamıştır.

Toprak solucanlarının farklı türleri toprağın farklı katmanlarında yaşarlar. Yaşadıkları toprak katmanları üç grupta incelenir. Yüzeye yakın bulunan türlere epigeik, daha alt katmanlarda bulunan türlere ise sırasıyla endogeik türler ve anesik türler olarak isimlendirilir. Bu türler organik maddeleri kompostlaştırıp toprağın havalanmasını sağlayarak toprak verimini artırır (Bouche, 1977).

1.1.12. Ekolojileri

Toprak solucanları pH değeri düşük yani asidik, kurak veya kumlu topraklarda nispeten daha az bulunurken humuslu ve bol nemli topraklarda oldukça bol miktarda bulunurlar. Toprak solucanları toprak içerisinde enzimleri yardımı ile yollar açar. Yumuşak topraklarda galeri açılması vücudun hareketleri ile gerçekleşir.

Toprak solucanlarının vücutları nemli ve ıslaktır. Neredeyse her segmette bulunan sırt açıklığından çıkan mukus yapısı ve vücut sıvıları sürekli ıslaklılığı sağlamaktadır. Oluşan salgılar ayrıca antimikrobiyal olup enfeksiyonların önlenmesinde önemli bir göreve

sahiptir (Edwards ve Bohlen, 1996). Sulu ve nemli ortama yönelme hareketi toprak solucanları için içgüdüselidir. Bu sayede vücut sürekli nemli kalır. Gece ya da yağmurlu havalarda toprak yüzeyine çıkarlar. Bu durumun sebebi fazla suyun toprak solucanları için tehlikeli olmasıdır. Yağmur suyunun toprak altındaki galeri ve hava boşluklarını doldurmasına bağlı olarak gaz difüzyonunu miktarı büyük ölçüde azalır. Solucanların yüzeyde kalma süreleri suyun aşağı süzülmesine bağlıdır. Su aşağı inince tekrardan galerilerine geri dönerler. Bölgenin iklimsel özellikleri solucanın toprağın hangi katmanında bulunacağını belirler. Nemli ve ılıman iklimlerde veya dönemlerde toprak solucanları gün aşırı galerilerinin içinde yüzeye yakın üst kısmında bulunurlar. Toprak solucanları keşif, beslenme, çiftleşme için vücutlarının ön ucunu toprak yüzeyi üzerine uzatıp arka ucunu, tehlike anında hızlı bir şekilde galeri içine çekilebilmesi için içerde bırakırlar. Kollarıyla toprağa tutunurlar. Karanlık ortamda aktiviteleri daha yüksek olduğundan toprak solucanları içgüdüsel olarak ışıktan kaçarlar.

Toprak solucanları ses titreşimlerini duyamazlar fakat mekanik titreşimleri algılayabilirler.

Nemli aylarda toprak solucanlarının birey sayısı yoğunluğunun maksimum düzeyde olduğu belirtilip, biyokütle miktarlarının da aynı oranda arttığı tespit edilmiştir. Bu canlı türleri en iyi pH değeri nötr olan ortamlarda yaşarken pH parametresi açısından bakıldığında türlerin geneli 4,5-8,7 arasında yaşarlar. Asidik ortam toprak solucanlarının popülasyon yoğunluğunu olumsuz şekilde etkilemektedir. Toprak solucanları, OECD ve FAO gibi bazı uluslararası kuruluşlar tarafından, kimyasal maddelerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla seçilen 5 indikatör organizmanın içinde yer almaktadır (Mısırlıoğlu, 2011).

1.1.13. Toprak Solucanlarının Popülasyonunu Olumsuz Etkileyen Durumlar

Toprak solucanları bilindiği gibi toprağın verimliliği ve havalandırılması için büyük öneme sahip bireylereler bulundurmaktadır. Bu canlı popülasyonun azalması veya yok olması tahmin edilebileceği gibi toprağın yapısını bozup verimsizleştirecektir. Bu canlıların azalması veya yok olmasında ki sebepler sırası ile orman tahribatı, toprak işleme, pestisit kullanımı, endüstriyel atıklar, şehirleşme nedeniyle doğal biyotopların bozulması ve çeşitli nedenlerle topraklarda biriken ağır metal kirlenmeler olarak sıralanabilir (Savard, 2007).

1.1.14. Toprak Solucanlarının Sistemik Teşhisleri

Toprak solucanlarının yeryüzünde yapılan çalışmalar sonucunda 1800 türü olduğu tahmin edilmektedir (Edwards ve Lofty, 1977). Ergin bireylerde eşeyssel olgunluğa ulaşmış bireylerde tür teşhisi yapılabilmektedir. Ayrıca klitellum yapısı gelişmiş bireyler olması da önemlidir. Sistemik teşhislerinde prostomium tipleri, klitellum ve eşeyssel tüberkülün bulunduğu segment aralığı ve sayısı, seta düzeni pigmentasyon durumu incelenmektedir (Mısırlıoğlu, 2011).



Kingdom: Animalia
 Phylum: Annelida
 Class: Oligochaeta
 Ordo: Maniligastridae
 Family: Moniligastridae
 Ordo: Haplotaxidae
 Subordo: Enchytraeina
 Superfamily: Enchytraeoidae
 Family: Propappidae
 Subordo: Lubricina
 Superfamily: Alluroidoidea
 Family: Alluroididae
 Superfamily: Criodriloidae
 Family: Criodrilidae
 Superfamily: Lumbricoidea
 Family: Lumbricidae
 Genus: *Eisenia*
 Species: *Eisenia fetida*
 Family: Komarekionidae
 Family: Diporochaetidae
 Family: Ailoscolecidae
 Family: Hormogastridae
 Superfamily: Sparganophiloidea
 Family: Sparganophilidae
 Superfamily: Biwadriloidae
 Family: Biwadrilidae
 Superfamily: Glossoscolecoidae
 Family: Glossoscolecidae
 Family: Kynotidae
 Family: Microchaetidae
 Superfamily: Almoidae
 Family: Almidae
 Family: Lutodrilidae
 Superfamily: Megascolecidae
 Family: Acanthodrilidae
 Family: Octochaetidae
 Family: Eudrilidae
 Superfamily: Ocnerodriloidae
 Family: Ocnerodrilidae

Şekil 1.5. Oligochaeta (Toprak Solucanlarının) Sınıfının Sistematığı ve *E. fetida*’nın Yeri (Edwards, 1996; Blakemore, 2006)

1.2. Vermikültür ve Vermikompost



Şekil 1.6. Vermikompost solucan örnekleri



Şekil 1.7. Vermikompost solucan örnekleri

Yemlerde protein kaynağı veya vermikompost oluşturmak amacıyla toprak solucanlarının kültüre alınarak yetiştirilmesi işlemine vermikültür denir.

Vermikompost tanımı ise çeşitli organik atıkların bazı toprak solucanları tarafından sindirilmesi ile oluşan kompostlaştırılma sonucu, tarımsal endüstride önemli bir işleve sahip olan organik gübre ve toprak düzenleyici olarak kullanılan üründür (Edwards ve Bohlen, 1996).

1970’li yıllardan sonra bazı solucan türlerinin ekonomik değeri yüksek kompost üretimi yapabildikleri ve bu sürecin organik maddeleri parçalayarak gerçekleştirdiği ortaya konmuştur (Edwards, 1988).

Hızla popüler olmaya başlayan vermikültür ve vermikompost üretimi özellikle Küba, İngiltere, Fransa, Japonya, Birleşik Devletler ve Almanya’ da ekonomik alanda önemli bir iş kolu olarak karşımıza çıkmıştır. Bu yıllarda Amerika’da vermikültür çiftliği sayısı 90.000 civarına ulaşılmasıyla beraber yalnızca Kaliforniya’da yılda 20.000 ton vermikompost üretilmeye başlanmıştır (Zeng vd. 1982).

Günümüzde vermikompostu en yaygın kullanan ülkelerin başında Küba gelmektedir. 2003 yılı verilerine göre Küba’da, yılda bir milyon ton civarında vermikompost üretildiği bildirilmiştir (Cracas, 2000).

2003 yılı verilerine göre Küba’da, yılda bir milyon ton civarında vermikompost üretildiği bildirilmiştir

Keşfedilen bütün toprak solucanları organik maddeleri kompostlaştırabilme yeteneğine sahiptir. Yıllar içerisinde yapılan çalışmalar bizlere bazı türlerin diğerlerine göre vermikompost işlemlerinde daha verimli olduğunu göstermiştir. Bu türler; *Eisenia fetida*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricucus rubellus*, *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* ve *Perionyx hawayana* türleri olup diğerlerine oranla çok daha hızlı besin tüketimi, daha yüksek üreme ve populasyon artış oranlarına sahip olması ile vermikompost işlemlerinde öncelikli tercih sebebi olmuşlardır. Bununla beraber çok farklı iklim ve çevre koşullarına kolay adapte olabilmeleri, dolayısıyla hayatta kalma oranlarının yüksek olması tercih edilmelerinin bir diğer sebebidir (Edwards vd. 1996; Meyer vd. 1997; Campbell, 1999).

Yukarda sıraladığımız türlerden ticari olarak en yaygın üretimi yapılanları *Eisenia fetida* ve *Lumbricus rubellus*'tur (Dickerson, 2004).

1.2.1. Vermikültür ve Vermikompost Üretimi

Hayvansal ve bitkisel kaynaklı organik maddelerle beslenebilen toprak solucanları ayrıca sığır, tavuk, at, ördek, hindi, domuz ve tavşan dışkılarını besin olarak tüketebilmektedirler. Besin kaynağı kullanımlarının çok geniş bir aralığa sahip olduğunu bitkisel üretim artıkları (hasat sonrası tarlada kalan artıklar) evsel atıklar, kâğıt, talaş, sebze ve meyve kabukları vb. gibi organik maddeleri tüketmelerinden anlamaktayız.

Solucan gelişimini olumsuz etkileyen besinler ise genellikle et ve süt ürünleri, yağ, tuz ve kemik bulunan organik atıklar ile inorganik maddelerdir. Bahsi geçen besinlerin solucan yeminde kullanılmaması gerekir. Bunun sebebi et ve süt ürünleri ile kemik parçaları solucanlar tarafından sindirilmesi çok zor olan maddeler olup bu nedenle beslenmelerinin yeterli düzeye ulaşamamasıdır. Böyle bir durumda solucanların gelişimlerinin yavaşlaması hatta durması buna bağlı olarak yavru ve vermikompost oluşturma hızı yavaşlaması gibi durumlar ile karşılaşılır. Yağlı besinlerin solucan yemi olarak kullanılmamasının sebebi solucanlar deri solunumu gerçekleştirdiklerinden besin ortamlarındaki yağ, derilerindeki gözeneklerin tıkanmasına sebep olarak solunumu engeller. Solucanların tuzlu besin tüketmesi, normalden daha fazla sölom ve mukus salgılamalarına neden olacağından bir süre sonra tüm sıvılarını kaybetmelerine yol açabilmektedir. İnorganik maddeler ise toksik etki göstererek solucanların ölmelerine sebebiyet vermektedir (Edwards, 2004).

Besin olarak verilecek maddelerinin fiziksel ve kimyasal yapıları çok önemli olmasının sebebi solucanlar bu maddeler içerisinde aylarca yaşarken bir yandan bu maddeler ile beslenmektedirler. Bu sebeple solucan yataklarına eklenecek besin maddelerinin pH, tuzluluk, amonyak ve nem düzeyleri gibi kimyasal ve fiziksel özellikleri solucanların sadece beslenmelerini değil aynı zamanda yaşam ortamlarının kalitesini dolayısıyla da vermikompostun kalitesini etkilemektedir. Yapılan çeşitli araştırmalarda *E. fetida* için ideal olan yaşam ve besin ortamı koşullarının; sıcaklık aralığı 15-24 C°, nem düzeyi %60-90, amonyak düzeyi 0.5 mg/g'dan düşük, tuz miktarı 0.5mg/kg'dan az, pH'ı 5-9 arasında ve oksijence zengin olması gerektiğini ifade etmiştir (Edwards, 2004; Edwards, 1988).

Kompost üretimi günlük hayatta oldukça basit bir işlem olmasıyla beraber toprak solucanları kullanılarak kompost üretimi (vermikomposting), açık alanlarda basit yığınlarda (windrow), kasalarda (container) veya otomasyonlu kapalı kompleks sistemlerde (continuous flow reactor) yapılabilmektedir (Edwards, 2004).

Verimliliği etkileyen en önemli unsur üretimden sorumlu toprak solucanlarının optimum koşullarda yaşatılmasıdır. Bu durum vermikompostun kalite ve verimliliğini etkileyen en temel bileşendir (Neuhauser vd. 1988).

Kontrollü koşullarda, üzeri ve yanları kapalı olan, beton zeminli alanlar üzerinde yığın yaparak veya çeşitli niteliklerdeki kapalı kasalarda başarılı bir üretim yapılabilmesi olasıdır. Solucan yatağının oluşturulması sınırları en çok 2.4 metre olarak belirlenecek zemine ya da kasalara 10-15 cm kalınlığında besin maddesi konarak ortaya çıkarılabilir (Edwards, 2004).

Hazırlanan alanda metrekareye 10.000 – 15.000 adet civarında solucan yerleştirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir (Su, 1993). Yapılan çalışmalara göre, solucanlar bir taraftan beslenirken diğer taraftan dışkılarını yataklara bırakıp, birkaç gün içerisinde ortamdaki besini tükettikleri tespit edilmiştir.

Edwards (2004)'a göre, yığın yüksekliği 1 metre oluncaya kadar her 10 günde bir 7 – 10 cm kalınlığında taze besin eklenerek solucanların besin ihtiyacı giderilmesiyle beraber tabakalar halinde solucan gübresinin alt kısımlarda biriktirildiği tespit edilmiştir. Solucanların yeni yataklara aktarılması, yaklaşık 12 haftalık bir süreden sonra yığınının üst kısmına yeniden taze besin konarak solucanların burada toplanmalarının sağlanması ve bu kısmın solucanlarla birlikte alınması ile gerçekleştirilir. Olgunlaşmış vermikompost eski yatakta açık havada beton bir zemin üzerinde 5 cm kalınlığında serilerek nem düzeyi %30 civarına düşünceye kadar kurutulmanın ardından 3 mm'lik eleklerde elenerek kullanıma hazır hale getirilir.

1.2.2. Vermikültür ve Vermikompostun Tarım ve Toprak Üzerine Etkileri

Solucanlar toprak parametrelerine etki eden önemli canlılardır. Bu canlılar toprağın yapısından verimliliğine ve burada yetişecek bitki gelişimine kadar birçok faktörü geniş bir ölçüde etkilemektedir. Özellikle galeri açma aktiviteleri toprağı havalandırdığı gibi açılan boşluklar sayesinde toprağın suyu daha yüksek miktarda absorblamasını sağlamaktadır. Organik atıkların kısa zamanda toprak ile karışmasını sağlarlar. Bitki kök gelişimine olumlu katkı sunarlar.

