



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eisenia fetida (Savigny, 1826)
(Annelida: Oligochaeta)'nın
Vermikompostlama İşleminde Besin İçeriği
Zengin Alternatif Organik Hammadde
(*Spirulina sp.*) Kullanılmasının
Araştırılması

AYCAN RÜYA

Tez Danışmanı: Prof. Dr. SERAY YILDIZ

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Sunum Tarihi: 08.02.2024

Bornova İZMİR

2024

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Eisenia fetida (Savigny, 1826) (Annelida:
Oligochaeta)'nın Vermikompostlama
İşleminde Besin İçeriği Zengin Alternatif
Organik Hammadde (*Spirulina sp.*)
Kullanılmasının Araştırılması

Aycan RÜYA

Danışman: Prof. Dr. Seray YILDIZ

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Su Ürünleri Temel Bilimler Yüksek Lisans Programı

Bornova İZMİR

2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Aycan Rüya tarafından sunulan Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “*Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Oligochaeta)’nın Vermikompostlama işleminde Besin içeriği Zengin alternatif organik hammadde (*Spirulina* sp.) kullanılmasının araştırılması” başlıklı bu çalışma Ege Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönerge ’sinin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 08.02.2024 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı :
Raportör Üye:
Üye :

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi olarak sunduğum “*Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Oligochaeta)’nın Vermikompostlama İşleminde Besin İçeriği Zengin Alternatif Organik Hammadde (*Spirulina* sp.) Kullanılmasının Araştırılması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

08 / 02 / 2024

Aycan Rüya

ÖZET

***Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Oligochaeta)’nın Vermikompostlama İşleminde Besin İçeriği Zengin Alternatif Organik Hammadde (*Spirulina* sp.) Kullanılmasının Araştırılması**

RÜYA, Aycan

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Seray YILDIZ

Şubat 2024, 70 sayfa

Bu tezde *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Oligochaeta)’nın vermikompostlama işleminde besin içeriği zengin alternatif organik hammadde (*Spirulina* sp.) ile beslenmesinin araştırılması incelenmiştir.

Dünyada zirai üretimde organik üretim şekillerini özendiren, sürdürülebilirlik terimine dikkat çeken görüşler çoğalmıştır. Yarı sucul toprak solucanları, organik atıkları kısa bir vakitte yüksek kaliteli değerli bir ürün haline getirirler. Vermikültür diye adlandırılan yeni bir tarımsal üretim sektörü Avrupa ülkeleri, Hindistan ve Amerika’da benimsenmiştir. Çevreye zararlı olarak tanımlanan organik atıkları ve organik temelli çöpleri (artıkları) vermikültür teknolojilerinden biri olan vermikompost (solucanlı kompost) ile işlenerek kazanç ve gıda değeri fazla olan organik temelli gübre elde edilir.

Ülkemizde alg kaynaklı gübre üretim tesisi bulunmamaktadır. Alg kaynaklı gübreler çoğunlukla yurt dışından ithal edilmektedir. Bu da maliyeti arttırmakta ve döviz bağımlılığı gündeme getirmektedir. Bu tezde **sürdürülebilir organik kaynak** olarak doğal alg *Spirulina* (Cyanobacteri) spp.’nin gübre üretiminde toprak solucanının ana besini olarak kullanımı sonucunda elde edilecek farklılıkların ve yararların tespiti amaçlanmıştır.

Anahtar sözcükler: *Eisenia fetida*, Vermikompost, *Spirulina*, Sürdürülebilirlik.

ABSTRACT

Investigation of the Use of Alternative Nutrient-Rich Organic Raw Material (*Spirulina spp.*) in Vermicomposting Process of *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Oligochaeta).

RÜYA, Aycan

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Seray YILDIZ

Şubat 2024, 70 sayfa

In this thesis, the research of feeding *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Oligochaeta) with nutrient-rich alternative organic raw material (*Spirulina sp.*) in vermicomposting process was investigated.

Encouraging organic production methods in agricultural production in the world. Opinions drawing attention to the term sustainability have increased. Semi-aquatic earthworms turn organic waste into a high-quality valuable product in a short time. A new agricultural production sector called vermiculture has been adopted in European countries India, and America. Organic wastes and organic-based garbage (residues), which are defined as harmful to the environment, are processed with vermicompost (worm compost), one of the vermiculture technologies, to obtain-based fertilizer with high profit and food value.

There is no algae-based fertilizer production facility in our country. Algae-derived fertilizers are mostly imported from abroad. This increases the cost and raises the foreign exchange dependency. In this thesis, it is aimed to determine the differences and benefits that will be obtained because of using the natural algae *Spirulina (Cyanobacteri) spp.*, as a sustainable organic resource, as the main food of earthworms in fertilizer production.

Key words: *Eisenia fetida*, Vermicompost, *Spirulina*, Sustainability.

ÖNSÖZ

Çalışmamız Prof. Dr. Seray YILDIZ önderliğinde VERMİCULTURE – I Proje kodlu, Sanayi ile ortak yürütülen Ege Teknopark Ar-Ge projesinin bir parçasıdır. Proje, Türkiye’de bu konuda bir ilk olma hazırlığındadır. Kırmızı Kaliforniya Solucanı *Eisenia fetida*’nın *Spirulina* kaynaklı olarak beslenmesi sonucunda elde edilen vermikompost son derece verimli ve doğayla dosttur. Verimliliğinin yüksek oluşu tarım ürünlerinin yetiştirilmesi, ekili dönem içinde birden fazla ürün alımı ve yüksek kalitede ürün artışı açısından yetiştiricilere maksimum derecede fayda sağlar.

Tezimde *Spirulina* temini sağlayan ve üretim tekniğini bana öğreten, Su Ürünleri Mühendisliği Yetiştiricilik Bölümü Öğretim üyelerinden, Dr. Öğr. Üyesi Ediz KORU’ya ve yine alg kaynaklı beslendikten sonra solucan gübrelerinin analizlerini yapan ve bize kıymetli yorumlarını sunan Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Bülent YAĞMUR’a teşekkür ederim. Tezin yapılmasında finansal açıdan tüm ihtiyaçların karşılandığı ZooToprak Organik Gübre Tarım Hayvancılık ve Enerji Üretim Danışmanlık Sanayi Ticaret Limited Şirketi firma sahibi Sayın Ahmet YILDIZ’a ve her koşulda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bilimi sevdiren ve bilim önderim olan Sevgili Danışman hocam;

Sayın Prof. Dr. Seray YILDIZ’a sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	3
1.2 Vermikültür ve Vermikompostlama.....	7
1.3 Vermikültür ve Vermikompost Tanımı.....	8
1.4 Vermikültür ve Vermikompost Faydaları.....	10
1.4.1 Ekolojik Faydalar.....	10
1.4.2 Ekonomik Faydalar.....	11
1.4.3 Ziraî Faydalar.....	11
2.VERMİKOMPOST ÜRETİMİNDE KULLANILAN SOLUCAN TÜRLERİ..	12

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.1 Neden Ticari Amaçla <i>Eisenia fetida</i> Kullanılır?.....	13
3. SOLUCANLARIN BESLENMESİ.....	14
3.1 Farklı Tip Besinle Beslenmenin <i>Eisenia fetida</i> 'ya Etkisi.....	15
3.2 <i>S. platensis</i> 'ın İnsan Gıdası ve Hayvan Yemi Olarak Kullanımı.....	16
3.2.1 <i>Spirulina Platensis</i>	19
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
4. 1. <i>E. fetida</i> Temini ve Üretim Hazırlığı.....	20
4. 2. Mamanın Hazırlanışı.....	21
4. 3 <i>Spirulina platensis</i> Temini ve Üretimi.....	22
4.4 Yöntem.....	24
4.4.1. <i>Spirulina platensis</i> Üretimi Yapılacak Ortamın Hazırlanması.....	24
4.4.2 Vermikültür Deneyi.....	26
4.4.3 Solucan Gübresi (Vermikompost) Analizleri.....	30
5. BULGULAR.....	31
5.1 Vermikültür Denemeleri.....	31
5.2 Vermikompost Analizleri.....	33

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....42

KAYNAKLAR DİZİNİ.....48



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1a <i>Eisenia fetida</i>	13
1b. <i>Eisenia fetida</i> (Toplu Halde).....	13
2. Mikroalg <i>Spirulina Platensis</i> Mikroskopik Görünümü.....	17
3. <i>Spirulina</i> Üretim Havuzları.....	19
4. <i>Spirulina Platensis</i> (Spiral Form).....	20
5. Temin Edilen <i>Eisenia fetida</i> Stoğu	20
6. Yerden Yükseltilmiş Hareketli-Besleme Kapaklı Yataklar Solucan Kutuları....	21
7 . Mama Yapılışı.....	22
8. Fermente Olmuş Mama (Taze Meyve-Sebze İlave Edilip 15 gün sonunda).....	22
9a. <i>S. platensis</i> Üretimi.....	24
9b. <i>S. platensis</i> Üretimi	25
10. 200 L’lik Akvaryumlarda <i>Spirulina platensis</i> Üretimi.....	25
11. Karton Yerleştirilmiş Solucan Kutuları.....	26
12. Solucan Yerleştirilmiş Kutu.....	26
13. Deney Düzenegi.....	27
14. Ölçümler.....	29

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
15. Analiz Sonucu pH (1/10 Seyreltme).....	39
16. Analiz sonucu Elektriksel İletkenlik (mS/cm).....	39
17. Analiz Sonucu Toplam Tuz (%).....	40
18. Analiz sonucu pH (1/10 Seyreltme) ve Nemlilik (%).....	41
19. Analiz Sonucu Organik Madde ve Organik Karbon.....	41
20. Analiz Sonucu Karbon/Azot Oranı.....	42

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Zarrouk Besin Ortamı.....	23
1.2 Zarrouk Besin Ortamı	23
1.3 Mikro Element Solüsyonu (İz Elementler).....	24
2. En Son Besleme Şekline Göre Elde Edilen Gübre Grupları.....	30
3. Gübrelere Uygulanan Analizler.....	31
4. Yeşil 1 Kontrol Grubu Analizleri.....	33
5. Yeşil 2-3 Besleme Grubu Analizleri.....	34
6. Yeşil 4 Besleme Grubu Analizleri.....	35
7. Gri 1-2 Besleme Grubu Analizleri.....	36
8. Gri 3-4 Besleme Grubu Analizleri.....	37
9. Tablo Analiz Sonuçları.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
ODS	Hücre Yoğunluğu
EC	Elektriksel Kondüktivite
Top.	Toplam

Kısaltmalar

Eisfet	<i>Eisenia fetida</i>
Spl	<i>Spirulina platensis</i>
K1	Kısım 1
K2	Kısım 2

1. GİRİŞ

Son yıllarda artan doğa kirliliği ve ardından gelen çevrenin korunması fikri, bitkisel üretimde yeni yaklaşımların faaliyete geçmesine neden olmaktadır. Yeşil devrim (1960) hareketiyle birlikte gıdaya ihtiyaç artmıştır. Bunu karşılamak için toprak başta olmak üzere doğal kaynaklara karşı aşırı bir yönelim olmuştur. Bu yönelim günümüzde ciddi sağlık ve çevre problemlerini beraberinde getirmiştir. Son yıllarda sağlıklı üretim, gıda ve toplum felsefesi ağırlık kazanmıştır. Beraberinde doğa ile dost üretim teknikleri ve bu teknikle üretilen ürünlere karşı talep artmıştır. Bu durum üreticileri üretimde yeni yönelimlere yöneltmiştir. Son yıllarda yeni yönelimlerden olan **Vermikompost (solucan gübresi)** üretim şekli günümüzde bitkisel üretimde kullanılmaya başlanmıştır (Eşiyok ve Yağmur, 2012).

Tarım arazilerinin azalması ve dünya nüfusunun hızla artmasına karşılık daha fazla ürün elde etmek için yüksek miktarlarda ticari gübre ve ilaç kullanımı artmıştır. Son yıllarda kullanılan bu maddelerin bitkisel üretimin gerçekleştirildiği topraklarda çevre kirliliğine neden olmuştur. Buna paralel olarak üretilen gıda ürünlerinde insan sağlığına zararlı maddelerin olduğu gözlenmiş ve sonuçta kalitesiz, dayanıksız ürünler üretilmiştir. Artan bilinçsiz kimyasal gübre kullanımı beraberinde kimi olumsuzluklar da getirmiştir. Toprak yapısının bozulması, toprak tuzluluğu, bazı elementlerin toprakta birikmesi ve birikim sonucunda diğer besin maddelerin olumsuz etkilenmesi, kimyasal gübrelerin su kaynakları ve toprak üzerine kirletici etkilerinin fazla olması temel olumsuz etkilerdir. Bu etkiler üreticileri alternatif gübrelere yönlendirmiştir. Böylelikle geçmişte uygulanan çiftlik hayvanı gübresi ile gübreleme sistemi tekrar gündeme gelmiştir. Doğal organik gübreler, bitkilerin ihtiyacı olan besin elementlerini karşılar ve toprakta azalan organik madde miktarını artırırlar. Toprakta, organik maddenin sürdürülebilir tarım için önemli değeri vardır (Taban ve Turan, 2012).

Ülkemizde birçok türün yetiştiriciliği monokültür tarımı şeklinde devam ederken bu durum toprak yapısının olumsuz yönde etkilenmesine ve topraktaki besin maddelerinin tek yönlü tüketilmesine neden olmuştur. Organik madde yönünden fakir konumda bulunan tarım topraklarının yapısının bozulması daha yüksek miktarda bitki besin maddelerinin kullanımına neden olmakta ve bu durum

tarım alanlarının sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemizde toprakların yaklaşık % 65-70'inin az veya çok az organik madde içerir. Toprakta organik madde azlığı toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini olumsuz etkiler (Demirtaş vd., 2005). Özellikle tarım alanlarının toprak yapısının korunması ve iyileştirilmesi amacıyla uygulanan tarım sistemlerinin yetersizliği ve bitki besleme amacıyla kullanılan girdi miktarının fazla olması, düzenli olarak toprağa kazandırılmayan organik (kompost, çiftlik gübresi vb.) maddeler, bitki yetiştiriciliğinde çözüm bekleyen sorunların başında gelmektedir.

Toprak verimliliğinin bozulması ve toprakta mineral ve organik madde kayıplarının artması; çevre kirliliği, erozyon, tuzlanma ve gibi istenmeyen sonuçların ortaya çıkması kimyasal gübre kullanımı sonucu olmuştur (Garg et al., 2006). “Solucan gübresi (Vermikompost)” organik atıkların toprak solucanları tarafından sindirilip özümsemesiyle elde edilen kömür benzeri bir maddedir (Kale, 2000). N, P, K ve Ca gibi elementler, bitki gelişimi için önemlidir ve organik atıkların içerisinde bulunur. Bu elementlerin toprak solucanlarının sindirim faaliyetleri sonucunda elde edilen gübresinde bitkiler için yararlı, kullanılabilir ve çözünür bir forma dönüşürler (Ndegwa and Thompson, 2001). Bitki, büyümesi ve gelişimi için solucan gübresinin bazı biyolojik aktif maddeler içerdiği belirtilmiştir (Tomati et al., 1987). Solucanlar tarafından hayvan dışkısının işlenmesi sonucunda gübrenin değeri önemli ölçüde artmıştır (Garg et al., 2006). Bunun sonucunda solucan gübresi bitkisel üretim yapan çiftçiler arasında aranan bir ürün haline gelmiş ve gübre üretimi alanında önemli bir pazar elde edilmiştir.

Aristoteles solucanlara “yeryüzünün bağırsakları” diye hitap etmiş ve dünyada var olan diğer canlılardan daha fazla önemli etkisi olduğunu beyan etmiştir. Organik maddelerin solucanlar yardımıyla humusa benzeyen organik toprağa çevrilmesine vermikompost denir. Solucanlar, toprakta hayatını devam ettiren tüm canlıların önemli bölümünü meydana getirir ve bulundukları ortamda yaptıkları faaliyetler ile yararlı mikroorganizma sayısı ve türünü artırırlar onlar ekosistemin mühendisleridir (Hepşen-Türkay, 2010).

Vermikompostlama; solucan ve mikroorganizma etkileşimi ile organik maddelerin fazla sıcaklık olmadan biyolojik faaliyetlerle parçalanması ve toksik

etkinin giderilmesidir. Bu işlemin sonucunda ince yapılı, siyaha yakın renkte, fazla gözenekli, su tutma kapasitesi yüksek ve mikrobiyal etkinliğe sahip madde meydana gelir. Darwin solucanların topraktaki organik maddeleri ayrıştırmasından ilk olarak bahsetmiştir. Araştırmalar, vermikompost ile tüm besinlerin uygun bir şekilde elde edildiği ve bitkiler tarafından fazlaca alındığını göstermektedir (Hepşen-Türkay, 2010; Parveresh et al., 2004).

