

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ATIKLARDAN HAZIRLANAN KOMPOST BİLEŞİMİNİN
SOLUCAN GÜBRESİNİN NİTEL VE NİCEL ÖZELLİKLERİNE
ETKİLERİ**

İbrahim TAVUÇ

**Danışman
Prof. Dr. Hasan ÖZÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016**



© 2016 [İbrahim TAVUÇ]

TEZ ONAYI

İbrahim TAVUÇ tarafından hazırlanan "**FARKLI ATIKLARDAN HAZIRLANAN KOMPOST BİLEŞİMİNİN SOLUCAN GÜBRESİNİN NİTEL VE NİCEL ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Hasan ÖZÇELİK
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. İsa KARAMAN
Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Veli UYGUR
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Yasin TUNCER

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İbrahim TAVUÇ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Atıkların kurutulması.....	19
3.2.2. Atıkların parçalanması.....	20
3.2.3. Atıkların elenmesi	21
3.2.4. Karışımların hazırlanması	22
3.2.5. Fermantasyon	23
3.2.6. Solucanların yeme adapte edilmesi	24
3.2.7. Solucanların yem içerisine yerleştirilmesi	25
3.2.8. Gübre üretimi.....	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	61
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	76

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ATIKLARDAN HAZIRLANAN KOMPOST BİLEŞİMİNİN SOLUCAN GÜBRESİNİN NİTEL VE NİCEL ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

İbrahim TAVUÇ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan ÖZÇELİK

Çalışma, 2012-2015 yılları arasında Burdur ilinde bulunan AKME Group Organik Solucan Gübresi Üretim Tesisi'nde yürütülmüştür. Çalışmamızın amacı farklı oranlarda ve farklı bileşenlerden oluşan kompost bileşiminin, organik madde, bitki besin elementleri miktarı gibi solucan gübresindeki nitel ve nicel özellikleri etkileyip etkilemediğini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda evsel atıklar (kentsel çöp), kanalizasyon çamuru, elma, ayçiçeği ve gül atıklarından ayrı ayrı 25:75, 50:50 ve 75:25 oranlarında büyük baş hayvan gübresi ile karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlardan solucan gübresi ve kompostu üretilmiş, kompost ile solucan gübresinin içerik analizi yapılmıştır. Yapılan analizde; kompost ve gübreler toplam azot, nitrat azotu, toplam fosfor, organik karbon, özgül ağırlık, tuz, organik madde, organik azot, yoğunluk Cu, Mn, Fe, Zn, K, Ca, Mg, Na, P, pH, EC özellikleri bakımından incelenmiş ve miktarların, atık çeşiti ile solucanla muamelesine göre değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada üzerinde durulan özellikler bakımından atığın cinsi, solucan varlığı-yokluğu ve atık-gübre oranlarının etkisi ANOVA, faktörlerin seviye ortamları arasındaki farkların önem kontrolü ise Tukey Testi ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenip yorumlandığında farklı atıklardan elde edilen kompost bileşiminin, gübrenin nitel ve nicel özelliklerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir.

AnahtarKelimeler: Solucan Gübresi, Vermikompost, Atık Değerlendirme, Tarımsal Atıklar, Atık Yönetimi

2016, 77 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EFFECTS ON QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF EARTHWORM MANURE OF COMPOSTS PREPARED FROM DIFFERENT WASTES

İbrahim TAVUÇ

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Biology**

Supervisor: Prof. Dr. Hasan ÖZÇELİK

The aim of this study was to determine whether the nature and rate of organic residues, organic matter and plant nutrients affect the qualitative and quantitative features of vermicompost. For this purpose a variety of mixtures were prepared with household waste, sewage sludge, processing waste of apple, sunflower and rose oil industries, at 25:75, 50:50, 75:25 percent. Then the composts were obtained with and without earthworms from mixtures. Composts and vermicomposts were analysed for total N, nitrate-nitrogen, total phosphorus, organic carbon, bulk density, total dissolved salts, organic matter, organic nitrogen, Ca, Mn, Fe, Zn, K, Cu, Mg, Na, pH and EC. The results were highly dependent on type of waste and waste mixtures and earthworm treatment. The data were subjected to ANOVA in order to test the significance of the main treatments. The mean separation were performed by means of Tukey test. Results indicated that the qualitative and quantitative traits of the composts were substantially affected by waste mixture rate and waste chemical composition.

AnahtarKelimeler: Vermikest, Vermicompost, Waste recycling, Agricultural wastes, Waste management

2016, 77 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Hasan ÖZÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Gübre örneklerin fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT'e ve istatistiksel analizlerin yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Özgür KOŞKAN'a,

Tez yazım aşamasında yardımlarını gördüğüm Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Yasemin ÖZTÜRK'e ve Tefenni Meslek Yüksekokulu öğretim elemanı Öğr. Gör. Dr. Bekir YILDIRIM'a, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora öğrencileri Belkıs MUCA ve Ahmet KOCA'ya,

3774-YL1-13 no'lu Proje ile tezimi finansal olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne

Araştırmanın yürütülmesinde tesislerini bana açan, AKME Group Organik Tarım Şirketi (Burdur)'ne teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme de sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İbrahim TAVUÇ
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Şehir çöplüğünden genel görünüş.....	1
Şekil 1.2. Kentsel çöplüklerde meydana gelen yangın görüntüsü	2
Şekil 1.3. Çöp yığınlarından sızan ve yer altı sularına karışan kirli sular	2
Şekil 3.1. E. fetida türüne ait solucanlar	18
Şekil 3.2. Atıkların gölgede kurutulması.....	19
Şekil 3.4. Atıkların parçalanması.....	20
Şekil 3.5. Otomatik eleme makinesi	21
Şekil 3.6. Farklı oranlarda hazırlanmış kompost karışımları	23
Şekil 3.7. Yeme adapte olup olmayacakları gözlemlenen solucanlar	24
Şekil 3.8. Kompost ve oluşan gübre	24
Şekil 3.9. Solucan yığının sonraki yığının genel görünüşü	25
Şekil 3.10. Solucan yığınlarının nemlendirilmesi	26
Şekil 4.1. Evsel atıklar kullanılarak hazırlanan kompostlarda fermantasyon farkı	30
Şekil 4.2. %75 ayçiçeği atıkları + %25 ahır gübresi karışımında yetersiz çürüme	31
Şekil 4.3. Solucan yemi olarak hazırlanan kompost içerisindeki sıcaklık dağılımı	33
Şekil 4.4. Kompostların olgunlaşması sırasında meydana gelen renk değişimi.....	33
Şekil 4.5. Yeterince olgunlaşmayan komposttan uzaklaşmaya çalışan solucanlar	34
Şekil 4.6. Oluşan solucan gübresi ve verilen yem arasındaki yapısal farklılık	37
Şekil 4.7. Solucanlar tarafından yemde açılan galeriler	37
Şekil 4.8. Solucanlarda çiftleşmeye ön hazırlık evresi.....	38
Şekil 4.9. Yeni oluşmuş ve olgunlaşmış kokonlarda renk farklılığı	39
Şekil 4.10. Solucanda yaşlanmaya bağlı olarak meydana gelen renk değişimi	39
Şekil 4.11. Kompost ve gübredeki 67 °C'de nem içeriğinin istatistiksel farklılığı	41
Şekil 4.12. Toplam azot değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	42
Şekil 4.13. Nitrat azotu değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	43
Şekil 4.14. Toplam fosfor değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	44
Şekil 4.15. Organik karbon değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	45
Şekil 4.16. Özgül ağırlığın kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	46
Şekil 4.17. Tuz değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	47
Şekil 4.18. Organik madde değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	48
Şekil 4.19. Organik azot değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	49
Şekil 4.20. Cu değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	50
Şekil 4.21. Mn değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	51
Şekil 4.22. Fe değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	52
Şekil 4.23. Zn değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	53
Şekil 4.24. K değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	54
Şekil 4.25. Ca değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	55
Şekil 4.26. Mg değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	56
Şekil 4.27. Na değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	57
Şekil 4.28. P değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	58
Şekil 4.29. pH değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	59
Şekil 4.30. EC değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Atık maddeler ile ahır gübresinin karıştırılma oranları.....	21
Çizelge 3.2 Gübrelerde yapılan analizler.....	29
Çizelge 4.1. Geleneksel kompost ve solucan gübresi arasındaki pH değişimi	32
Çizelge 4.2. Kompost içerisindeki solucan sayısının değişimi	35
Çizelge 4.3. Kompostta tanecik boyutunun solucanların tüketme süresine etkisi	36
Çizelge 4.4. Kompostun genç ve ergin bireyler tarafından tüketilme süresi.....	36
Çizelge 4.6. Solucan yemi hazırlamada kullanılan atık maddelerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	40
Çizelge 4.7. Kompost ve gübredeki 67 °C'de nemin Tukey testi ile karşılaştırılması	41
Çizelge 4.8. Kompost ve gübredeki toplam azotun Tukey testi ile karşılaştırılması	42
Çizelge 4.9. Kompost ve gübredeki Nitrat azotunun Tukey testi ile karşılaştırılması	43
Çizelge 4.10. Kompost ve gübredeki toplam fosforun Tukey testi ile karşılaştırılması	44
Çizelge 4.11. Kompost ve gübredeki organik karbonun Tukey testi ile karşılaştırılması	45
Çizelge 4.12. Kompost ve gübredeki özgül ağırlığın Tukey testi ile karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.13. Kompost ve gübredeki tuz değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	47
Çizelge 4.14. Kompost ve gübredeki organik maddenin Tukey testi ile karşılaştırılması.....	48
Çizelge 4.15. Kompost ve gübredeki organik azotun Tukey testi ile karşılaştırılması	49
Çizelge 4.16. Kompost ve gübredeki Cu değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	50
Çizelge 4.17. Kompost ve gübredeki Mn değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	51
Çizelge 4.18. Kompost ve gübredeki Fe değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	52
Çizelge 4.19. Kompost ve gübredeki Zn değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	53
Çizelge 4.20. Kompost ve gübredeki K değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	54
Çizelge 4.21. Kompost ve gübredeki Ca değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	55
Çizelge 4.22. Kompost ve gübredeki Mg değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	56
Çizelge 4.23. Kompost ve gübredeki Na değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	57
Çizelge 4.24. Kompost ve gübredeki P değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	58
Çizelge 4.25. Kompost ve gübredeki pH değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması.....	59
Çizelge 4.26. Kompost ve gübredeki EC mS değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AÇ	Arıtma çamuru
AÇi	Ayçiçeği atıkları
AG	Ahır Gübresi
As	Arsenik
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
Cu	Bakır
EA	Elma atıkları
EC	Elektriksel iletkenlik
EvA	Evsel atıklar
FK	Fındık kabuğu
Fe	Demir
GA	Gül atıkları
K	Potasyum
KÇ	Kanalizasyon çamuru
kg	kilogram
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
P	Fosfor
Zn	Çinko
SG	Sığır gübresi
VC	Vermikompost

1. GİRİŞ

Günümüzde 7,5 milyara yaklaşan ve hızla artmaya devam eden insan nüfusuna paralel olarak kentleşme ve sanayileşme de hızla artmıştır. Bu artış, doğaya bırakılan organik atıklar, çevre tahribatı, verimli tarım arazilerinin azalması gibi bazı çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Dünyada ve ülkemizde her yıl tonlarca organik atık meydana gelmekte, bu maddeler doğaya gerek gelişigüzel atılmakta gerekse de özel olarak ayrılmış alanlarda toplanarak depolanmaktadır (Şekil 1.1). Depolama alanlarında organik atıkların fermantasyonu ile meydana gelen metan gazı atmosfere salınmakta ve zaman zaman yine fermantasyon nedeniyle artan sıcaklığa bağlı olarak doğal yangınlar meydana gelmektedir. Bu yangınlar sonucunda atmosfere CO₂ gazı salınımı gerçekleşmekte ve bu durum hava kirliliğine neden olmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Şehir çöplüğünden genel görünüş (Anonim, 2016a)



Şekil 1.2. Kentsel çöplüklerde meydana gelen yangın görüntüsü (Anonim, 2016b; c)

Biriken yığınlar içerisinde bulunan organik atıklar bünyelerindeki fazla miktardaki suyu zamanla kaybetmektedir. Atık madde miktarının fazlalığına paralel olarak çöplüklerden sızan sıvı miktarı da bir hayli fazladır. Çöplüklerden sızan bu sıvılar yer altı ve yer üstü su kaynaklarımızı kirleterek su kirliliğine neden olmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Çöp yığınlarından sızan ve yer altı sularına karışan kirli sular (Anonim, 2016d)

Bunlara ek olarak kentleşme ve sanayileşme sonucunda verimli tarım arazileri de azalmaktadır. Bu durum artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanabilmesi için birim alandan daha fazla ürün alınmasının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bunu sağlamak ise ancak gübreleme işlemi ile mümkün olmaktadır (Atılğan vd., 2007).