Toprak solucanları birçok yerde toprağı aşıl原因arak özellikle tahıl bitkilerinde gelişimin arttığı, tohum içeriğindeki azot miktarında artış olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. (Mısırlıoğlu, 2011; Tomati ve Gali, 1995).

Toprak solucanlarının sığır ve koyun gübresini işleyerek toprağı hızlı bir şekilde kazandırdığı, toprak asitliğinin giderilmesi için zararsız bir biyolojik yöntem olduğu, solucan aktivitelerinin toprak pH değerini yükselttiği görülmüş olmakla beraber bahsedilen bu faktörlerin toprak verimliliğı açısından çok değerli olduğu yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Mısırlıoğlu, 2011).

Biyolojik sistemler açısından bakıldığında bir diğer ilgi çalışma ise toprak solucanlarının varlığının, eğimli çayır alanlarında yüzey suyu akışını yarı yarıya azaltarak, suyun toprağı nüfuzunu artırıp erozyonu azalttığını ortaya koymaktadır. Bu alanda yapılan benzer çalışmaya göre, toprak solucanlarının suyun nüfuzunu artırma yetenekleri sayesinde su akışını ve erozyonu azaltma oranı 2-10 kat arasında olabileceğini ifade etmektedir (Mısırlıoğlu, 2011; Tomati ve Gali, 1995).

Vermikompost kullanımının bitki yetiştiriciliğinde yaygınlaştırılması toprağın yapısını olumlu etkileyebileceğı gibi bitki büyüme hormonlarını düzenleyerek bitki gelişimine katkı sunduğunu ek olarak da toprağın mikrobiyal aktivitesini düzenlediğini ayrıca bitkiler için tahribata neden olabilecek enfeksiyonel hastalıkların önüne geçebileceğı ifade edilmektedir (Arancon ve Edwards, 2005).

Bitkiler tarafından vermicompostun içinde bulunan başta N, P, K olmak üzere değerli besin elementlerinin %97'si bitki tarafından doğrudan alınabilmektedir (Barley, 1961)

Vermikompost yapısı toprağın pH, EC, havalanma, su tutma kapasitesi, parçacık büyüklüğü gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerini düzenlemektedir (Bryan ve Lance, 1991; Gallagher ve Wollenhaupt, 1997; Gouin, 1998).

Solucanların organik atıkları parçalayarak kompostlanması ile oluşan gübrenin toprağa uygulanması, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik içeriğini olumlu yönde etkilemektedir (Hartenstein ve Mitchell, 1978; Kale ve Karmegam, 2010).

Vermikompost, azot fiksasyonunu arttırdığından dolayı bu ortamlarda azot fiksasyonunda görevli bakteri, aktinomiset ve mikorizal mantar sayısında artış olduğu buna bağlı olarak azot miktarının arttığı görülmüştür (Kale vd. 1992).

Azarmi vd. (2008) vermicompostun domates bitkisi yetiştirilen topraklarda uygulandığında toprak fiziksel yapısının olumlu yönde değiştiği, organik karbon, N, P, K, Ca, Zn, Mn miktarlarında artış gözlemlendiğini ifade etmiştir.

Buckerfield vd. (1998), turp bitkisi gelişimi üzerine yapılan çalışmada vermicompost ve kum karışımlarının karşılaştırılmasında vermicompostun uygulama oranına bağlı olarak hasat ağırlığının arttığı belirtilmiştir. Bu çalışmaya göre %100 vermicompost uygulanan topraklardan, %10 vermicompost karışımı uygulananlara oranla 10 kat daha fazla ürün hasat edildiği ortaya konulmuştur.

Chaoui vd. (2003) çalışmalarında vermicompost, kimyasal gübre ve geleneksel kompost uygulamalarının buğday bitkisinin bulunduğu ortamda mikrobiyal solunum ve biyomasi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, vermicompostun diğerlerine kıyasla daha etkili bir besin kaynağı oluşturduğunu ve daha yüksek mikrobiyal solunum ve bununla beraber daha fazla biyomasa neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Canellas vd. (2002) *E. fetida*'dan elde edilen vermicompostun içeriğindeki hümitik asitin, mısır bitkisinin gelişimine yaptığı katkıyı incelemişlerdir. Çalışmalarında, mısır bitkisinin

gelişiminin hormon uygulanmış bitkilerdeki gelişme düzeyinde gerçekleştiğini açıklamışlardır.

Atiyeh vd. (2000) yaptığı çalışmada domates ve marul tohumlarının vermikompost kullanılarak çimlendirilmesini araştırmış, büyükbaş hayvan gübresi ile vermikompost karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak vermikompostun bitki büyüme gelişimi üzerindeki etkileri nedeniyle büyükbaş hayvan gübresine kıyasla daha iyi netice alındığı belirtilmiştir.



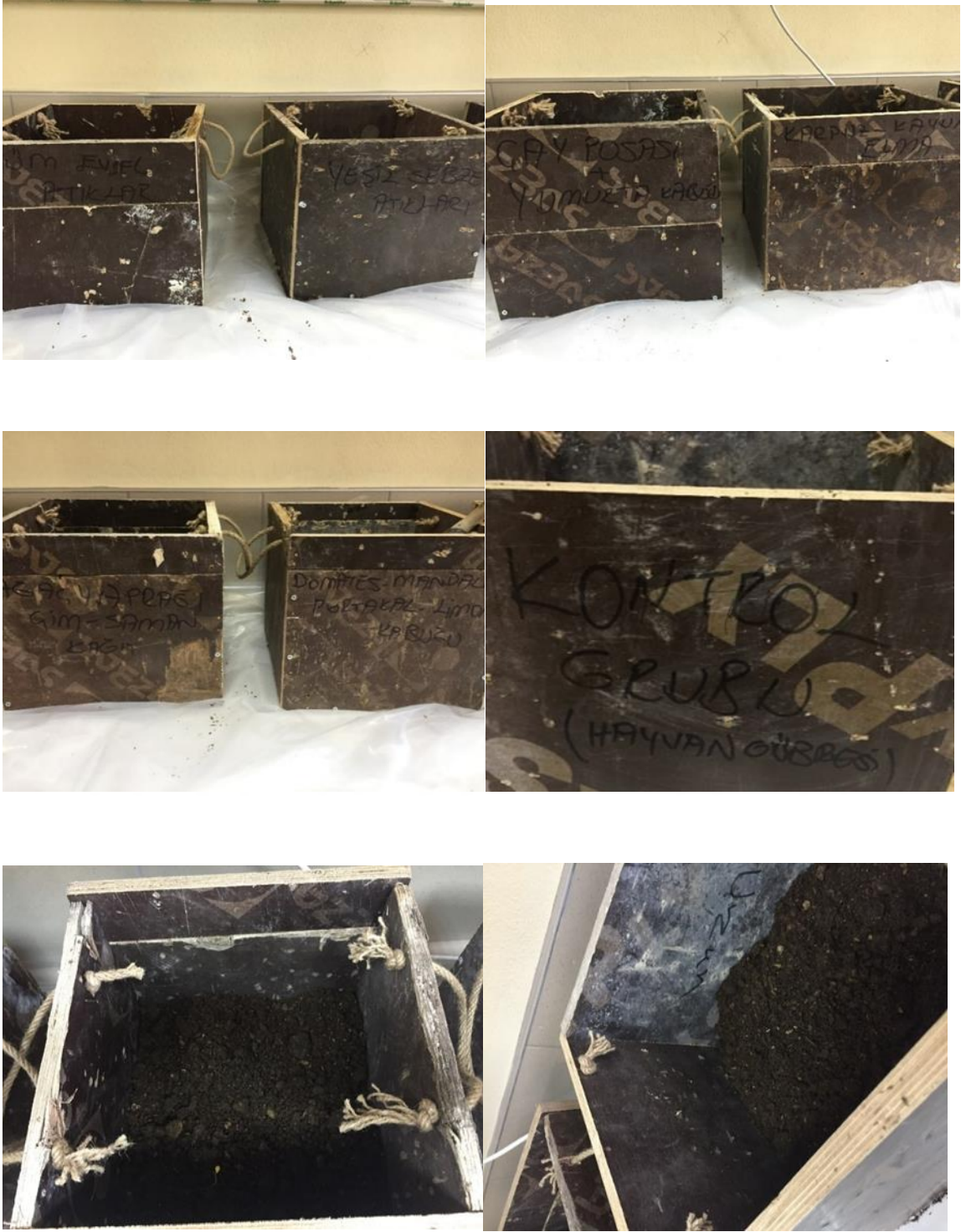
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında kullanılmış olan toprak solucanı *E. fetida* türü olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere 350 adet temin edilmiştir. Solucanların üreme ve beslenmesi için 7 adet tahta kasa hazırlanmıştır. Kasalar yaklaşık olarak 40 cm eninde, 50 cm boyunda ve 30 cm derinliğinde hazırlandı. Kasaların altı matkap yardımıyla delinip 3'er delik açılmış, böylece fazla suyun birikmesi önlenmiştir. Kasalar kış aylarında ilk olarak sıcaklığın sabit olduğu laboratuvar ortamında bulunduruldu, sıcaklıkların artması ile kasalar şahsi bahçeye alınmıştır.

Solucanların beslenmesi ve diğer atıkların karıştırılması amacı ile mama denilen yaklaşık 40 gün fermente edilmiş 350-400 kg büyükbaş hayvan gübresi temin edilmiştir. Hayvan gübresi nemlendirilerek ve düzenli aralıklarla karıştırılarak eşit şekilde fermente olması sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılmak üzere günlük hayatta insan kaynaklı ve genellikle çöp olarak nitelendirilen organik temelli evsel atıklar belirlenmiştir. Çalışma amacıyla seçilen organik atıklar hayvan gübresi ile karıştırılmadan önce kurutulmuş ve daha küçük parçalara dönüştürülmüştür. Ardından mama olarak isimlendirilen fermente gübre ile yaklaşık %25-30 oranında karıştırılarak solucanlara 3-4 gün aralıklarla verilmiş ve düzenli nemlendirme işlemi yapılmıştır.

Atık maddeler solucan gübresi haline gelinceye kadar birtakım işlem basamaklarından geçirilmiştir. Atık maddelerin dönüştürülerek gübre haline gelebilmesi için geçirilmiş oldukları işlem basamakları sırası ile atıkların kısmen kurutulması, ufak parçalara ayrılması, fermente edilmiş hayvan gübresi ile 2-3 gün nemlendirilerek, karıştırılması solucanların bulunduğu kasalara yem olarak verilmesi ve gübre üretimidir.



Şekil 2.1. Vermikompost için hazırlanan kasalar

2.1. Atıkların Kurutulması

Atıklar, evlerimizde kullandığımız besinlerin yenilmeyen veya çöp olarak atılan kısımlarından oluşmaktadır. Günlük beslenme faaliyetleri sonucu açığa çıkan bu maddeler deney süresince toplanmış ve belirlenen iş akışı takip edilmiştir. Elde edilen atıklar bir karton üzerine serilerek kurutulması sağlanmıştır.

Atıkların kuruma süresi, atık maddelerin çeşidine, kurutma ortamı sıcaklığına, nemine ve almış olduğu rüzgâra göre değişiklik göstermektedir. Çalışmamız yürütülürken yapmış olduğumuz kurutma işlemi, atık maddelerin bünyelerindeki fazla miktardaki su buharlaşınca kadar yapılmış olup, ortalama 1-3 gün sürmüştür.



Şekil 2.2. Vermikompost için hazırlanacak yumurta kabuğu-limon ve portakal kabuğu –domates kabuğu

2.2. Atıkların Parçalanması

Atık maddeler kurutma işleminden sonra parçalama işleminden geçirilmiştir. Atıkların parçalanmasında iki ana amaç vardır. Birincisi; diğer işlem basamaklarından maksimum verim elde edebilmek, ikincisi ise bütün atıkların tanecik büyüklüğünü aynı boyutlara indirmektedir. Parçalama işlemi için atık maddelerin her birisi evlerde kullandığımız mutfak robotu yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.3. Vermikompost için parçalanmış portakal kabuğu-maydonoz atığı-yumurta kabuğu

2.3. Atıkların Elenmesi

Hayvan gübresi ve atık maddelerin homojen karışabilmesi için separatör yardımı ile eleme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.4. Vermikompost için gerçekleştirilen eleme işlemi.

2.4. Karışımların Hazırlanması

Çalışmamızda solucanlara verilecek olan yem, hayvan gübresi ile atık maddelerin her birisinin aynı oranlarda karıştırılması ile elde edilmiştir. Bunun için her bir atık madde ve fermente gübre ile ayrı ayrı %25-30 oranlarında karıştırılarak kompostlar hazırlanmıştır.

2.5. Kompostlama



Şekil 2.5. Hazırlanan kasaların uygun ortama yerleştirilmesi



Şekil 2.6. Kompostlama işlemi



Şekil 2.7. Oluşturulan vermikompost örneklem alanları



Şekil 2.8. Oluşturulan vermikompostların kapalı görünüşü

Solucanlar besinleri parçalayabilecek diş gibi kesici, parçalayıcı ve ezici yapılara sahip değildirler. Bundan dolayı hazırlanan karışımların solucana verilmeden önce fermente edilmesi gerekmektedir. Solucanlar, fermente edilmiş besinleri kolay ve hızlı bir şekilde tüketebilmektedir. Doğada saprofit canlılar, mantarlar ve diğer mikroorganizmalar varlığında gerçekleşen ve gerçekleştiği zaman ısı açığa çıkartan bu olaya fermentasyon adı verilmektedir (Kacar ve Katkat, 2011).

Her kasaya yaklaşık 3/4 oranında hayvan gübresi, 1/4 oranında hazırlanan mama eklenmiştir. Kasaların en alt kısmına solucanların kaçışını önlemek amacıyla 2 kat halinde sineklik teli serilmiş üstüne hayvan gübresi ve kompost eklenmiştir. Her kasaya deney başlangıcında 50 adet solucan bırakılmıştır.

1. kasa için; Günlük olarak evde kullanılan çayın posası ve yumurta kabukları toplanmıştır. Çay posası ve yumurta kabuğunun ezilmiş hali hayvan gübresi ile karıştırılarak fermente edilmiş, mama oluşturulmuş ve 3 günde bir kasaya eklenmiş, kasanın üstü kapatılarak solucanların ışıktan etkilenmesi engellenmiştir.