Biyolojik gübre tanımlamasına girmese de son dönemde agroekolojistlerin sıkça gündeme getirdikleri “Solucan Gübresi” kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı; **alg ile zenginleştirilmiş vermikompostlama (solucan monokültürü) faaliyetinin sonuçlarını bilime kazandırmaktır.** Alg kaynaklı gübreler çoğunlukla yurt dışından ithal edilmektedir. Bu da maliyeti arttırmakta ve döviz bağımlılığı gündeme getirmektedir. Tezimizde sürdürülebilir organik kaynak olarak doğal alg *Spirulina* (Cyanobacteri) spp.’nin gübre üretiminde toprak solucanının ana besini olarak kullanımı sonucunda elde edilecek farklılıkların ve yararların tespitini amaçladık. Bu amaç doğrultusunda; Ege Bölgesi (İzmir) iklim şartlarında yarı sucul toprak solucanı (*Eisenia fetida*) biyo-kütle yetiştiriciliği ve alglerle besin kalitesinin artırılması üretim sürecinin basamaklarını belirlenmesi hedeflenmiştir. Konvansiyonel üretimden farklı olarak alg katkılı üretimin yapılması ve bu üretimden elde edilecek gübrenin besinsel özelliklerinin tespitinin yapılması açısından bu alanda yapılan ilk çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu tezin konusu Ege Üniversitesi Öncelikli Alanlar Listesi’nde yer alan; Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Teknolojileri Bölümü ile Organik Tarım ve Yetiştiricilik Bölümü ile ilişkilidir.

1.1 Literatür Özeti

Dünyada ve ülkemizde bu solucan türü (*Eisenia fetida*) ile ilgili gerek akademik çalışmalar gerekse ticari olarak üretim yapılmaktadır. Ülkemizde *Eisenia fetida* ile yapılan tez çalışmaları ve bazı akademik çalışmalara değinecek olursak;

Şimşek-Erşahin (2007), çalışmasında vermikompostu uygulayan işletmelerin

geleneksel tarımdan organik tarıma geçerken meydana gelen ürün kaybının giderilebilir olduğunu bildirmiştir.

Vermikompost yöntemleri, insan ve hayvanlarda gıda güvenliğini sağlayan çevre sağlığını önemseyen ve ekonomik değeri yüksek olan sürdürülebilir tarımsal üretim şeklini ifade etmiştir.

Tutar (2012), *E. fetida* türündeki solucanlardan elde ettiği farklı özlerin bitki patojenleri üzerinde bakteri ve mantar üremesini engelleyen çalışma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen numunelerin antimikrobiyal etkileri incelenmiştir.

Kumlu vd. (2016), çalışmalarında Kırmızı Solucan *E. fetida*'nın su ürünleri yetiştiriciliği için diyet kaynağı olma potansiyelini geliştirmek için DHA ile zenginleştirilmesi adlı çalışması sonucunda LC-PUFA ve özellikle DHA içeriklerinin, kontrol gruplarındakinden çok daha yüksek seviyelere kadar zenginleştirilebileceğini göstermiştir.

Beksarı (2017), çalışmasında *E. fetida*'nın yüksek oranda doymamış yağ asitleri (HUFA) ile zenginleştirilmesi ve bunu karides de *Penaeus vannamei* besin olarak kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda karides beslenmesinde balık unu yerine solucan unu kullanılmasının yapılabileceğini belirtmiştir.

Menteş (2018), çalışmasında *E. fetida*'nın mikro plastik absorpsiyonu ve gelişme değerlerine etkisini araştırmıştır. Bulunan sonuca göre mikro plastikler istemeden de olsa canlı vücuduna girebilmektedir.

Bayraktar (2019), çalışmasında *E. fetida*'dan elde edilen solucan ununun Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin beslenmesinde protein kaynağı olarak kullanmasını araştırmıştır. Araştırma sonucunda yavru gökkuşluğu alabalıklarının yemlerine % 30 oranında solucan unu ilave edilmesinin balığın büyüme oranını arttıracaklarını belirtmiştir.

Mohammed (2018), çalışmasında *E. fetida* kullanılarak âtil halde CCA (Bakır-Krom-Arsenik) ile emprenyeli sarıçam (*Pinus sylvestris*) tel direklerinde

bakır, krom ve arseniğin odundan uzaklaştırılmasına çalışılmıştır. Emprenye'nin anlamı çeşitli kimyasal maddeleri ahşabın bünyesine farklı yöntemlerle emdirmeye işlemidir. Araştırma sonucunda solucan dokularında en fazla biriken ağır metal arsenik ve onu takiben krom ve bakır olmuştur.

Rüya (2018), yapmış olduğu lisans tezinde, vermikültür, vermikompost, kullanılan solucan türleri, solucan gübresi elde etme teknikleri, Türkiye ve Dünya'da vermikültüre bakış açısı konularında incelemelere ilişkin bilgiler vermiştir.

Ceritoğlu vd. (2019), yaptıkları çalışmada, artan dünya nüfusuna paralel olarak besin ihtiyacının da artacağı bilinen bir gerçek olduğunu "Vermikompost Üretim Tekniği ve Üretimde Kullanılan Materyaller" adlı çalışmasında belirtmiştir. Bundan dolayı yeryüzündeki canlıların beslenmesi açısından sürdürülebilir tarım sistemleri doğru ve modern tekniklerle uygulanması çok önemlidir.

Duran (2019), *E. fetida*'nın kahverengi deniz yosunu (*Cystoseira barbata*) ve sığır gübresi kullanarak beslenmesi ile ilgili çalışma yapmıştır. Sonuçta elde edilen veriler ışığında organik karbon, organik madde, kireç, P, N ve K gibi bitki besleyici maddelerin arttığını ve yosun miktarı arttıkça Zn, Mn, Pb, Cr, Cu, Fe, Mg ve Ni metal seviyelerinin düştüğü görülmüştür. Sahillerimizde yetişen kahverengi deniz yosunu *Cystoseira barbata*'nın solucan beslenmesinde yer alabileceğini belirtmiştir.

Karakaş (2019), çalışmasında *E. fetida*'nın sölom sıvısının patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal faaliyetinin araştırılması sonucunda insanda hastalığa neden olan (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*) patojen bakteri suşlarının hücreleri birbirine ve yüzeye yapışma kapasitelerinin azaldığını gözlemiştir.

Şen (2019), vermikompost üretimi üzerine yapılan araştırmasında solucanın etkin kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Vermikompost üretimi sayesinde; ekonomik değeri yüksek ürün elde edilir. Tarımsal verimliliğin artırılması, toprak örtüsünün canlandırılması, zamansal olarak üretimin planlanabilmesi, ekonomik

değeri yüksek ürün elde edilmesi ve bu konuda bilgi sahibi birey yetiştirmek için faydalıdır.

Şenkaya (2020), araştırmasında solucanların atık su arıtma çamurları ile kompostlanarak bünyelerindeki ağır metalin giderilmesine çalışılmıştır. Solucanların bünyelerine bazı ağır metaller (Ni ,Cu, Pb, Zn ve Cr) alımında miktar ve zamana bağlı olarak artış olduğu görülmüştür.

Erdoğan (2020), çalışmasında Börülce (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Mısır (*Zea mays* L), ve *E. fetida* türlerinin elektromanyetik alana tepkilerini incelemiştir. Elektromanyetik alana maruz kalan solucanların canlılık yüzdesi etkili olmamış fakat ortalama ağırlık ve boy değerleri kontrol grubuna göre daha fazla artış gösterdiğini belirtmiştir.

Erdoğan (2020), kimyasal gübre kullanılan topraklarda *E. fetida türünün* etkisini araştırmıştır. Toprak solucanlarının toprağın organik madde içeriğini artırdığını, ve böylece iyileşen toprak yapısında gelişiminin daha çok olduğu görülmüştür..

Sütlüoğlu (2021), çalışmasında içme suyunda kullanılan dezenfektanların toprak solucanı (*E. fetida*) ve Arpa (*Hordeum vulgare* L.) üzerindeki sitotoksit, genotoksit etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak kullanma ve içme sularında hangi dozların dezenfeksiyon için kullanılacağı belirtilmiştir.

Boğatemür (2022), çalışmasında *E. fetida'nın* Vermikompostlama işleminde farklı evsel atıklar kullanılması sebebiyle vermikompost niteliğine ve üreme yoğunluğuna etkisini incelemiş ve analiz sonucunda evsel atık ve hayvan gübresinin solucanın yaşamını devam ettirebilmesi ve üremesi açısından uygunluk göstermesi ile gübrenin içeriğini önemli ölçüde pozitif yönde değiştirdiği tespit edilmiştir.

Kocakurt (2022), Kırmızı Toprak Solucanından elde edilen sölom sıvısının özelliklerinin araştırılması ile sölom sıvısında bir takım biyolojik özellikleri belirtmiştir. Sonuç olarak sölom sıvısı mikrobiyal gübrede önemli bir etkiye sahiptir

ve eczacılık sektöründe kullanılabilir.

1.2 Vermikültür ve Vermikompostlama

Yeşil Devrim Hareketi dünya çapında açlıkla mücadelede, suni gübreler, sulama, tohum geliştirme, zararlılarla mücadele gibi yöntemleri kullanarak üretim düşüşlerini önlemeye ve birden çok hasat alma yoluyla tarımsal üretimi artırmaya yönelik tarım politikasıdır. Bu hareket ikinci dünya savaşı sonrasında zirai üretimde tarım ilacı ve kimyasal gübre kullanımını teşvik ederek çok kısa bir sürede sağladığı ürün artışı sebebiyle tüm dünyayı “salgın hastalık” olarak ele geçirmişti. (Schuman and Simpson, 1997). DDT (dikloro difenil trikloroetan) bu dönemin sembol ilacı olmuştur. Tarım zararlılarından başlayarak halk sağlığı tedbirlerine kadar uzanan geniş bir uygulamadır. “Sessiz Bahar” eseriyle Carson (1962), fazla ve bilinçsizce kimyasal kullanımının doğal çevre faktörlerine düzeltilemez zararlar verdiğini ifade etmiştir. İzleyen yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar göstermektedir ki yoğun kimyasal kullanımı tüm canlı türlerinde akut ve/veya kronik ciddi sağlık problemlerine neden olmakta ve gelecek kuşakların sağlıklı bir çevrede yaşayabilmelerini tehlikeye sokmaktadır (Anonymous, 1997 and Anonymous, 2001). Endüstriyel tarımda 1970’li yılların sonları, geniş halk topluluklarının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı farkındalık yılı olmuştur. 1970’li yılların sonları yer altı ve yer üstü su kaynaklarında kimyasal gübre kalıntılarının belirlenmesi, insan ve hayvan besinlerinde tespit edilen pestisit kalıntılarının kanserojen, mutajen etkileri görülmeye başlanmış ve endüstriyel/geleneksel tarım metotları sorgulanmıştır (Chernyak et al., 1996).

Geleneksel tarımın uygulandığı 1980’li ve 1990’lı yıllarda yoğun kimyasal kullanımının yapıldığı ve tarlada uzun yıllar aynı ürünün üretim şeklinin kullanılması, toprağın doğal fauna ve flora dengesini olumsuz yönde etkilemiş ve verimsizleşme sürecini hızlandırmıştır (Fushiwaki, 1990; Chen et al., 2001). Tarımsal üretimde, doğal dengeye saygılı ve doğanın kendini yenileme fırsatı veren yeni yaklaşımlar aranmıştır. Bu arama sonucunda tarımsal üretimde “sürdürülebilir” veya “organik” terim ifadeleri ortaya çıkmıştır. Kimyasal gübre ve pestisitlerin yerini alabilecek organik bazlı alternatif ürünleri geliştirme zorunluluğu, sürdürülebilir ve organik tarım modellerini savunan üreticileri karşı

karşıya bırakmıştır. İlk arayışlar, yıllardır kullanılan aerobik (termofilik) kompost ürünlerinin topraktaki organik madde içeriğini arttırmak ve toprağın iyileştirmesinde kullanmak için yoğunlaşmıştır. Aerobik kompost ürünleri bitki besleme etkisinden ziyade özellikle toprak kökenli bitki patojenlerini yok etme etkisine de sahip olduğu fark edilmiş (Hoitink, et al.,1975; Hadar,1991) organik tarım uygulamalarında bu ürünlerin yoğun olarak kullanılmasını sağlamıştır (Boehm et al., 1993; Hoitink et al.,1997).

1980’li yıllarda kompost kullanımlarının yaygınlaşmasındaki ikinci faktör kompostun şehir artık ve atıkların işlenmesi konusunda ekonomik, sürdürülebilir ve çevre dostu bir alternatif olmasıdır. Vermikompost; solucan (mezofilik) kompost yönteminin kentsel ve endüstriyel organik çöplerin geri dönüşümünde işlem ve ürün itibarıyla aerobik komposttan daha üstün özelliklere sahip olduğu görülmüştür (Dominguez et al.,1997).

Nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam tarzımızdaki değişiklikler nedeniyle katı atık yönetimi dünya çapında bir sorun haline gelmiştir. Endüstriyel atıkların solucan gübresine dönüştürülmesi sonucunda atıkların katma değerli bir ürün haline gelmesi ve artan sanayileşmenin beraberinde gelen kirleticiyi kontrol etmesi açılarından önemlidir (Wani et al., 2013).

1.3 Vermikültür ve Vermikompost Tanımı

Vermikültür, kontrollü koşullarda çeşitli amaçlar için toprak solucanlarının yetiştirilmesi işlemidir. Çeşitli amaçları belirtmek gerekirse solucan gübresi üretmek, hayvan beslemede protein kaynağı olarak kullanmak, solucanları biyokütle olarak çoğaltmak, ve balıkçılık amacıyla solucanların üretilmesi ve çoğaltılmasıdır. Basit bir metodolojiye sahip olması yönüyle vermikültür, düşük hatta geri dönüşümü hızlı olan yatırımlar gerektirdiği için son yıllarda dünyada girişimcilik anlamında fark edilen bir alandır (Bellitürk ve Goldman, 2020).

Bugün küresel bilim topluluğu ‘ekonomik açıdan uygulanabilir’ (herkes tarafından finanse edilmesi daha ucuz) ‘çevresel olarak sürdürülebilir’ (çevre ile dost, bitki örtüsü, fauna, hava ve su üzerinde olumsuz etkisi olmayan) ‘sosyal olarak kabul edilebilir’ (insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi olmayan, topluma faydalı)

bir teknoloji aramaktadır. Vermikültür teknolojisi tüm bunları birleştiren niteliklerle ortaya çıkmıştır (Rajiv et al., 2010).

Bütün dünyada tarımsal üretimde sürdürülebilirlik kavramını vurgulayan ve organik üretim metodlarını kullanmayı savunan fikirlerin çoğalmasında baş rol oynayan solucanların, organik atık ve artıkları kısa zamanda yüksek kaliteli ürüne çevirebilmelerinin gözlenmesiyle birlikte Avrupa ülkeleri, Hindistan ve Amerika'da vermikültür (vermiculture) adı verilen yeni bir tarımsal üretim sektörü doğmuştur. Vermikültür çalışmaları, toprağın kendisine zararlı olan toksik maddelerden arınması (detoksifikasyon) ve toprağın yenilenmesi (rejenerasyon), çöp işleme ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında kullanılmaktadır (Şimşek-Erşahin, 2007).

Modern tarım sistemlerinin uygulanması ile organik gübrelerin kimyasal gübreler ile kullanımın yapıldığı, toprağın yapısını iyileştirmeye ve verimliliğini yükseltmeye yönelik ve toprak yönetimin sürdürülebilir hale gelmesinde önemli çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların başında önemli organik gübrelerin başında yer alan, toprağın organik madde ve besin elementi açısından zenginleşmesinde rol oynayan vermikompost metodu gelmektedir (Huang et. al, 2013; Emperor ve Kumar, 2015).

Solucan gübresi vermikompost, organik atıkların (hayvan dışkısı, bahçe yaprak atıkları, sap, saman, evsel meyve sebze atıkları, talaş atık kâğıt vb.) toprak solucanları vasıtasıyla sindirilmeleri ile elde edilen organik bir gübredir ve toprak düzenleyicisi olarak tarımsal endüstride kullanılır.

Vermikompostta yüksek oranda humus bulunur. Toprak içinde su tutma kapasitesini artırır ve hava geçişini mümkün kılan kanallar oluşturur. Toprakta solucanların varlığı sıkışmış toprağın yeniden şekillenmesi ve suyun topraklara %50'den daha fazla nüfuz etmesini sağlar. Amerika'da çiftlik toprağında yapılan çalışmada toprakta bulunan 10.000 solucanın, bütün sene boyunca 8 saatlik vardiyada çalışan üç çiftçinin toprağa uyguladıkları 10 ton hayvan gübresine denk gelecek gübre ürettikleri gözlenmiştir (Kocaeli Valiliği Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, 2023).

1.4 Vermikültür ve Vermikompost Faydaları

Çevre ile ilişkilerin temel noktası solucanların beslenmesiyle ortaya çıkar. Endüstrilerde ortaya çıkan atıkların vermikültür süreçlerine girdi olduğu görülmektedir. Endüstrilerin faaliyetlerinden meydana gelen atıkların değerlendirilmesi sonucunda elde edilen solucan gübresinin ekolojik, ekonomik ve zirai faydaları bulunmaktadır (Capenness 2002; Bajsa et al., 2003; Agnete et al., 2003; Sinha et al., 2009 ; Edwards et al., 2010; Vanlı ve Bedük, 2013; Kara, 2013; Saday, 2013).