Gübre ve gübreleme üzerine birçok tanım bulunmaktadır. Bu tanımlardan en çok kabul gören ise Adolf Mayer'in yapmış olduğu tanımdır. Mayer'e göre "Kültür topraklarının verim gücünü yükseltmek, elde edilecek olan ürünün nitelik ve niceliğini artırmak amacı

ile bitki besleyici maddelerin toprağa verilmesi işlemine gübreleme, bu amaç için kullanılan maddelere de gübre" adı verilmektedir" (Kacar, 2013).

Gübreler T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı uzmanları tarafından Avrupa Birliği Uyum Programı çerçevesinde iki ana gruba ayrılmıştır. Bu gruplar da kendi içlerinde tekrar alt gruplara ayrılmaktadır. Bunlar;

Organik Madde İçeren Gübreler;

- Bitkisel ve hayvansal kökenli organik gübreler,
- Organomineral gübreler ve
- Toprak düzenleyiciler.

Kimyasal Gübreler;

- Tek bitki besin elementli katı gübreler,
- Bitki besin elementli kompoze katı gübreler,
- İnorganik sıvı gübreler ve
- İnorganik ikincil bitki besin elementli gübrelerdir (Kacar, 2013).

Hayvansal kökenli doğal gübrelerin tarımda kullanılması, meralarda otlayan hayvanların dışkılarının düştüğü yerde bitkilerin çıktığını ve bu bitkilerin daha sağlıklı, daha sağlam olduğunu gören insanlar ile başlamıştır. Daha sonra insanlar hayvan gübresini tarımsal üretimde kullanmışlar ve bu uygulama 20. yy'a kadar devam etmiştir. II. Dünya savaşından sonra kimyasal gübrelerin kullanımının yaygınlaşması tarımsal üretimde bir devrim niteliğinde kabul görmüş ve bununla birlikte hayvansal gübre kullanımı azalmıştır (Erşahin, 2007; Kacar ve Katkat, 2011).

Tarımsal üretimde gübrenin önemli bir yeri vardır. Kullanılacak gübrenin istenen özelliklere sahip olması ve yan etkisinin olmaması beklenir. Oysa tarımda kullanılan kimyasal gübreler verim artışı sağlarken diğer taraftan bazı istenmeyen etkiler de gösterebilmektedir. Kimyasal gübrelerin yüksek miktarlarda kullanımı toprakta ve suda kirlenmeye neden olmakta, uzun vadede toprağı kullanılamaz hale getirmekte ve elde edilen tarımsal ürünlerin kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir. Bunun yanında canlı sağlığı üzerine de olumsuz etkilere sahiptir (Erşahin, 2007).

Son yıllarda organik tarımın yaygınlaşmasına paralel olarak kimyasal gübrelerden bir uzaklaşma söz konusu olsa da organik gübre kullanımı yeterli düzeyde değildir. Genellikle ahır gübresi tercih edilmektedir. Ancak ham ahır gübresinin kullanılması durumunda ise hastalık ve zararlıların yayılması gibi yan etkiler ortaya çıkmaktadır.

Hayvansal kökenli diğer gübre çeşitleri (keçi/koyun gübresi, kanatlı hayvan gübresi vb.) ise fazla kullanılmamaktadır. Bunun pekçok nedeni vardır. Temin edilmesinin zorluğu, üretiminin yeterli olmayışı, ülkemizde kalite ve verim üzerine etkileri konusunda akademik çalışmaların az oluşu bunlardan bazılarıdır.

Standardizasyonu sağlanmış ticari organik gübre üretimi ise henüz ihtiyacı karşılayabilecek bir seviyede değildir. Bu nedenle ihtiyacın karşılanması için yurt dışından ithalat yoluna gidilmekte ve ciddi miktarlarda döviz ödenmektedir.

Doğaya bırakılan organik atıkların olumsuz etkilerinin 'vermikompost' yöntemi ile insanlığın lehine döndürülmesi mümkündür. Vermikompost, atıkların işlenerek geri kazanılmasında ve tarımda sürdürülebilirlik özelliğini destekleyen yöntemler içerisinde en yüksek ekonomik fayda sağlayan yöntemdir. Ayrıca hem ticari hem de çevre için yüksek değer taşıyan ürünler elde edilmesini sağlamaktadır (Munroe, 2007). Vermikompost; organik atıkların solucanlar tarafından kompost haline getirilmesi işlemidir. Bu işlem süreci sonucunda elde edilen maddeye de 'vermikest (kest)' yani 'solucan gübresi' adı verilmektedir (Ludibeth vd., 2012). Vermikest bazı kesimlerce yanlış olarak vermikompost adıyla ifade edilmektedir.

Solucan gübresi, Tarım Bakanlığı uzmanlarınca yapılan gübre sınıflandırmasına göre; organik tarımda kullanılacak gübreler, toprak iyileştiriciler ve besin maddeleri arasında yer almaktadır (Vermikem, 2016). Vermikompost süreci sonucunda üretilen solucan gübresi, tamamen organik materyallerden oluştuğu, bitki besin elementlerini ve bazı bitki büyüme hormonlarını bünyesinde bulundurduğu için birim alandan daha fazla ürün alınmasını mümkün kılmaktadır.

Vermikest (solucan gübresi) üretiminde tüm toprak solucanı türleri kullanılmamakta, bu işlem için belirli solucan türleri kullanılmaktadır. Edwards ve Bohlen (1996)'e göre; dünyada vermikompost faaliyetlerinde ve aerobik kompost üretiminde kullanılan solucan türleri; *Eisenia fetida*, *E. andrei*, *Dendrobaena venata*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae*, *Fletcherodrilus* spp., *Heteroporodrilus* spp., *Pheretima excavatus*'tur. Ancak bu solucan türleri içerisinde vermikompost çalışmalarında en iyi sonuçları veren türler ise *E. fetida*, *E. andrei*, *D. venata*, *L. rubellus*, *P. excavatus*'tur. Dickerson (2004), solucan türleri içerisinde ticari amaçla kurulan vermikompost işletmelerinde en çok tercih edilen türlerin *Eisenia* spp. ve ikinci olarak *L.*

rubellus olduğunu belirtmiştir (Erşahin, 2007). Edwards ve Bohlen (1996), *E. fetida'* nın tercih sebebi olmasında birçok faktör bulunduğunu belirtmiştir. Bunların en önemlileri;

- Diğer türlerden daha hızlı besin tüketmesi,
- Daha yüksek üreme ve popülasyon artış oranına sahip olması ve
- Adaptasyon kabiliyetinin yüksek olmasıdır.

Bu özellikleri nedeniyle *Eisenia spp.* ılıman iklim kuşağındaki bölgeler başta olmak üzere tüm dünyada ticari veya ticari özellikte olmayan vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen ve kültürü yapılan türdür (Erşahin, 2007).

Artan dünya nüfusuna bağlı olarak birim alandan daha fazla ürün elde edilmesinin gerekliliği, kimyasal gübrelerin doğaya verdiği zararlar, ham organik gübrelerin yan etkileri, organik gübrelere duyulan ihtiyaç gibi nedenler bu alanda yeni çalışmaların yapılması ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda çalışmamızda;

- Farklı atıkların solucan gübresi üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması,
- Ülkemizde önemli bir sorun olan atık maddelerin geri dönüşümünün sağlanarak ekonomiye kazandırılması,
- Organik gübre çeşitliliğinin artırılması ve
- Organik gübre ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olunması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Pierre vd. (1982), solucanların bırakmış oldukları sölomik sıvının antibakteriyel proteinler taşıdığı ve biyomas içerisindeki tüm patojenleri baskıladığını, buna ek olarak solucanların protozoa, bakteri ve fungusları besin olarak kullandığını belirtmiştir.

Ireland (1983), toprak solucanlarının özellikle *E. fetida*'nın kadmiyum, civa, kurşun, bakır, manganez, kalsiyum, demir ve çinko gibi ağır metalleri hiçbir olumsuzluk yaşamadan vücut dokularında son derece yüksek miktarda depolayabildiğini ifade etmiştir.

Saxena vd. (1998), toprak solucanlarının ağır metali vücutlarında depoladığı, bu nedenle atıklardaki ve topraktaki ağır metali başarılı bir şekilde azalttığını ifade etmiştir.

Elvira vd. (1998), vermikompostun kontrole göre azot ve fosfor bakımından zengin olduğunu, düşük ağır metale, düşük iletkenliğe ve yüksek humik asit içeriğine sahip olduğunu belirtmiştir.

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

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

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

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

Singleton vd. (2003), toprak solucanlarının bağırsaklarında bazı bakteri ve fungi (*Penicillium* spp. ve *Aspergillus* spp.) türlerinin yaşadığını ve bu canlıların üretmiş olduğu antibiyotiğin biyomas içerisindeki tüm patojenleri öldürdüğünü ya da baskıladığını belirtmiştir. *E. coli* ve *Salmonella'* nın oldukça azaldığını tespit etmiştir.

Demirtaş (2005), domates yetiştiriciliğinde verim artışını araştırmış ve kontrol grubuna göre, çiftlik gübresi ile % 54; kompost ile % 39-107 ve kimyasal gübre ile % 61 oranında verimde artış elde etmiştir. İyi ayrılmış bir kompostun sürekli olarak organik madde, C, N, P, K ve çok sayıda mikroelement içerdiğini, kompostun toprağı ıslah etmekle birlikte erozyonu da önlediğini, toprağın gözenek yapısını artırarak, bitki gelişimini desteklediğini belirtmiştir.

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

Alagöz vd. (2006), toprağı yapılacak olan organik materyal ilavesinin toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri açıklamıştır. Toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmede ve sürekliliğini sağlamada en fazla başvurulan yöntemin organik materyal ilavesi olduğunu belirtmiştir. Yüzey toprağında yeteri kadar organik madde bulunmasının toprağın fiziksel, kimyasal, mineral madde ve toprak verimliliği üzerine olumlu etkilerinin olduğunu ifade etmiştir. Toprağı uygulanan organik

materyallerin fiziksel, kimyasal, toprak verimliliği, pH ve bitki besleyiciliği açısından oldukça önemli etkilerinin bulunduğu belirtmektedir.

Erşahin (2007), kimyasal madde kullanımı çevre güvenliğini riske atmakta, toprak kalitesini düşürmekte, patojen dayanıklılığını artırmakta ve insan sağlığını tehlikeye atmaktadır. Bu durum da bilim adamlarını biyolojik gübre ve pestisit olarak etkili organik ürünler kullanımını hedefleyen sürdürülebilir tarımsal üretim yöntemlerine yöneltmiştir. Bu alanda vermikompost ve kompostun her bakımdan toprak kalitesini artırdığı ve büyük önem kazandığını belirtmiştir. Vermikompost üretim yöntemleri, çeşitli organik çöplerin değerlendirilmesinde güvenilir, ekonomik ve sürdürülebilir bir yöntemdir. Bu yöntem bitki büyümesini teşvik etmekte, çürümeye neden olan canlılar üzerinde baskı kurmaktadır. Vermikompost küçük veya orta ölçekli tarım üreticileri için önemli ve düşük girdili olan aynı zamanda geri dönüşüm sağlayan bir yöntemdir. Vermikompost yöntemleri, insan ve hayvanlarda besin güvenliğini temin etmekte, çevre sağlığı bakımından güvenilir ve yüksek ekonomik değere sahip sürdürülebilir tarımsal üretim modelini desteklemektedir. Doğru uygulanmış ve iyi takip edilmiş bir vermikompost süreci sonunda biyogübre ve biyopestisit olarak etkili bir ürün elde edilebilir. Vermikompostun toprak kökenli patojenleri ve neden olduğu hastalıkları baskıladığını ifade etmiştir.