2. kasa için; Her türlü evsel atıkların (meyve-sebze artıkları, çay posası, yumurta kabuğu, karton, yemek artıkları vb.) hayvan gübresi ile karıştırılıp mama oluşturulmuş artıkların hayvan gübresi ile fermente edilmesinden sonra mama olarak kullanılmıştır.

3. kasa için; Kavun-karpuz-elma gibi şeker oranı daha yüksek olan meyvelerin artıkları ve kabukları öncelikle daha küçük parçalara dönüştürülmüş daha sonra hayvan gübresi ile karıştırılıp fermente edilmesi sağlanmıştır.

4. kasa için; Besin olarak kullanılan maydanoz- marul-tere otu sapı gibi yeşil sebzelerin artıkları veya kullanılmayan kısımları küçük parçalara dönüştürülerek hayvan gübresi ile fermente edilmiştir.

5. kasa; Ağaç yaprakları, çim, karton küçük parçalara bölünerek hayvan gübresi ile karıştırılıp fermente edilmiştir.

6. kasa; Domates-mandalina-portakal kabukları gibi asit oranı yüksek besinler toplanıp küçük parçalara ayrıştırılarak hayvan gübresine eklenip fermente edilmiştir.

7. kasa için; Sadece hayvan gübresine eklenmiş, ek olarak herhangi bir madde eklenmemiştir.

Deney sonucunda elde edilmek istenen kaliteli gübredir. Gübre kalitesi kavramı bulunduğu toprağın yapısal özelliklerini olumlu yönde değiştiren, bitkinin ihtiyacı olan inorganik maddeleri barındırmakla beraber bitkinin bu maddeleri almasını kolaylaştıran, tarım ve ekoloji açısından risk teşkil etmeyen özellikler ile ölçülmektedir.

Tablo 2.1. Örneklem Alanlar ve Vermikompost oluşturulan madde oranları. (%)

ÖRNEKLEM ALANLARI	ATIK MADDE ORANI(%)	AHİR GÜBRESİ ORANI (%)
1.KASA: Yumurta kabuğu – çay posası kompostu-A1	%25-30	%70-75
2.KASA: Tüm evsel organik atıklar kompostu-B1	%25-30	%70-75
3.KASA: Kavun-karpuz-elma kabuğu kompostu-C1	%25-30	%70-75
4.KASA: Yeşilliklerin sap ve artıkları kompostu-D1	%25-30	%70-75
5.KASA: Kuru yaprak- çim- karton kompostu-E1	%25-30	%70-75
6.KASA: Domates-mandalina-portakal kabuğu kompostu-F1	%25-30	%70-75
7.KASA: Hayvan gübresine kompostu-G1	-	%100

Deney süresince tüm kasalara 2 günde bir yaklaşık 750 ml dinlendirilmiş çeşme suyu eklenmiştir. Tamamı aynı ortamda bulunduğundan sıcaklık, nem gibi iklimsel değerler tüm örneklem için aynıdır.

2.6. Gübre retimi



Şekil 2.9. Solucanların Besi ortamına aktarımı ve gübre retimi

Solucanların yem içerisine yerleştirilmesinden sonraki aşama gübre üretimidir. Solucanların yaşamsal faaliyetlerini sürdürerek gübre üretmeleri için uygun ortam şartlarının sağlanması gerekmektedir. Bu şartlar 25°C sıcaklık ve %70-90 arası nemdir (Dominguez ve Edwards, 2011).

Gerekli nemi sağlayabilmek için oluşturulan yığınların ıslatılması gerekmektedir. Ancak, bu ıslatma işlemi ne gereğinden az ne de fazla yapılmalıdır. Çünkü solucanlar her iki durumdan da olumsuz olarak etkilenmektedir. Ağaç gölgesine bırakılıp, üstü örtülen kasalarda üreme ve gübre faaliyetlerinin olumlu bir şekilde devam ettiği nicel olarak gözlemlenmiştir.

Solucanlar, içerisine yerleştirilmiş oldukları yemi gübre haline dönüştürdükçe üzerine ekleme yapılmıştır. Gübre üretimi için uygulanan işlemler hazırlanan karışımlar tükeninceye kadar tekrarlanarak devam etmiştir.

Gübre üretimi bittikten sonra kasalar ortam oluşturularak tek tek yere dökülmüş ve içerisindeki solucan sayılarına bakılarak üreme meydana gelip gelmediği kontrol edilmiştir. Çalışma sonucunda bütün kasalarda birey sayımı yapılmıştır. Kasalarda ilk başta bırakılan 50 bireyin sayıca ne kadar arttığı belirlenmiştir.

Oluşan gübreler paketlenip etiketlenerek Bingöl Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarına götürülerek analizleri yapılmıştır.

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

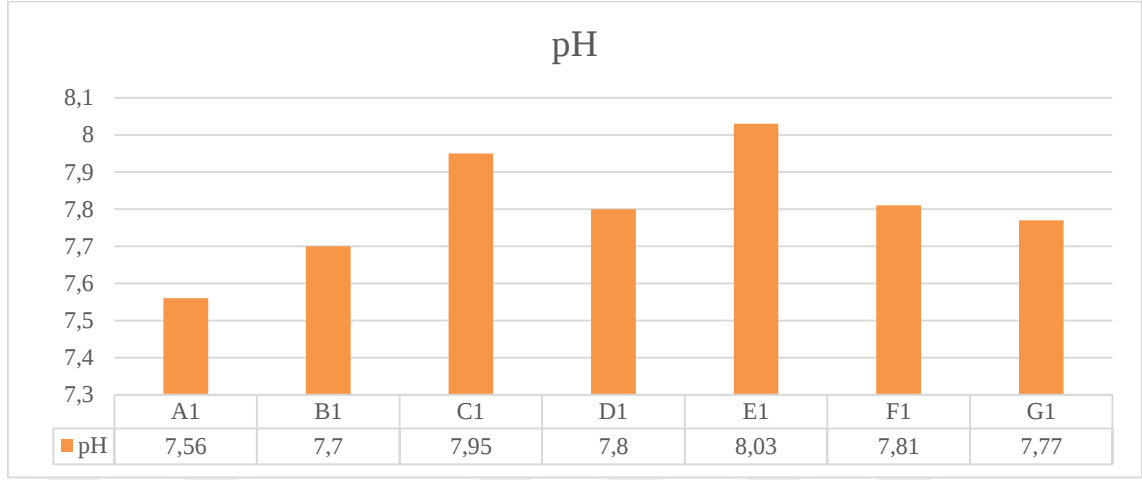
6 aylık yürüttülen deney sonucunda birey sayısındaki değişim tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Vermikompost alanlarına eklenen ve deney sonucu oluşan birey sayısı

VERMİKOMPOST ALANLARI	BAŞLANGIÇ(adet)	SONUÇ(adet)
A1	50	1357
B1	50	2485
C1	50	2350
D1	50	1125
E1	50	854
F1	50	1143
G1	50	1734

Çalışmamızda elde edilen solucan gübresinin (vermikompost) yapılan analiz sonuçları aşağıdaki gibidir.

3.1. pH Değeri



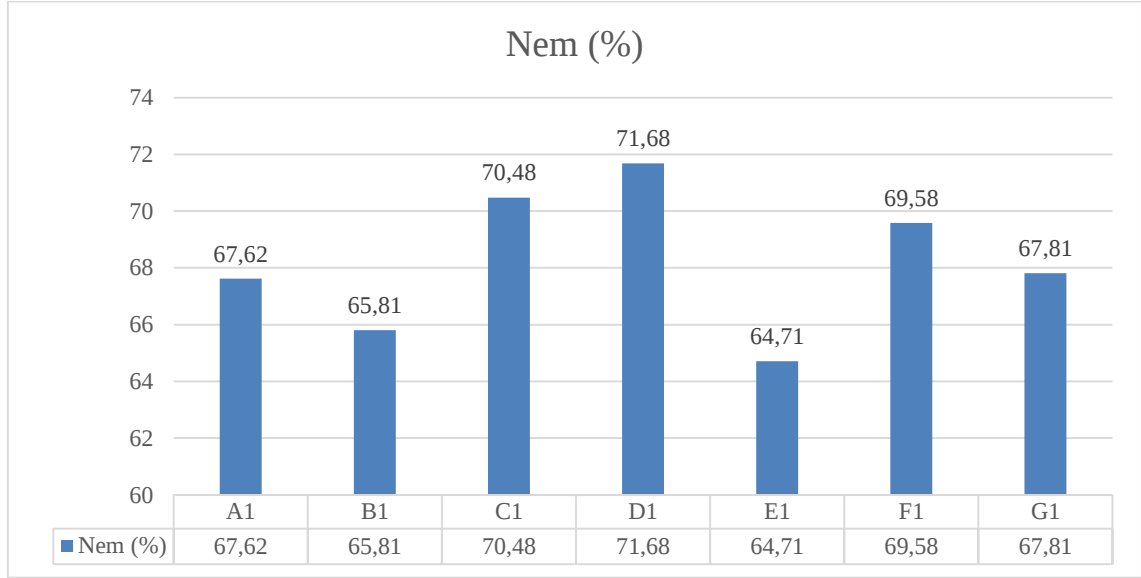
Şekil 3.1. Örneklerde ki pH değerleri

Şekil 3.1’de gösterildiği gibi örneklerin analizleri sonucu pH değeri bakımından değerlendirildiğinde, Mısıroğlu (2011) çalışmaları göz önüne alınarak solucanların üreme ve yaşamsal faaliyetleri için uygun olan pH aralıklarına sahip verikompost ortamlarının olduğu gözlenmektedir.

pH değeri nötrü en yakın olan yumurta kabuğu ve çay posasının bulunduğu A1 örneğinde ilk başta 50 adet olan solucan sayısının 6 ay sonunda 1357 bireye ulaştığı tespit edilmiştir.

pH değeri diğerlerine göre daha bazik olan kuru yaprak-kâğıt-çim ile oluşturulan E1 örneğinde ise birey sayısı 50 adetten 854 bireye yükselmiştir. 2485 birey ile birey artışının en fazla olduğu tüm organik evsel atıklar yani B1 örneğinde ise pH 7,7 olarak ölçülmüştür.

3.2. Nem Değeri

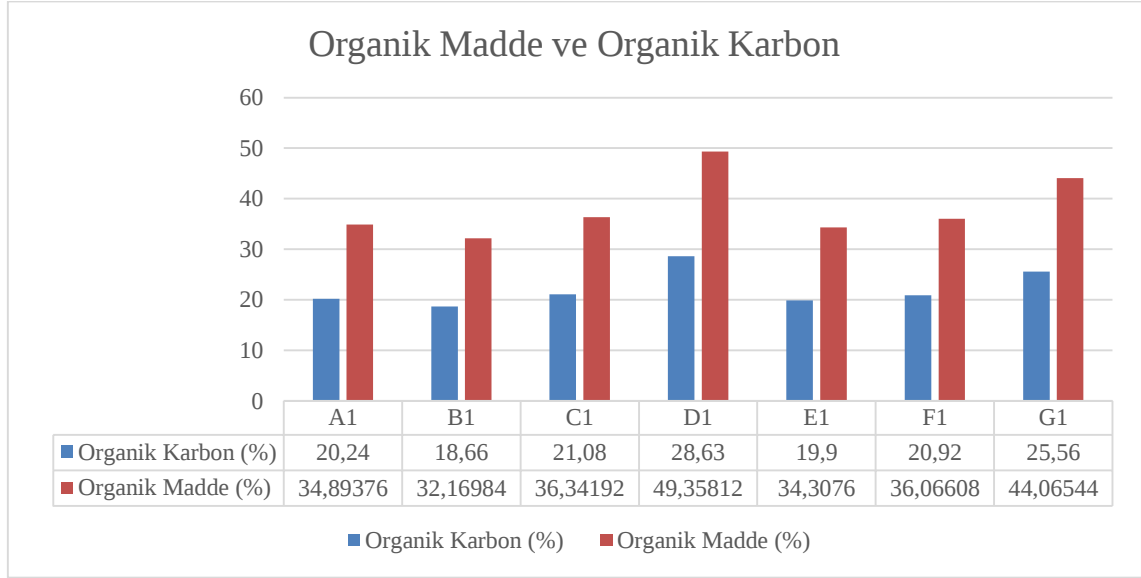


Şekil 3.2. Örneklerdeki nem oranı (%)

Yapılan toprak analizi sonucunda şekil 3.2’de belirtildiği gibi nem miktarı en fazla olan vermikompost örnekleme yeşil sebze artıklarının bulunduğu D1 örneklemdir. Bu kasada başlangıç olarak 50 adet olan birey sayısı deney sonucunda 1125 bireye ulaştığı tespit edilmiştir. Evsel atıkların bulunduğu örneklem kasa nem miktarı açısından diğer örneklemelere göre daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Yumurta kabuğu-çay posası bulunan A1 ve hayvan gübresi bulunan G1 örneklerinde nem oranı birbirine yakın değerdedir. Bu kasalar sırası ile deney sonucunda 1357 ve 1734 adet solucana sahiptirler.

3.3. Organik Madde ve Organik Karbon

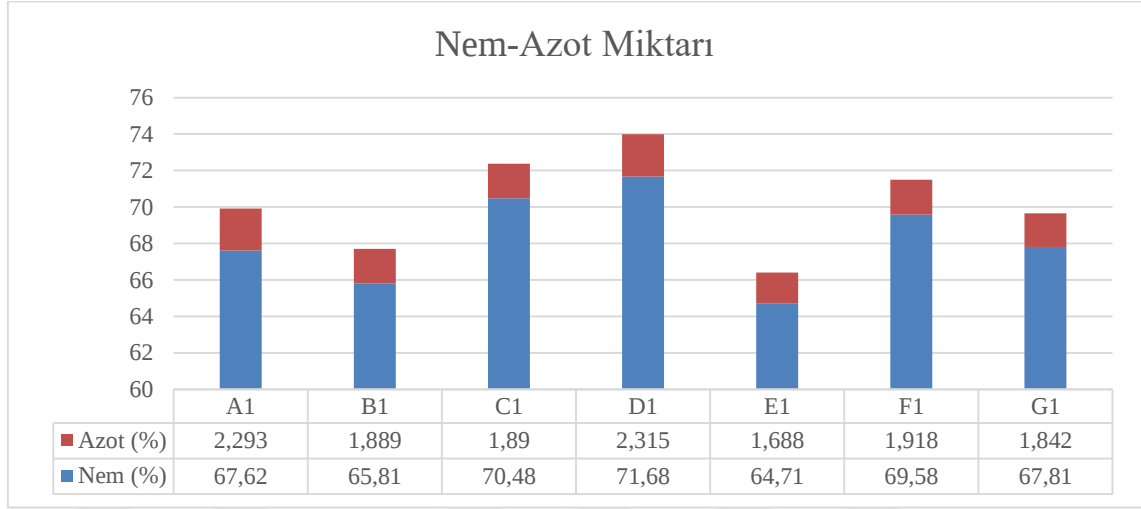


Şekil 3.3. Örneklerdeki organik madde ve organik karbon miktarı (%)

Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvar tarafından yapılan analiz sonucu ölçülen organik madde ve organik karbon değerleri şekil 3.3’de gösterilmiştir.