1.4.1 Ekolojik Faydaları

Solucan Gübresi;

Endüstriyel ve çevresel atıkların hammadde olarak kullanılmasını sağlar. Aynı zamanda organik atıkların geri dönüşümü için katkı sağlar.

Depolanması, işlenmesi, nakliyesi, uygulaması sırasında çevre kirliliği meydana gelmemektedir.

Elde edilen son ürün olarak kirlilik yapmaz ve tamamen kokusuz olup atık sıvı meydana getirmez.

Çevreye zarar vermeden veya ürünün kendisinde bir bozulma meydana gelmeden rahatlıkla taşınabilir ve ambalajlama yapılabilir.

Sürdürülebilir tarım ve organik tarımda zengin içeriğinden dolayı yüksek fayda meydana getirir.

Diğer kirleticilerin yol açtığı kirliliğe çözüm olur.

Solucan mevcudiyetinin toprakta korunması ve artırılması ile; kimyasal gübre maliyetleri ve kimyasal gübre kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkileri minimuma inmektedir.

Kimyasal kullanımında %70'lere varan azalış meydana getirir. Kimyasal zirai ilaçlamaya ihtiyacı azaltır ve böylece çevresel etkilerin varlığı sona erer (Türkmen, 2016).

1.4.2 Ekonomik Faydaları

Solucan Gübresi;

Uzun sürede elde edilen ekonomik faydayı fırsat maliyeti açısından yükseltir.

Tarım ürününün lezzeti ve dayanıklılığını arttırarak ürünün kalitesinde yükselmeye sebep olur.

Verimde %20-40 arasında artış sağlanır.

Sulama gereksinimini düşürür ve suyun verimli kullanılmasına sebep olur.

Arzın talepten düşük olduğu ve büyümekte olan pazar için yüksek değerlikli bir nihai ürün meydana getirir.

Kimyasal gübre kullanımı ile zarar görmüş toprağın iyileşmesini sağlar ve toprağın verimliliğini korur, tuzlanmasını engeller.

Zirai ilaçlamanın azalmasına bağlı olarak çevresel maliyetler azalır ve zirai ilaçlama maliyetleri düşer.

Tohumdan daha yüksek miktarda ürün meydana gelir ve tohumun kaybedilmesi önlenir.

Diğer gübrelere göre rekabetçi maliyet özelliği meydana getirir.

İşletmelerin retim aşamalarında meydana getirdikleri organik atıkları ortadan kaldıran ve şehir hayatının atıklarının yok edilmesi için ortaya çıkan iktisadi ve çevresel avantajdır.

Kendi işini kurma oranının düşük olduğu kırsal kesimde iř kurmak ve uygulanmasının kolay olmasından dolayı kazanç seviyesini arttırdığı için benimsenir (Türkmen, 2016).

1.4.3 Zirai Faydaları

Solucan gübresi;

Kötü kokmaz ve gaz salınımı olmadığı için solunum sistemi zarar görmez. Deride herhangi bir tahrişe sebep olmaz.

Yavaş salınan gübreler bitkinin ihtiyaına kısa sürede fayda sağlamaz diğer ticari gübreler ise faydaları çok kısa olmaktadır. Solucan kompostu yavaş salınımlı ve tamamen alınabilir yapıdaki besin içeriğiyle bu iki sorunu ortadan kaldırmıştır.

Solucanın vücudundan geçen organik madde enzim ve mikrobiyal faaliyetten dolayı fosfotaz aktivitesi yükselir. Son üründe fosforun alınabilirliğinin yüksek oluşu organik tarımda önemli bir eksikliği gidermektedir.

Temel besinlerden azot kimyasal gübre kullanılmadığı zaman bitki yetiştirmede beslenme sorunudur. Kullanımı ile azottan daha fazla yararlanılır ve ekolojik döngülere daha fazla fayda sağlar.

Mikrobiyal oluşum meydana gelir ve toprakta yararlı mikroorganizmaların türleri ve sayıları artar.

Bitkinin çiçeklenmesi, büyümesi, çimlenmesi, köklenmesi üzerine fayda sağlar. Bitkide verim ve erkencilik için önemli fayda veren büyümeyi düzenleyici maddeler barındırır.

Toprak kaynaklı mikropları engeller.

Havadar ortamda karıştırmaya gerek duymadan güvenli ve zengin kompostlaştırma meydana getirir.

Fidancılık, çiçekçilik, seracılıkta özellikle organik üretimde vermikompost mahsulleri en çok kullanılır. Bunun sebebi enzim ve hormon bakımından zengin oluşudur (Türkmen, 2016).

2. VERMİKOMPOST ÜRETİMİNDE KULLANILAN SOLUCAN TÜRLERİ

Phylum: Annelida

Classis: Clitellata

Subclassis: Oligochaeta

Ordo: Crassiclitellata

Subordo: Lumbricina

Family: Lumbricidae

Genus: *Eisenia*

Eisenia fetida (Savigny, 1862)

Eisenia andrei (Bouche, 1962)

Eisenia hortensis (Michaelsen, 1890)

Diğer alternatif türler;

Lumbricus rubellus(Hoffmeister, 1843)

Perionyx excavatus(Perrier, 1872)

Dendrobaena veneta (Rosa, 1886)

Vermikompostta kullanılan altı tür, organik atıkları çözümlmek için kullanılır ve çok iyi neticeler verir (Edwards and Bohlen, 1996). Ticari kazanç amacıyla kurulan vermikültür işletmelerinde en fazla seçilen edilen tür kırmızı Kaliforniya solucanı (*Eisenia fetida*)’dır (Kara, 2013). Şekil 1a’da *E. fetida* ve Şekil 1b’de toplu halde *E. fetida* resmi görülmektedir.



Şekil 1a. *E. fetida* ([https:// www.eceoreform.org](https://www.eceoreform.org), 2023).



Şekil 1b. Toplu halde *E. fetida* ([https:// www.eceoreform.org](https://www.eceoreform.org), 2023).

2.1 Neden Ticari Amaçla *Eisenia fetida* Kullanılır?

Diğer türlere göre daha yüksek üreme potansiyeline sahip olan kırmızı Kaliforniya solucanıdır. (*E. fetida*) Diğer solucan türlerinden daha süratli besin

tüketirler ve bununla beraber daha hızlı gübre elde edilir. Geniş bir uyum kabiliyetine sahip olduklarından dolayı farklı yeryüzü parçalarında üretimi yapılabilir (Domínguez and Edwards, 2011).

Dünyada ticari kazanç elde etmek için üretim yapmak isteyen üreticiler bilhassa ılıman iklim bölgeleri başta olmak üzere *Eisensia fetida* kullanmalarının sebebi elde edilen ürünün daha kaliteli olması ve türün yüksek uyum kabiliyetinin olmasıdır (Edwards and Bohlen, 1996).

3. SOLUCANLARIN BESLENMESİ

Solucanların hoşlanarak tükettiği besinler: Çavdar, mısır, yulaf gibi tahıllar, yeşil yapraklar, kıyılmış sebze ve meyveler, poşet ve demlik çay artıkları, kahve artıkları (telve), orman artıkları (sedir, çam, ince öğütülmüş talaş veya ladin malcı), hayvansal gübreler (deve, geyik, at, koyun, keçi, tavşan, inek, domuz , hindi, tavuk, ördek, manda, vs.) kâğıt ve karton artıkları, az olarak öğütülmüş yumurta kabuğu, hindistan cevizi kabuğu, kepek, şeker fabrikası artıkları, bahçe artığı olarak bilinen taze ve kuru yapraklar, meyve ve sebze posalarıdır (Bellitürk, 2016).

Tüketmemesi gereken besinler: Pişken kıvamlı nohut, fasulye, makarna, pirinç, pişmiş patates, süt ve et ürünleri, kemik, balık, peynir, yabancı tohum ve otlar, biçilmiş çim artıkları, bozulmuş bitkisel artıklar, yol kenarındaki otlar, köpek ve kedi dışkısı, soğan-sarımsak artıkları, acı biber artıkları, turunçgil artıkları, yağ ve tuz bulunan artıklardır (Bellitürk, 2016).

Solucan kompostu temin edilen başlıca bitkisel kökenli ve hayvansal artıklar; ceviz, bağ, badem, budama atıkları, fındık ve badem dış kabukları, çeşitli sert kabuklu meyve kabukları, fındık ağaçları, arpa, mısır, ayçiçeği, zeytin, çeltik, yulaf anız atıkları, buğday, at gübreleri, koyun, inek, keçi, öğütülmüş kâğıt-talaş artıkları ve evsel meyve-sebze mutfak artıklarıdır. Gıda fabrikalarına ait birçok yan kalıntı ürünlerin solucan gübresi yapılmasında kullanılmak üzere çeşitli proje ve araştırma çalışmaları yürütülmektedir (Bellitürk, 2016).

3.1 Farklı Tip Besinle Beslenmenin *Eisenia fetida*'ya Etkisi

Son zamanlarda tarımda gözlemlenen problemlerde yeni ortaya konacak çareler doğa dostu olmalıdır. Sürdürülebilir kaynakların sağlık ve ekolojik yönden üretimde kullanılması hedeflendiğinden dolayı, Dünya'da ve Türkiye'de son zamanlarda alg kaynaklı gübreler yaygın kullanılmaya başlanmıştır (Eşiyok vd., 2001).

Bu kadar yüksek düzeyde ticari öneme sahip bu canlının sürdürülebilir üretimini ve bundan yararlanma olanaklarının geliştirilmesinin sağlanması amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Değişik besi ortamlarında solucan besleme ile ilgili yapılan araştırmalar şu şekilde özetlenebilir:

Eisenia fetida cinsi solucanlar mikroorganizmaların etkisiyle kimyasal değişikliğe uğramış bozulmuş domates ile beslenmiştir. Beslenme sonucunda canlının kütlesi ve verimine etkisi araştırılmış; canlı kaybının bulunmadığı belirlenmiştir (Iordache, 2018). Yapılan başka bir araştırmada *E. fetida* vasıtasıyla biyolojik ve kimyasal atık, evsel katı atık çamurlarının yüksek kaliteli komposta dönüştürüldüğü belirlenmiştir (Amouei et al., 2017).

Ülkemizde 50 yıl öncesinde cin bürölcesi olarak da bilinen maş bezelyesi ile yapılan çalışmada, cin bürölcesi atıkları ile beslenen yetişkin solucanlarda vücut ağırlığının arttığı belirlenmiştir (Deivanayaki and Sathya, 2015).

Solucanlar su sümbülü (*Eichhornia sp.*) ve papatya (*Parthenium sp.*) atıkları ve gıda sanayii artıkları ile harmanlanarak beslenmişlerdir. Yapılan beslenme neticesinde *Eisenia fetida*'da kütle artışı (25.5 g), yumurta sayısı (388), yumurtadan çıkan bebek solucan (9,7) sayısı en fazla gıda sanayi artıkları ile beslenenlerden elde edilmiştir. Gıda sanayi artıkları ile beslenen solucanlarda yumurta üretimi hepsinden erken zamanda meydana gelmiştir (Yadav and Gark, 2013).

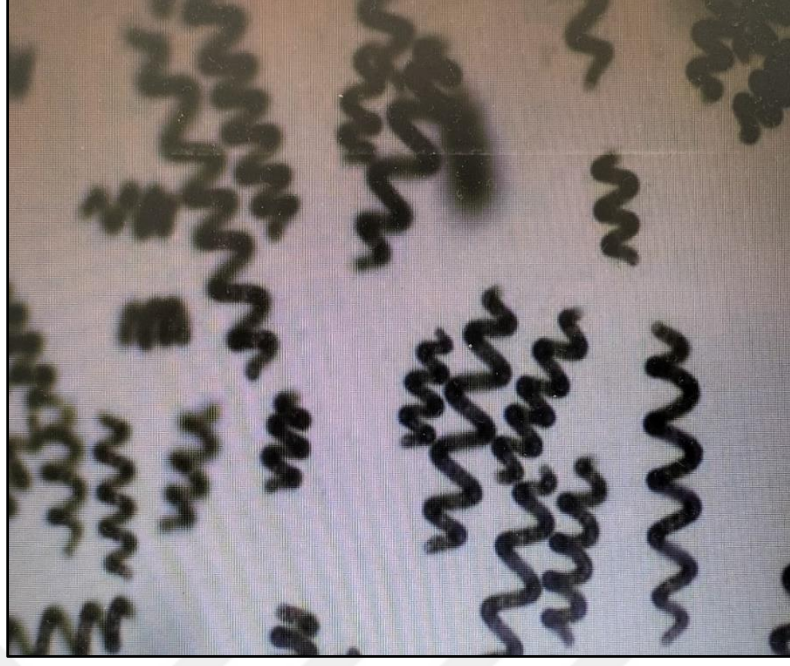
Üç farklı tür solucan çiçek artığı ve market artığı ile beslenmiştir. Beslenme neticesinde canlının kütlesi market artıklarına nazaran çiçek artıkları ile beslenmesi sonucunda daha yüksek çıkmıştır. Market atıkları ile beslenmede 0.67

gram olan canlı kütlesi 2.42 (%72 artış) grama yükselmiş; Çiçek artıkları ile beslenmede ise 0.67 gramdan 3.57 (%81 artış) grama yükseldiği görülmüştür. Beslenme neticesinde biyokütle enerjisinin verimi çiçek artıkları ile beslenmede daha fazladır. Rakamsal olarak market atıklarında 735 g ve çiçek atıklarında 1194 g olmuştur ve ortalama yumurta sayısı market artıklarında 51 iken; çiçek artıklarında 74 dür (Pattnaik and Reddy, 2010).

Yapılan başka bir araştırmada altı ay süresince büyükbaş hayvan gübresi (inek gübresi) kuru yaprak, küçükbaş hayvan gübresi (koyun ve keçi gübresi) ve yalnızca toprak ortamından oluşan besin gruplarıyla solucanlar beslenmiştir. Büyükbaş hayvan gübresi ile beslenen solucanların sayısının diğer besin gruplarıyla beslenen solucanlardan fazla olduğu belirtilmiştir. Küçükbaş hayvan gübresi karışımlarında on haftadan sonra solucanların bir kısmı ölmüştür. Büyükbaş hayvan gübresi ile beslenen solucanlarda yumurta ve yavru solucan sayısı kuru yaprak ile beslenen solucanlara göre daha fazla olmuştur. Küçükbaş hayvan gübresi ve toprak besin gruplarında beslenen solucanlarda yumurta çıkışı görülmemiştir (Siddique et al., 2005).

3.2. *Spirulina platensis*'in İnsan Gıdası ve Hayvan Yemi Olarak Kullanımı

Canlı varlık üzerinde beslenmenin önemi büyüme, gelişme ve fizyolojik fonksiyonlarının devam ettirilmesidir. Beslenme, tüm canlılar için hayatta kalmak adına gereklidir. Yemin niteliğini artırarak hayvan üreticiliğinde düzenli beslenme sağlamak ve sağlıklı hayvanlar yetiştirmek için doğal ürünler üzerindeki çalışmalara yoğunlaşılmıştır ve buradaki amaç elde edilen hayvansal ürünlerin miktar ve kalitesini iyileştirmektir. İnsan sağlığı üzerinde yem katkı maddelerinin olumsuz bir etkiye neden olup olmadığı hakkında araştırmalar yapılmaktadır. İnsanlardaki bağışıklık sistemini kuvvetlendirir. Doğal ürünler olarak bitki ve bitki ekstraktlarını, probiyotikler, prebiyotikleri söyleyebiliriz. Mavi-Yeşil alglerden *Spirulina platensis*, vitamin ve mineraller bakımından zengin ve protein kaynağı olması sebebiyle çok tercih edilmektedir (Seyidoğlu ve Galip 2013). Şekil 2'de mikro alg *S. platensis* mikroskobik görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2. Mikroalg *Spirulina platensis* mikroskopik görünümü (Koru, 2012).

İnsanoğlunun mikroalgleri ne zaman kullanmaya başladığı kesin olarak bilinmemektedir. Yaklaşık 400 yıl önce Meksika'da Aztek uygarlığı döneminde yiyecek olarak kullanıldığına dair raporlar mevcuttur. Hernán Cortez'in birliklerinin bir üyesi olan Bernal Díaz del Castillo, 1521'de S. maxima'nın Texcoco Gölü'nden toplandığını, kurutulduğunu ve Tenochtitlán (bugünkü Mexico City) pazarında insan tüketimi için satıldığını bildirmiştir (Sánchez, et al., 2003).