Joanna (2008), sumercimeğinden vermikompostlar üretmiş ve su mercimeği ile üretilen vermikompostların *Eisenia fetida* türü toprak solucanlarının popülasyonunu nasıl etkilediği ve üretilen vermikompostlara sağladığı özellikleri araştırmıştır. Çalışma sonucunda sığır gübresi ile karıştırılan su mercimeklerinden hazırlanan kompostlarda solucan sayısının arttığını, yalnız su mercimeğinden üretilen vermikompostlarda ise solucan sayısının azaldığını belirlemiştir. Su mercimeğinden üretilen vermikompostların kokusuz ve daha iyi granular yapıya sahip olduğunu belirtmiş, ayrıca su mercimeği ve sığır gübresinin karışımından elde edilen vermikompostların daha fazla kül, N, P, K, Mg, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd ve Pb içerdiğini ifade etmiştir.

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

Rogelio (2008), zeytinyağı üretimindeki 2 ekstraksiyon fazı süresince üretilen yarı katı zeytin keki ve ıslak zeytin kekini 3 ay boyunca *Pleurotus ostreatus* ile muamele ettikten sonra bu atıklardan *Eisenia fetida* türü ile vermikompost üretmiştir. Çalışma sonucunda

üretilen vermikompostta enzim aktivitesinin yanısıra mikro besin içeriği ve N, P, K, Ca, Mg miktarlarının arttığını belirtmiştir.

Akyüz ve Kırbağı (2009), bazı tarımsal ve endüstriyel atıkların *Pleurotus* spp. üretiminde kompost olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğini araştırmıştır. Çalışmaya göre; dünyanın pek çok ülkesinde, tarımsal ürünlerin hasadı ile sanayide işlenmesi sırasında oluşan; sap, saman, kepek ve melas gibi atıkların ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların büyük kısmı ortamda yakılarak bırakıldığı ve bunun sonucunda da doğal çevre üzerinde büyük problemler oluşturduğu bilinmektedir. Çalışmada, atıklar kompost haline getirilerek *Pleurotus* spp. üzerinde farklı dozlarda uygulanmış ve gelişimi üzerinde etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuç olarak, *Pleurotus* spp. üzerine farklı dozlarda uygulanan kompostların türün gelişiminde olumlu etkilerinin olduğunu belirlemişler. Bunun sonucunda da tarımsal ve endüstriyel atıklardan elde edilecek olan kompostların bitki gelişimi üzerinde olumlu etkilerinin olacağını ifade etmişlerdir.

Shinha vd. (2009), kanalizasyon çamurundan elde edilen vermikestin amilaz, lipaz, selülaz, kitinaz gibi enzimler içerdiğini ve bu enzimlerin toprak içerisindeki organik maddeleri parçalayarak toprağı besin elementlerince zenginleştirdiğini ve bu elementleri bitkilerin absorbe edebileceği forma dönüştürdüğünü belirtmiştir. Elde edilen vermikestin besin maddesi bakımından topraktan daha zengin olduğunu ve daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğunu ifade etmiştir. Vermikestin homojen bir yapıya sahip olduğunu ve N, P, K bakımından oldukça zengin (% 1,16 N, %1,34 K, %1,22 P) olduğunu ifade etmiştir. Vermikestin mikrobeyin elementleri faydalı toprak mikroorganizmaları (Azot bağlayıcı bakteriler ve mikoriza mantarları) bakımından oldukça zengin olduğunu; zararlı patojenleri önemli derecede baskıladığını ifade etmiştir. Tüm iklim koşullarında vermikompost üretiminde en iyi sonuçları veren solucan türlerinin tiger worm (*E. fetida*), red tiger worm (*E. andrei*), indian blue worm (*Perionyx excavatus*), Africa night crawler (*Eudrilus euginae*) ve red worm (*Lumbricus rubellus*) olduğunu ifade etmiştir.

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

Dincheva ve Tringovska (2010), kaliteli kompost kullanımının bitki büyümesi ve toprak yapısını iyileştirdiğini aynı zamanda da birçok hastalığa karşı koruyucu etkilerinin bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacılara göre kompost toprağın biyolojik özellikleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Aynı zamanda sürdürülebilir arazi kullanımını sağlayarak toprak verimliliğini korumakta ve geliştirmektedir. Araştırmacılar kompost içerisindeki humus miktarı arttıkça bitki gelişiminin ve kalitesinin arttığını ifade etmiştir. Çünkü toprak üstü kısmın kütesinin ve gövde uzunluğunun önemli ölçüde arttığını, yaprak yüzeyinin genişlediğini ve yaprak miktarının arttığını belirtmiştir.

Rajiv vd. (2010), vermikompostun zengin besin içeriğine, yüksek oranda kaliteli humusa, bitki büyüme hormonlarına ve enzimlerine, bitkileri hastalıklara ve zararlılara karşı koruyan maddelere sahip olduğunu belirtmiştir.

Dominguez ve Edwards (2011), solucanların organik atık içerisinde pH aralığı 5-9 olan ortamlarda yaşayabildiklerini ve asidik ortama doğru hareket ettiklerini belirtmiştir. *E. fetida* türünün yaşaması için organik atık içerisinde bulunması gereken nem miktarının %50-%90, daha hızlı büyümesi için ise %80-%90 aralığında olması gerektiğini ifade etmiştir. Solucanların çiftleşirken birbirine ters biçimde bağlanarak çiftleştiklerini ve oluşan yavruların doğdukları zaman pigmentlerinin olmadıkları ifade etmiştir. Vermikompost teknolojisinde yaygın olarak kullanılan solucan türleri; *E. andrei* (Bouche 1972), *E. fetida* (Savigny 1826), *D. veneta* (Rosa 1886), *P. excavatus* (Perrier 1872) ve *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867) olarak belirtmiştir. Bu türler içerisinde *E. andrei*'nin üreme ve büyüme hızı, *E. fetida* türüne göre daha yüksektir. Ancak her iki türünde yaşam alanı olarak benzer alanları seçtiği ve her ikisinde koloniler halinde yaşadığı, bu iki tür arasında hibritleşmenin mümkün olabileceğini ifade etmiştir. Solucan gübresi üretiminde kullanılan toprak solucanı türlerinin yüksek miktarda amonyak ve inorganik tuzları içeren ortamlarda yaşamsal faaliyetlerini sürdüremediklerini ve öldüklerini belirtmiştir. Bu nedenle atıkların amonyak miktarının $< 1 \text{ mg g}^{-1}$, inorganik tuz miktarının $< \% 0.5$ olması gerektiğini ifade etmiştir.

Garg ve Gupta (2011), kış ve yaz dönemlerindeki mevsimsel sıcaklık değişiminin, mutfak atıklarından üretilen kompost ile *E. fetida* türü toprak solucanının verimine ve kalitesine etkisinin olup olmadığını araştırmıştır. Elde edilen bulgulara göre mevsimsel sıcaklık değişiminin hem solucan gübresinin kalitesini hem de solucanın yaşam aktivitesine etki ettiğini belirtmiştir. Ayrıca solucanın yaşamsal faaliyetine sadece kompostun miktar ve

kalitesinin değil aynı zamanda ortam sıcaklığının da etki ettiğini ifade etmiştir. İy bir vermikest üretiminin ve vermikompost sürecinin pH, sıcaklık, nem içeriği, besin olarak kullanılan madde ve havalandırmaya bağlı olduğunu belirtmiştir. Sıcaklığın metabolizma, solunum, büyüme ve üreme üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu, ürünlerin toplam azot içerikleri ile başlangıçtaki karışımların azot içerikleri karşılaştırıldığında, ürünlerin toplam azot içeriklerinin başlangıçtaki ham hallerine oranla önemli derecede arttığını belirtmiştir.

Çakır ve Makineci (2011), toprak solucanlarının toprakta ve ölü örtüde yaşayan canlıların, toprağın gözenek yapısını, havalanmasını, infiltrasyonunu ve toprak içeriğinde bulunan organik maddenin dağılımı gibi birçok olayda rol oynadıklarını belirtmiştir. Toprak ekosisteminde toprağa enerji girişi bitkisel tabanlı organik madde ile gerçekleşmektedir. Bu işlem ayrıştırıcıların organik maddeleri monomerlerine kadar ayrıştırması ile meydana gelmektedir ve solucanlar da bu ayrıştırıcılardan birisidir. Solucanların metabolizma aktiviteleri ile diğer toprak canlıları üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve mikro habitatlar oluşturduklarını; bu yüzden de ekosistem mühendisi olarak adlandırıldıklarını belirtmiştir. Solucanların toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını olumlu yönde etkileyerek besin ve enerji akışını değiştirdiğini, bununda bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini ifade etmiştir.

Çerçioğlu (2011), sürdürülebilir tarımda tütün bitkisinden elde edilen atıkların tarımda kullanılabilirliğini araştırmıştır. Tütün bitkisi atıklarının toprak verimini ve kalitesini, bitkilerde protein oranını, ürün verimini ve tohum oranını artırdığını belirtmiştir. Birden fazla organik maddenin karışımından oluşmuş bir kompost uygulamasının yapıldığı bir alanda mısır yetiştiriciliği yapıldığını ve mısırdaki tepe/kök oranlarının aşırı şekilde geliştiğini belirtmiştir. Bir başka çalışmada da hayvan gübresi ve tütün artığı karışımından oluşan kompostun, bir organik gübre ile yapılan marul üretim denemelerinde kontrole oranla oldukça önemli derecede gelişim ve verim artışı meydana geldiğini ifade etmiştir.

Çıtak vd. (2011), kış döneminde açık tarla koşullarında yapmış oldukları çalışmada; aynı ölçülerde ve homojen olan deneme parsellerinde ahır gübresi (AG) ve vermikompostun (VC) uygulanan farklı dozlarının toprak verimliliğini ve ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) bitkisinin gelişimi üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda; bitki gelişimi, verim, mineral madde ve toprak verimliliğinde AG'li uygulamaların daha iyi sonuç verdiğini, VC'li uygulamaların da kontrole oranla oldukça önemli sonuçlar verdiğini

belirtmiştir. Özellikle toprağın kalsiyum (Ca) ve bitkinin demir (Fe) içeriği üzerine en iyi sonucu VC'li uygulamaların verdiğini ifade etmiştir. Sonuç olarak tüm uygulamalarda kontrole oranla toprağın pH, EC ve organik madde değerlerinin farklı derecelerde artışlar gösterdiğini belirtmiştir.

Akgün (2011), organik tarımın bitkisel ve hayvansal üretimin doğanın dengesini bozmadan yapılan sürdürülebilir bir tarım şekli olduğunu belirtmiştir. Organik tarımın amacının ise toprak ve su kaynakları ile havayı kirletmeden çevre, bitki, hayvan ve insan sağlığını korumak olduğunu ifade etmiştir.

Li vd (2011), sığır gübresinin farklı oranları ile kanalizasyon çamurunun 5 farklı substratında 90 gün boyunca *E. fetida* ile vermikompost işleminden sonra meydana gelen kimyasal değişimleri araştırmış ve tüm uygulamalarda toplam organik karbon ile C:N oranının azaldığını, ekstrakte edilebilir C ile humik asit miktarının arttığını belirtmiştir. Buna ek olarak vermikompost işleminin organik atıkların dönüştürülmesinde ve kaliteli hale gelmesinde etkili bir yöntem olduğunu belirtmiştir.

Ansari ve Ismail (2012), toprak solucanlarının dağılımında ve yaşamasında önemli olan etmenleri araştırmıştır. Çalışma sonucunda sıcaklığın; büyüme, solunum ve üreme üzerine etkisinin olduğunu; pH'ın solucanların yaşamasında hayati rol oynadığını ve toprak solucanlarının nötral pH değerlerini tercih ettiklerini tespit etmiştir. Bunlara ek olarak nemin solucanların yaşamsal faaliyetlerini, sayısını ve kütlesini etkilediğini belirtmiştir. Toprak solucanlarının bitki büyümesi ve gelişmesi için faydalı olan oksin ve sitokin gibi maddeler ürettiğini aynı zamanda bu maddelerin hasat edilen ürün miktarını artırdığını ifade etmiştir. Solucan gübresi içerisindeki organik karbon ve diğer besin elementlerinin bitkilerin absorbe edebileceği formda olduğunu ve bu maddelerin toprağı zenginleştirdiğini belirtmiştir. Son olarak organik atıkların bu basit teknoloji ile geri kazanılabileceğini, elde edilen ürünün sürdürülebilir tarımda kullanılabileceğini ve toprağın sağlık durumunu iyileştirdiğini ifade etmiştir.