Grafiğe göre değerlendirme yapıldığında organik madde bakımından en yüksek değere sahip olan yeşil sebze atıklarının bulunduğu D1 vermikompost kasasında ki örnekte ki birey sayısı 1125 ile başlangıcın 22,5 katı kadar artış göstermiştir. Grafikte organik madde yüzdesi olarak en düşük olan evsel atık örneğinde birey sayısı 2485 ile neredeyse 50 katı kadar birey artışı gözlenmiştir. Bununla beraber en düşük organik karbon miktarı yine evsel atıklar yani B1 kasına aittir. Kuru yaprak, kâğıt ve çim olan E1 vermikompost kasasında organik karbon miktarı olarak %19,9 seviyesindedir.

3.4. Nem-azot Miktarı

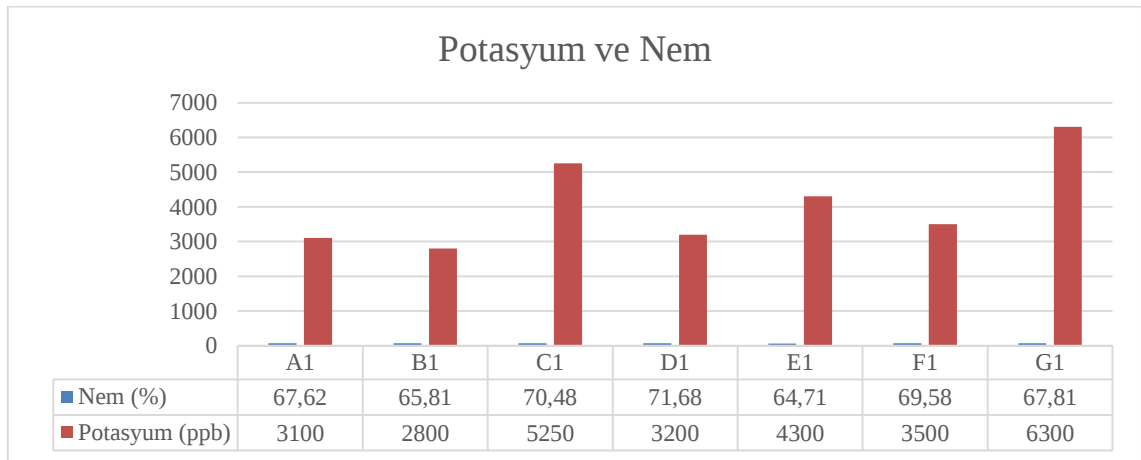


Şekil 3.4. Örneklerdeki nem-azot miktarı

Azot molekülü bitki gelişimi için çok önemli olan bir toprak bileşenidir. Toprakta bulunan azot seviyesi toprağın ve üzerinde yetişen bitkinin verimi ile ilgili bilgi verir.

Yaptığımız analiz sonucunda şekil 3.4’de gösterildiği üzere azot miktarının yeşil sebze atıklarının verildiği örnekte diğerlerine oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

3.5. Potasyum

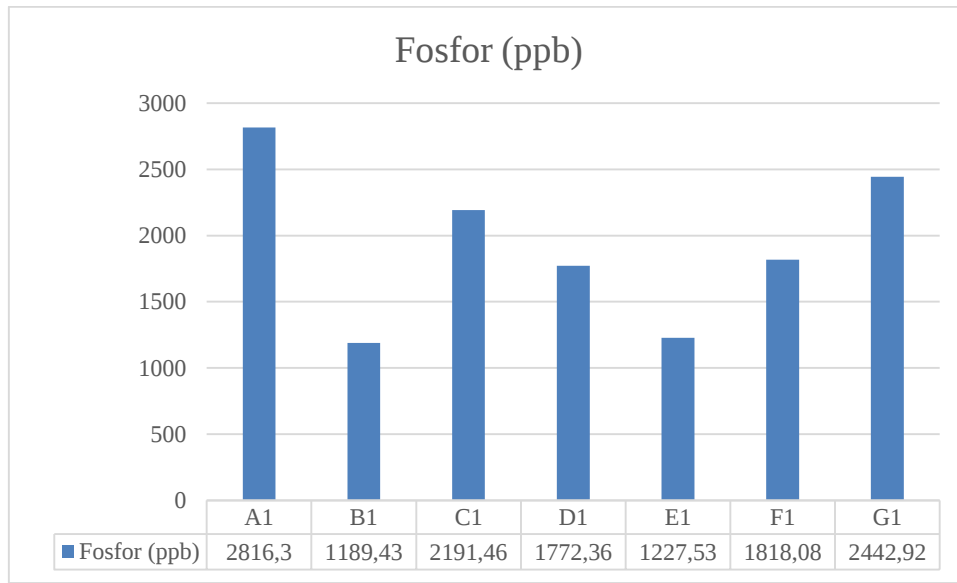


Şekil 3.5. Örneklerdeki K miktarı (ppb)

Solucan gübresi analiz sonucuna göre örneklerdeki potasyum değerleri şekil 3.5’da gösterilmiştir.

G1 örneğinde potasyum değeri diğerlerine göre en yüksek seviyede ölçülmüştür. Diğer örneklere nispeten K değeri B1 örneğinde daha düşüktür. Elma-karpuz-kavun artıklarının olduğu C1 örneğinde de K değerinin yüksek olduğu izlenmiştir.

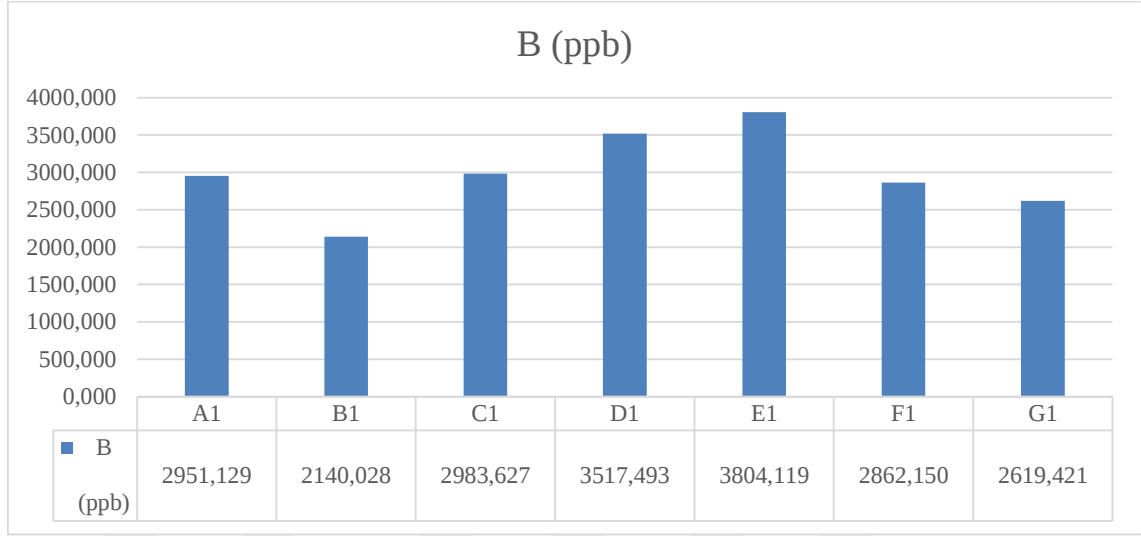
3.6. Fosfor



Şekil 3.6. Örneklerdeki P miktarı (ppb)

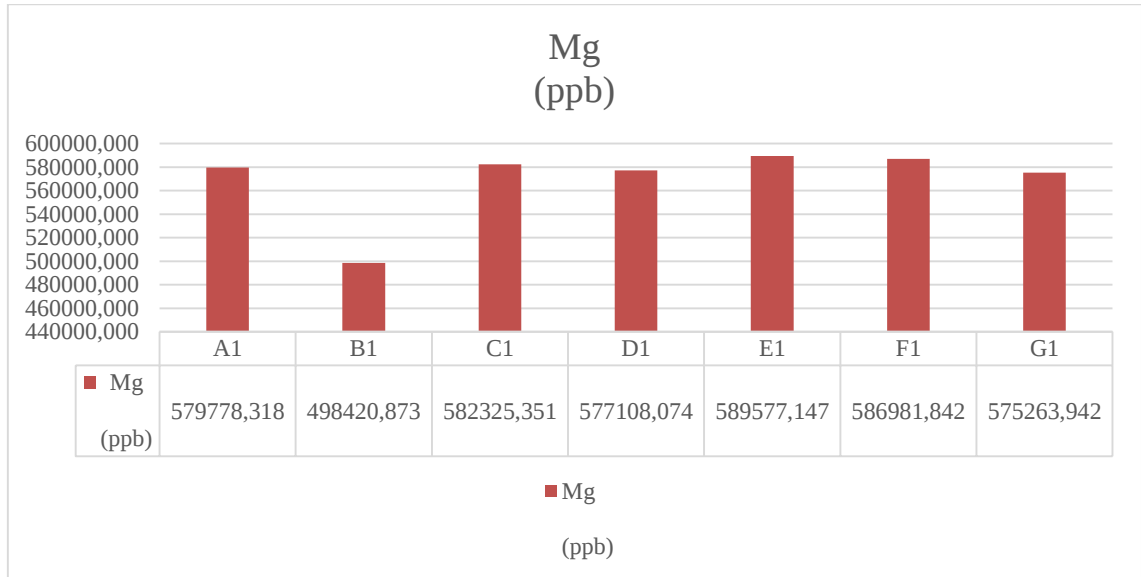
Solucan gübresi analiz sonucuna göre elde edilen şekil 3.6’de A1 örneğinde P seviyesinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük P değerinin B1 örneğinde olduğu görülmektedir. C1, D1, F1 ve G1 örneklerinde de P miktarları ortalama değerler olarak birbirlerine yakın olduğu şekil 3.6’da gösterilmiştir.

3.7. İnorganik Bileşikler



Şekil 3.7. Örneklerdeki Bor madde miktarı (ppb)

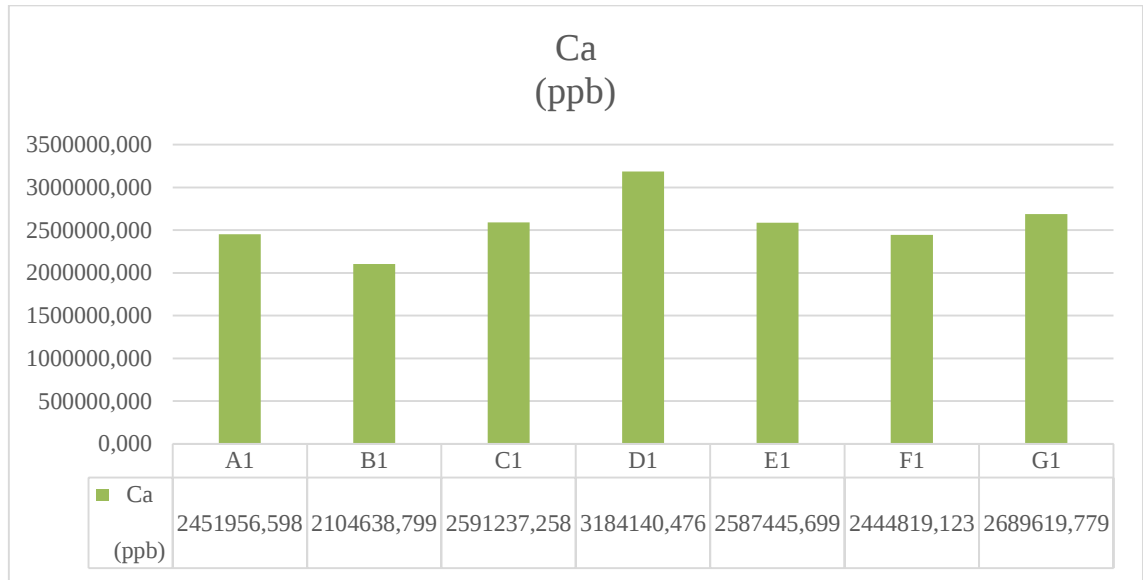
Bor bitkilerde meyve oluşumunda etkili iz elementlerden biridir. Şekil 3.7’de örneklerde ki bor miktarı karşılaştırılmıştır. Kuru yaprak-karton kâğıt atıklarının olduğu kasada değeri diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır.



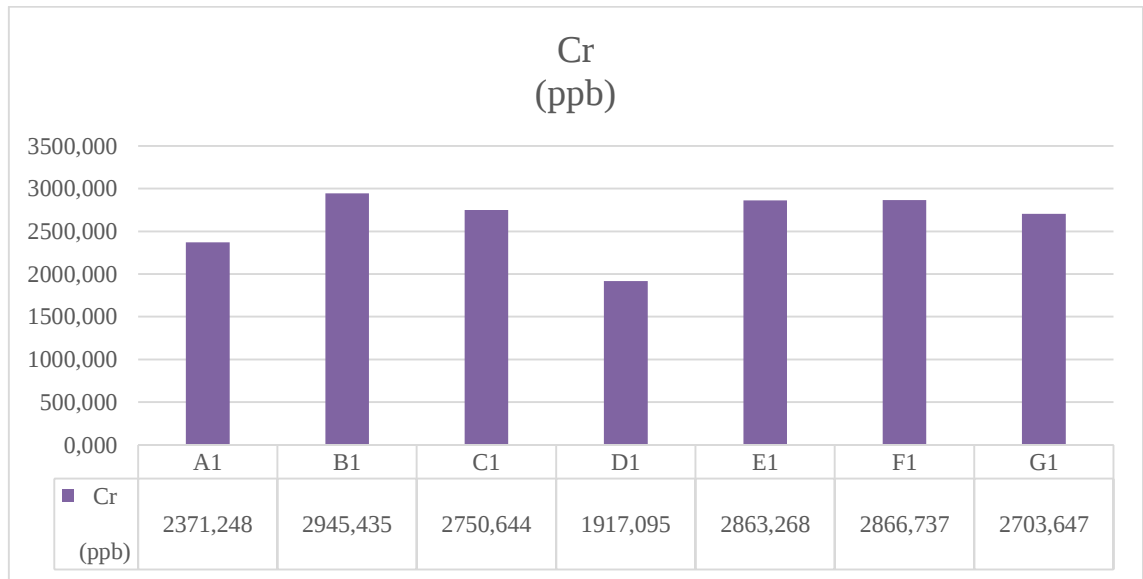
Şekil 3.8. Örneklerdeki Mg madde miktarı (ppb)

Magnezyum özellikle yeşil bitkilerde klorofil yapımında gerekli inorganik bileşiklerden biridir. Şekil 3.8. incelendiğinde evsel atık örnekleme hariç diğer 6 kasada Mg değerleri birbirlerine yakın çıkmıştır.