1940 yılında Fransız fizyolog Dangeard, Çad Gölü yakınlarındaki Kanembu halkının dihé (*Spirulina* ile yapılmış kurutulmuş ekmek) tüketimine ilişkin bir rapor yayınlamıştır. Bilim adamı Dangeard, aynı alglerin Doğu Afrika'nın Rift Vadisi'ndeki bazı göllerde de bulunduğunu ve bu göllerin çevresinde yaşayan flamingoların ana besinini oluşturduğunu belirtti. Yirmi beş yıl sonra, 1964-65 yılları arasında, Belçika'nın Sahra-ötesi keşif gezisine katılan bir botanikçi olan Jean Léonard, Çad'daki Fort-Lamy'nin (şimdi N'Djamena) yerel pazarlarında ilginç yeşilimsi, yenilebilir keklerin satıldığını bildirdi. Yerel halk bu keklerin Çad Gölü yakınlarındaki bölgelerden geldiğini söylediğinde, Léonard alg çoğalmaları ile piyasada satılan kurutulmuş kekler arasındaki bağlantıyı fark etti (Habib vd., 2008). *Spirulina* Halen Çad Cumhuriyeti'nin Çad Gölü bölgesindeki Kanembu

kabilesi tarafından gıda şeklinde tüketilmektedir ve burada “dihe” adı verilen kurutulmuş ekmek olarak satılmaktadır (Fox, 1996; Belay, 2002). 1967 yılında *Spirulina*, Uluslararası Uygulamalı Mikrobiyoloji Derneği'nde "geleceğin harika besin kaynağı" olarak ilan edilmiştir (Sasson, 1997). Ticari kullanımında, ortak adı *Spirulina*, biyolojik kökenli bir üründür ve siyanobakteri *Arthrospira platensis*'in kurutulmuş biyokütlesini ifade eder. Yaygın olarak gıda, besin takviyesi ve yem takviyesi olarak kullanılan *A. platensis* ve *A. maxima* türleridir (Wikfors and Ohno, 2001).

Spirulina'ya yönelik ilgi öncelikle onun zengin protein, esansiyel amino asitler, mineraller, vitaminler ve esansiyel yağ asitleri içeriğine odaklanmıştır. *Spirulina* ağırlıkça %60-70 oranında protein içerir ve B12 vitamini ve provitamin A (β karoten) gibi zengin bir vitamin kaynağı ve başta demir olmak üzere mineraller içerir. Diyetteki γ -linolenik asitin (GLA) az sayıdaki kaynağından biri olan bu asit aynı zamanda sağlık açısından potansiyel faydaları olan bir dizi başka fitokimyasal da içerir. Bu ilk veriler 1970'lerde endüstriyel amaçlara yönelik birçok araştırma projesinin başlatılması için yeterliydi, çünkü o zamanlar mikroorganizmalar (*Klorella*, *Spirulina*, maya, bazı bakteriler ve küfler) ucuz proteinlere giden en doğrudan yol gibi görünüyordu. 1970'li yıllarda Sosa-Textcoco Ltd adlı bir şirketten, “Institut français du pétrole” tarafından, Mexico City yakınlarındaki bir gölde bulunan sodyum bikarbonat üretim tesisinin buharlaşma havuzlarında oluşan alg çoğalmasının incelenmesi için bir talep gelmiş ve bunun sonucu olarak da *Spirulina*'nın büyüme gereksinimleri ve fizyolojisine ilişkin ilk sistematik ve ayrıntılı çalışma gerçekleştirilmiştir. Doktora çalışmasının bir parçası olan bu çalışma Zarrouk'un (1966) tezi, *Spirulina*'nın ilk büyük ölçekli üretim tesisinin kurulmasının temelini oluşturmuştur (Sasson 1997). Son 30 yıldır ticari olarak gıda ve özel yemler için üretilmektedir. *Spirulina* gibi ticari algler normalde kontrollü koşullar altında büyük açık hava havuzlarında üretilir. Şekil 3'te *S. platensis* üretim havuzları gösterilmiştir. Bazı firmalar doğrudan göllerden de üretim yapmaktadır. *Spirulina*'nın dünya çapındaki üretiminin yaklaşık 3.000 metrik ton olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 3. *S. platensis* Üretim Havuzları İzmir/Aydın (Koru, 2012).

Esas olarak mavi-yeşil alglerin olağanüstü basit bir özütü olan *Spirulina platensis* kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır ve şu anda bir gıda ürünü ve besin takviyesi olarak dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır (Fox, 1996; Pelaez, 2006).

3.2.1 *Spirulina platensis*:

Yapısında selüloz olmayan *Spirulina platensis*'in hücre duvarı mukopolisakkaritlerden oluşur. *S. platensis* mikro alg türlerindendir. Birçok araştırma ile insanlar ve hayvanlar üzerinde olumlu etkileri gözlenmiştir. Şekil 4'te *S. platensis*'in spiral formu gösterilmiştir. Hücre duvarı selüloz içermediğinden bağırsaklardan emilimini artırmaktadır (Richmond, 1992). Bağırsak fonksiyonlarını ve sindirim hızını da artırdığı bildirilmiştir. Zararlı mikroorganizmalar (*S. platensis*, *E. coli* ve *Candida*) gibi çoğalmasını engellerken, yararlı mikroorganizmalar (*Lactobasillus Bifidobacteria*) gibi çoğalmasını desteklemektedir (Pulz and Gross, 2004; Moreira et al., 2011).

Çalışmamızda kullanılan *S. platensis*'in sistematik konumu şu şekildedir (NCBI, 2023).

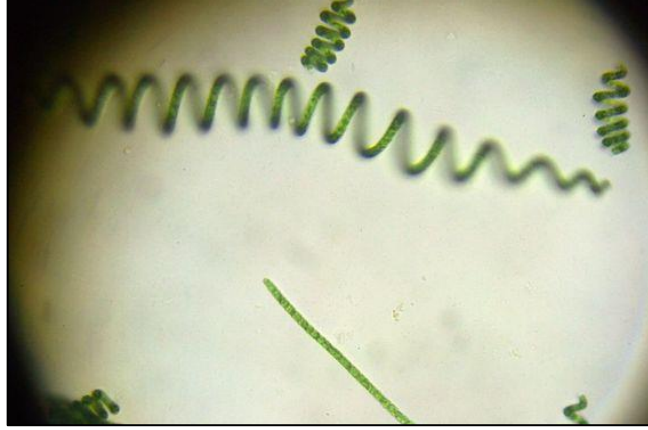
Cyanophyta (Şube)

Cyanopyceae (Sınıf)

Nostocales (Takım) Oscillatoriaceae (Aile)

Spirulina (Gomont, 1892) (Cins)

(*Arthrospira*) *Spirulina platensis*



Şekil 4. *S. platensis* spiral form (Koru, 2012).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4. 1. *E. fetida* temini ve Üretim Hazırlığı:

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İskele-Urla Yerleşkesi'nde bulunan iki katlı konteyner binada 150 metrekarelik alanda Ege Teknopark Ar-Ge Vermikültür -1 projesi çalışmamız başlamıştır. Hazırlanan yüksek lisans tezi bu proje kapsamında yürütülmüştür. Tez çalışmasında kullanılan *Eisenia fetida* türü solucanlar, Gönen- Balıkesir'de bulunan Argesol Tarım Hayvancılık Sanayi Tic. Ltd. Şirketi'nden temin edilmiştir. İlk aşamada 10.000 adet solucan alınmıştır. Şekil 5'te görüldüğü üzere temin edilen *E. fetidae* stoğu üzeri havalandırma yapılarak fermente inek gübresi içinde alınmış ve Ar-Ge merkezindeki laboratuvara getirilmiştir. Solucanların alg katkılı beslenmesinde yerden yükseltilmiş hareketli-besleme kapaklı yataklar kullanılmıştır. Şekil 6'da solucan kutuları gösterilmiştir.



Şekil 5. Temin edilen *E. fetida* stoğu (Fotoğraf: Aycan RÜYA).



Şekil 6. Yerden yükseltilmiş hareketli-besleme kapaklı yataklar (Solucan kutuları) (Fotoğraf: A. RÜYA).

Solucanlar, adaptasyon sürecini tamamlaması için deneye alınmadan önce 15 gün boyunca dinlendirilmiştir. Bu dönemde, fermente olmuş inek gübresinin besin değerlerini artırmak ve karbon/azot oranını dengelemek için mevsimlik taze meyve ve sebzeleri kullanarak solucanlara verilmek üzere mama hazırlanmıştır.

4. 2. Mamanın Hazırlanışı:

Alt katmana 25 kilo inek gübresi döşenmiştir. Üzerine küçük küçük doğranan meyve ve sebzeler ilave edilmiştir. 25 kg. separatörden geçmiş fermente edilmiş büyük baş hayvan gübresi ile 10 kg. organik meyve ve sebze birbirleriyle harmanlanmıştır. Hazırlanan mama 3-4 gün aralıklarla karıştırılmış ve 15 gün boyunca meyve ve sebzelerin fermentasyonu için bekletilmiştir. Meyve ve sebzelerin asidik olmayanları tercih edilmiştir. Kullanılan meyve ve sebzeler: salatalık, marul, maydanoz, patlıcan, şeftali, kavun, bal kabağı, üzümdür. Ayrıca ezilerek toz haline getirilen yumurta kabuğu ortamın pH dengesini sağlamak için ilave edilmiştir. Nem ve sıcaklık, pH değerleri kontrol edilmiştir. Sıcaklık 12-24°C, pH 5 - 9, Nem %80 - 90 değerleri arasında olması sağlanmıştır (Şekil 7- 8).



Şekil 7. Mama yapılışı (Fotoğraf: A. RÜYA).



Şekil 8. Fermente olmuş mama (Taze Meyve-Sebze ilave edilip 15 gün sonunda)(Foto: A.RÜYA).

4. 3 *Spirulina platensis* Temini ve Üretimi:

Yapılan bu çalışmada kullandığımız M2 suşu (*Spirulina platensis*) Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Plankton Kültür laboratuvarının alg kültür koleksiyonundan temin edilmiştir.

Zarrouk besin ortamı *Spirulina* üretiminde kullanılmıştır (Zarrouk, 1966). Kültür ortamı mikroelementleri de içeren iki ayrı solüsyondan (Kısım 1 ve Kısım 2) oluşur (Tablo 1.1; Tablo 1.2). Ortamın içeriği aşağıda verilmiştir. *Zarrouk* besin ortamı gerekli kimyasalların 1 litre başına belli miktarda distile su içerisinde hazırlanmasıyla oluşturulmaktadır.

Bu ortamın sağlanması için gerekli kimyasallar şunlardır;

NaHCO_3 , Na_2CO_3 , K_2HPO_4 , NaNO_3 , K_2SO_4 , NaCl , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{EDTA}_{\text{Na}_2}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Tablo 1.1 Zarrouk Besin Ortamı

Kısım1	NaHCO_3	Na_2CO_3	K_2HPO_4	Distile su
	18.06gr.	8.06gr.	1.00gr.	500ml.

Tablo 1.2 Zarrouk Besin Ortamı

Kısım2	NaNO_3 5.00gr.	K_2SO_4 2.00gr.	NaCl 2.00gr.	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.40gr	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.02gr	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.02gr
	$\text{EDTA}_{\text{Na}_2}$ 0.16g	Mikro element solüsyon 10 ml	Distile su 500 ml			

Mikroelement solüsyonu (Tablo 1.3) hazırlanıp 10 ml'si alınıp Kısım 2'ye ilave edilecektir. pH'ın düzenlenmesi için de tüm ana solüsyona Kısım 1 ilave edilmiştir.

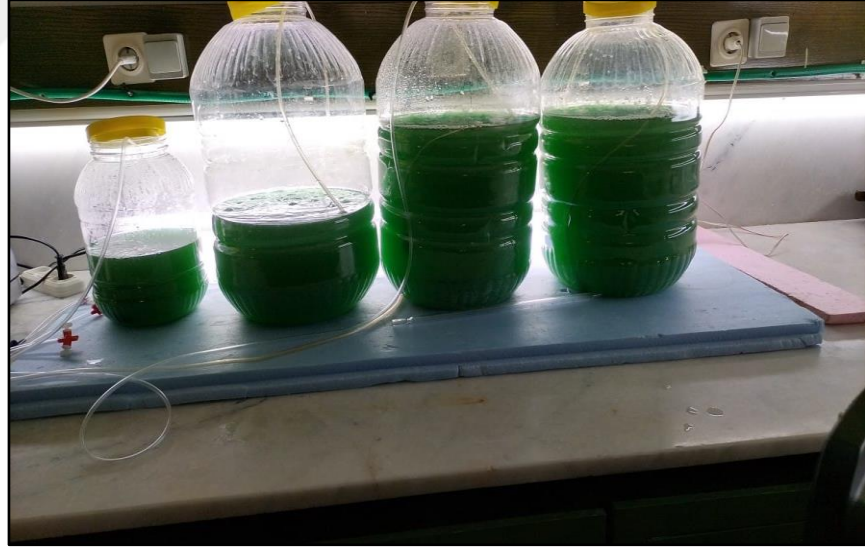
Tablo 1.3 Mikro Element Solüsyonu (İz Elementler).

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	H_3BO_3	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
0.001gr.	0.002gr.	0.01gr.	0.001gr.	0.001gr.
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	EDTANa_2	Saf su	
0.00005gr.	0.7gr.	0.8gr.	1.0lt.	

4.4 Yöntem

4.4.1. *S. platensis* Üretimi Yapılacak Ortamın Hazırlanması

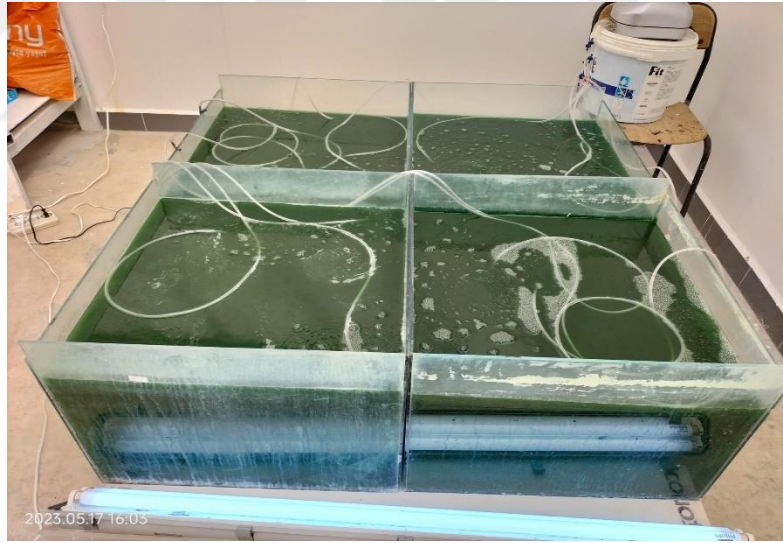
Deneyimizde 5, 10 ve 20 L' lik plastik bidonlar kullanılmıştır. Plastik bidonlara hava kompresörü ile hava verilerek oksijenlenmesi sağlanmıştır. Giderek artan kültürler plastik bidonlara seyreltilerek çoğaltılmıştır. Şekil 9a ve 9b'de gösterilmiştir.

Şekil 9a. *S. platensis* üretimi (Fotoğraf: A. RÜYA).



Şekil 9b. *S. platensis* üretimi (Fotoğraf: A. RÜYA).

5 L.'lik, 10 L.'lik ve 20 L.'lik plastik bidonlardan 200 litrelik 4 adet akvaryuma geçiş sağlanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. 200 L'lik akvaryumlarda *Spirulina platensis* üretimi (Foto: A. RÜYA).

Denemede başlangıç kültürü *Spirulina platensis* kullanılmıştır. İlk önce laboratuvarında ($30\pm1^{\circ}\text{C}$)'de sabit olarak oda sıcaklığında ve 2000 lüks ışıktaki aydınlığın sürekli olduğu kontrollü ortamda kalması sağlanmıştır. Alg suşu Zarrouk besin ortamı ile her hafta ağırlığının yarısı kadar düzenli olarak beslenmiştir. pH değeri, pH metre ile, sıcaklık değeri el tipi termometre ile, ODS (Hücre Yoğunluğu) ölçümleri ise Spektrofotometrede yapılmıştır. İdeal pH 8-9 ve 10 arasında, Sıcaklık

18-25°C arasında tutulmuştur. ODS değeri 0,307'den düzenli olarak artarak en yüksek tepe noktası olan 1,130 değerini bulunca, *Spirulina platensis* üretimleri sulandırılarak çoğaltılmıştır.

4.4.2 Vermikültür Deneyi:

07.09.2022 tarihinde 15 gün zemin yatağında dinlendirilen solucanlar içlerine şerit şeklinde ıslatılmış karton bulunan solucan kutularına yerleştirilmiştir (Şekil 11-12).



Şekil 11. Karton yerleştirilmiş solucan kutuları (Fotoğraf: A. RÜYA)



Şekil 12. Solucan yerleştirilmiş kutu (Fotoğraf: A. RÜYA)

Deney ortamları şu şekildedir:

Dört adet Yeşil kutu ve Dört adet Gri kutu kullanılmıştır. Renk ayrımı deneyin amacına uygun olması için yapılmıştır. Solucanlar pens yardımıyla 500 şer adet her bir kutuya yerleştirilecek şekilde 15 gün dinlendirilmiş ana solucan yatağından toplanmıştır. Solucanlar toplanırken ergin olanları tercih edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Deney Düzeneği (Fotoğraf: A. RÜYA)

Birinci beslenme deney düzeneğimiz:

1. Yeşil Kutu (Stok-Kontrol Grubu) %100

Stok kontrol grubudur. Konvansiyonel üretim (piyasada yapılan normal üretim) yapılmıştır. Kontrol grubumuzda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır.