Ludibeth vd. (2012), arıtma çamuru ile sığır gübresini 70:30 (A), 80:20 (B), 90:10 (C) ve 95:5 (D) oranlarında karıştırmış ve içerisine *E. fetida* türü toprak solucanları bırakarak 17 ± 2 °C'de ve %60 - 70 nem oranında 50 gün boyunca kompost kalitesinin yanında solucanların yaşayıp yaşamayacağını ve üreyip üreyemeyeceklerini gözlemiştir. Elde edilen verilere göre D karışımında solucanların yaşayamadıklarını, A ve B karışımlarında yaşayabildiklerini ve yüksek miktarda ürediklerini, kalite bakımından da en uygun

oranın C oduğunu belirtmiştir. Vermikompost işlemi süresince kompost içerisindeki bitki için önemli olan besin elementlerinin (N, P, K, Ca) mikrobiyal faaliyet sonucunda daha çözülebilir ve bitkinin alabileceği bir forma dönüştüğünü ifade etmiştir. Buna ilaveten % 95 den daha fazla miktardaki fermente olmamış kanalizasyon çamuru içindeki toksisite ve oksijen yetersizliğinin solucanların ölmesine neden olduğunu belirtmiştir.

Bhattacharya vd. (2012), termal tesislerden çıkan düşük besin öğelerine, ağır metal toksisitesine ve toprakta zor çözünme özelliklerine sahip olan uçucu kül ile sığır gübresini karıştırmış ve *E. fetida* türü toprak solucanlarını kullanarak solucan gübresi üretmiştir. Üretilen solucan gübresi Hindistan'ın farklı 2 bölgesinden toplanan toprak örneklerine uygulamış ve belirli aralıklar ile N, P ve K bakımından değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda, toprak içerisindeki N, P, K değerlerinin önemli oranda arttığını görmüş ve bunu kanıtlamak için solucan gübresi uygulaması yaparak patates yetiştirmiştir. Uygulama sonucunda elde edilen ürün miktarının arttığını ve ağır metal toksisitesinin önemli oranda azaldığını tespit etmiştir.

Hanc ve Pliva (2013), gıdaların tüketilmesinden sonra meydana gelen atıkların yönetilmesinde sürdürülebilir en iyi metodun kompost olduğunu, bu metodun organik atıkları kullanılabilir uygun materyallere dönüştürdüğünü ifade etmiştir.

Vanlı ve Bedük (2013), solucanların büyük miktarda zengin besin içerikli toprak yiyerek, enzimleri ile sindirim sistemleri içerisinde granül halinde parçalar oluşturduklarını, buna da "solucan gübresi" adı verildiğini belirtmiştir. Solucan gübresi, oldukça zengin N, P, K, mikrobese ve faydalı toprak mikroorganizmalarından meydana gelmektedir. Solucanların toprağın havalandırılması, topraktaki organik bileşiklerin ayrıştırılması, bitki besleyici öğelerin açığa çıkarılması, bitki büyüten hormonların salgılanması ve bitkinin biyolojik dayanıklılığının artırılmasını sağladıklarını belirtmiştir. Organik solucan gübresinin, kimyasal gübre ile N, P, K, fosfobakteriler ve karbonik biyomas bakımından kıyaslandığında kimyasal gübreye göre üstün olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle solucanların ve solucan gübresinin sürdürülebilir tarım açısından son derece önemli olduğunu ifade etmiştir.

Demirtaş (2013), kentsel katı atık kompostunun toprağa ve bitkilere olan etkileri yönüyle çiftlik gübresi yerine kullanılabilirliğini belirtmiştir. Toprakta bulunan organik maddenin, su ve besin tutma kapasitesi ile toprakta mikroorganizma popülasyonunu

artırdığını ifade etmiştir. Tarımsal üretimde bitkisel ve hayvansal kökenli kompostların kullanımının, toprak içerisindeki organik madde miktarını artıracığını belirtmiştir. Kompostlaşma işlemi esnasında mikroorganizmaların oluşturduğu maddelerin patojenleri baskıladığını, ortam ısısının kompostlaşma meydana gelirken ayrışma sırasında 70°C'ye kadar yükseldiğini ve bu durumun pastörizasyon etkisi yaptığını ifade etmiştir.

Fernandez-Gomez vd. (2013), seralardan sökülen domates bitkisi atıklarının kağıt fabrikası atıkları ve sığır gübresi ile karıştırılarak çevresel bir problem olmaktan çıkarılarak düşük maliyetli bir teknoloji ile geri dönüşümünün sağlanması ve vermikompost gibi değerli bir organik ürün olup olamayacağını araştırmıştır. Çalışma sonucunda kullanılan atık maddelerin sorun olmaktan çıkartılarak değerli bir organik ürün haline geldiğini ve vermikompost süresi boyunca C:N oranının azaldığını tespit etmiştir.

Molina vd. (2013), *Eisenia fetida*'nın biyolojik parametreleri ve kimyasal özelliklerindeki değişimler vinas ya da arıtma çamuru ile tavşan gübresi kullanılarak vermikompost yöntemi ile değerlendirmiş, arıtma çamuru ve vinas ile birlikte kontrol dâhil 7 deneme kurmuştur. Kurulan denemelerde arıtma çamuru ile kurulan denemelerin vinaslı denemelere göre daha yüksek humus, besin elementi ve toplam metal içeriğine ancak daha az çözülebilir tuz içeriğine sahip olduğunu belirtmiştir. Vermikompost işleminin bioatıkların dönüştürülmesinde etkili bir yöntem olduğunu ifade etmiştir.

Song (2014), mantar artıkları ile hayvan gübresini karıştırarak kompost elde etmiş, kompost ile solucanlı ve solucansız uygulamalar yaparak aradaki farklılığı araştırmıştır. Çalışma sonucunda toplam N,P,K değerlerinin arttığını, C/N oranının ve ağır metal içeriğinin azaldığını belirtmiştir.

Hanc ve Chadimova (2014), % 25, % 50 ve % 75 oranlarında saman ve elma atıklarını karıştırarak vermikompost üretimi gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda atık haldeki maddelerin değerli birer ürün haline geldiğini, vermikompost işlemi süresince toplam besin değerinin arttığını, pH değerinin nötr ve asit değerler arasında değiştiğini belirtmiştir.

Goswami vd. (2014), toprak solucanlarının, organik atık ve çeşitli endüstriyel atıkların hızlı ve etkili bir şekilde zararlı halden faydalı hale dönüştürülmesinde yaygın olarak kullanıldığını ifade etmiştir. Araştırmacılara göre; bu işlem gerçekleşirken atık maddeler

mineralize olmakta ve atık maddelerde bulunan ağır metaller (Zn, Cu, Mn, As) toprak solucanlarının bağırsaklarında depolanmaktadır.

Sing vd. (2014), solucan gübresinin topraktaki etkisinin uzun yıllar devam ettiğini, ekosisteme, özellikle de toprak flora ve faunası için besin kaynağı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, damıtılmış çamur ile sığır gübresi farklı oranlarda karıştırılarak vermikompost üretmiş, çalışma sonucunda azot, fosfor, sodyum ve pH değerlerinin başlangıca göre arttığını, organik karbon, EC ve potasyum değerlerinin azaldığını ifade etmiştir.

Kızılkaya ve Türkay (2014), kanalizasyon çamuru (KÇ), fındık kabuğu (FK) ve sığır gübresi (SG) karışımlarından elde edilen kompostun, *E. fetida*'nın üreme yeteneğini ve atıklardan elde edilen vermikompost içerisindeki ağır metal miktarına etkisinin olup olmadığını araştırmıştır. Çalışma sonucunda vermikompostlar içerisindeki ağır metal miktarının azaldığını, ağır metallerin solucanların dokularında depolandığını, *E. fetida*'nın en çok %30 KÇ+35 FK + 35 SG karışımında çoğaldığını, en iyi gelişimin ise % 20 KÇ + 40 SG + 40 FK karışımında olduğunu ifade etmiştir. Buna ek olarak hazırlanmış oldukları karışımlar içerisindeki ağır metal içeriği ile elde ettikleri ürünün ağır metal içeriğini karşılaştırmış ve ağır metal içeriğinin vermikompost işlemi süresince azaldığını ifade etmiştir. Ayrıca son ürünün, homojen ve arzu edilen estetiğe sahip olduğunu, patojenleri baskılayarak azalttığını, üstün bir bitki büyütme ve pazarlanabilir mükemmel bir ürün olduğunu belirtmiştir. Vermikompost işlemi süresince başlangıçta mevcut olan N, P, K gibi önemli bitki besin elementlerinin mikrobiyal faaliyet sonucunda daha çözülebilir ve bitki tarafından alınabilir bir forma dönüştüğünü ifade etmiştir. Vermikestin toprağı iyileştirdiğini, içermiş olduğu enzim ve hormonların patojenleri baskıladığını ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Vermikompost yönteminde kullanılan en yaygın solucan türünün *E. fetida* olduğunu ve *E. fetida*'nın kullanılmasının avantajlarının; hızlı büyümesi, neredeyse tüm organik maddeleri besin olarak tüketebilmesi, geniş bir sıcaklık toleransına sahip olması, üreme kapasitesinin yüksek olması ve ağır metal biriktirme yeteneğine sahip olması olarak belirtmiştir.

Kızılkaya ve Türkay (2014)'in belirttiğine göre; Jain ve Singh (2004) çalışmalarında; vermikompost yönteminin basit ve düşük maliyetli olduğu, toksik metalleri yok ettiği, kompleks haldeki kimyasalları parçalayarak toksik olmayan forma dönüştürdüğünü ifade etmiştir. Yine aynı araştırmacılar; Jain vd. (2003)'nin son yıllarda, toprak solucanlarının kanalizasyon çamuru ve diğer organik atıkları vermikompost yöntemi ile vermikest'e dönüştürülmesinde yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir.

Hwang (2014), domuz gübresi ile testere tozu yani talaşı belirli oranlarda karıştırarak etkili vermikompost elde etmek, toprak solucanlarının üremesine ve üretilen solucan gübresinin miktarına etkisini ve kimyasal bileşimini nasıl etkilediğine dair temel veriler sağlamak amacıyla çalışmayı yürütmüştür. Çalışmanın sonucunda C:N oranının arttığını ve ağır metal içeriğinin azaldığı belirtmiştir.

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

Zhang vd.(2015), lağım çamuru ve lağım çamuru ile sığır gübresinin karışımını *E. fetida* ile sırasıyla kompost haline getirmiş, bu iki uygulamadan ekstrakte edilen humik ve fulvik asit'in dönüşümünü spektroskopik ve kimyasal metotlarla değerlendirmiştir. Sonuçlar, vermikompostta pH, C/N oranı ve toplam organik karbon miktarının azaldığını, EC, toplam ekstrakte edilebilir C ve Hümik asit içeriğinin arttığını belirtmiştir.

Bhat vd. (2015), şeker endüstrisi atıklarından olan küspenin solucan besini olarak kullanımını ve meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Çalışmada küspeyi farklı oranlarda sığır gübresi ile karıştırmış ve vermikompost işlemi gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda azot, fosfor ve sodyum içeriği artarken organik karbon ve C/N oranı tüm uygulamalarda azalmıştır. Ağır metal içeriği önemli derecede azalırken çinko, demir ve manganez içeriğinin önemli derecede arttığını ifade etmiştir.

Song-Lin vd. (2015), kompostun fizikokimyasal özellikleri, mikrobiyal biyokütlesi ve toprak solucanlarının biyokütlesinin değişimlerini araştırmıştır. Sonuç olarak vermikompost süresi sonunda kokon, solucan ağırlığı ve toprak solucanlarının üreme oranı önemli oranda artmıştır. Son ürün ile başlangıç maddesi karşılaştırıldığında ise, son ürünün toplam organik karbon içeriğinin azaldığını, EC, azot, fosfor ve potasyum içeriğinin arttığını belirtmiştir.