Grafiğe göre Ca miktarı bakımından en yüksek değere sahip olan kasa D1 iken en düşük Ca değerine sahip olan kasa B1 kasasıdır.



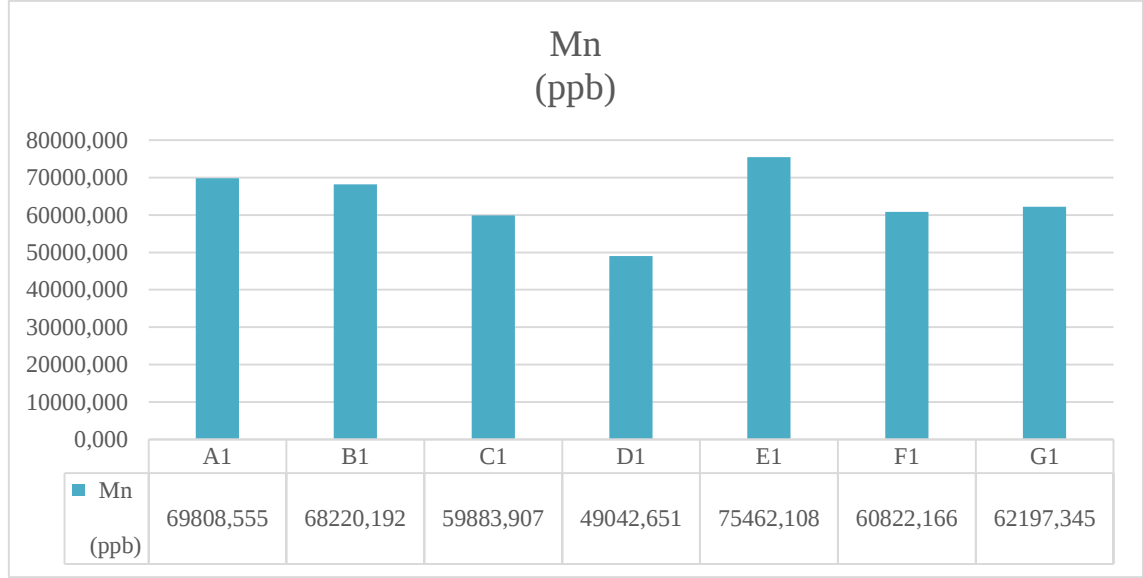
Şekil 3.9. Örneklerdeki Ca madde miktarı (ppb)



Şekil 3.10. Örneklerdeki Cr madde miktarı (ppb)

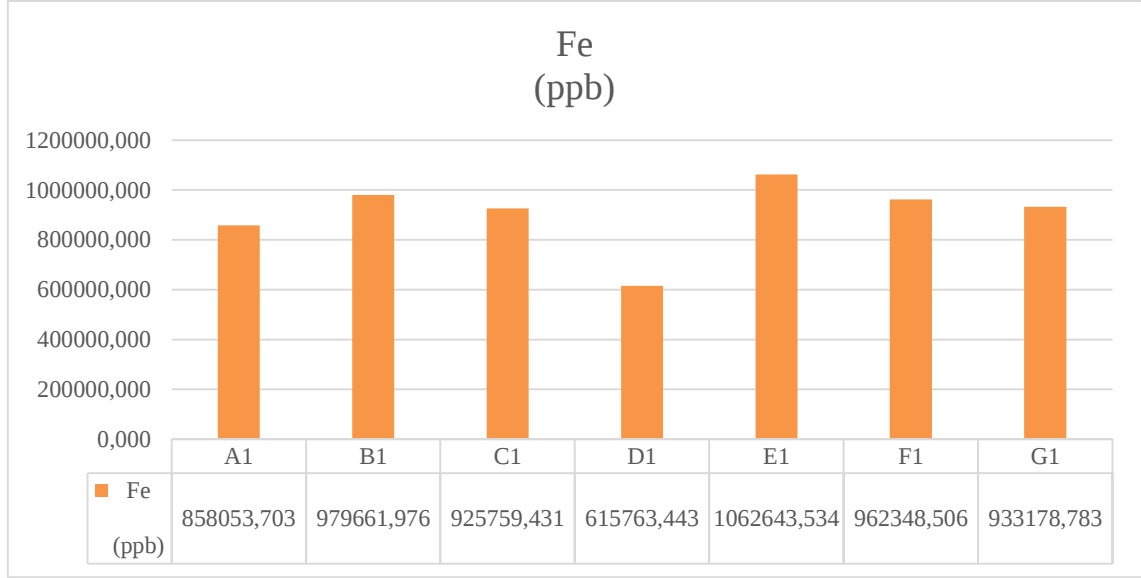
Şekil 3.10'a göre en az Cr yeşil sebze kasasında ölçülmüş iken en yüksek değer tüm evsel atıkların bulunduğu kasada ölçülmüştür.

Cr bitkiler için önemli olan iz elementler arasında yer almaktadır.



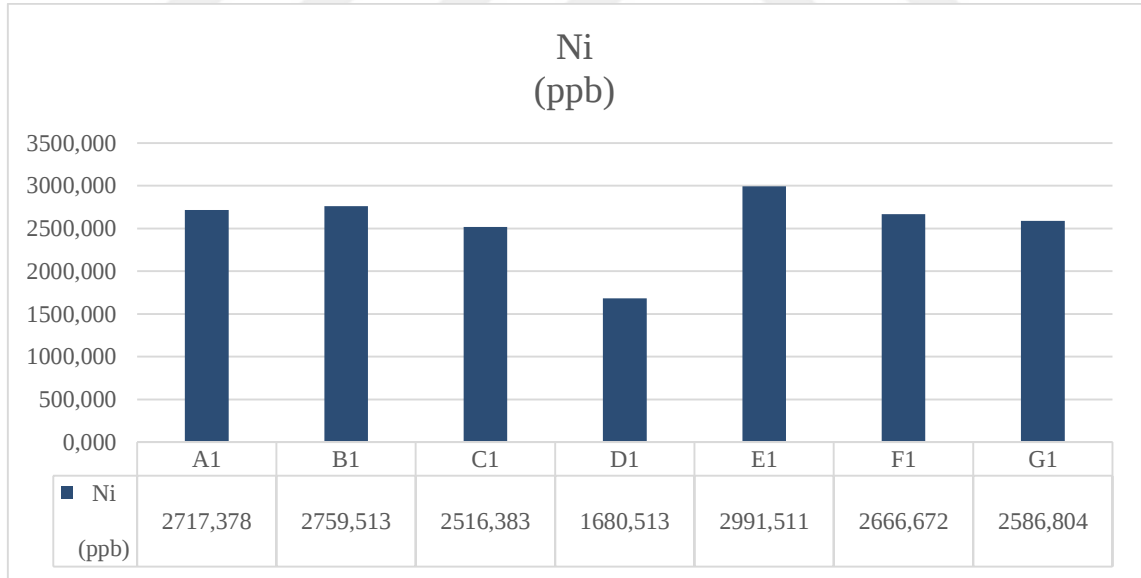
Şekil 3.11. Örneklerdeki Mn madde miktarı (ppb)

Mn bitkilerde klorofil sentezine yardımcı olan iz elementlerden biridir. Tüm kasalarda birbirine yakın değerler çıkmıştır.



Şekil 3.12. Örneklerdeki Fe madde miktarı (ppb)

Fe elementi klorofil sentezinde görevli diğer bir inorganik bileşik olup yaklaşık olarak tüm vermikompostlarda birbirine yakın ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.13. Örneklerdeki Ni madde miktarı (ppb)

Bitki hormon üretiminde etkili olan Ni önemli bir iz element olup tüm vermikompostlarda birbirlerine yakın değerlerde ölçülmüşlerdir.

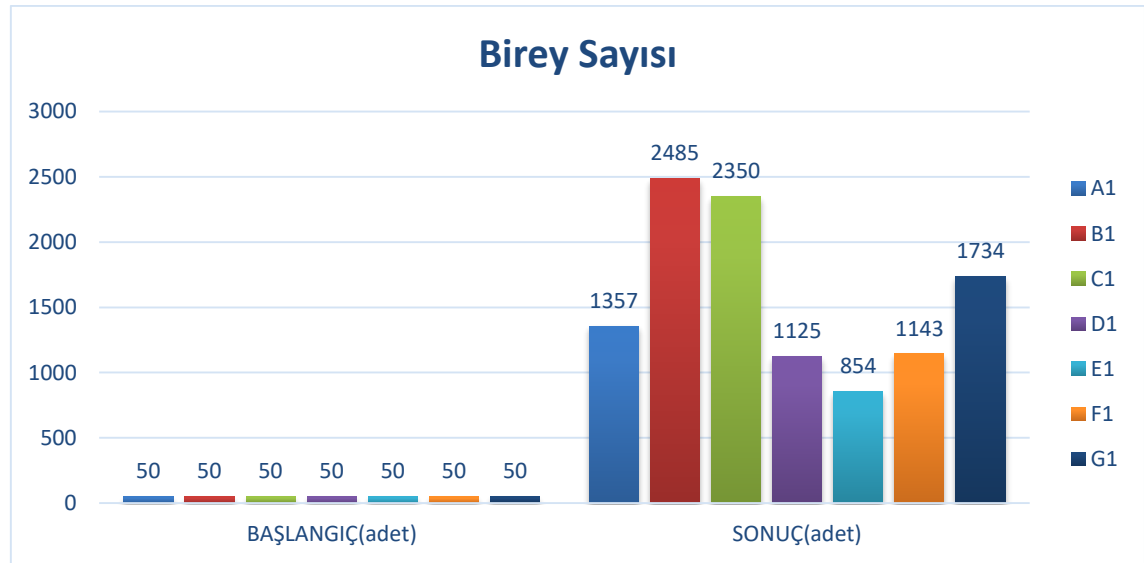
4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6 ay süre çalışmamızın sonucunda tüm kasalarda solucan birey sayısı artmıştır. Kasalardaki vermikompostun analiz sonuçları daha önce yapılmış diğer çalışmalar ile karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde ortalama olarak 60 günde bir solucan birey sayısı 2 katına çıkacağı şekilde belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda ise beklenen birey sayısının çok üstünde bir birey artışı gözlenmiştir.

Deney bitiminde tüm kasalardaki solucanlar özenle ayrıştırılarak sayımı yapılmıştır. Diğer çalışmalarda bireylerin tek tek sayımının yapılmadığı ortalama olarak 1 m² ye düşen birey sayısını göz önünde bulundurarak birey sayıları ile ilgili yorumların yapıldığı tespit edilmiştir. Bu açıdan çalışmamız literatüre yeni bir katkı sunmuştur.

Toprak solucanlarının üremeleri için yeterli bir alan, besin, su gibi faktörler uygun olduğunda birey sayısındaki ortalama artışın yüksek olması mümkündür.



Şekil 4.1. Başlangıç birey sayısı ve sonuç birey sayısı grafiği

Vermikompost ortamları ile birey sayısındaki ilişki Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Birey sayısı ile çeşitli etkenler arasındaki regrasyon (R^2) ve kolerasyon ilişkisi

	pH	Nem	Organik Karbon (%)	Organik Madde (%)	Azot (%)	Potasyum (ppb)	Fosfor (ppb)	B (ppb)	Mg (ppb)	Ca (ppb)	Cr (ppb)	Mn (ppb)	Fe (ppb)	Ni (ppb)
R^2	0,001	0,82	0,17	0,17	0,26	0,02	0,37	0,03	0,34	0,24	0,23	0,47	0,30	0,30
Pearson Korelasyon Katsayısı	0,04	-0,91	-0,41	-0,41	-0,51	-0,13	-0,61	-0,18	-0,58	-0,49	0,48	0,69	0,55	0,55

Tablo 4.1. incelendiğinde pH değeri, Mn değeri, Fe değeri, Ni değeri ile birey sayısı arasında anlamlı ilişki olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda deney süresince iklim koşulları, sulama periyodu ve miktarı, nem, oluşturulan karanlık ortam tüm örneklem için aynıdır.

Yumurta kabuğu ve çay posasının bulunduğu A1 kase örneklemimizde pH 7,56 olarak ölçülmüştür. Bu değer pH metrede nötr – bazik değer olarak değerlendirilmektedir. B1 pH değeri 7,7 iken C1 pH 8,03 olup daha bazik bir ortam oluşmuştur. Yeşil sebze atıklarının bulunduğu D1 pH değeri 7,8’dir. 6. kasanın ve 7. kasanın pH değerleri sırası ile 7,81 ve 7,77’dir.

Birey artış oranı en fazla evsel atıkların olduğu B1 örnekleminde görülüp, bu örneklemin pH değeri 7,7’dir.

Birey sayısı artışının en düşük olduğu kuru yaprak, karton, kağıt bulunan E1 olarak isimlendirilen örneklemin pH değeri 8,03 olarak ölçülmüştür. Ortamın bazikleşmesi solucan artışını diğer kasalar ile karşılaştırdığımızda olumsuz etkilemiştir.

Domates, limon, portakal kabuğu olan kasada özellikle asidik değeri yüksek besinler eklenmesine karşın pH değeri nötr-bazik değerlerde ölçülmüştür. Bu durum iki sebebe dayandırılabilir. Birincisi söz konusu besin artıkları önce kurutulmuş, daha sonra ufak parçalara ayrılmış ve fermente inek gübresi ile karıştırılmıştır. Bu durumda bu besinlerin

asitlik özelliklerinin azaldığı söylenebilir. İkincisi ise çalıştığımız solucan türünün bulunduğu ortamı nötrleştirme özelliğinin olmasıdır.

Mısıroğlu (2011)'e toprak solucanları pH 4,5-8,7 arasında olan topraklarda maximum verim ve birey sayısına ulaşır, optimum yaşam aralığına sahiptirler. Bu çalışma kapsamında hazırlanan örneklemelerin pH değer aralığı verimlilik ve birey artışı bakımından toprak solucanlarının uygun koşullara sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Özellikle asidik özelliğe sahip besinlerin bulunduğu kompostta pH değerinin daha düşük olması beklenirken bahsedilen 6. kasada pH değeri 7,81 olarak ölçülmüştür. Bu durum daha önceden yapılan çalışmalar kapsamında olan Ensari (2007)'e göre toprak solucanlarının toprağın pH değerini düzenlediği bilgisinin ispatı niteliğindedir.