2. Yeşil Kutu (*Eisenia fetida*-Sıvı *Spirulina platensis*) %50 - %50

Bu kutuda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır. Bu grup, 70 gr. normal mama ve 70 ml sıvı *Spirulina* ile beslenmiştir.

3. Yeşil Kutu (Eisfet-Kuru Spl) %50-%50

Bu kutuda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır. Bu grup, 70 gr. normal mama ve 70 ml kuru *Spirulina* ile beslenmiştir.

4. Yeşil Kutu (Eisfet- Pelte Hamur Spl) %50-%50

Bu kutuda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır. Bu grup, 70 gr. normal mama ve 70 ml pelte *Spirulina* ile beslenmiştir. Pelte *Spirulina* elde etmek için kuru *Spirulina* arıtma suyu ile hamur kıvamına getirilmiştir.

Dört adet Gri Kutu düzeneğimiz ise şu şekildedir:

1. Gri Kutu (Eisfet-Sıvı Spl2) %25-%75

Bu kutuda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır. 35 gr. normal mama ve 105 ml sıvı *Spirulina* ile beslenmiştir.

2. Gri Kutu (Eisfet-Sıvı Spl3) %10-%90

Bu kutuda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır. 14 gr. normal mama ve 126 ml sıvı *Spirulina* ile beslenmiştir.

3. Gri Kutu (Eisfet-Kuru Spl2) %10-%90

Bu kutuda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır. 14 gr. normal mama ve 126 gr. kuru *Spirulina* ile beslenmiştir.

4. Gri Kutu (Eisfet-Pelte Spl2) %10-%90

Bu kutuda 140 gr. 500 adet *Eisenia fetida* stoklanmıştır. 14 gr. normal mama ve 126 gr. pelte *Spirulina* ile beslenmiştir.

İlk etapta solucanlar 24 saatte bir beslenmiştir. Solucan kutularının düzenli olarak yatak sıcaklığı, pH ve nem oranları ölçülmüştür. pH 6-9, Yatak sıcaklığı 25°C, Nem değerleri % 80 – 90 arasında tutulmuştur (Şekil 14). Kutuların bulunduğu oda sıcaklığı 20°C'den aşağıya indirilmemeye çalışılmış ve solucanların kaçmasını engellemek için de oda ışıkları sürekli açık bırakılmıştır.



Şekil 14. Ölçümler (Fotoğraf: A. RÜYA)

Solucanlar kutulara yerleştirildikten 1 gün sonra 8 Eylül 2022’de yapılan kontrollerde, 3. ve 4. Gri Kutular ile, 3. ve 4. Yeşil kutularda ölümler tespit edilmiştir. Daha sonra da 8 Eylül – 1 Kasım 2022 arasında yapılan kontrollerde de ölümler tespit edildiğinden, birinci beslenme düzenimiz ikinci beslenme düzenimizi meydana getirmiş ve 9 Kasım 2022 tarihinde deney düzeneğinde düzenlemelere gidilmiştir. Buradaki gelişmelere bulgular kısmında detaylı olarak değinilmiştir.

İkinci beslenme deney düzeneğimiz 09.11.2022 itibarıyla şu şekilde yenilenmiştir:

1.Yeşil Kutu (Stok-Kontrol Grubu) %100

1000 adet solucan normal mama ile beslenmeye devam edilmiştir.

2. ve 3. Yeşil Kutu (Eisfet-Sıvı Spl) %50-%50

1000 adet solucan 140 gr. normal mama ve 140 ml sıvı *Spirulina* ile beslenmeye devam edilmiştir.

4.Yeşil Kutu (Eisfet- Pelte Hamur Spl) %50-%50

1000 adet solucan 140 gr. normal mama ve 14 gr. pelte *Spirulina* ile beslenmeye devam edilmiştir.

1. ve 2. Gri Kutu (Eisfet-Sıvı Spl2) %25-%75

1000 adet solucan 70 gr. normal mama ve 210 ml sıvı *Spirulina* ile beslenmeye devam edilmiştir.

3. ve 4. Gri Kutu (Eisfet-Pelte Spl2) %25-%75

1000 adet solucan 70 gr. normal mama ve 21 gr. pelte *Spirulina* ile beslenmeye devam edilmiştir.

Bu son şekliyle, başlangıçta 8 farklı besleme yöntemi ile başlanılan deneyde, son ve nihai olarak 5 farklı besleme şekline geçilmiştir. Solucan gübre analizleri de bu son 5 farklı sisteme göre yapılmıştır.

4.4.3 Solucan Gübresi (Vermikompost) Analizleri:

Araştırma sonucunda farklı kombinasyonlarda *Spirulina* ile beslenen solucanlardan elde edilen gübrelerin (vermikompost) analizleri yapılmıştır. En son besleme şekline göre elde edilen gübre gruplarının etiketleri Tablo 2’de verilmektedir. Gübrelere uygulanan analizler Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 2. En Son Besleme Şekline Göre Elde Edilen Gübre Grupları

Yeşil 1 Kontrol Grubu	Normal mama ile besleme
Yeşil 2 - 3	%50 normal mama + %50 sıvı <i>Spirulina</i> ile besleme
Yeşil 4	%50 normal mama + %50 pelte <i>Spirulina</i> ile besleme

Gri 1- 2	%25 normal mama + %75 sıvı <i>Spirulina</i> ile besleme
Gri 3- 4	%25 normal mama + % 75 pelte <i>Spirulina</i> ile besleme

Tablo 3. Gübrelere Uygulanan Analizler.

YAPILAN ANALİZLER	
pH (1/10 Seyreltme)	
EC mS/cm (1/10 Seyreltme)	
Top. Tuz (1/10 Seyreltme)	(%)
Nem (65°C’de)	(%)
Kuru Ağırlık (65°C)	(%)
Kül (550 °C’ de)	(%)
Yanma Kaybı (550°C’ de)	(%)
Madde (Organik)	(%)
Karbon (Organik)	(%)
Top. Azot	(%)
(C/N)	
Fosfor	(%)
P ₂ O ₅	(%)
Top. Potasyum	(%)
Top. K ₂ O	(%)
Top. Kalsiyum	(%)
Top. Sodyum	(%)
Top. Demir	(%)
Top. Bakır	(‰)
Top. Çinko	(‰)
Top. Mangan	(‰)

5. BULGULAR

5.1 Vermikültür Denemeleri:

Solucanlar kutulara yerleştirildikten 1 gün sonra (8 Eylül 2022)’de yapılan kontrollerde, 3. ve 4. Gri Kutular ile, 3. ve 4. Yeşil kutularda ölümler tespit edilmiştir. Şöyle ki;

3. Gri kutuda 320 sağlam 180 ölü ve 61 gr. canlı ağırlık kalmıştır. 500 adet canlı ile başlanan deneyde 180 adet solucan ölümü ve %36 ölüm kaydedilmiştir. Bu ölüm nedeni, kuru *Spirulina* besininin gram olarak fazla geldiği sonucuna bağlanmıştır. Deneyin başında, solucanların bir günde vücut ağırlıkları kadar besin aldıkları bilgisinden yola çıkarak, 140 grama göre hesaplama yapılmış ve deney düzeneğine göre 14 gr. normal mama ve 126 gr. kuru *Spirulina* verilmiştir. Gözlemlerimiz sonucu, bu 126 gram kuru *Spirulina* miktarının fazla geldiği ve ölümlere sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple 9 Eylül 2022'de deney düzeneğindeki 3. Gri kutunun beslenme değerleri değiştirilmiştir.

3. Gri kutuda 9 Eylül 2022'de ölen solucanların yerine zemin yataktan (ana stok) pens yardımıyla yeni ergin solucan koyarak 140 gr. canlı ağırlık ve 500 adet canlı sayısına tamamlanma yapılmıştır. 24 saat sonra yapılan kontrollerde solucanlar verilen besinleri almışlar, kaçma hareketi ve ölüm gözlenmemiştir. Bunun üzerine 10 Eylül 2022'de 3. Gri kutu deney düzeneğine 500 adet solucan ilavesi yapılarak toplam canlı solucan sayısı 1000 adete çıkarılmıştır. Kuru *Spirulina* miktarı da 2gr. kuru *Spirulina* olacak şekilde değiştirilmiştir. 3. Gri kutu beslenmesi 1000 adet solucan için 28 gr. normal mama ve 2 gr. kuru *Spirulina* olarak değiştirilmiştir.

8 Eylül 2022'de 4. Gri kutuda 490 canlı ve 10 ölü tespit edilmiştir. %2'lik ölüm ve 101 gr. canlı ağırlık gözlenmiştir. Bu kutudaki canlılar 14 gr. normal mama ve 126 gr. pelte *Spirulina* ile beslenmişti. 4. Gri kutuda pelte *Spirulina* 'nın fazla geldiği ve ölümlerin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç karşısında besleme için verilen pelte *Spirulina* miktarı düşürülmüş ve 500 adet solucana 1 gr. pelte *Spirulina* verecek şekilde, daha sonra da 1000 adet solucana 2 gr. pelte *Spirulina* verecek şekilde değiştirilmiştir. 9 Eylül 2022'de yapılan kontrollerde, 1000 adet solucan; 28 gr. normal mama ve 2 gr. pelte *Spirulina* olarak beslenildiğinde ölümlerin olmadığı gözlenmiştir.

8 Eylül 2022'de 3. Yeşil kutuda solucanlar 70 gr. normal mama ve 70 gr. kuru *Spirulina* beslenme düzenine göre beslenmiştir ve bunun sonucunda kuru *Spirulina* miktarının çokluğundan dolayı ölümler görülmüştür. 488 canlı solucan ve 12 ölü solucan tespit edilmiştir. %2,4 ölüm oranı ve 105 gr. canlı ağırlık tespit edilmiştir.

9 Eylül 2022’de solucan sayısı 1000 adet olarak değiştirilmiştir. Beslenme düzeni de 140 gr. normal mama 2 gr. kuru *Spirulina* olarak değiştirilmiştir.

8 Eylül 2022’de 4. Yeşil kutu 70 gr. normal mama ve 70 gr. pelte *Spirulina* ile beslenmiştir. 480 canlı ve 20 ölü tespit edilmiştir. % 4 ölüm oranı gözlenmiştir. Bu yüzden pelte *Spirulina* besin miktarı azaltılmıştır. 9 Eylül 2022’de solucan sayısı 1000’e tamamlanmış, beslenme düzeni de 140 gr. normal mama 2 gr. pelte *Spirulina* olarak değiştirilmiştir.

Stokta hızlı ilerleme adına 13 Eylül ve 14 Eylül 2022 tarihlerinde 3. Gri kutu ve 4. Gri kutudaki düzeneklerimizin her katına 1000 adet daha solucan ilave ederek solucan sayıları 2000’e çıkarılmış ve 4 gr. kuru *Spirulina* ile 4gr. pelte *Spirulina* ile beslemeye devam edilmiştir. Daha sonraları yapılan kontrollerde kuru *Spirulina* ile beslenen solucanlarda yoğun bir şekilde ortamdan kaçma eğilimi ve yoğun ölümlerle karşılaşıldığı için deney düzeneğimizde tekrar bir değişime gidilerek 01.11.2022 itibarıyla kuru *Spirulina* ile besleme düzeneği deney ortamından tamamen çıkarılmıştır. Bu tarihten itibaren, deney düzeneğinde tekrardan değişime gidilmiş ve son ve nihai olarak 5 farklı besleme şekline geçilmiştir.

5. 2 Vermikompost Analizleri:

Yapılan solucan gübre analiz sonuçları aşağıda tablolar halinde sunulmuştur:

Tablo 4. Yeşil 1 - Kontrol Grubu Analizleri.

YEŞİL 1 KONTROL	SONUÇ
pH (1/10 Seyreltme)	8,11
EC mS/cm (1/10 Seyreltme)	4,14
Top. Tuz (1/10 Seyreltme) (%)	0,26
Nem (65°C’de) (%)	66,66
Kuru Ağırlık (65°C) (%)	33,34
Kül (550 °C’ de) (%)	46,40
Yanma Kaybı (550 °C’ de) (%)	53,60
Organik madde (%)	55,42
Organik Karbon (%)	32,15
Top. Azot (%)	1,76
C/N	18,27
Top. Fosfor (%)	0,56

Top. P ₂ O ₅	(%)	1,29
Top. Potasyum	(%)	1,40
Top. K ₂ O	(%)	1,68
Top. Kalsiyum	(%)	6,90
Top. Sodyum	(%)	0,44
Top. Demir	(%)	0,32
Top. Bakır	(‰)	46,1
Top. Çinko	(‰)	218,4
Top. Mangan	(‰)	204,4

Analizi yapılan solucan gübresi örneği orta alkalın reaksiyon özelliği göstermekte, EC değeri 4,14 mS/cm, toplam tuz içeriği düşük düzeydedir. Solucan gübresi örneği Resmi Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen toplam azot (en az %1), organik madde (en az %30), C/N (8-22) ve N+P₂O₅+K₂O (en fazla (%7) içeriği yönünden uyumlu olduğu maksimum nem (%20) içeriğinin nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir. Organik maddece zengin olan solucan gübresi örneğinde mikro besin elementleri (Toplam Fe, Cu, Zn ve Mn) yeterli düzeyde ve sorunsuzdur (Tablo 4).

Tablo 5. Yeşil 2-3 Besleme Grubu Analizleri.

YEŞİL 2-3 BESLEME GRUBU	SONUÇ
pH (1/10 Seyreltme)	8,23
EC mS/cm (1/10 Seyreltme)	2,81
Top. Tuz (1/10 Seyreltme) (%)	0,18
Nem (65 °C’ de) (%)	75,86
Kuru Ağırlık (65°C) (%)	24,14
Kül (550 °C’ de) (%)	41,48
Yanma Kaybı (550 °C’ de) (%)	58,52
Organik madde (%)	61,06
Organik Karbon (%)	35,42
Top. Azot (%)	2,10
C/N	16,87
Top. Fosfor (%)	0,60
Top. P ₂ O ₅ (%)	1,38
Top. Potasyum (%)	0,73
Top. K ₂ O (%)	0,876
Top. Kalsiyum (%)	5,30
Top. Sodyum (%)	0,51
Top. Demir (%)	0,31

Top. Bakır	(‰)	71,2
Top. Çinko	(‰)	233,1
Top. Mangan	(‰)	218,7

Analizi yapılan solucan gübresi örneği orta alkalın reaksiyon özelliği göstermekte, EC değeri 2,81 mS/cm, toplam tuz içeriği düşük düzeydedir. Solucan gübresi örneği Resmi Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen toplam azot (en az %1), organik madde (en az %30), C/N (8-22) ve N+P₂O₅+K₂O (en fazla %7) içeriği yönünden uyumlu olduğu maksimum nem (%20) içeriğinin nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir. Organik maddece zengin olan solucan gübresi örneğinde mikro besin elementleri (Toplam Fe, Cu, Zn ve Mn) yeterli düzeyde ve sorunsuzdur (Tablo 5).

Tablo 6. Yeşil 4 Besleme Grubu Analizleri.

YEŞİL 4 BESLEME GRUBU		SONUÇ
pH (1/10 Seyreltme)		8,15
EC mS/cm (1/10 Seyreltme)		3,33
Top. Tuz (1/10 Seyreltme)	(%)	0,21
Nem (65 °C’ de)	(%)	70,27
Kuru Ağırlık (65°C)	(%)	29,73
Kül (550 °C’ de)	(%)	49,43
Yanma Kaybı (550 °C’ de)	(%)	50,57
Organik madde	(%)	53,07
Organik Karbon	(%)	30,78
Top. Azot	(%)	1,90
C/N		16,20
Top. Fosfor	(%)	0,61
Top. P ₂ O ₅	(%)	1,40
Top Potasyum	(%)	0,84
Top. K ₂ O	(%)	1,01
Top. Kalsiyum	(%)	6,20
Top. Sodyum	(%)	0,43
Top. Demir	(%)	0,28
Top. Bakır	(‰)	58,4
Top. Çinko	(‰)	200,2
Top. Mangan	(‰)	214,8

Analizi yapılan solucan gübresi örneği orta alkalın reaksiyon özelliği göstermekte, EC değeri 3,33 mS/cm, toplam tuz içeriği düşük düzeydedir. Solucan gübresi örneği

Resmi Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen toplam azot (en az %1) organik madde (en az %30), C/N (8-22) ve N+P₂O₅+K₂O (en fazla (%7) içeriği yönünden uyumlu olduğu maksimum nem (%20) içeriğinin nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir. Organik maddece zengin olan solucan gübresi örneğinde mikro besin elementleri (Toplam Fe, Cu, Zn ve Mn) yeterli düzeyde ve sorunsuzdur (Tablo 6).

Tablo 7. Gri 1-2 Besleme Grubu Analizleri.