Surendra vd. (2015), belediyeye ait kompost olabilir katı atıklar ile sığır gübresini 0, 20, 40, 60, 80, 100 % oranlarında karıştırmış ve *Eisenia fetida* türü toprak solucanı

kullanarak vermikompost üretmiştir. Vermikompost işlemi sonucunda pH, organik karbon ve C:N oranının azaldığını, toplam azot, toplam fosfor, toplam potasyum ve iz element olan Ca, Fe, Mn, ve Zn miktarının önemli miktarda arttığını ifade etmiştir.

Malafaia vd. (2015), tabaklama çamuru ile sığır gübresini %10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında karıştırmış ve karışımların içerisine *Eisenia fetida* türü toprak solucanı ilave etmiştir. 120 günlük uygulamadan sonra kompost örnekleri analiz edilmiş ve Na, Mg, Ca, K ve N değerlerinin arttığını, Cu değerinin azaldığını belirtmiştir.

Ali vd. (2015), vermikompost işleminin atıkların dönüştürülmesinde çevre dostu bir yöntem olduğunu, vermikompost işlemi sonunda elde edilen ürünün zengin besin elementli bir kompost olduğunu ve katı atık yönetiminde kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Xing vd. (2015), kanalizasyon çamurundan elde edilen vermikompostun kimyasal özellikleri ve *Eisenia fetida* türü toprak solucanının adaptasyon özelliklerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda toplam organik karbonunu, C/N oranının başlangıca göre azaldığını ifade etmiştir.

Lim vd. (2016), dünyanın mücadele ettiği organik katı atık sorununu çözme teknolojilerini araştırmış, kompost ve vermikompost gibi biyolojik atık iyileştirme teknolojilerini değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda kompost ve vermikompost yöntemlerinin çevre için yararlı olan sürdürülebilir ve uygulanabilir teknolojiler olduğunu ifade etmiştir.

Lv vd. (2016), vermikompost işlemi süresince sığır gübresi ve domuz gübresi içerisindeki Zn, Pb, Cr ve Cu içeriği değişimini araştırmıştır. Sonuçlara göre 90 günlük vermikompost süreci sonrasında EC ve humik asit içeriği artarken, pH, toplam organik karbon ve C/N oranı azalmıştır.

Dasa vd. (2016), bazı organik atıkları *Eisenia fetida* ile birlikte faydalı mikroplar kullanarak vermikomposta dönüştürmüştür. Elde edilen vermikompostun kimyasal ve biyo kimyasal özelliklerini çalışmış, sonuç olarak tüm solucan yataklarındaki pH, organik karbon, selüloz içeriği ve C/N oranı azalmış, humik asit, toplam N, mevcut P, değişebilir K içeriği/miktarı önemli derecede artmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışması 2013-2015 yılları arasında yapılmış olup, çalışmanın materyallerini *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Kırmızı Kaliforniya Solucanı) türüne ait canlı bireyler (Şekil 3.1) ile gül atıkları (posa), elma atıkları (meyve kısmı), ayçiçeği atıkları (tüm bitki), evsel atıklar (sebze-meyve atıkları), arıtma çamuru ve ahır gübresi oluşturmaktadır. Arıtma çamuru Isparta Belediyesi, Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü, Atıksu Arıtma Tesisi'nden, *E. fetida* ve ahır gübresi AKME Group LTD. ŞTİ'den, gül ve ayçiçeği atıkları Isparta İlinin Gönen İlçesine bağlı Güneykent Kasabası tarlalarından ve elma atıkları Eğirdir İlçesindeki bazı meyve bahçelerinden temin edilmiştir.



Şekil 3.1. *E. fetida* türüne ait solucanlar

3.2. Yöntem

Çalışmamızın materyallerini oluşturan atık maddeler solucan gübresi haline gelinceye kadar birtakım işlem basamaklarından geçirilmiştir. Atık maddelerin dönüştürülerek gübre haline gelebilmesi için geçirilmiş oldukları işlem basamakları sırası ile atıkların kurutulması, parçalanması, elenmesi, karışımların hazırlanması, çürütme, solucanların yeme adapte edilmesi, solucanların yem içerisine yerleştirilmesi ve gübre üretimidir.

3.2.1. Atıkların kurutulması

Çoğu bitkide ortak olarak bulunan klorofil gibi maddelerin yanı sıra bitkiye özgü olan ya da miktarı diğer bitkilere göre fazla olan maddeler de bulunmaktadır. Bunlar, doğrudan güneş ışığına maruz kaldığı zaman yapısında değişiklikler ya da bozulmalar meydana gelebilmektedir. Ayrıca doğrudan güneş ışığına maruz bırakılan atıklarda madde kayıpları da gerçekleşmektedir. Bu nedenle atıkların doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmadan gölgede kurutulması gerekmektedir.

Isparta ilinin farklı yerlerinden toplanan atık maddeler ve arıtma (kanalizasyon) çamuru Burdur ilinde bulunan AKME Group Organik Tarım Solucan Gübresi Üretim Tesisi'ne getirilmiştir. Atık maddelerin geçirmesi gereken ilk işlem basamağı kurutmadır. Bunun için atık maddelerin her birisi ve ahır gübresi beton ya da toprak bir zemin üzerine ayrı ayrı serilmiş ve gölgede kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Atıkların gölgede kurutulması

Atıkların kuruma süresi, atık madde çeşidine, kurutma ortamının sıcaklığına, nemine ve almış olduğu rüzgâra göre değişiklik göstermektedir. Çalışmamız yürütülürken yapmış olduğumuz kurutma işlemi, atık maddelerin bünyelerindeki fazla miktardaki su buharlaşmaya kadar yapılmış olup, ortalama bir hafta sürmüştür.

3.2.2. Atıkların parçalanması

Atık maddelerin ve ahır gübresinin kurutma işleminden sonra geçirmiş olduğu işlem, parçalama işlemidir. Atıkların parçalanması iki ana amaç için gerçekleştirilmektedir. Birincisi; diğer işlem basamaklarından maksimum verim elde edebilmek, ikincisi ise bütün atıkların tanecik büyüklüğünü aynı boyutlara indirgemektir. Parçalama işlemi için atık maddelerin her birisi ve ahır gübresi ayrı ayrı, parçalayıcı bir makine (Şekil 3.3) yardımı ile parçalanmış ve elenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Atıkların parçalanması

3.2.3. Atıkların elenmesi

Parçalanma ve ön eleme işleminden geçen atık maddelerin geçirilmesi gereken işlem basamağı, elemedir. Parçalanmış olan materyaller, içerisinde büyük parçalar kalmış olma ihtimaline karşı eleme işleminden geçirilmektedir.

Parçalanmış materyaller, otomatik bir eleme makinesi yardımı ile tanecik büyüklüğü maksimum 3 mm olacak şekilde elenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Otomatik eleme makinesi

Eleme işleminin amaçlarından birisi, tüm taneciklerin hemen hemen aynı boyutlarda olmalarını, diğeri ise parçalanmış olan atık maddeler ile ahır gübresi karıştırılırken homojen bir kompost karışımı elde edilmesini sağlamaktır.

3.2.4. Karışımların hazırlanması

Ticari amaçlı üretilen katı solucan gübresi, sadece ahır gübresinden üretilen kompostun, literatürde kırmızı solucan (Red worm/Tiger worm) olarak bilinen *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) türü solucanlar tarafından tüketilmesi ve dışkılması ile elde edilmektedir.

Çalışmamızda ise solucanlara verilecek olan kompost, ahır gübresi ile atık maddelerin her birisinin farklı oranlarda karıştırılması ile elde edilmiştir. Bunun için her bir atık madde ve ahır gübresi ayrı ayrı % 25:75, % 50:50 ve % 75:25 oranlarında karıştırılarak kompostlar hazırlanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Atık maddeler ile ahır gübresinin karıştırılma oranları

	Atık Madde Oranı (%)	Ahır Gübresi Oranı (%)
Elma kompostu	25	75
	50	50
	75	25
Ayçiçeği kompostu	25	75
	50	50
	75	25
Gül kompostu	25	75
	50	50
	75	25
Arıtma Çamuru kompostu	25	75
	50	50
	75	25
Evsel atık kompostu	25	75
	50	50
	75	25

3.2.5. Kompostlama

Solucanlar besinleri parçalayabilmek için diş gibi kesici, parçalayıcı ve ezici yapılara sahip değillerdir. Bu nedenle hazırlanan karışımların solucana verilmeden önce çürütülmesi gerekmektedir. Solucanlar, çürümüş besinleri kolay ve hızlı bir şekilde tüketebilmektedir. Doğada saprofit canlılar, mantarlar ve diğer mikroorganizmalar varlığında gerçekleşen ve gerçekleştiği zaman ısı açığa çıkartan bu olaya fermantasyon adı verilmektedir (Kacar ve Katkat, 2011).

Farklı oranlarda karıştırılan kompostlar, ayrı ayrı kaplar içerisine konulmuş ve karışım oranları plastik etiketler üzerine silinmez kalemle yazılarak etiketlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Farklı oranlarda hazırlanmış kompost karışımları

Karışımlar, çürüme işleminin başlaması için yaklaşık %60–70 oranında nemlendirilmiş ve aşırı sıcaklık nedeniyle meydana gelebilecek olan madde kayıplarını önlemek amacıyla doğrudan güneş ışığına maruz kalmayacakları bir alanda çürümeye bırakılmıştır. Nemlendirme sırasında sızan su ile birlikte suda çözünebilen madde kayıplarını önlemek için de kapalı ve sızdırmaz kaplar kullanılmıştır. Çürüme işlemi, aerobik ve anaerobik mikroorganizma faaliyeti ile gerçekleşmekle beraber büyük kısmı aerobik şartlarda gerçekleşmektedir. Bu nedenle kompostlarda kötü koku meydana geldikçe karıştırılarak havalanması ve homojen bir çürüme gerçekleşmesi sağlanmıştır. Kötü koku meydana geldikçe karıştırılma nedeni ise kötü kokuların anaerobik çürüme sonucu ortaya çıkması ve anaerobik çürümenin, aerobik çürümeye oranla daha yavaş ilerlemesidir. Karıştırma işlemi farklı sürelerde yapılmış olup, ortalama 4 günde bir yapılmıştır. Bu işleme karışımlar tamamen çürüyünceye kadar devam edilmiştir.

3.2.6. Solucanların yeme adapte edilmesi

Solucanlar çürüeyebilen hemen herşeyi tüketebilmektedir. Ancak kendilerine sunulan her atığı hemen tüketmemektedir. Çünkü öncelikle sunulan maddelere alışmaları ve adapte olmaları gerekmektedir. Bu davranış biçimi insanlardaki tatma ve alışma sürecini kapsayan davranış biçimi ile benzerlik göstermektedir.

Adaptasyon işlemi için bir miktar kompost plastik kasalar içerisine zemini örtecek biçimde, 5 cm yüksekliğinde yayılmıştır. Üzerine 250 adet *E. fetida* türüne ait solucan bireyleri bırakılmış ve yem içerisine girip girmeyeceği gözlemlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.6. Yeme adapte olup olmayacakları gözlemlenen solucanlar

Solucanların, yaklaşık olarak 1 hafta boyunca yemi tüketip tüketmedikleri gözlemlenmiştir. Kap içerisine koyulan kompost ve oluşan gübre arasında bariz bir şekilde yapısal farklılık vardır (Şekil 3.8).



Şekil 3.7. Kompost (solda) ve oluşan gübre (sağda)

Bu yapısal farklılık göz önünde bulundurularak gözlem süresi boyunca solucanların kompostu tükettiği, bu nedenle de yeme adapte olduğu kanaatine varılmıştır. Böylece solucanların kompost içerisine yerleştirilmesine karar verilmiştir.