Lv vd. (2016)'nin sığır ve domuz gübreleri kullanarak hazırladığı kompostta pH değerinin azaldığı belirtilmiştir. Aynı şekilde Surendra vd. (2015)'nin yaptığı çalışmada da elde edilen vermikompostun pH değerinin azaldığı belirtilmiştir.

Sing vd. (2014)'nin çalışmasında ise çamur ve sığır gübresinin kullanılması ile elde edilen vermikompost yapısında pH değerinin arttığı belirtilmiştir. Hanc ve Chadimova (2014) çalışmalarında ise vermikompost pH değerinin nötr olduğunu ifade etmiştir.

Bu çalışmaların tamamına bakıldığında vermikompost için seçilen bileşenlerin farklılıkları sonuçların farklı değerlerde çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Önceki çalışmalar da baz alınıp incelendiğinde tüm örneklemelerimizin ölçülen değerler kapsamındaki pH değeri solucanların yaşaması ve üremesi açısından uygun olup, solucanların çoğalma miktarları da bu fikri desteklemektedir.

Nem oranı vermikompost içeriğinin kalitesi, solucanların üremesi ve büyüyebilmesi açısından çok önemlidir.

Edwards (2004), çalışmalarında solucanlar için gerekli besin ve ortamın nem oranının %60-90 arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca besin nem oranının ortamın kalitesini belirleyici bir unsur olduğunu dile getirmiştir.

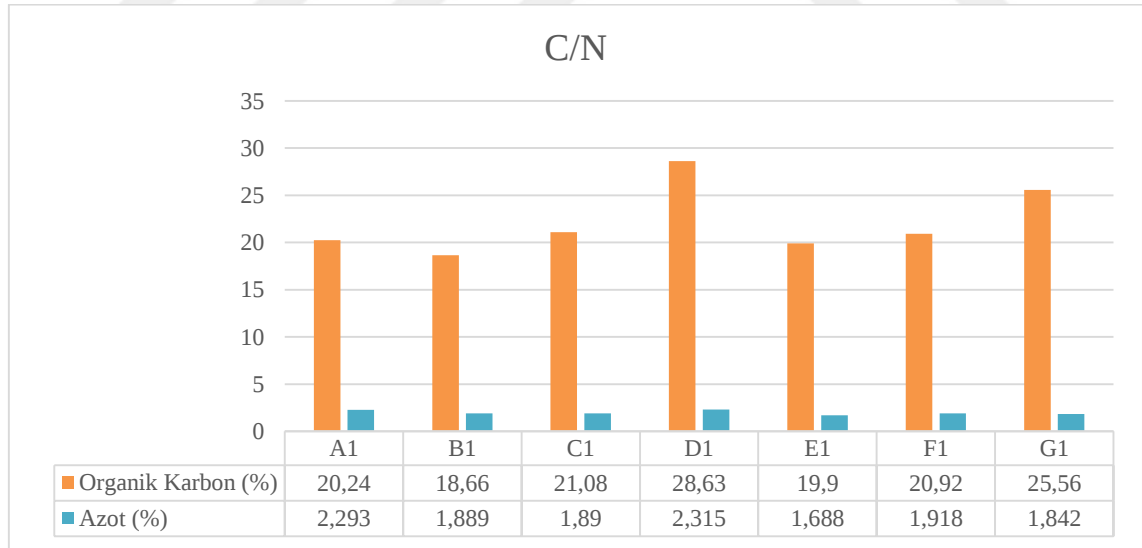
Rajiv vd. (2009) solucan yaşamının devamlılığı nem oranının %60-75 olduğu değerlerde mümkün olabileceğini dile getirmiştir. Böyle bir ortamda diğer şartların uygun olması ile de beraber her 60-70 günde bir birey sayısının 2 katına çıkabileceğini ifade etmiştir.

Dominguez ve Edwards (2011), çalışmasına göre birey sayısındaki artış hızının daha fazla olabilmesi yüksek nem oranına sahip olması ile doğru orantılıdır.

Umut (2019) büyükbaş ve evsel atık ile oluşturduğu vermikompost ortamlarında nem seviyesini 50 ± 5 ortalamalarında tutarak çalışmasını gerçekleştirmiştir.

Çalışmada araştırılan örneklerin nem oranı %71,68 ile %64,71 değerleri arasındadır. Bu bilgiler bize daha önceki çalışmaları incelediğimizde oluşturduğumuz ortamların nem oranlarının istenilen aralıkta olduğunu göstermektedir.

Yaptığımız çalışmayı değerlendirdiğimizde en yüksek nem oranı %71,68 ile yeşil sebze atıklarından oluşan D1 kasasında ölçülmüştür. Başlangıçta D1’de 50 adet olan birey sayısı 6 ayda 1125 bireye ulaşmıştır.



Şekil 4.2. Örneklerde C:N oranı

Yapılan vermikompost analiz sonucuna göre organik karbon ve organik madde oranı şekil 4.2’de gösterildiği gibidir. Organik karbon komposttaki kahverengi maddeler ile sağlanır. Bu kahverengi maddeler bitkinin dal, kuru yaprak ve odun kısımlarıdır. Kompostta ki yeşil

maddelerin azot sağlayıcısı olduğu bilinmektedir. C/N miktarı organik maddenin komposta dönüşmesinde faaliyet gösteren bakteriler için önem taşır. Kompostlamanın başlaması için uygun değer oran, 30/1'dir. Gıda atığında tipik olarak 15/1, meyve atığında 35/1, yapraklarda 60/1, ağaç kabuğunda 100/1 ve talaşta 500/1'dir. Örneğin hacimsel olarak 1 kısım yaprak ve 1 kısım gıda atığı kullanıldığında karışımın C/N oranı 30/1 oranına yakın olacaktır.

Maheswarappa vd. (1999)'e göre vermikompost uygulamaları toprağın organik karbon miktarını artırıcı yönde etki yapmaktadır.

Garg vd. (2006) yaptığı çalışmada tarım atıklarının ortalama 3 kat kadar organik karbon miktarını azalttığını belirtmiştir. Bu durum evsel atıklar için de geçerlidir. Bu çalışma verilen grafiği desteklemektedir. Evsel atıkların olduğu vermikompost örneklerimizde organik C miktarı diğerlerine göre daha düşük çıkmıştır.

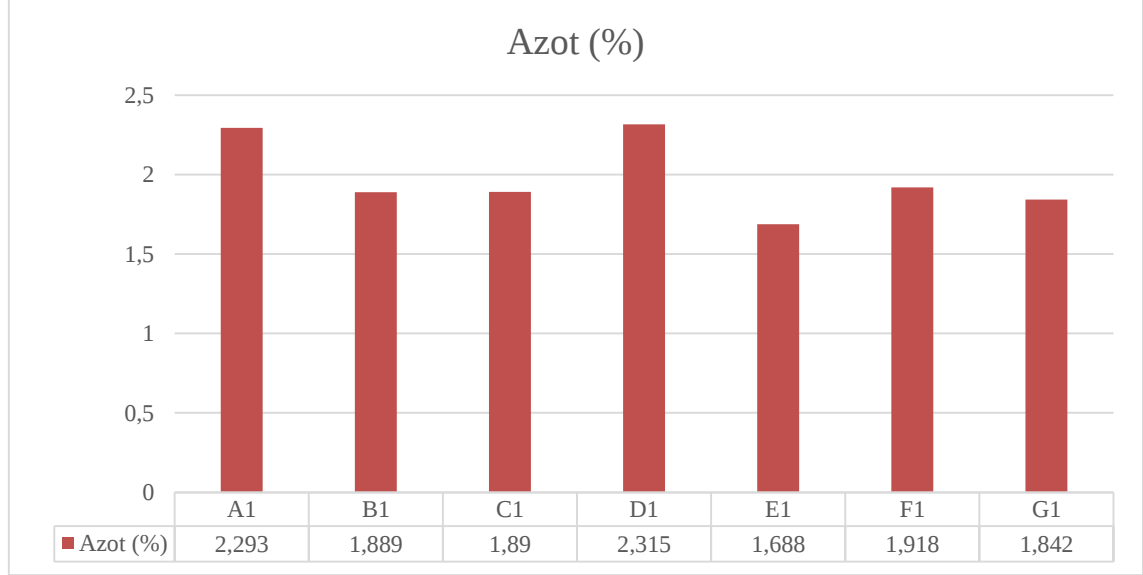
Wang vd. (2013) çalışmasında ise Fe, Zn, Cr gibi inorganik maddelerin artışını organik madde miktarının kaybı sayesinde gerçekleştiğini belirtilmiştir.

Namlı vd. (2014), arıtma çamuru ile hazırladığı vermikompostta, arıtma çamurunun miktarını artırıldıkça organik karbon ve C:N oranının azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.2. Örneklerde C:N oranı

Örnekler	C/N oranı
A1	8,82
B1	9,87
C1	11,15
D1	12,36
E1	11,78
F1	10,90
G1	13,87

Şekil 4.1. ve Tablo 4.2. değerlendirildiğinde C/N en fazla hayvan gübresinin bulunduğu G1 örneğinde hesaplanırken en az C/N oranı ise yumurta kabuğu-çay posasının olduğu A1 örneğinde ölçülmüştür.



Şekil 4.3. Örneklerde N oranı (%)

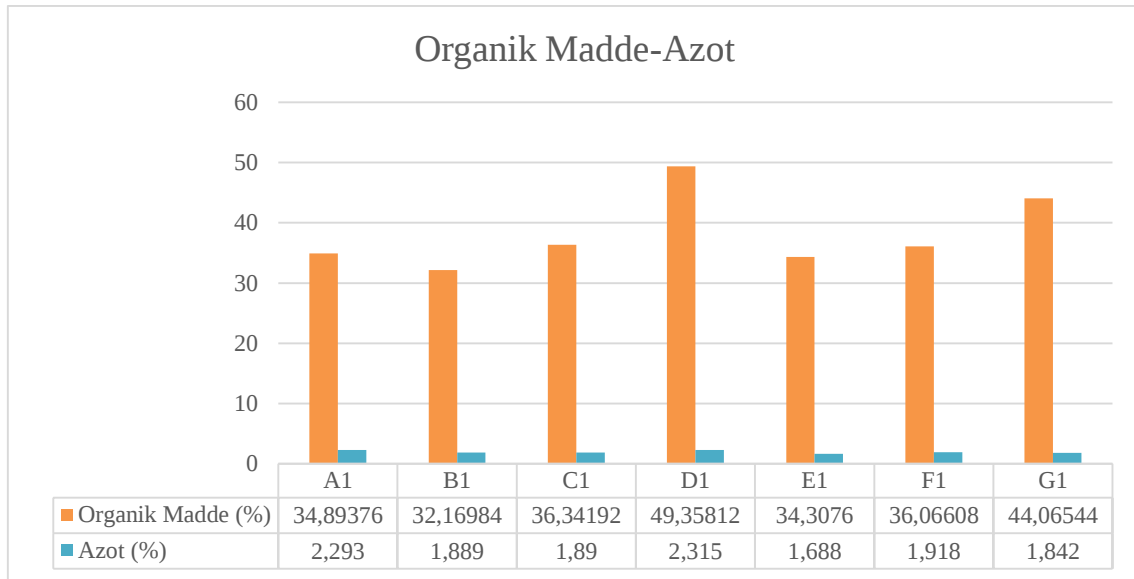
Namlı vd. (2014)'e göre organik madde miktarı ile toplam azot değeri doğru orantılıdır. Yani organik madde artışı azot artışının sebebi olarak belirlenmektedir.

En yüksek N miktarına yeşil sebze atıklarının olduğu vermikompostta rastlanırken en düşük N miktarı kuru yaprak-karton kâğıt olan vermikompostta ölçülmüştür.

Huang vd. (2004) azot miktarının yüksekliğinin amonyum ve nitrat oranına bağlı olarak değişebileceğini belirtmiştir.

Bellitürk vd. (2014), çalışmasında sığır gübresi ile zeytin budama atığından elde ettikleri vermikompostta %1,62 N, Lange (2005), gıda ve bahçe atığı vermikompostunda %1,81 N tespit etmiştir.

A1 ve D1 örneklerinde N oranı literatürden yüksek çıkmıştır. B1, C1, E1 ve F1 vermikompost örneklerimiz literatüre daha yakın değerler olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Örneklerde organik madde – azot ilişkisi

Şekil 4.4’de yeşil sebze atıklarının bulunduğu kompostta organik madde artışına bağlı olarak N miktarı artmasına karşın yumurta kabuğu-çay kompostunda organik madde miktarı hayvan gübresi vermicompostundan az olmasına rağmen N oranları tam tersi şeklinde ölçülmüştür.

Sing vd. (2014), damıtılmış çamur ve sığır gübresi ile yaptığı çalışma sonucunda diğer parametreler artarken K miktarının azaldığını ifade etmiştir.

Hanc ve Vasak (2014) ve Song vd. (2015) vermicompost çalışmalarında K miktarının arttığını belirtmişlerdir.

Agarwal vd. (2010) çalışmasında N, P, K değerlerinin vermicompost kalitesi için önemli olduğunu belirtmiştir.

Aalok vd. (2009) çalışmasında hazırladığı vermicompostlarda büyük baş hayvan gübresinin atığında %0,74 K, kâğıt atıklarda %6,2 K, evsel atıklarda %1,18 K, mutfak atıklarında %0,58 K, tarımsal atıklarda %0,31 K, gıda atıklarında %9,2 K bulunduğunu belirtmiştir.

Hayvan gübresinin bulunduğu G1 örneği 6300 ppb ile en yüksek K oranına sahip olurken, elma-kavun-karpuz atıklarının olduğu C1 örneği 5250 ppb ile en yüksek ikinci

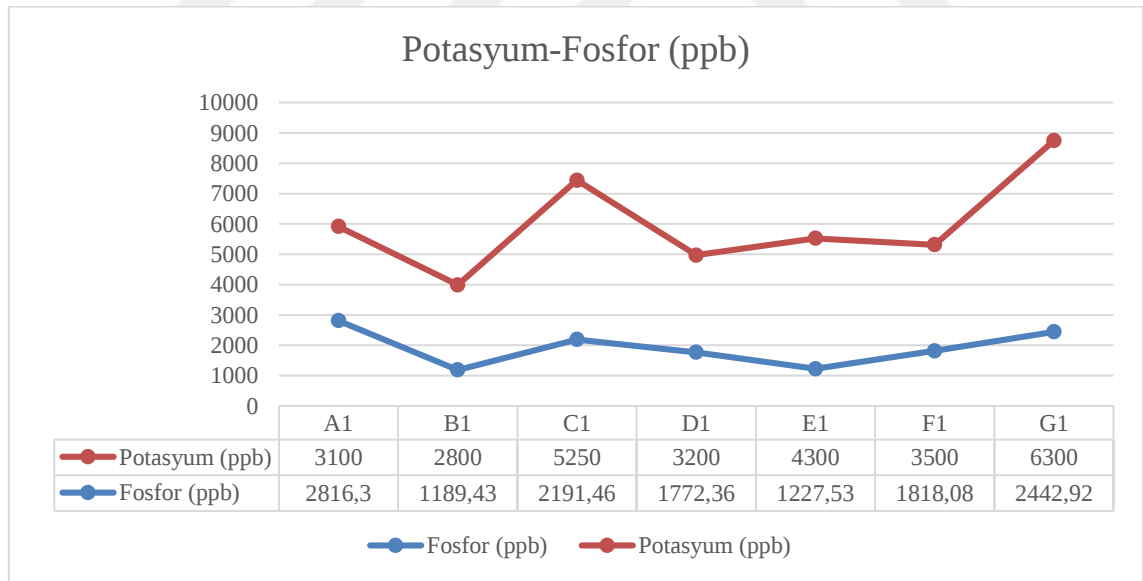
K oranına sahiptir. Evsel atıkların bulunduğu B1 örnekleme 2800 ppb ile en düşük K oranına sahip vermikompost olduğu ölçülmüştür.