GRI 1-2 BESLEME GRUBU	SONUÇ
pH (1/10 Seyreltme)	9,67
EC mS/cm (1/10 Seyreltme)	3,99
Top. Tuz (1/10 Seyreltme) (%)	0,26
Nem (65 °C’de) (%)	86,14
Kuru Ağırlık (65 °C) (%)	13,86
Kül (550 °C’ de) (%)	37,15
Yanma Kaybı (550 °C’ de) (%)	62,85
Organik madde (%)	61,68
Organik Karbon (%)	35,78
Toplam Azot (%)	2,04
Karbon/Azot	17,54
Top. Fosfor (%)	0,55
Top. P ₂ O ₅ (%)	1,27
Top. Potasyum (%)	1,20
Top. K ₂ O (%)	1,44
Top. Kalsiyum (%)	4,20
Top. Sodyum (%)	0,76
Top. Demir (%)	0,26
Top. Bakır (‰)	96,7
Top. Çinko (‰)	197,8
Top. Mangan (‰)	214,7

Analizi yapılan solucan gübresi örneği kuvvetli alkalın reaksiyon özelliği göstermekte, EC değeri 3,99 mS/cm, toplam tuz içeriği düşük düzeydedir. Solucan gübresi örneği Resmî Gazete’nin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen toplam azot (en az %1) ve organik madde (en az %30), C/N (8-22) ve N+P₂O₅+K₂O (en fazla (%7) içeriği yönünden

uyumlu olduğu maksimum nem (%20) içeriğinin nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir. Organik maddece zengin olan solucan gübresi örneğinde mikro besin elementleri (Toplam Fe, Cu, Zn ve Mn) yeterli düzeyde ve sorunsuzdur (Tablo 7).

Tablo 8. Gri 3-4 Besleme Grubu Analizleri.

GRİ 3-4 BESLEME GRUBU	SONUÇ
pH (1/10 Seyreltme)	8,73
EC mS/cm (1/10 Seyreltme)	5,63
Top. Tuz (1/10 Seyreltme) (%)	0,36
Nem (65 °C’de) (%)	73,23
Kuru Ağırlık (65 °C) (%)	26,77
Kül (550 °C’ de) (%)	48,80
Yanma Kaybı (550 °C’ de) (%)	51,20
Organik madde (%)	53,57
Organik Karbon (%)	31,07
Toplam Azot (%)	1,82
C/N	17,07
Top. Fosfor (%)	0,70
Top. P ₂ O ₅ (%)	1,61
Top. Potasyum (%)	1,70
Top. K ₂ O (%)	2,04
Top. Kalsiyum (%)	5,10
Top. Sodyum (%)	0,62
Top. Demir (%)	0,32
Top. Bakır (‰)	83,6
Top. Çinko (‰)	192,1
Top. Mangan (‰)	254,0

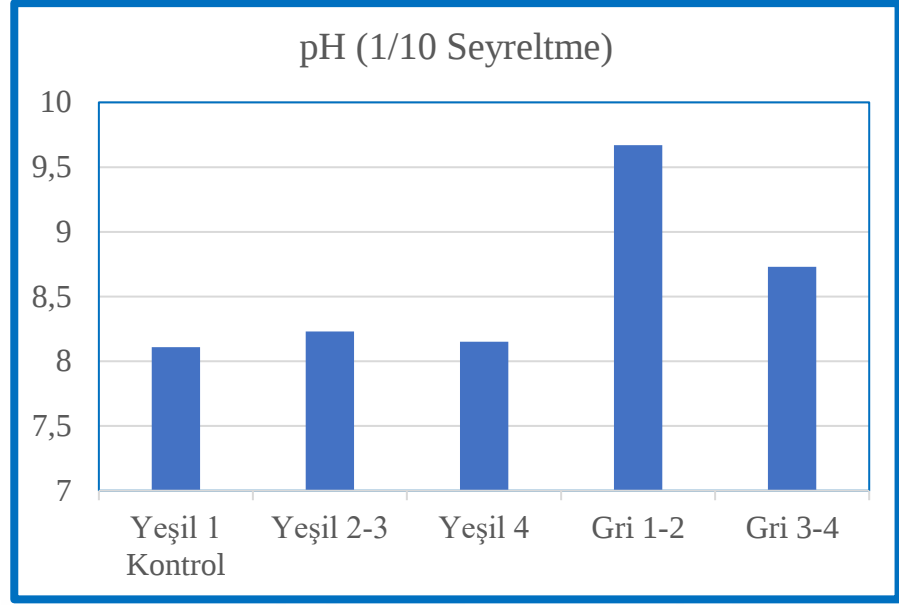
Analizi yapılan solucan gübresi örneği kuvvetli alkalın reaksiyon özelliği göstermekte, EC değeri 5,63 mS/cm, toplam tuz içeriği düşük düzeydedir. Solucan gübresi örneği Resmî Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli ve “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen toplam azot (en az %1) ve organik madde (en az %30), C/N (8-22) ve N+P₂O₅+K₂O (en fazla (%7) içeriği yönünden uyumlu olduğu maksimum nem (%20) içeriğinin nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir. Organik maddece zengin olan solucan gübresi örneğinde mikro besin elementleri (Toplam Fe, Cu, Zn ve Mn) yeterli düzeyde ve sorunsuzdur (Tablo 8).

Farklı kombinasyonlarda üretilen gübrelerin bitki yetiştirmek için üretimde kullanılmasıyla verim ve beslenme açısından değerlendirilmesi bu gübrelerin önemini daha da etkin olarak ortaya koyacaktır. Tablo 9’da deneyimizden elde edilen gübrelerin analiz sonuçları görülmektedir.

Tablo 9. Analiz Sonuçları.

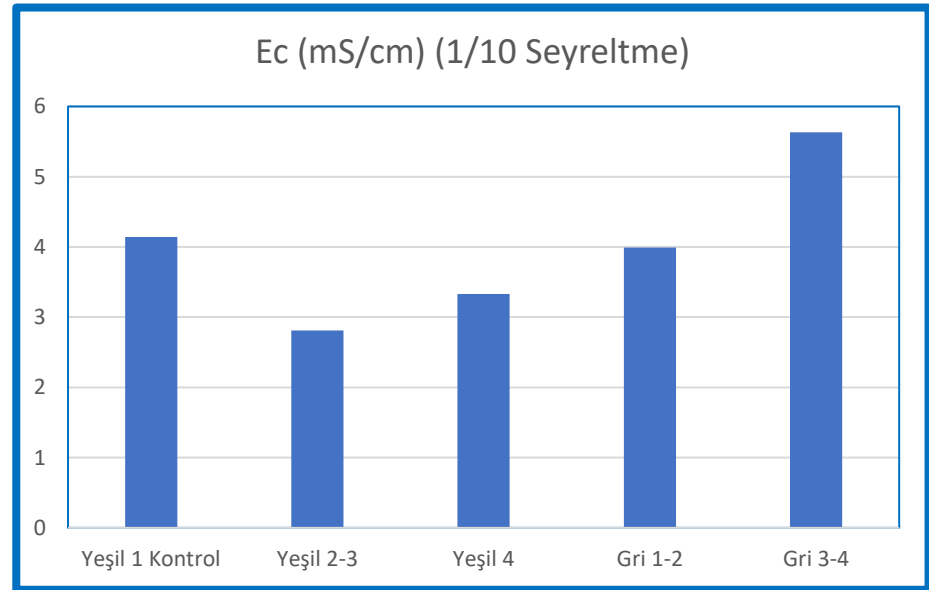
Analizler	Yeşil 1 Kontrol	Yeşil 2-3	Yeşil 4	Gri 1-2	Gri 3-4
pH (1/10 Seyreltme)	8,11	8,23	8,15	9,67	8,73
Ec (mS/cm) (1/10 Seyreltme)	4,14	2,81	3,33	3,99	5,63
Top. Tuz (%) (1/10 Seyreltme)	0,26	0,18	0,21	0,26	0,36
Nem (%) (65°C)	66,66	75,86	70,27	86,14	73,23
Kuru Ağırlık (%) (65°C)	33,34	24,14	29,73	13,86	26,77
Kül (%) (550°C)	46,4	41,48	49,43	37,15	48,8
Yanma Kaybı (%) (550°C)	53,6	58,52	50,57	62,85	51,2
Organik Madde (%)	55,42	61,06	53,07	61,68	53,57
Organik Karbon (%)	32,15	35,42	30,78	35,78	31,07
Top. Azot (%)	1,76	2,1	1,9	2,04	1,82
Karbon/Azot	18,27	16,87	16,2	17,54	17,07
Top. Fosfor (%)	0,56	0,6	0,61	0,55	0,7
Top. P ₂ O ₅ (%)	1,29	1,38	1,4	1,27	1,61
Top. Potasyum (%)	1,4	0,73	0,84	1,2	1,7
Top. K ₂ O (%)	1,68	0,876	1,01	1,44	2,04
Top. Kalsiyum (%)	6,9	5,3	6,2	4,2	5,1
Top. Sodyum (%)	0,44	0,51	0,43	0,76	0,62
Top. Demir (%)	0,32	0,31	0,28	0,26	0,32
Top. Bakır (‰)	46,1	71,2	58,4	96,7	83,6
Top. Çinko (‰)	218,4	233,1	200,2	197,8	192,1
Top. Mangan (‰)	204,4	218,7	214,8	214,7	254

Bitkilerin yetişmesi için uygun olan pH değeri bitkinin türüne göre değişir. Bitkilerin ihtiyaçlarına uygun pH ortamı seçilmelidir. Bitki pH değeri besin maddesinin kullanılabilirliğini etkileyen besin kimyasal formlarını düzenler (Izzati et al.,2019). Yeşil kutularımızın pH değeri orta alkalın reaksiyon özelliği, gri kutularımızın ise pH değeri ise kuvvetli alkalın reaksiyon özelliği göstermektedir (Şekil 15).



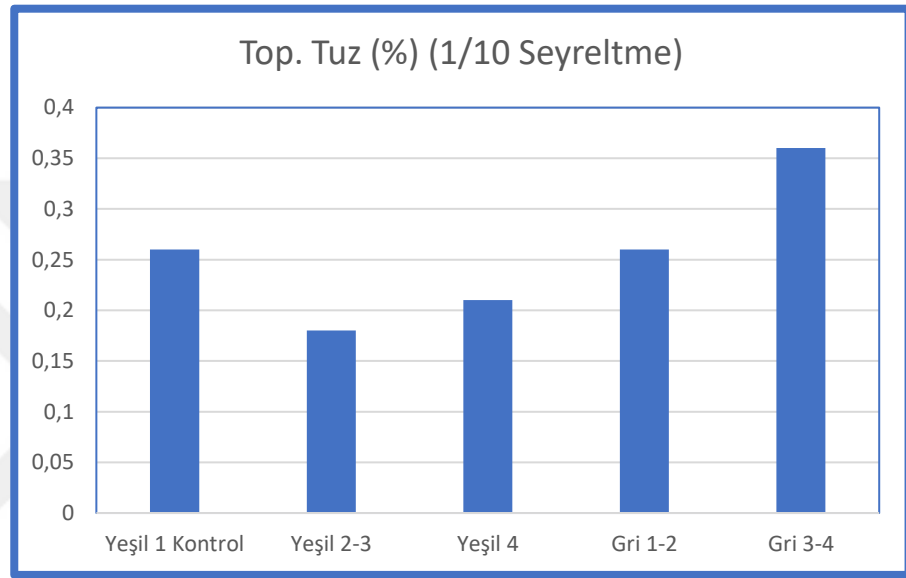
Şekil 15. Analiz Sonucu pH (1/10 Seyreltme)

Elektriksel iletkenlik değeri gübrelere verimliliğini doğrudan etkileyen ölçümlerden bir tanesidir. Bir gübrenin elektriksel iletkenliği fazla olursa gübrenin suda çözünme ihtimalini artırır. Toprağa gübre, su ile verildiği zaman gübrenin toprağa daha hızlı karışmasını ve daha fazla etki etmesini sağlar. Deneyimizde elektriksel iletkenlik değerimizin yüksek çıktığı kutular gri 3 ve gri 4 ile yeşil 1 kontrol grubudur (Şekil 16).



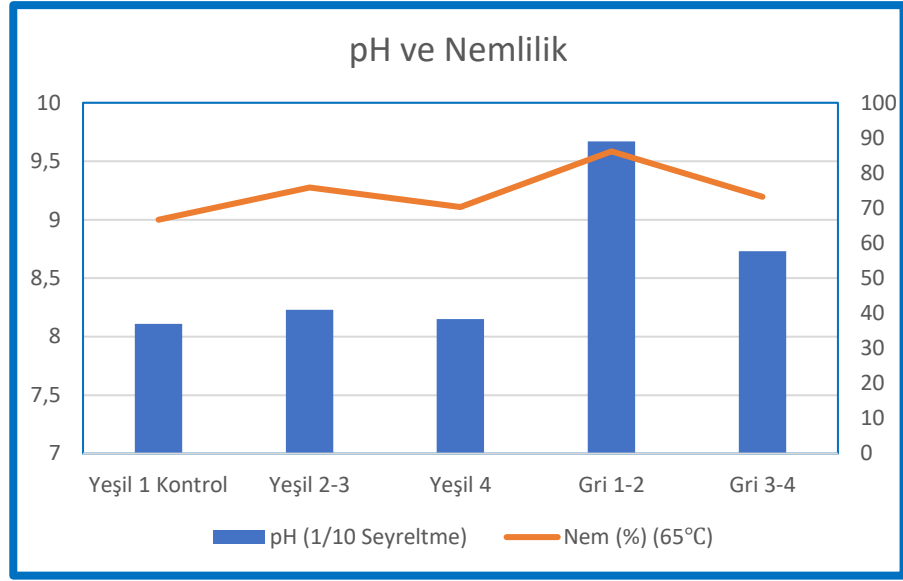
Şekil 16. Analiz sonucu Elektriksel İletkenlik (mS/cm)

Bitkinin su alımını engellemesi, bitkide toksik etkiye yol açması ve bitkinin metabolik beslenme düzenini bozması tuzluluğun olumsuz etkileridir (Sönmez, 2013). Gübre analizlerimizde elde edilen tuzluluk değerlerinde en yüksek Gri 3. ve Gri 4. kutularımızda gerçekleşmiştir (Şekil 17). Resmî Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” yönetmeliğinde belirtilen maksimum değerleri aşmamaktadır.



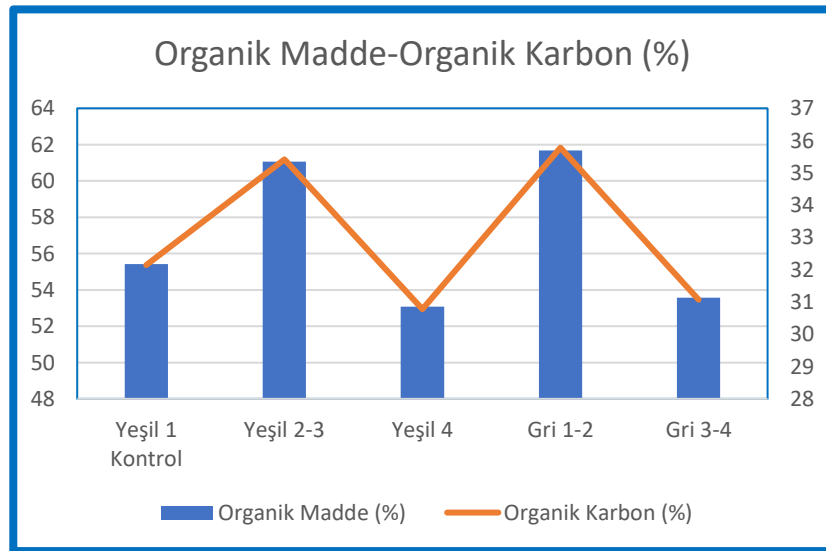
Şekil 17. Analiz Sonucu Toplam Tuz (%)

Nem değerlerimiz tüm deney kutularımızda yüksek çıkmıştır. Gri 1. ve Gri 2. kutularda kullanılan beslenme düzeninden dolayı nem miktarı %80’in üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 18). Nemlilik ve pH birbiriyle orantılı şekilde azalma ve artma özelliği göstermiştir. Resmî Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen maksimum nem oranının %20 olması istenmektedir. Ek bir kurutma işlemi yapılarak nem miktarı %20 seviyesine düşürülmesi sonucuna varılmıştır.