3.2.7. Solucanların yem içerisine yerleştirilmesi

Solucanlar yeme adapte olduktan sonra yem içerisine yerleştirilmeye ve gübre üretmeye hazır hale gelmiştir. Bunun için karışım, kabın zeminine 15 cm eninde yayılmıştır. Arası ark şeklinde açıldıktan sonra nemlendirilmiş ve içerisine 250 adet *E. fetida* türü solucan yerleştirilmiş; daha sonra her iki yandan üzeri tepe olacak biçimde toplanarak solucanların üzeri kapatılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Solucan yığınının sonraki yığının genel görünüşü

3.2.8. Gübre retimi

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

Gerekli nemi sağlayabilmek için, oluşturulan yığınların ıslatılması gerekmektedir. Ancak, bu ıslatma işlemi ne gereğinden az ne de fazla yapılmalıdır. Çünkü solucanlar her iki durumdan da olumsuz olarak etkilenmektedir. Bunu ayarlamak için de nemlendirme işlemi, klorsuz su ile mistleme (sprey) yöntemiyle yapılmıştır (şekil 3.10).



şekil 3.9. Solucan yığınlarının nemlendirilmesi

Solucanlar, içerisine yerleştirilmiş oldukları yemi gübre haline dnştrdke ekleme yapılmış, oluşan gübreler ise ayrılmıştır. Gübre retimi için uygulanan işlemler hazırlanan karışımlar tükeninceye kadar tekrarlanarak devam etmiştir.

Gübre retimi bittikten sonra yığınlar tek tek yere dökülmüş ve içerisindeki solucan sayılarına bakılarak üreme meydana gelip gelmediği kontrol edilmiştir.

Üretilen gübreler 1'er kg. ağırlığında paketlenerek Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Toprak Analiz Laboratuvarında analizleri yaptırılmıştır. Analizi yapılan değerler ve analiz metotları aşağıda verilmiştir.

Bunlar;

Gübre-Su(1:2,5'luk) karışımında pH belirlenmesi; hava-kurusu ve 2 mm (10 mesh)'lik elekten elenmiş 10 gr gübre örneği 50 ml kapasiteli behere konur ve üzerine 25 ml arı su katılır. Süspansiyon 20-30 dakika belli aralıklarla karıştırılır. Ölçüm öncesi yeniden karıştırılarak cam elektrodlu pH metrede ölçüm yapılmıştır (Jackson, M. L. (1962).

Organik madde, Kuru Yakma yöntemine göre; Toprakta organik madde miktarını, 550 °C'da yakılma sonunda analiz numunesinde belirlenen ağırlık kaybını dikkate alarak belirlenmiştir

Toplam azot (N), organik gübrenin salisilik-sülfirik asit karışımı ile yaş yakılması sonucu, organik haldeki azotun yanında nitrat ve nitritlerin salisilik asit ile indirgenmesi sonucu oluşan toplam amonyum azotundan; sodyum hidroksit ile sağlanan alkali ortamda açığa çıkan amonyağın borik asit çözeltisi ile gerçekleştirilen destilasyon sonucunda standart sülfirik asit ile geriye titre edilerek belirlenmiştir.

Elektriksel iletkenlik (EC), gübrelerin tuzluluk durumları, gübre saturasyon ekstraktında iletkenlik aleti kullanılarak, elektriksel iletkenlik ölçümleri belirlenmiştir.

Fosfor (P), kuru ya da yaş yakma yöntemlerinden biri ile yakılan organik gübrenin katalizör etkisiyle indirgenme sonucu ortaya çıkan mavi rengin yoğunluğuna dayanılarak spektrofotometrede belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010).

K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺“amonyum asetat metodu” kullanılarak yapılmaktadır. Hazırlanan gübre çözeltilerinde çözeltilerinde belirlenen elementler “Varian SpekrAA 240 FS atomic absorption spectrometer cihazı”nda ölçülmesi ile belirlenmiştir.

Bakır ve Çinko, Mangan, Demir, DTPA ile ekstrakte edilebilir demir belirlenmesi;
Bir kilyet olan DTPA'nın (Dietilentriaminpentaasetik asidin) örnek numunesinde bulunan Fe³⁺ ile oluşturduğu çözünebilir kompleksteki demirin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrede(AAS) belirlenmiştir.(Lindsay ve Norvell 1978)

Bir kilyet olan DTPA'nın(Dietilentriaminpentaasetik asidin) örnek numunesinde bulunan Mn ile oluşturduğu çözünebilir kompleksteki manganın Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrede(AAS) belirlenmiştir.

Bir kilyet olan DTPA'nın (Dietilentriaminpentaasetik asidin) örnek numunesinde bulunan Zn^{2+} ile oluşturduğu çözünebilir kompleksteki çinkonun Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrede(AAS) belirlenmiştir.

Bir kilyet olan DTPA'nın (Dietilentriaminpentaasetik asidin) örnek numunesinde bulunan Cu^{2+} ile oluşturduğu çözünebilir kompleksteki bakırın Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrede(AAS) belirlenmiştir.

Toplam Fosfor, gübre örnekleri yaş/kuru yakma yöntemleriyle yakılıp elde edilen çözeltilinin P konsantrasyonu spektrometrik olarak belirlenmiştir

Organik Karbon, Kuru Yakma yöntemine göre; Toprakta organik madde miktarını, 550 °C'da yakılma sonunda analiz numunesinde belirlenen ağırlık kaybını dikkate alarak belirlenmiştir.

Yoğunluk, Blake (1986)' e göre; Belirli bir hacimdeki kuru gübrenin havası tamamen uzaklaştırıldıktan sonra tespit edilen ağırlığının eşit hacimdeki suyun ağırlığına oranlanması ile analiz numunelerinin özgül ağırlığı hesaplanmıştır.

Organik madde, Organik karbonun %77'sinin yükseltgenebildiği (1.30) varsayılarakve organik maddenin %58'nin organik karbondan oluştuğu varsayılarak 1.724 (100/58=Van Bemmelen faktörü) katsayılar ile çarpılarak hesap yöntemiyle belirlenmiştir

Tuz, SAT yüzdesi ile EC okuma değerinin 0,064 sabit katsayısı ile çarpımı ile analiz numunelerinin %Tuz değerleri belirlenmiştir.

Nitrat azotu, Permanganat ile değiştirilmiş Kjeldahl yöntemine göre; Permanganat ile indirgenmiş demir ile ön işleme tabi tutulan, sülfirik asit ile yaş yakılan gübre örneğindeki NO_3^- ve NO_2^- dahil organik haldeki N'u, NH_4^+ -N'u şeklinde dönüştürülerek ve alkali ortamda yapılan destilasyon sonucu açığa çıkan NH_3 miktarından toplam N'u belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell 1978).

Çalışmada elde edilen verilere, üzerinde durulan özellikler (Çizelge 3.2) bakımından atığın cinsi, solucan varlığı-yokluğu ve atık-gübre oranı faktörlerinin ortalamaları arasındaki farklar Varyans Analizi Tekniği ile analiz edilmiştir (Faktörlerin birbirleri ile

olan interaksyonları dikkate alınmamıştır). Faktörlerin seviye ortamları arasındaki farkların önem kontrolünde Tukey testi kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Gübrelere yapılan analizler

% Organik azot	Özgül ağırlık(gr/cm^3)	Mn mg/kg
% Toplam azot	% Tuz	Fe mg/kg
% Nitrat azotu	pH	Zn mg/kg
Toplam fosfor mg/kg(P_2O_5)	Mg mg/kg	Ca mg/kg
	Cu mg/kg	Na mg/kg
% Organik karbon	P mg/kg	EC mS
% Organik madde	K mg/kg	

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma boyunca elde edilen bulgular aşağıda detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur:

Atık maddelerin ve ahır gübresinin, ham madde halinden solucan gübresi haline gelinceye kadar geçirildiği işlem basamakları sırasında çevrenin bu karışımlar ve solucanlar üzerine etkisinin olduğu tespit edilmiştir

Kompostların bir kısmı ağzı açık kap içerisinde, bir kısmı da ağzı kapalı bir kap içerisinde çürümeye bırakılmıştır. İki hafta sonra karışımlar kontrol edildiğinde ağzı açık kap içerisinde bulunan kompostta çürümenin hızlı gerçekleştiği ve rahatsız edici bir koku meydana gelmediği görülmüştür. Ağzı kapalı olan kap içerisinde bulunan kompostta ise çürümenin daha az olduğu ve yoğun derecede kötü koku meydana geldiği görülmüştür. Buna ek olarak, oksijen ile teması olan kaplarda koku meydana gelmemesi için kompostun 3-4 günde bir karıştırılması gerektiği anlaşılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Evsel atıklar kullanılarak hazırlanan kompostlarda fermantasyon farkı (a. açık kap, b: kapalı kap)

Ayçiçeği dışındaki atıklardan hazırlanan karışımların çürüme süreleri genel olarak birbirine yakındır. Fakat ayçiçeği atıklarından hazırlanan karışımlarda çürüme süresinin daha uzun olduğu görülmüştür. Bu durumun sahip olduğu lifli ve odunsu yapı nedeniyle lignin içeriğinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma sürecinde denemelerden ikisi iptal edilmiştir. Bu denemeler aşağıda verilmiştir.

- %75 ayçiçeği atıkları + %25 ahır gübresi karışımının nem tutma gücünün zayıf olması nedeniyle çürüme gerçekleşmemiştir (Şekil 4.2). Hem nem tutma gücünün zayıf oluşu hem de çürümenin gerçekleşmemiş olması nedeniyle solucanlar yeme adapte olamamıştır. Bu karışım oranının solucan gübresi üretimi için uygun olmadığı kanaatine ulaşılmış ve bu deneme iptal edilmiştir.
- %75 elma atıkları + %25 ahır gübresi karışımının pH değerinin düşük olması (izelge 4.1) nedeniyle solucanlar ortama adapte olamamışlardır. Bu karışım oranının da solucan gübresi üretimi için uygun olmadığı kanaatine ulaşılmış ve bu deneme de iptal edilmiştir.



Şekil 4.2. %75 ayçiçeği atıkları + %25 ahır gübresi karışımında yetersiz çürüme

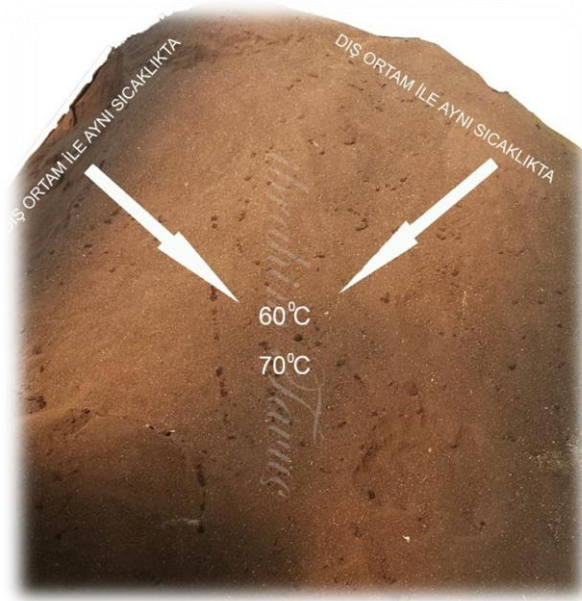
Hazırlanan kompostlarda çürüme sonrası solucanlar yerleştirilmeden önce pH ölçümü yapılmış ve solucanlar ortama yerleştirilmiştir. Gübre oluşumu tamamlandıktan sonra solucanlar ortamdaki uzaklaştırılmış ve oluşan gübrede tekrar pH ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümlere ilişkin pH değerleri izelge 4.1'de verilmiştir. Genel olarak hem başlangıç hem de son pH değerlerinin bazik olduğu görülmüştür. Fakat elma atıkları ile yapılan denemelerin ikisinde (%50 ve %75 elma atığı kullanılan karışım) başlangıç pH değerlerinin asidik olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1. Geleneksel kompost ve solucan gübresi arasındaki pH değişimi

	Atık Oranı (%)	Ahır Gübresi Oranı(%)	Başlangıç pH Değeri	Son pH Değeri
Elma kompostu	25	75	7,29	8,91
	50	50	6,04	8,54
	75	25	5,25	*
Ayçiçeği kompostu	25	75	8,80	9,19
	50	50	8,99	9,16
	75	25	8,60	*
Gül kompostu	25	75	8,65	8,63
	50	50	7,71	8,66
	75	25	7,17	8,61
Arıtma çamuru kompostu	25	75	8,14	7,98
	50	50	7,46	8,20
	75	25	8,34	7,65
Evsel atık kompostu	25	75	8,94	8,92
	50	50	8,90	8,73
	75	25	8,70	8,68

* İptal edilen denemeler

Fermentasyon işlemi gerçekleşirken 1.5 m yükseklik ve 2 m enindeki kompost yığınlarındaki sıcaklığın ilk 10 cm'lik kısmının dış ortam sıcaklığı ile aynı olduğu, merkeze doğru arttığı ve merkezde 60-70 °C'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Dış ortamla etkileşme derecesine bağlı olarak sıcaklık artışı gözlenmiştir. Diğer bir ifade ile iç ortama gidildikçe dış ortam ile mesafesine ve kompostun hammaddesine bağlı olarak sıcaklık değişmekte, merkeze doğru hızlı bir şekilde artmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Solucan yemi olarak hazırlanan kompost içerisindeki sıcaklık dağılımı

Kompostlaşma işlemi süresince karışımların renkleri değişmektedir. Karışım olgunlaştıkça rengin açıktan koyuya doğru değiştiği görülmüştür. Kompostun renk değişimi aynı zamanda çürümenin seviyesini göstermektedir. Bu olayda en önemli iki etken sıcaklık ve nemdir (Şekil4.4).