Örneklerdeki 1189,43 ppb değerine sahip olarak en düşük P içeriğine sahip vermikompost birey artışının en fazla olduğu B1 örneklemdir. P değeri olarak sondan ikinci değere sahip kuru yaprak-karton kâğıt vermikompostu örneklem arasında birey artışının en az olduğu örneklemdir.

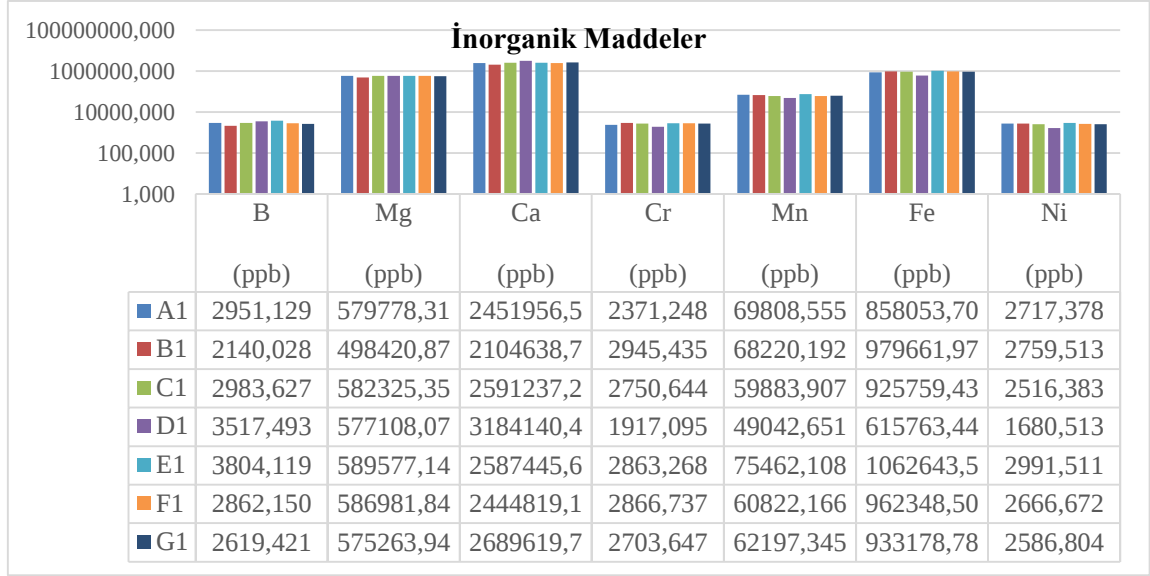
Tatlı meyvelerden oluşan elma-kavun-karpuz atıklarının bulunduğu vermikompost P/birey artışı oranını sağlamıştır.

Literatür incelendiğinde vermikompost ortamlarında P değerinin çalışma sonucunda arttığı görülmektedir.

Şekil 4.5’de vermikompost örneklemde yaptığımız solucan gübresi analiz sonucu ortaya çıkan K/P ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Örneklerde K-P ilişkisi



Şekil 4.6. Örneklerde inorganik maddelerin çizgisel grafik ile gösterimi

İnorganik bileşiklerin bulunma durumları şekil 4.6’de gösterilmiştir. Tüm örneklerde paralel bir şekilde artış ve azalışlar görülmektedir.

Bor minerali bitki büyümesi için gerekli olan iz elementlerden biridir. Elma gibi özellikle tatlı meyvelerde bulunma oranları daha yüksektir (Anderson vd. 1994).

Vermikompost örneklerimizde diğerlerine göre kuru ağaç yaprakları-karton kâğıt bulunan kasada nispeten daha yüksek değerlerde bor miktarı ölçülmüştür. Kasalar arasında çok büyük bir fark olmayıp değerler genellikle birbirine yakındır.

Mg oranı tüm kasalarda birbirine yakın değerlerde ölçülmüştür. Vermikompost çalışması sonucu elde edilen gübre mısır bitkine verildiğinde bitkilerde Mg oranının arttığı belirlenmiştir (Durukan vd. 2020).

Hernandez vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisi üretiminde vermikompost ve kompostun etkilerini araştırması sonucunda, Mg, Fe, Zn ve Cu elementlerinin vermikompost uygulanan marulların yapraklarında en fazla görüldüğü bildirilmiştir.

Azarmi vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, domates bitkisi yetiştirilen topraklarda vermikompost uygulamasının topraktaki etkisini araştırdığı çalışmasında dekara 1,5 ton vermikompost uygulanmasının toprağın fiziksel yapısını olumlu yönde değiştirdiği, N, P, K, Ca, Zn, Mn ve organik karbon miktarlarında artış olduğu belirtilmiştir.

Aktaş (2018) yaptığı çalışmada vermikompost içeriğinde yarayışlı Fe elementinin azalırken, yarayışlı Zn, Mg, Cu değerlerinin arttığını belirtmiştir.

Küresel boyutta günümüz koşullarında organik atıklardan solucan gübresi üretimi hızla artmakta ve yaygınlaşmaktadır (Karabulut vd. 2016). Bunun en büyük sebebi ise kirletici kullanmadan tamamen ekolojik süreç ve doğal artıklarla toprak verimini arttırıcı bir yöntem olması bununla beraber vermikompost kültürünün kolay uygulanabilmesidir (Duran, 2019).

Vermikompost ile elde edilen solucan gübresinin genel özellikleri özetle şu şekilde sıralanabilir; azot fiksasyonu için gerekli olan Rhizobium ve Azotobakter canlılarını bulundurmasının yanı sıra mikoriza mantarları bulundurmaktadır. Granüllü yapısı sebebiyle toprak havalandırılmasını sağlayıp, toprağın su tutma kapasitesini arttırır. Yapısında bulunan yararlı bakteriler sayesinde topraktaki zararlı bakterileri yok ederek bitki gelişimine olumlu katkı sunar. Toprağın pH değerini düzenler. Zararlı kimyasallar içermemesi nedeniyle ekolojik kirlenmeye sebep olmaz.

Yaptığımız çalışma kapsamında belirlediğimiz evsel atıkların, vermikompost üretimi ile beraber solucan üretimi, elde edilen gübrenin içeriği ve gübre içeriği ile birey artışının ilişkisini inceledik.

Belirlediğimiz evsel atıklar günlük yaşantımızda neredeyse her evin mutfağından çıkabilecek besin artıklarıdır.

Bazı parametreler ile ilgili yeterli literatür bulunmadığından detaylı bilgi verilememiştir. Piyasada satılan ticari solucan gübresi içeriğine ve sıvı solucan gübresine değinilmemiştir. Bu çalışma baz alınarak yapılacak çalışmalarda ticari ve sıvı solucan gübreleri ile kompostlama ile elde edilen solucan gübresi içeriklerinin karşılaştırılması yapılabilir.

Çalışma aynı liste ile tekrarlanarak daha anlamlı sonuçlar elde edilebilir. Çalışmamızda istatistiki bir ölçüm yoktur.

Elde edilen gübrelerin farklı bitkilerin gelişimlerine etkilerinin araştırılabilmesi açısından kaynak bir çalışma olup farklı deney ortamlarında tekrarlanabilir özelliktedir.

Çağımızın problemi haline dönüşmüş olan gıda sıkıntısı ve bunun yanında dünya ülkelerinin neredeyse tümünü etkileyen ekolojik kirlenmenin çözümü için değerlendirilebilecek ve yaygınlaştırılabilir çalışmamız bu alanda kurulabilecek tesisler ile ülke ekonomisine fayda sağlamayı amaçlamaktadır.

Geri dönüşüm kültürünün ve organik atık bilincinin kalıcı bir şekilde uygulanabilmesi amacıyla anayasal düzenlemelerin bu kapsamda belediyelere daha büyük sorumluluklar vermesi çalışmamızı üretim anlamında daha önemli kılacaktır.

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.

Adhikary, S. (2012) Vermicompost, the story of organic gold: a review. *Agricultural Sciences*, 3(7), 905-917.

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.

Aktaş, T. (2018). Vermikompostun farklı tekstüre sahip topraklarda bitki gelişimine ve toprakların fiziksel, kimyasal özelliklerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi).

Arancon, N. and Edwards, C. A. (2005). Effects of vermicomposts on plant growth. In International Symposium Workshop on Vermi Technologies for Developing Countries. The Ohio State University, Columbus. USA.

Arıman-Karabulut, H., Kurtoğlu, İ., Yüksek, T. ve Osmanoğlu, M. İ. (2016). Balık Yemlerinde Hayvansal Protein Kaynağı Olarak Solucan Ununun Kullanımı. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*. 1(2), 64-69.

Anderson, D. L., Cunningham, W. C. and Lindstrom, T. R. (1994). Concentrations and intake of H, B, S, K, Na, Cl and Na Cl in foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 7, 59-82.

Ansari, A. A. and Ismail, A. S. (2012). Earthworms and Vermiculture Biotechnology. *Management of Organic Waste*, 87, 87-96.

Akyüz, M. ve Kırbağ, S. (2009). Bazı Tarımsal ve Endüstriyel Atıkların *Pleurotus* spp. Üretiminde Kompost Olarak Değerlendirilmesi. *Ekoloji*, 18(70), 27-31.

Atiyeh, R. A., Dominguez, J., Subler, S. and Edwards, C. A. (2000). Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*, 44(6), 709-724.

Aydın, H. (2006). Toprak Solucanlarının Çevre Toksikolojisi Yönünden Değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 32(3), 75-79.

Azarmi, R., Giglou, M. T. and Talesmikail, R. D. (2008). Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*, 7(14), 2397-2401.

Barley, K. P. (1961). Plant nutrition levels of vermicast. *Advences in Agronomy*, 13, 251.

Banerjee, A., Datta, J. K., Mondal, N. K. and Chanda, T. (2011). Influence of integrated nutrient management on soil properties of old alluvial soil under mustard cropping system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 2473-2492.

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.

Blakemore, R. J., Chang, C., Chuang, S., Ito, M., Jamaes, S. and Chen, J. (2006). Biodiversity of Earthworms in Taiwan: a Species Checklist with the Confirmation and New Records of the Exotic Lumbricids *E. fetida* and *Eiseniella tetraedra*, National Taiwan University 51(3), 226-236.

Boran, D. (2015). Farklı Isıl Teknikleri Uygulanmış Solucan Gübresinin Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi).

Buckerfield, J. C. and Webster, K. A. (1998). Worm worked waste boosts grape yields prospects for vermicompostuse in vineyards. *Australia and New Zealand Wine Industry Journal*, 13, 73-76.

Burns, J. and Sarasota, D. (2007). The miracle of the earthworm Florida Countryside & Small Stock Journal, s.75.

Bouché, M. B. (1977). Stratégies lombriciennes. In Soil Organisms- components of ecosystems (Lohm, U. and Persson, T. Eds). *Biol. Bill. Stockholm*, 25, 122-132.

Bhattacharya, S. S., Iftikar, W., Sahariah, B. and Chattopadhyay, G. N. (2012). Vermicomposting Converts Fly Ash To Enrich Soil Fertility and Sustain Crop Growth in Red and Lateritic Soils. *Resource Conservation Recycling*, 65, 100-106.

Bhat, A. S., Singh, J. and Vig, P. A. (2015). Potential Utilization of Bagasse as Feed Material for Earthworm *Eisenia fetida* and Production of Vermicompost. *Springer Plus*, 4(11), 1-9.

Bryan, H. H. and Lance, C. J. (1991). Compost trialson vegetables and tropical crops. *Biocycle*, 32, 36-37.

Byzov B. A., Nechitaylo T. Yu., 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.

Campbell K. L., McIntyre I. W. and Macarthur R. A. (1999). Fsating metabolism and thermoregulatory competence of the starnosed mole, *Condylura cristata*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 123(3), 293-298.

Cardoso, L, R. (2002). Vermicomposting of Sewage Sludge: A New Technology for Mexico. *Journal of Water Science and Technology*, 46, 153-158.

Chatterjee, R., Bandyopadhyay, S. and Jana, J. C. (2014) Impact of organic amendments and inorganic fertilizers on production potential, nitrogen use efficiency and nitrogen balance in tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). *International Journal of Scientific Research in Knowledge*, 2(5): 233-240.

Chaoui, H. I., Zibilske, L. M. and Ohno, T. (2003). Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 295-302.

Cracas, P. (2004). Vermicomposting Cuban Style. *Worm Digest*, Issue, 25.

Çakır, M., Makineci, E. (2011). Toprak Faunası: Sınıflandırılması Ve Besin Ağındaki Yeri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61(2), 139-152.

Dasa, D., Bhattacharyyab, P., Ghoshc, B. C. and Banika, P. (2016). Bioconversion and Biodynamics of *Eisenia fetida* in Different Organicwastes Through Microbially Enriched Vermiconversion Technologies. *Ecological Engineering*, 86, 154-161.

Demirtaş, E. İ., Arı, N., Arpacıoğlu, A. E., Özkan, C. F. ve Kaya, H. (2005, 3-4 Ekim). Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi, Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı, Eskişehir, 131-138.

Demirtaş, E. İ. (2004). Kentsel Katı Atık Kompostunun Tarımda Kullanımı. *Derim*, 21(2), 27-34.

Diacono, M. and Montemurro, F. (2011) Long-Term Effects of Organic Amendments on Soil Fertility. *Sustainabel Agriculture Volume 2*, 1th edition, Springer Publishers, Netherlands, 716-786.

Lichtfouse, E., Hamelin, M., Navarrete, M. and Debaeke, P. (Eds.). (2011). Sustainable agriculture volume 2(Vol. 2). Springer Science & Business Media.