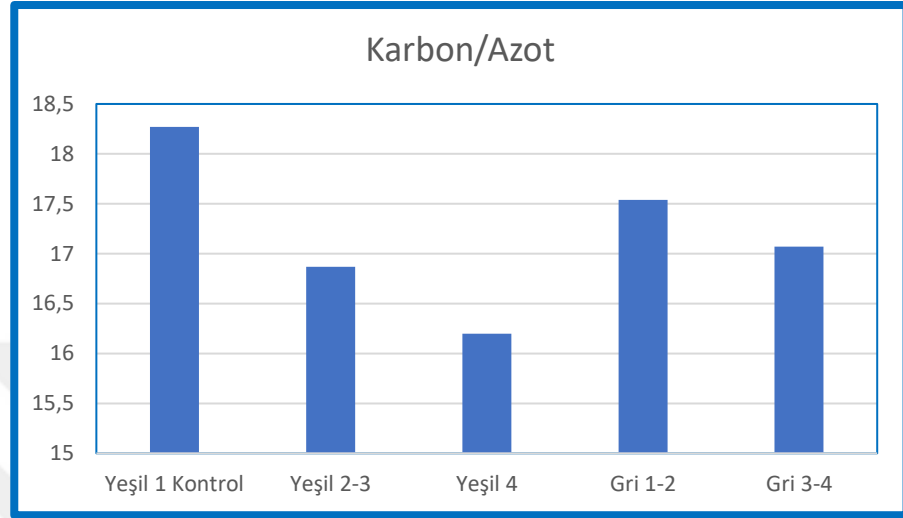
Şekil 18. Analiz sonucu pH (1/10 Seyreltme) ve Nemlilik (%)

Tüm deney kutularımızda organik madde ve organik karbon değerlerimiz Resmî Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik” eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen değerlere göre uygundur. Organik karbon ve organik madde değeri deney kutularımızda kullanılan beslenme düzenine göre orantılı bir şekilde artma ve azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Analiz Sonucu Organik Madde ve Organik Karbon

Tüm deney kutularımızda C/N oranı değerlerimiz (Şekil 20); Resmî Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen değerlere göre uygundur.



Şekil. 20 Analiz Sonucu Karbon/Azot Oranı

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Toprakta organik madde, su tutma kapasitesinin korunması, toprak yapısının dengesi, bitki besin elementlerinin sağlanması, ve iklim düzenleme etkisi için çok önemlidir. Çevresel direnç ve tarımsal üretkenlik için kilit belirteçlerden biridir. Toprağın organik maddesi toprağı toprak yapan önemli unsurdur. Organik madde topraktaki mikroorganizmaların enerji ve besin kaynağıdır; mikroorganizmanın faaliyetini artırarak bitki besin elementlerinin elverişliliğini artırır. Fosfor, azot ve kükürt için depo kaynağıdır. Toprak yapısını iyileştirir ve kum, silt ve kil taneciklerini bağlayarak kümeler oluşmasını sağlar. Toprakta erozyona direncini artırır, kaymak tabakası oluşumunu azaltır, yağmur sularının toprağa daha fazla sızmasını sağlar. Toprağın sıkışmasını azaltır, havanın ve suyun toprak içindeki devinimini düzenler. Toprağın sıcaklığını artırır. Toprağın su tutma kapasitesini ve bitkilerin su alımını artırır. Besin kaybını topraktan azaltır. Toprağın tamponlama ve katyon değiştirme kapasitesini artırarak bitkilerin daha fazla besin ögesinden faydalanmasını sağlar. Toprak tuzlu olmasına karşı tamponlama

özelliğini artırır. Bitkisel üretimde tuz zararını azaltır. Bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direncini artırır. Toprak reaksiyonunun değişmesini sağlar.

Bitkilerin toprakta optimum gelişme gösterebilmeleri, yetiştirme ortamındaki toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile yakından ilgilidir. Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin iyileştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması organik maddelerin toprakta var olmasıyla ilgilidir (Bender vd.,1998).

Toprak organik maddesini arttırmak amacıyla kullanılan organik gübreler içerisinde yer alan solucan gübresinin elde edilmesinde solucanlara verilen mama içerisinde %75'lik bir kısmını olgunlaşmış hayvan gübresi oluşturmaktadır. Hayvan gübresi toprakta organik madde miktarını arttıran en önemli organik gübre olup hayvancılık üretimimizin az olması sebebiyle miktar olarak azalmıştır. Bu tez araştırmasında solucan maması hazırlamada kontrol grubunun dışındaki deneme gruplarımızda geleneksel organik gübre kaynağı kullanımından farklı olarak hayvan gübresi yerine doğada bulunan *Spirulina* (*Cyanobakteri*) spp.'nin içerisindeki doğal bileşenlerin gübre kaynağı olarak komposta çevrilmesi amaçlanmıştır. Mavi-yeşil alglerden su yosunu *Spirulina platensis* türü özellikle hasadının, üretimin kolay olması sebebiyle solucan gübresi elde etmek için kullanılmıştır. Bu bağlamda hem solucan maması hazırlamada gün geçtikçe miktarı azalan hayvan gübresinin alternatifi bir materyal ile üretim yapılmış, hem de mevcut hayvan gübresi toprak organik madde miktarını yükseltmek amacıyla organik gübre olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

Alglerin tarımda biyogübre ve toprak stabilizatörü olarak önemli rol oynadığını gösteren çalışmalar yapılmıştır (Abdel-Raouf et al., 2004). Denize yakın tarım arazilerinde gübre olarak deniz yosunları kullanılmış, organik gübre olarak kullanılan büyük kahverengi ve kırmızı algler; genellikle potasyum açısından daha zengin fakat nitrojen ve fosfor açısından daha fakirdir (Waaland, 1981).

Araştırmacılar serada yetişen bezelye ve buğday üzerinde bitki gelişimi, beslenme ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini görmek için alg türlerini toprağa ilave ederek test etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan Alg

türleri *S. platensis*, *Chlorella sp.*, *Palmaria palmate*, *Laminaria digitata*, *Ascophyllum nodosum*'dur. Çalışma sonucunda, *Chlorella sp.* ve *S. platensis*'in topraktaki toplam nitrojeni ve erişilebilir fosforu artırdığı ve ayrıca *S. platensis* 'in topraktaki nitrat seviyelerini iyileştirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmacılar, *S. platensis*, *Chlorella sp.*, *P. palmate*, *L. digitata*, *A. nodosum* ilave edilen topraktaki inorganik nitrojen konsantrasyonlarının arttığını bildirmişlerdir (Mahapatra et al., 2018).

Atık su arıtımında yaygın olarak kullanılan *S. platensis*, *Chlorella sp.* gibi alg türlerinin atık sulardan N ve P besin elementlerini giderdiği için toprak düzenleyici olarak kullanılan uygun adaylar olduğu bir araştırmada belirtilmiştir. Başka bir araştırmada *S. platensis*'dan elde edilen biyokütlenin topraktaki makro besin elementlerini (azot, fosfor, potasyum) iyileştirdiği, biyo güçlendirici olarak işlev gördüğü, bitki protein içeriğini ve ürün gelişimini arttırmış olduğu kırmızı ıspanak türünün yetiştirilmesinde kanıtlanmıştır. *Ameranthus gangeticus* kırmızı ıspanak türü *S. platensis*'dan elde edilen biyokütle ile yetiştirildiğinde boyu, taze ve kuru ağırlıkları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında artmıştır (Alobwede et al., 2019).

Yapılan başka bir araştırmada *S. platensis*'in balık atığı ve inek gübresinden elde edilen kuru vermikomposta ekim ve Aiba; Ogawa sıvı besiyerlerine ekimi yapılarak yetiştirilmesi denenmiştir. Elde edilen sonuçlarda *S. platensis* 'in en yüksek protein ve krofil-a oranının inek gübresi ve sıvı besiyerlerine ekimde meydana gelen biyokütlerde olduğu gözlenmiştir. Elde edilen kurutulmuş *S. platensis* biyo kütlesi ise en fazla inek gübresinden elde edilen kuru vermikomposta ekim ile elde edilmiş ve en az *S. platensis* biyo kütlesi balık atığından elde edilen kuru vermikomposta ekimi ile elde edilmiştir. *S. platensis*, protein ve vitamin açısından zengin olup hem insanın hem de onu tüketen hayvanların bağışıklık kapasitesini arttırmak için kullanılabilir (Reham et al., 2019).

Sebze Yetiştiriciliği için bitki büyümesini teşvik eden ve fitopatojenleri baskılayan tohum yatağı olarak kullanılacak bir substrat geliştirmek için yapılan bir çalışmada, *E. fetida* ve *E. andrei* solucanları ile vermikompostlama sürecine mikro alg ve biyokömürün eklenmesi denenmiştir. *E. fetida* solucanı, % 6 biyokömür ve mikroalg *Navicula sp.*'nin biyokütleleri kullanılarak solucan gübresi üretimi

yapılmıştır. Sebzelerin büyümesini arttıran fitopatojenleri baskılayan tohum yatağı maddesi üretilmiş ve bu tohum yatağı kimyasal gübre kullanımını azaltmak için sürdürülebilir tarımda kullanılabilir sonucu ortaya çıkmıştır (Alshehrei et al., 2021).

Bu tez çalışması sonucunda elde edilen solucan gübreleri (farklı kombinasyonlarda Spirulina ile beslenen), araştırmada kontrol olarak kullanılan (normal mama ile beslenen) solucan gübresi ile kıyaslandığında, %50 normal mama + %50 sıvı Spirulina (Yeşil 2-3) ve %50 normal mama + %50 pelte Spirulina (Yeşil 4) ile besleme sonucu elde edilen gübrelerin pH ve tuz içeriğinin; %25 normal mama + %75 sıvı *spirulina* (Gri 1-2) ile besleme sonucu elde edilen gübrenin ise toplam tuz içeriğinin normal mama ile besleme (Yeşil 1) sonucu elde edilen gübreden daha düşük olduğu saptanmıştır. Tuz, bitkinin beslemesi ve toprak özelliklerinin olumsuz etkilemesi ve sorun yaratması açısından oldukça önemli bir verimlilik faktörüdür. Tuzluluk arttıkça bitkinin strese girmesi, sürekli tuzluluğun artması, toprak koşullarının kötüleşmesi, özelliklerinin bozulması, verimde %10-50 arasında düşüslere sebep olması nedeniyle bitki besleme ve gübrelemede dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Nem içeriği tüm gübrelerde (kontrol dahil) oldukça yüksektir. Resmî Gazetenin 30341 sayılı ve 23 Şubat 2018 tarihli “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik’ eki EK-1’de “Solucan Gübresi” kısmında verilen maksimum nem (%20) içeriğine uyum sağlamak için ek bir kurutma işlemi yapılarak nem miktarı düşürülmelidir. Organik gübreler toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etki ederek bitkilerin yetiştiği ortamı uygun hale getirip, bitkilerin daha iyi beslenmelerine, verim artışına toprak özelliklerinin iyileştirmesine, sağlıklı bitki üretimine, sürdürülebilirlik üzerine ve aynı zamanda azda olsa bünyelerinde bulunan besin elementlerini de toprağa verip, toprakta besin maddesi miktarına katkı sağlayarak gübre kullanımında tasarruf sağlaması yönüyle de üretime katkı sağlamaktadırlar. Organik gübreler bu faydalılıklarını organik madde içeriğinin yüksek olması ve bünyelerinde mevcut fonksiyonel gruplar (karboksil, hidroksil vs) ile gerçekleştirirler (Taban ve Turan, 2012). Araştırma sonucu elde edilen solucan gübresi örneklerinin organik madde içerikleri kontrol (normal mama ile beslenen) olarak kullanılan solucan gübresi ile kıyaslandığında %50 normal mama+%50 sıvı Spirulina (Yeşil 2-3) ve %25 normal mama %75 sıvı Spirulina (Gri 1-2) ile besleme sonucu elde edilen gübrelerin organik madde

içeriklerinin daha yüksek olduğu, diğer beslenme koşullarında elde edilen gübrelerin organik madde içeriklerinin de normal mama ile beslenen (kontrol) gübrenin organik madde içeriğine yakın olduğu belirlenmiştir. Makro elementler yönünden özellikle azot ve fosfor (N ve P) içeriğinin tüm besleme kombinasyonlarında kontrolden yüksek, potasyumun ise kısmen yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı durum bakır çinko mangan besin elementleri için yüksek demir besin elementi için ise kısmen yüksek bulunmuştur.

Araştırma sonucunda farklı kombinasyonlara *Spirulina* ile besleme sonucu elde edilen solucan gübrelerinin kimyasal analizleri sonuçlarına bakıldığında normal mama ile besleme sonucu elde edilen solucan gübresinden bazı özellikleri (organik madde Cu, N, Fe, P, K, Zn, Mn, tuz,) yönüyle farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Bu farklılığın sebebi *S. platensis*'in sahip olduğu zengin protein, esansiyel amino asitler, mineraller, vitaminler ve esansiyel yağ asitleri içeriğidir. Nem içeriğinin düşürülmesi sağlandığında bu gübrelerin içeriklerinde artış (yoğunluk) olacağı, farkın daha belirgin olacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde çalışmamızı değerlendirebileceğimiz tek benzer tez çalışması olan (Duran, 2019)'un yaptığı tez çalışmasında da çiftlik gübresi ve kahverengi deniz yosunu kombinasyonlarının *E. fetida* organik gübresi özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, kahverengi deniz yosunu (*Cystoseira barbata*) ve sığır gübresi kombinasyonlarının solucan maması olarak kullanılmasıyla elde edilen *E. fetida* solucan gübresinde, mama ve vermikor 47 uplarındaki yosun miktarı arttıkça Zn, Ni, Fe, Pb, Cr, Mn, Mg ve Cu meta lerinin düştüğünü, organik madde, organik karbon, kireç, N, P ve K gibi bitki besleyici maddelerin arttığını göstermiştir.

SONUÇ

Bu tez çalışmasında yarı sucul toprak solucanı (*Eisenia fetida*) biyo-kütle yetiştiriciliğinin alg katkılı olarak yapılmasıyla buradan elde edilecek organik gübrenin yeni bir ürün olarak gübre sektörüne özgün katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Mikro algler pigmentler, protein, vitaminler, yağ asitleri, mineraller ve daha

pek çok değerli hücrel metabolitler bakımından zengin içeriğe sahiptir. Ve son yıllarda üzerinde çok araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Mikroalgal biyoteknoloji üzerine ülkemizde de gerçekleştirilen çalışmalarda artış gözlenmektedir.

Tez çalışmamız sonucunda, *Spirulina spp.* ile beslediğimiz yarı sucul toprak solucanı (*Eisenia fetida*)'nın, farklı beslenme kombinasyonlarıyla beslendiğinde, topraklarımızın cinsine ve isteklerine göre gerekli organik gübrenin sağlanabileceği ortaya konulmuştur. Organik madde içeriğini topraklarımızda arttırmalıyız. Kullanabileceğimiz kaynaklar (Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Gübresi, Tavuk Gübresi, Solucan Gübresi, Bitkisel Atıklar ve Gıda Endüstrisi Atıkları, Kompost, Atık su Arıtma Çamurları, Yeşil gübreleme, Mezbaha Atıkları, Leonardit, Biyokömür) içerisinde yer alan solucan gübresi üretimine yeni bir bakış açısı getirilmiş ve organik madde düzeylerinde artış sağlanmıştır.

Azot protein sentezi ve metabolizmadaki enzim fonksiyonu için gerekli olduğundan bitki gelişimi için en önemli besin maddesidir. Azotun eksikliğinde büyüme ve gelişme durur, bodur bitki üretimi meydana gelir, yaprak sararması ve düşük verim gözlenir (Chapman, 2013). C/N oranı ne kadar büyük olursa ortamın karbonu da fazla olur. C/N oranının 24'ten düşük seyretmesi artan nitrojen konsantrasyonu nedeniyle toprağın daha verimli olduğunu anlamına da gelir (Izzati et al.,2019).