Şekil 4.4. Kompostların olgunlaşması sırasında meydana gelen renk değişimi

Uygun şartlar altında, yani %60–70 nem ile 25–30 °C sıcaklıkta karışımların solucanlar tarafından tüketilebilecek kıvama gelmesi 6–8 hafta sürmüştür. Isı düştükçe ve fazla ıslatıldıkça fermantasyon olumsuz etkilenmekte, olgunlaşma süresi uzamaktadır.

Solucanlara yem olarak verilecek olan materyallerin yeterince çürümüş olması ve kötü kokuya sahip olmaması gerektiği tespit edilmiştir. Umumi olarak ahır gübresinin komposttaki oranının artması ortamın bazikliğini arttırmaktadır. Fermente edilmiş yemlere yeterli solucan bırakıldıktan sonra gübre oluşmasına yakın pH'ın 9'a doğru değiştiği; 7-9 aralığında olduğu ve solucanların 7-9 pH aralığında daha aktif olduğu görülmüştür. Kompost yeterince olgunlaşmadığı zaman solucanların komposttan uzaklaşma eğiliminde oldukları (Şekil 4.5) görülmüştür.



Şekil 4.5. Yeterince olgunlaşmayan komposttan uzaklaşmaya çalışan solucanlar

Kompost içerisine bırakılan solucanların çok sayıda yumurta ve yavru oluşturduğu dolayısı ile sayılarının arttığı (Çizelge 4.2), buna bağlı olarak yem olarak verilen kompostun daha hızlı tüketildiği ve gübre haline geldiği görülmüştür.

Çizelge 4.2. Kompost içerisindeki solucan sayısının değişimi

Kompost çeşidi	Atık oranı (%)	Ahır gübresi oranı (%)	Başlangıçta konulan solucan sayısı	Deneme sonunda solucan sayısı
Elma kompostu	25	75	250	374
	50	50	250	392
	75	25	250	*
Ayçiçeği kompostu	25	75	250	291
	50	50	250	203
	75	25	250	*
Gül kompostu	25	75	250	318
	50	50	250	340
	75	25	250	352
Arıtma çamuru kompostu	25	75	250	412
	50	50	250	402
	75	25	250	400
Evsel atık kompostu	25	75	250	398
	50	50	250	418
	75	25	250	405

* İptal edilen denemeler

Asıl denemelere başlamadan önce solucanlara verilecek olan karışımların hangi boyutlarda olması gerektiğini belirlemek amacı ile ön denemeler yapılmıştır. Yapılan ön denemelerde solucanlara verilen kompostun tanecik boyutu küçüldükçe, daha kolay ve hızlı tüketerek gübreye dönüştüğü (Çizelge 4.3) görülmüştür. Atığın çeşidine bağlı olmakla beraber atık oranı arttıkça özellikle %50'yi geçtikten sonra solucanların aktivitesi azalmaktadır. %75 ayçiçeği+%25 ahır gübresi ve %75 elma+%25 ahır gübresi denemelerinin başarısız olma nedenlerinden birisi de budur. Ayçiçeği bitkisinde çürümeyi önleyici ve asidik yapıdaki zambak, mum vb. ile elmanın asidik yapıda oluşu solucan aktivitesini negatif yönde etkilemiştir. Bu karışımlarda kompostta yerleştirilen solucanların çoğu ölmüş, ölmeyenler kaçma yoluna gitmişlerdir. Bu nedenle denemenin sonucunda solucan sayısı belirlenememiştir.

Çizelge 4.3. Kompostta tanecik boyutunun solucanların tüketme süresine etkisi

Tanecik Boyutu (Ortalama)	Tüketim süresi (Ortalama)
20 mm	90 gün
10 mm	70 gün
5 mm	45 gün
3 mm	30 gün

Çizelge 4.3'ten anlaşıldığı üzere kompostun tanecik boyutu küçüldükçe solucan yeminin olgunlaşma süresi kısalmaktadır. Ancak bu küçülme 3 mm'ye kadar olan boyuta kadar geçerlidir. 3 mm'den daha küçük boyutlar çürümede bazı sıkıntılar oluşturmaktadır. Tanecik boyutu küçüldükçe kompostun havalanması zorlaşmakta ve daha sık karıştırma (havalandırma) işlemi gerektirmektedir. Bu işlem yeterince gerçekleştirilemediği takdirde çürüme süresi uzamakta ve metan gazının sebep olduğu kötü koku oluşumu artmaktadır.

Eşit miktardaki kompost, genç ve yetişkin bireylerin ayrı ayrı bulunduğu kaplar içerisine konulduğunda, genç bireylerin verilen yemi yetişkin bireylere göre daha hızlı tükettiği görülmüştür (Çizelge 4.4). Tüketim süresi kompost çeşidinden bağımsızdır. Kompostun içerdiği nem miktarı %70'in altına düştüğünde her iki kap içerisinde de tüketim hızının yavaşladığı görülmüş ve nem miktarı %40'ın altına düştüğünde solucanlar yavaş yavaş ölmüştür.

Çizelge 4.4. Kompostun genç ve ergin bireyler tarafından tüketilme süresi

	Verilen Kompost Miktarı	Kompostu Tüketme Süresi	Solucan Sayısı
Genç bireyler	1500 cm ³ (5x10x30 cm)	25-35 gün (30 gün)	250
Ergin bireyler	1500 cm ³ (5x10x30 cm)	40-50 gün (45 gün)	250

Genç bireyler ergin bireylere göre daha zayıf, renkleri daha açık ve boyutları daha küçüktür. Ergin bireyler genç bireylere göre daha hacimli, renkleri daha koyu ve boyutları daha büyüktür. Erişkin bireylerin ağırlıkları 0,374 g ile 0,613 g arasında olup ortalama 0,492 g olarak; boyları ise 6 cm ile 14 cm arasında olup ortalama 10,23 cm olarak ölçülmüştür.

Solucanlara yem olarak verilen gevşek ya da boşluklu yapıdaki kompostun solucanlar tarafından tüketilerek gübreye dönüştüğü, yığınların taban kısmından itibaren yukarıya doğru gübrenin sıkışarak biriktiği görülmüştür (Şekil 4.6). Bu durum verilen yemin gübreye dönüşüp dönüşmediği konusunda önemli bir göstergedir. Yığınlar içerisindeki kompost gübreye dönüştükçe ilk yem verildikten sonra 2. yem verilinceye kadar geçen sürede verilen yemin yüksekliğinin ortalama %50 azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.6. Oluşan solucan gübresi ve verilen yem arasındaki yapısal farklılık

Solucanların yığınlar içerisinde birbirinden maksimum 3 mm uzaklıkta galeriler (tünel/geçit) açtıkları görülmüştür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Solucanlar tarafından yemde açılan galeriler (tüneller)

Üretilen gübrede kötü bir koku olmadığı tespit edilmiştir. Üretilen gübrelerin normal yolla elde edilen komposta göre daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.

Karışım içerisindeki solucanların sayısı arttıkça, yetişkin bireyler birbirleri ile ne kadar çok karşılaşılırsa, o kadar çok çiftleşme eğiliminde buldukları (Şekil 4.8) ve birbirine ters olarak, clitellum¹ adı verilen bölgeden çiftleştikleri, karşılaşmadıkları takdirde sürekli çalıştıkları görülmüştür.



Şekil 4.8. Solucanlarda çiftleşmeye ön hazırlık evresi

Solucanların çiftleşmeleri sonucunda meydana gelen kokonların² açık kahverengi veya sarımsı bir renge sahip oldukları, olgunlaştıkça renklerinin koyu kahverengiye değiştiği görülmüştür (Şekil 4.9).

¹ Toprak solucanlarında genellikle vücudun ön kısmında ve eşeyssel segmentlere yakın bölgede oluşan yüzük ya da semer şeklindeki kuşak (Mısırlıoğlu, 2011).

² Yumurta kapsülü (Mısırlıoğlu, 2011).



Şekil 4.9. Yeni oluşmuş (solda) ve olgunlaşmış (sağda) kokonlarda renk farklılığı

Kokonlar içerisinde bulunan yavru solucanların başlangıçta şeffaf bir görünüme sahip olduğu, büyüyüp geliştikçe renklerinin beyazdan kırmızıya doğru dönüştüğü görülmüştür (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Solucanda yaşlanmaya bağlı olarak meydana gelen renk değişimi

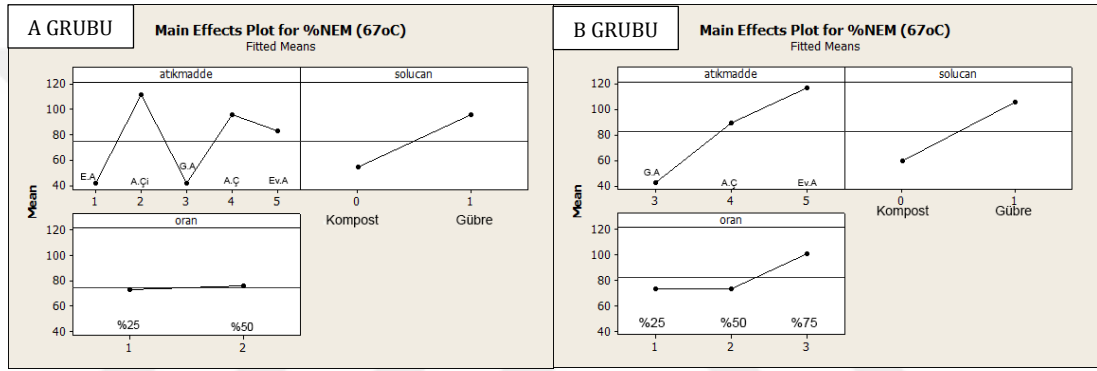
Solucanların, yem içerisinde 20-30 °C sıcaklıkta ve %70-80 nem oranında yaşamsal faaliyetlerini oldukça hareketli olarak geçirdikleri, sıcaklık 20 °C'nin altına düştükçe fiziksel aktivitelerinin azaldığı, neredeyse hareketsiz oldukları görülmüştür. Bu duruma bağlı olarak kompost tüketim süresi değişmektedir.