Dickerson, G. W. (2004). Vermicomposting. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. *The Waste Management*, 30(10), 1834-1840.

Dintcheva, T. and Tringovska, I. (2011, October). Growth response of tomato transplants to different amounts of vermicompost in the potting media. In *V Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes* 960 p. 195-201.

Duran, K. (2019). Kahverengi Deniz Yosunu ve Çiftlik Gübresi Kombinasyonlarının Eisenia Fetida Organik Gübresi Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi).

Durukan, H., Saraç H. ve Demirbaş A. (2020). Farklı Dozlarda Vermikompost Uygulamasının Mısır Bitkisinin Verimine ve Besin Elementleri Alımına Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı*, 45-51.

Domínguez, C. A. M., Sánchez-Hernández, Z. E., Torres-Huerta, A. M., Negrete-Rodríguez M., Conde-Barajas E. and Flores A. (2012). Vela Effect of the Heavy Metals Cu, Ni, Cd and Zn on the Growth and Reproduction of Epigeic Earthworms (*E. fetida*) during the Vermistabilization of Municipal Sewage Sludge. *Water Air Soil Pollut*, 223, 915-931.

Dominguez, J. and Edwards, A. C. (2011). Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. *Vermiculture technology: earthworms, organic waste and environmental management*. CRC Press, Boca Raton, 27-40.

Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Sherman, R. L. (2010). *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes and environmental management*. CRC press, 27-40

Edwards, C. A. and Arancon, N. Q. (2004). The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. *Earthworm ecology*, 2, 345-380.

Edwards, C. A. (2004). *Earthworm Ecology* (second edition). CRC Press, p. 448.

Edwards, C. A. and Bohlen, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3). Springer Science and Business Media.

Edwards, C. A. and Lofty, J. R. (1977). *Biology of Earthworms*, Chapman and Hall. London, UK.

Edwards, C. A. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. Earthworms in waste and environmental management/edited by Clive A. Edwards and Edward F. Neuhauser, 21-31.

Erşahin, Y. (2007). Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 99-107.

Elvira, C., Sampedro, L., Benitez, E. and Nogales, R. (1998). Vermicomposting of Sludges from Paper Mills and Dairy Industries with *Eisenia andrei*. A Pilot Scale Study. *Journal of Bioresource Technology*, 63, 205-211.

Fernandez-Gomez, M. J., Diaz-Ravina, M. and Romero, E. (2013). Recycling Of Environmentally Problematic Plant Wastes Generated From Greenhouse Tomato Crops Through Vermicomposting. *International Journal of Environmental Science And Technology*, 10(4), 697-708.

Garg, P., Gupta, A. and Satya, S. (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource technology*, 97(3), 391-395.

Gallego, A. V. and Wollenhaupt, N. C. (1997). Surface alfalfa residue removal by earthworms *L. terrestris*. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 419-471.

Garg, V. K. and Gupta R. (2011). Effect of Temperature Variations on Vermicomposting of Household Solid Waste and Fecundity of *Eisenia fetida*. *Bioremediation Journal*, 15(3), 165-172.

Gouin, F. R. (1998). Using compost in ornamental horticulture industry. In: Beneficial co-utilization of agricultural municipal and industrial bioproduct. Brown S. Angle J. S., Jacobs L., Kluwer Academic Publishers. Netherlands. p. 131-138.

Hanc, A. and Chadimova, Z. (2014). Nutrient Recovery from Apple Pomace Waste by Vermicomposting Technology. *Bioresource Technology*, 168, 240-244.

Hanc, A. and Vasak, F. (2014). Processing Separated Digestate by Vermicomposting Technology Using Earthworms of The Genus *Eisenia*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12, 1183-1190.

Hartenstein, R. and Mitchell, M. J. (1978). Utilization of earthworms and microorganisms in stabilization, decontamination and detoxification of residual sludges from treatment of wastewater. Final report, Springfield. Virginia, 34.

Hernández, A., Castillo H., Ojeda D., Arras A., López J. and Sánchez E. (2010). Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 583-589.

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.

Hwang, B., Soon, J. and Hwang, I. (2014). Use of Bulking Agent for Efficient Vermicomposting of Swine Manure Bulking Agent. *Korea Journal of Organic Agriculture*, 22(1), 197-208.

Ireland, M. P. (1983). Heavy Metal Uptake and Tissue Distribution in Earthworms. In: Satchell, J. E. (Ed.), *Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture*. Chapman and Hall, London, p. 247-365.

Joanna, K. and Janina, K. (2008). Vermicomposting of Duckweed (*Lemna minor* L.) Biomass by *Eisenia fetida* (Savigny) Earthworm. *Journal of Elementology*, 13(4), 571-579.

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.

Kacar, B. ve Katkat, A. V. (2011). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Akademik, 559, Ankara.

Kale, R. D., Mallesh, B. K. and Bagyarj, D. J. (1992). Influence of vermicompost application on the available macro nutrients and selected microbial population in a paddy field. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, 1317-1320.

Kale, R. D. and Karmegam, N. (2010). The role of earthworms in tropics with emphasis on Indian ecosystems. *Applied and Environmental Soil Science*.

Kashem, M. D. A., Sarker, A., Hossain, I. and Islam, M. D. S. (2015). Comparison of the effect of vermicompost and inorganic fertilizers on vegetative growth and fruit production of tomato (*Solanum Lycopersicum* l.). *Journal of Soil Science*, 5, 53-58.

Kaouachi, A., Ibijbijen, J., Amame, M. and El-Jaafari, S. (2013). Management of Olive Mill Waste Employing Vermicomposting Technology. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(5), 886-890.

Kızılkaya, R. and Türkay, H. Ş. (2014). Vermicomposting of Anaerobically Digested Sewage Sludge with Hazelnut Husk and Cow Manure by Earth Worm *Eisenia fetida*. *Compost Science and Utilization*, 22(2), 68-82.

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.

Li, X., Xing, M., Yang, J. and Huang, Z. (2011). Compositional and Functional Features of Humic Acid-Like Fractions from Vermicomposting of Sewage Sludge and Cow Dung. *Journal of Hazardous Materials*, 185, 740-748.

Ludibeth, M. S., Marina, E. I. and Vicenta, M. E. (2012). Vermicomposting of Sewage Sludge: Earthworm Population and Agronomic Advantages. *Compost Science and Utilization*, 20(1), 11-17.

Lung, A. J., Lin, C. M., Kim, J. M., Marshall, M. R., Nordstedt, R., Thompson, N. P. and Wei, C. I. (2001). Destruction of *Eschericia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* in Cow Manure Composting. *Journal of Food Protection*, 64, 1309-1314.

Lv, B., Xing, M. and Yang, J. (2016). Speciation and Transformation of Heavy Metals During Vermicomposting of Animal Manure. *Bioresource Technology*, 209, 397-401.

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.

Malafaia, G., Estrela, C. da D., Guimaraes, B. T. A., Araujo, de G. F., Leandro, M. W. and Rodrigues, de S. A. (2015). Vermicomposting of Different Types of Tanning Sludge (Liming and Primary) Mixed with Cattle Dung. *Ecological Engineering*, 85, 301-306.

Maleri, R., Reinecke, S. A., Przybylowicz, M. J. and Reinecke1, A. J. (2007). Growth and Reproduction of Earthworms in Ultramafic Soils. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 52, 363-370.

Meyer, W. J. and Bouwman, H. (1997). Anisopary in Compost Earthworm reproductive strategies (Oligocheata). *Soil Biology and Biochemistry*, 29(3-4), 731-735.

McCarthy, J. (2002). Beneficial reuse (of sewage sludge vermicompost) in action. *Water*, 72-76.

Mısırlıoğlu, M., (2011). *Toprak Solucanları, Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri*. 1. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN:978-605-395-447-7, Ankara.

Molina, M. J., Soriano, M. D., Ingelmo, F. and Llinares, J. (2013). Stabilisation of Sewage Sludge and Vinasse Bio-Wastes by Vermicomposting with Rabbit Manure Using *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*, 137, 88-97.

Namlı, A., Akça, O., Perçimli, C., Beşe, S., Gür, Ş., Arıkan, H., ve Demirtaş, Ö. (2014). Evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1), 46-56.

Neuhauser, E. F., Loehr, R. C and Malecki, M. R. (1988). The Potential of Earthworms for Managing Sewage Sludge. In *earthworms and Waste Management*, Edwards, C. A. and Neuhauser, E. F. (Ed.), 1th edition, ISBN: 978-161-12-2136-7, SPB Academic Publishing, Netherlands, 9-20.

Pedersen, J.C., Hendriksen, N.B. (1993). Effect of passage through the intestinal tract of detritivore earthworms (*Lumbricus* spp.) on the number of selected Gram-negative and total bacteria. *Biol Fertil Soils*, 16, 227-232.

Pierre, V., Phillip, R., Margnerite, L. and Pierrette, C. (1982). Anti-Bacterial Activity of The Hemolytic System from The Earthworms *Eisania fetida andrei*. *Invertebrate Pathology*, 40, 21-27.

Prabha, M. L., Jayaraaj, I. A. and Rao, S. (2007). Comparative studies on the digestive enzymes in the gut of earthworms, *E. eugeniae*, *E. fetida*. *Indian Journal of Biotechnology*, 6, 567-569.

Ramana, S., Biswas, A. K., Singh, A. B. and Yadava, R. B. R. (2001). Relative Efficacy of Different Distillery Effluents on Growth, Nitrogen, Fixation and Yield of Groundnut. *Bioresource Technology*, 81, 117-121.

Rajiv, K., S., Herat, S., Bharambe, G. and Brahambhatt, A. (2009). Vermistabilization of Sewage Sludge (Bioslids) by Earthworms: Converting a Potentia Biohazard Destined for Landfill Disposal into a Pathogen-Free. Nutritive and Safe Biofertilizer For Farms.

Rajiv, K. S., Sunita, A., Krunal, C. and Dalsukh, V. (2010). The Wonders of Earthworms and Its Vermicompost in Farm Production: Charles Darwin's 'Friends of Farmers', with Potential to Replace Destructive Chemical Fertilizers from Agriculture. *Agricultural Sciences*, 1(2), 76-94

Rogelio, N., Manuel, S. and Emilio, B. (2008). Recycling of Wet Olive Cake "Alperujo" Through Treatment with Fungi and Subsequent Vermicomposting. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(11A), 1822-1827.

Savard, K., Berthelot, Y., Auroy, A., Spear, A., Trottier, B. and Robidoux Y. P. (2007). Effects of HMX-Lead Mixtures on Reproduction of the Earthworm *Eisenia andrei*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 53, 351-358.

Saxena, M., Chauhan, A. and Pappu, A. (1998). Fly Ash Vermicomposting from Non-Ecofriendly Organic Wastes. *Pollution Research*, 17, 5-11.

Singleton, D. R., Hendrix, B. F., Coleman, D. C. and Whitemann, W. B. (2003). Identification of Uncultured Bacteria Tightly Associated with The Intestine of The Earthworms *Lumbricus rubellus*. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 1547-1555.

Sinha, R. K., Bharambe, G. and Ryan, D. (2008). Converting Wasteland into Wonderland by Earthworms—A Low-Cost Nature's Technology for Soil Remediation: A Case Study of Vermiremediation of PAHs Contaminated Soil. *The Environmentalist, Springer*, 28(4), 466-475.

Singh, J., Kaur, A. and Vig, P. A. (2014). Bioremediation of Distillery Sludge into Soil-Enriching Material Through Vermicomposting with The Help of *Eisenia fetida*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174(4), 1403-1419.

Song, X., Liu, M., Wu, D., Qi, L., Ye, C. and Jiao, J. (2014). Heavy Metal and Nutrient Changes During Vermicomposting Animal Manure Spiked with Mushroom Residues. *Waste Management*, 34, 1977-1983.

Soobhany, N., Mohee, R. and Garg, V. K. (2015). Recovery of nutrient from Municipal Solid Waste by composting and vermicomposting using earthworm *Eudrilus eugeniae*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(4), 2931-2942.

Su, Z. J. and Liu, Q. J. (1993). Studies on high-yielding feed factors of earthworm culture. *J. Laiyang Agri. College*, 10(2), 153-156.

Surendra, S., Kapil, K. and Pravin, M. K. (2015). Nutrient Recovery From Compostable Fractions Of Municipal Solid Wastes Using Vermitechnology. *Journal Of Material Cycles and Waste Management*, 17(1), 174-184.

Tips, C. (2004). Using The Earthworm and Pig, 67, 1.

Tomati, U. and Gali, E. (1995). Earthworms, soil fertility and plant productivity. *Acta Zoologica Fennica*, 196, 11-14.

Tomlin, A. D. (2005). Earthworm Biology. Pest Management Research Center. <http://ipm.montana.edu/YardGarden/docs/earthwormbiology.insect.htm> (17.08.2022).

Tutar, U. (2012). *Eisenia fetida* Türü Toprak Solucanlarından Elde Edilen Farklı Ekstraktların Bitki Patojenleri Üzerindeki Antibakteriyel ve Antifungal Aktivitelerinin Araştırılması (Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi).

United Nations-UN. (2015b). World Population Prospects: The 2015 Revision, Data Booklet, ST/ESA/SER.A/377.

Vanlı, H. and Bedük, S. (2013, 3-4 Mayıs). Sürdürülebilir Ticaret; İklim Değişikliği ve Vermikültür Sistem ile Organik Gübre Elde Edilmesi. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Rize, 114-124.

Zhağ L., Lğu, H., Zhang, J., Huang, J. and Wang, B. (2011). Long-Term Application of Organic Manure and Mineral Fertilizer on N₂O and CO₂ Emissions in a Red Soil from Cultivated Maize-Wheat Rotation in China. *Agricultural Science in China*, 11, 1748-1757.

Zhang, L., Lv, B., Xing, M. and Yang, J. (2015). Tracking The Composition and Transformation of Humic and Fulvic Acids During Vermicomposting of Sewage Sludge by Elemental Analysis and Fluorescence Excitation–Emission Matrix. *Waste Management*, 39, 111-118.

Xing, M., Lv, B., Zhao, C. and Yang, J. (2015). Towards Understanding The Effects of Additives on The Vermicomposting of Sewage Sludge. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 4644-4653

Xu, Z. (1986). *Structure and function of the earthworm*. Beijing, Science Press.

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.

URL 1 <https://www.dunyaenerji.org.tr/bp-2020-dunya-enerji-raporu-ozeti/> (05.20.2022)

URL2

<https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%C4%B1%20Kurulu%C5%9Flar/G%C4%B1dan%C4%B1%20Koru%20Kompost.pdf> (29.09.2022)

WWF. (2012). *Türkiye'nin ekolojik ayak izi raporu 2012*, s.6.