Algler kurak ve yarı kurak ekosistemlerin önemli bileşenleridir. Son yıllarda yapılan araştırmalar alg kaynaklı gübrelerin toprağın ve bitkinin yapısını iyileştirici, yenileyici, besleyici özellikte olduğunu göstermiş ve kaliteli verim artışını beraberinde getirmiştir. Bu açıdan bakıldığında, tez çalışmamızdan olumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bitkinin ihtiyacı olduğu besin elementini vermek için önce bitkinin ekileceği toprağın analizi yaptırılmalı daha sonra bitkinin ihtiyacına göre uygun gübre seçimi tercih edilmelidir. Alg kaynaklı gübreler bu hususta tercih edilebilen bir seçenektir. Ülkemizin dövize bağımlılığını azaltmak, ülkemizin refah seviyesini artırmak, tarım ürünlerinin verimini ve kalitesini yükseltmek ve en önemlisi elde edilen faydada sürdürülebilirliği sağlamak adına yapılan bu çalışmanın bundan sonra yapılacak olan çalışmalara ışık tutacağına inanıyorum.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdel-Raouf, N., Ibraheem, IBM., Hammouda, O.,** 2004, Eutrophication of River Nile as indicator of Pollution. Proceeding of 5th Int. Sci. Conf. pp. 25-27 March 2003, Al-Azhar Bull. Sci., pp. 293-306.
- Agnete Alsos, G., Ljunggren, E., and Toril Pettersen, L.,** 2003, Farm-based entrepreneurs: what triggers the start-up of new business activities?. Journal of Small Business and Enterprise Development, 10 (4), 435-443.
- Alobwede, E., Leake, J.R., Pandhal, J.,** 2019, Circular economy fertilization: Testing micro and macro algal species as soil improvers and nutrient sources for crop production in greenhouse and field conditions. Geoderma 334, 113–123
- Alshehrei, F., Al-Enazi, N.M., Ameen, F.,** 2021, Vermicomposting amended with microalgal biomass and biochar produce phytopathogen-resistant seedbeds for vegetables. *Biomass Conv. Bioref.*
- Amouei, A.I., Yousefi, Z., and Khosravi, T.,** 2017, Comparison of vermicompost characteristics produced from sewage sludge of wood and paper industry and household solid wastes. Journal of Environmental Health Science & Engineering, 15, 5, doi: 10.1186/s40201-017-0269-z.
- Anonymous,** 1997, United S.G. Survey on National Pesticide Synthesis Project. Summary (online) Available at <http://water.wrusgs.gov/pnsphtml> (Erişim tarihi= 10 Eylül 2023).
- Anonymous,** 2001, Pesticides spread and their toxic reach. Agrochemicals Report.[http://www.fadinaporg/nib/nib2002_3/index .html](http://www.fadinaporg/nib/nib2002_3/index.html). (Erişim tarihi= 10 Eylül 2023).
- Bajsa, O., Nair, J., Mathew, K., and Ho, G. E.,** 2003, Vermiculture as a tool for domestic wastewater management. Water Science & Technology, 48 (11), 125-132.
- Bayraktar, Z.,** 2019, Kırmızı Kaliforniya Solucanı (*Esenia fetida*) Ununun Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yeminde alternatif protein kaynağı olarak kullanım olanaklarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Belay, A.**, 2002, The Potential Application of Spirulina (Arthrospira) as a Nutritional and Therapeutic Supplement in Health Management, The Journal of the American Nutraceutical Association, Vol. 5, No. 2, pp.1-24, JANA 27.
- Beksarı, A.**, 2017, Toprak solucanı *Esenia fetida*'nın HUFA içeriğinin zenginleştirilmesi ve karides *Penaeus vannamei* beslenmesinde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Bellitürk, K.**, 2016, Sürdürülebilir Tarımsal Üretimde Katı Atık Yönetimi İçin Vermikompost Teknolojisi. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31 (3): 1-5 (Özel Sayı), Adana.
- Bellitürk K., Benardete, G. B.**, Doğanın Mucizevi Canlıları Toprağın Bereketi ve Çevre Sağlığına Yüzyıllardır Hizmet Eden Solucanlar. Vermikompost (Solucan Gübresi) Rehber Kitabı. (2020) www.ecoreform.org (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2023)
- Bender, D., Erdal İ., Dengiz, O., Gürbüz, M.**, 1998. Farklı Organik Materyallerin Killi Bir Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi. (Turkish). M.Ş. Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil. 387-394. Menemen /İzmir
- Boehm, M.J., Madden, L.V., and Hoitink, H.A.J.** 1993, Effect of organic matter decomposition level on bacterial species diversity and composition in relationship to Pythium damping –off severity. Appl.Environ.Microbiol. 59: 4171-4179.
- Boğatemür, A. B.**, 2022, Farklı evsel atıkların Kırmızı Kaliforniya Solucanı (*Esenia fetida*) üreme yoğunluğuna ve vermikompost kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi.
- Capeness, S.**, 2002, Adopting Vermiculture Technology to Manage and Utilize Organic Waste. Peter Core, 111.
- Carson, R.**, 1962, Silent Spring. Boston: Houghton Mifflin Co., USA.
- Ceritoğlu, M., Şahin, S., ve Erman, M.**, 2019, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi Vermikompost Üretim Tekniği ve Üretimde Kullanılan Materyaller, 6(2): 230-236.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chen, S.K., Edwards, C.A., and Subtler, S.** 2001, Effects of the fungicides benaomyl, captan and chlorothalonil on soil microbial activity and nitrogen dynamics in laboratory incubations. *Soil Biology and Biochemistry*. 33(14), 1971-1980.
- Chernyak, S. M., Rice, C.P., and McConnell, L. L.,** 1996, Evidence of currently-used pesticides in air, ice, fog, seawater and surface micro layer in the Bering and Chukchi seas. *Marine Pollution Bulletin*, 32(5), 410-419.
- Deivanayaki, M., and Sathya, R.,** 2015, Macro and micronutrient analysis of vermicompost obtained from greengram wastes. *Indian Journal of Science*, 15(45), 27-33.
- Demirtaş, I., Arı, N., Arpacioğlu, A., Kaya, H., Özkan, C.,** 2005. Değişik organik kökenli gübrelerin kimyasal özellikleri. *Derim* 22(2): 47-52
- Domínguez, J., Edwards, C.A.,** 2011, Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management: In: Sherman (Eds), Relationships between composting and vermicomposting: relative values of the products, 2nd edn., CRC Press. Boca Raton, Florida, pp 1-14.
- Dominguez, J., Edwards, C.A., and Subtler, S.,** 1997, A Comparison of vermicomposting and composting. *Bio Cycle*: 38, No. 4: 57-59.
- Duran, K.,** 2019, Kahverengi deniz yosunu ve çiftlik gübresi kombinasyonlarının *Esenia fetida* organik gübresi özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi.
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J.,** 1996, Biology of earthworms. In: P.J. Bohlen and C.A. Edwards (Eds.), Biology and ecology of earthworms, 3rd Edn., Hall, New York, pp 426.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., and Sherman, R. L. (Eds.),** 2010, Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC press. 23-24.
- Emperor, G.N., Kumar, K.,** 2015, Microbial population and activity on vermicompost of “*Eudrilus eugeniae*” and “*Eisenia fetida*” in different concentrations of tea waste with cow dung and kitchen waste mixture.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4(10): 496-507.

Erdoğan. G., 2020, *Zea mays L.*, (mısır), *Vigna unguiculata L.* Walp. (Börülce) ve *Eisenia fetida* taksonlarının elektromanyetik alana tepkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.

Erdoğan. C., 2020, *Esenia fetida* türü toprak solucanlarının kimyasal gübre kullanılmış topraklar üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi

Eşiyok, D., Yağmur, B., Okur, B., 2001, The effects of some naturel and mineral fertilizers on yield and mineral content of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.). 37th Croatian symposium on agriculture with an int. participation., 19-23February. Opatija, 179-181.

Eşiyok, D., Yağmur, B., 2012 Solucan gübresi: vermikompost -III (Vermikompostun kullanım alanları) <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=3202>, (Erişim Tarihi: 9 Eylül 2023)

Fox, R. D., 1996, Pub. By Editions Edisud, La Calade, R.N.7, 13090 Aix-en-Province, FRANCE, 232p.

Fushiwaki, Y., Tase, N., Saeki, A., And Urano, K., 1990, Pollution by the fungicide Pentachloronitrobenzene in an intensive farming area in Japan. The Science of the Total Environment, 92: 55-67.

Garg, VK., Yadav, YK., Sheoran, A., Chand, S., Kaushik, P., 2006, Livestock Excreta Management Through Vermicomposting Using an Epigeic Earthworm *Eisenia Foetida*. Environmentalist 26:269–276.

Habib, M.A.B., Parvin, M., Huntington, T.C., and Hasan, R.M., 2008. A Review on Culture, Production and Use of Spirulina as Food for Humans and Feeds for Domestic Animals and Fish, FAO Fisheries and Aquaculture Circular. No. 1034, Rome-Italy, ISBN 978-92- 5-106106-0, pp. 1-41.

Hepşen-Türkay, F. Ş., 2010, Fındık zurufu ve arıtma çamurunun solucanlar ile kompostlanması ve elde edilen vermikompostun sera ve tarla koşullarında toprakların biyolojik özelliklerinde meydana getirdiği etkilerin belirlenmesi,

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

Hoitink, H.A.J., Schmitthenner, A.F., and Herr, L.J., 1975, Composted bark for control of root rot in ornamentals. Ohio Reporter, 60: 25-26.

Hoitink, H.J., Harry, A.J., Zhang, W., 1997, Making compost to suppress plant disease. BioCycle, 38(4), 40.

Huang, K., Li, F., Wei, Y., Chen, X., and Fu, X., 2013, Changes of bacterial and fungal community compositions during vermicomposting of vegetable wastes by “*Eisenia foetida*”. Bioresource Technology, 150: 235-241.

[https:// www.eceoreform.org](https://www.eceoreform.org), 2023

Iordache, M., 2018, Survival, weight, and prolifi cacy of *Eisenia fetida* (Savigny 1826) in relation to food type and several soil parameters. Pol J Environ Stud, 27(1), 109-115.

Izzati, M., Haryanti, S., Setiari, N., 2019, The use of macroalga sargassum sp. and *Gracilaria verrucosa* in improving sandy and clay soil fertility. J. Phys. Conf. Ser. 1217

Kale, R.D., 2000, An Evaluation of the Vermitechnology Process for the Treatment of Agro, Sugar and Food Processing Wastes. Technology Appreciation Programme on Evaluation of Biotechnological Approaches to Waste Management held on 26th October, 2000. Industrial Association-Ship of IIT, Madras, 15–17.

Kara, H., 2013, Organik Tarım ve Çevre Koruma Açısından; Solucan Kültürü ve Kompostunun Değerlendirilmesi, TEMA Vakfı Ulusal Vermikültür Çalıştayı Bildiriler Kitabı. Editör: Koray Haktanır, 83-85.

Karakaş, İ., 2019, Bazı potansiyel patojen mikroorganizmalara karşı *Esenia fetida*’nın sölom sıvısının antimikrobiyal aktivitesinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.

Kocaeli İl Tarım Ve Orman Müdürlüğü, Vermikompost Solucan Gübresi Üretimi pdf. www.kocaeli.tarimorman.gov.tr (Erişim Tarihi: 10 Eylül 2023)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kocakurt, H.**, 2022, Kırmızı Toprak Solucanı *Eisenia fetida*'dan elde edilen sölom sıvısının özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Koru, E.**, 2012, The Importance of Microalgae: Some Current Technological Trends in The Production and Bioprocessing Of Microalgae Biomass, In: Kop, A., Karataş, B 8eds.), Advances in Aquaculture and Fisheries Research, ISBN: 978-625-8246-94-0, Iksad Pub. House, Ankara.
- Kumlu, M., Beksarı, A., Eroldoğan, O.T., Yılmaz, H.A., Sarıpek, M., Kınay, E., Giovanni, M.T.**, 2016, Kırmızı Solucan *Esenia Fetidae*'nın su ürünleri yetiştiriciliği için diyet kaynağı olma potansiyelini geliştirmek için DHA ile zenginleştirilmesi. www.elsevier.com/locate/aquaculture (Erişim Tarihi 19.07.2023)
- Mahapatra, D.M., Chanakya, H.N., Joshi, N.V.**, 2018, Algae-Based Biofertilizers. A Biorefinery Approach. 177–196.
- Menteş, E.**, 2018, *Esenia fetida*'nın mikro plastik absorpsiyonu ve büyüme parametrelerine etkisinin kararlı izotop yöntemiyle araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Mohammed., A.R.**, 2018, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom, arseniğin uzaklaştırılmasında kırmızı kalifornia solucanın (*Esenia Fetidae*) kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Moreira, L.M., Rocha, A.S.R., Ribeiro, C.L.G., Rodrigues, R.S., and Soares, L.S.**, 2011, Nutritional evaluation of single-cell protein produced by *Spirulina platensis*. African Journal of Food Science, 5(15), 799-805.
- Ndegwa, P.M., Thompson, S.A.**, 2001, Integrating Composting and Vermicomposting the Treatment and Bioconversion of Biosolids. Biores. Technol. 76, 107–112.
- NCBI (National Institutes of Health)**, 2023, Taxonomy browser (*Arthrospira platensis*)<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=info&id=118562>.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Parveresh, A., Movahedian, H., Hamidian, L.,** 2004, Vermistabilization of municipal wastewater sludge with *Eisenia fetida*. Iranian Journal of Environmental Health and Science Engineering, 1(2), 43-50.
- Pattnaik, S., and Reddy, M.V.,** 2010, Nutrient status of vermicompost of urban greenwaste processed by three earthworm species-*Eisenia fetida*, *Eudrilus eugeniae*, and *Perionyx excavatus*. Hindawi Publishing Corporation Applied and Environmental Soil Science, Article ID 967526, 13p, doi:10.1155/2010/967526.
- Pelaez, F.,** 2006, The historical delivery of antibiotics from microbial natural products—Can history repeat?, Biochem. Pharmacol., 71 (7), p.981.
- Pulz, O., and Gross, W.,** 2004, Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied Microbiology and Biotechnology, 65, 635-48.
- Rajiv, K.S., Agarwal, S., Chauhan, K., Chandran, V., Soni Brijal, K.,** 2010, Vermiculture Technology: Reviving the Dreams of Sir Charles Darwin for Scientific Use of Earthworms in Sustainable Development Programs. 1,155-172.
- Reham, A. E., Abd. El. Hay., Yasser, T.A., Moustafa, Entsar, Mohamed ELMetwaly, E.,** 2019, The use of vermicompost in cultivation and production of *Spirulina platensis* 12, 2019; Accepted: Sept. 22, 2019 published: 2019 Vol.9 (3):01-12
- Resmî Gazete,** 23 Şubat 2018 tarih ve 30341 sayılı “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelerle Dair Yönetmelik’ eki Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (resmigazete.gov.tr) (Erişim Tarihi: 28.Aralık 2023)
- Richmond, A.,** 1992, *Spirulina*, in Borowitzka, Michael A. & Borowitzka, Lesley J.(ed.), Micro-algal Biotechnology, Cambridge University Press, Cambridge,UK, p.86-121.
- Rüya, A.,** 2018, Vermikültür, Vermikompost *Esenia Fetidae* (Savigny, 1826) ve *Oligochaeta* (Annelida), Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Saday, C.**, 2013, Vermikültür Üretimi, Yaşanılan Yasal Zorluklar ve Çözüm Yolları ile Üretim Süreçleri ve Gelişimi Konusundaki Deneyimlerinin Aktarılması, TEMA Vakfı Ulusal Vermikültür Çalıştayı Bildiriler Kitabı. Editör: Koray Haktanır. İstanbul, 20- 36.
- Sánchez, M., Bernal-Castillo, J., Roza, C., Rodríguez, I.**, 2003, *Sprulina (Arthrospira): An Edible Microorganism: A Review*. Universitas Scientiarum Revista De La Facultad De Ciencias Pontificia Universidad Javeriana, Vol. 8, N° 1: 7-24.
- Sasson, A.**, 1997, Micro Biotechnologies: Recent Developments and Prospects for Developing Countries. BIOTEC Publication 1/2542. pp. 11–31. Place de Fontenoy, Paris. France. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
- Schuman, S.H., and Simpson, W.**, 1997, A clinical historical overview of Pesticide health issues. Occup Med-state of the Art Rev., 12: 203-207.
- Seyidoğlu, N., Galip, N.**, 2013, *Spirulina platensis*'in Hayvanlarda Büyüme Performansı ve Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkisi. Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Bursa. Animal Health, Prod and Hyg. 2013, 2(2): 240-244.
- Siddique, J., Khan, A.A., Hussain, I., and Akhter, S.**, 2005, Growth and reproduction of earthworm (*Eisenia fetida*) in different organic media. Pakistan J Zool, 37(3), 211-214.
- Sütlüoğlu, S.**, 2021, İçme suyunda kullanılan bazı dezenfektanların Arpa (*Hordeum vulgare L.*) ve toprak solucanı (*Eisenia fetida*) üzerindeki sitotoksit ve genotoksit etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
- Şen, O.**, 2019, Vermikompost üretimi üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Şenkaya, M. E.**, 2020, Atık su arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanarak bünyelerindeki ağır metalin giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Şimşek-Erşahin, Y.**, 2007, Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (2), 99-107.
- Taban, S. ve Turan, M.A.**, 2012. Tarımda Gübre Çevre İlişkileri. Tarım Türk, 34: 10-14.
- Tomati, U., Grappelli, A., Gallii, E.**, 1987, The Presence of Growth Regulators in EarthwormWorked Wastes. in: Proceedings of International Symposium on Earthworms, A.M. Bonvicini Paglioi and P. Omodeo (eds.), Unione Zoologica Italiana, 2, Mucchi, Modena, pp. 423–435.
- Tutar, U.**, 2012, *Esenia fetida* türü toprak solucanlarından elde edilen farklı ekstraktların bitki patojenleri üzerindeki antibakteriyel ve antifungal aktivitelerinin araştırılması, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tokat.
- Türkmen, M.A.**, 2016, Çevre Odaklı Üretim Ve Tarımsal Girişimcilik Bağlamında: Vermikültür, *Journal of Life Economics* 3.2 : 1-18.
- Vanlı, H., Bedük, S.**, 2013, Sürdürülebilir Ticaret; İklim Değişikliği Ve Vermikültür Sistem İle Organik Gübre Elde Edilmesi. II. Rize Kalkınma Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Rize, 114-123.
- Waaland, JR.**, 1981, Commercial utilization, In The biology of seaweeds, London CS and Wynne JM Eds., University of California Press, Berkeley, p. 726
- Wani, K.A., Mamta, A.B., Rao, R.J.**, 2013, Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm *Eisenia fetida*.
- Wikfors, H.G., and Ohno, M.**, 2001, Impact Of Algal Research In Aquaculture, *Journal of Phycology*, 37, pp.968-974.
- Yadav, A., and Garg, V.K.**, 2013, Nutrient recycling from industrial solid wastes and weeds by Vermiprocessing using earthworms. *Pedosphere*, 23(5) 668-677.
- Zarouck, C.**, 1966, Contribution á l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch. et gardner) Geitler. Ph. D. Thesis, University of Paris, France.