Kompostlar içerisindeki incelenen özellikler, her bir atık madde de farklı miktarlarda bulunmaktadır. Atık maddeler incelenen özellikler bakımından ihtiva etmiş oldukları miktarlara göre en çoktan en aza doğru sıralanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. Solucan yemi hazırlamada kullanılan atık maddelerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

İncelenen özellikler	En çok → En az				
	Özgül ağırlık	Elma atıkları	Gül atıkları	Evsel atıklar	Ayçiçeği atıkları
Yoğunluk	Elma atıkları	Gül atıkları	Evsel atıklar	Ayçiçeği atıkları	Aritma çamuru
EC	Ayçiçeği atıkları	Elma atıkları	Gül atıkları	Aritma çamuru	Evsel atıklar
Toplam Tuz	Ayçiçeği atıkları	Gül atıkları	Elma atıkları	Aritma çamuru	Evsel atık
Toplam azot	Ayçiçeği atıkları	Aritma çamuru	Elma atıkları	Gül atıkları	Evsel atıklar
Nitrat azotu	Aritma çamuru	Gül atıkları	Elma atıkları	Ayçiçeği atıkları	Evsel atıklar
Organik azot	Ayçiçeği atıkları	Elma atıkları	Aritma çamuru	Gül atıkları	Evsel atıklar
Toplam fosfor	Elma atıkları	Aritma çamuru	Ayçiçeği atıkları	Evsel Atıklar	Gül atıkları
Organik karbon	Ayçiçeği atıkları	Gül atıkları	Elma atıkları	Aritma çamuru	Evsel atıklar
Organik madde	Ayçiçeği atıkları	Aritma çamuru	Evsel atıklar	Elma atıkları	Gül atıkları
pH	Ayçiçeği atıkları	Evsel atıklar	Gül atıkları	Aritma çamuru	Elma atıkları
Cu	Elma atıkları	Ayçiçeği atıkları	Aritma çamuru	Gül atıkları	Evsel atıklar
Mn	Elma atıkları	Evsel atıklar	Gül atıkları	Aritma çamuru	Ayçiçeği atıkları
Fe	Elma atıkları	Evsel atıklar	Aritma çamuru	Ayçiçeği atıkları	Gül atıkları
Zn	Aritma çamuru	Elma atıkları	Ayçiçeği atıkları	Gül atıkları	Evsel atıklar
K	Ayçiçeği atıkları	Elma atıkları	Gül atıkları	Evsel atıklar	Aritma çamuru
Ca	Elma atıkları	Gül atıkları	Aritma çamuru	Evsel atıklar	Ayçiçeği atıkları
Mg	Gül atıkları	Elma atıkları	Evsel atıklar	Ayçiçeği atıkları	Aritma çamuru
Na	Gül atıkları	Elma atıkları	Evsel atıklar	Aritma çamuru	Ayçiçeği atıkları
P	Elma atıkları	Aritma çamuru	Ayçiçeği atıkları	Evsel atıklar	Gül atıkları

67 °C' de % nem içeriği bakımından elde edilen verilere yapılan analiz sonucunda her iki grupta da (% 75 oran dahil olan (A) ve % 75 dahil olmayan (B)) atık maddelerin ortalamaları arasında fark olduğu ve bu farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur (P<0,05). Üretilen gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında nem içeriği bakımından her iki grupta da fark olduğu ve bu farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Yani elde edilen gübrelerin nem tutma kapasitesi, kompostun nem tutma kapasitesinden önemli oranda fazladır. A ve B gruplarında atık-gübre oranlarının ortalamaları arasında nem özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, karışım içerisindeki atık madde miktarı arttıkça nem tutma kapasitesinin arttığı anlaşılmıştır (Şekil 4.11, Çizelge 4.7).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir.

Şekil 4.11. Kompost ve gübredeki 67 °C'de nem içeriğinin istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.6. Kompost ve gübredeki 67 °C'de nemin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
2	4	111	A
4	4	95	A
5	4	83	AB
1	4	41	B
3	4	41	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	95	A
0	10	54	B

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	76	A
1	10	73	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
5	6	116	A
4	6	89	AB
3	6	42	B

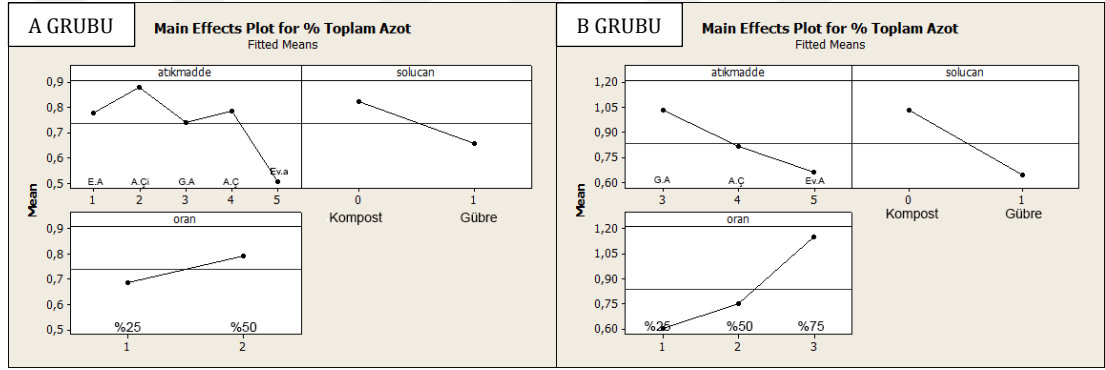
Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	105	A
0	9	60	B

Oran	N	Ortalama	Grup
2	6	69451	A
1	6	63831	A
3	6	47898	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

% Toplam azot (N) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda hem A hem de B gruplarında atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Toplam azot miktarının en fazla ayçiçeği atıklarında, en düşük ise evsel atıklarda olduğu görülmüştür.

Üretilen gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında toplam azot özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Üretilen gübre içerisindeki toplam azot miktarının kompostta göre daha az olduğu ve bu farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde atık-gübre oranlarının ortalamaları arasında her iki grupta da toplam azot özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı bulunmuştur. Ancak kompostta atık madde oranı arttıkça toplam azot miktarı artmaktadır (Şekil 4.12, Çizelge 4.8).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir.

Şekil 4.12. Toplam azot değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.7. Kompost ve gübredeki toplam azotun Tukey testi ile karşılaştırılması

Atıkmadde	N	Ortalama	Grup
2	4	0,9	A
4	4	0,8	A
1	4	0,8	A
3	4	0,7	A
5	4	0,5	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	0,8	A
1	10	0,7	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	0,8	A
1	10	0,7	A

Atıkmadde	N	Ortalama	Grup
3	6	1,0	A
4	6	0,8	A
5	6	0,7	A

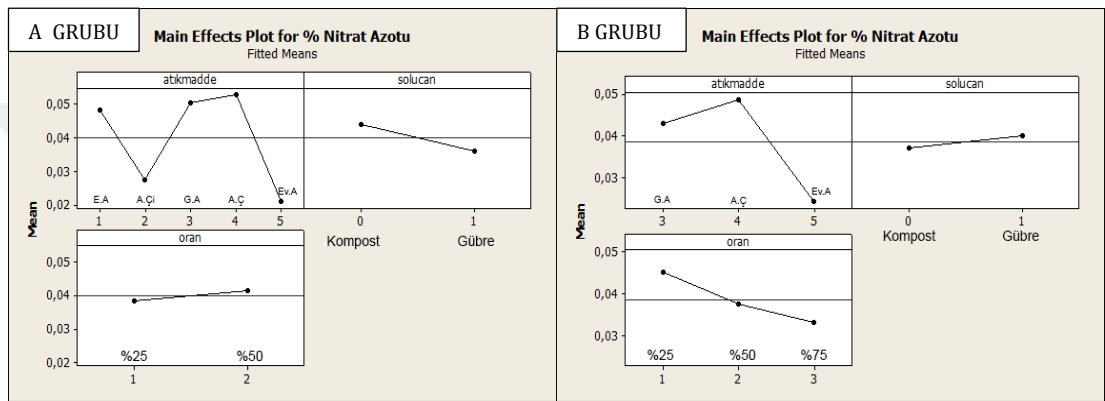
Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	1	A
1	9	0,6	B

Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	1,2	A
2	6	0,8	A
1	6	0,6	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

% Nitrat Azotu özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($P < 0,05$). Nitrat azotu miktarına; en fazla arıtma çamurundan hazırlanan karışımların, en az evsel atıklardan hazırlanan karışımların sahip olduğu görülmüştür.

Her iki gruba da yapılan istatistiksel analiz sonucunda, üretilen gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında ve oranların ortalamaları arasında nitrat azotu bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı bulunmuştur (Şekil 4.13, Çizelge 4.9).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir.

Şekil 4.13. Nitrat azotu değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.8. Kompost ve gübredeki Nitrat azotunun Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	4	0,1	A
3	4	0,1	A
1	4	0,1	A
2	4	0,1	A
5	4	0,1	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	0,01	A
1	10	0,01	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	0,01	A
1	10	0,01	A

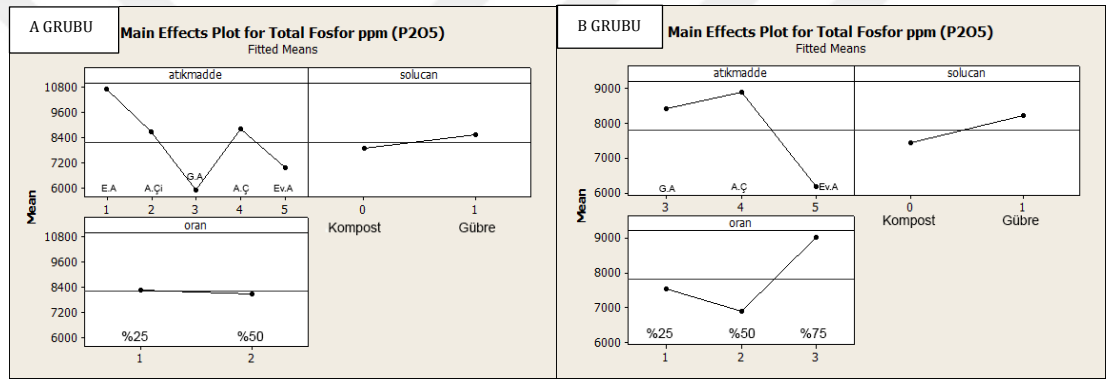
Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	6	0,04	A
3	6	0,04	AB
5	6	0,02	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	0,04	A
0	9	0,03	A

Oran	N	Ortalama	Grup
1	6	0,01	A
2	6	0,01	A
3	6	0,01	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

Toplam Fosfor (P_2O_5) (mg/kg) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Atık madde çeşitine göre toplam fosfor miktarının değişiklik gösterdiği, en yüksek elma atıklarının, en düşük ise gül atıklarının bulunduğu kompost karışımlarının sahip olduğu tespit edilmiştir. Her iki gruba da yapılan analiz sonucunda, üretilen gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında toplam fosfor bakımından istatistiksel açıdan bir fark olmadığı, gübre içerisindeki toplam fosfor miktarının karışımlara göre fazla olduğu görülmüştür. Oranların ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, %75 atık madde oranı içeren karışımların, diğerlerine oranla daha fazla toplam fosfor içerdiği görülmüştür (Şekil 4.14, Çizelge 4.10).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir.

Şekil 4.14. Toplam fosfor değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.9. Kompost ve gübredeki toplam fosforun Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
1	4	10715	A
4	4	8802	A
2	4	8665	A
5	4	6926	A
3	4	5892	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	8534	A
0	10	7866	A

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	8270	A
2	10	8130	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	6	8879	A
3	6	8409	A
5	6	6154	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	8195	A
0	9	7433	A

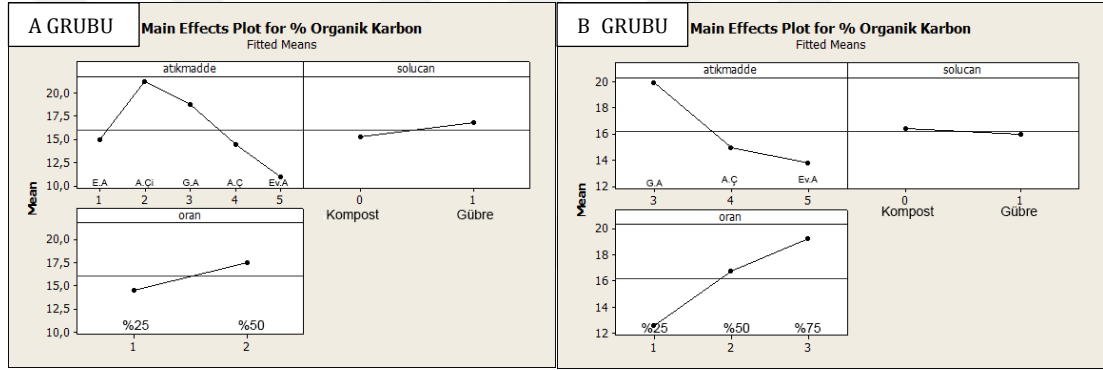
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	9029	A
1	6	7528	A
2	6	6886	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

Organik karbon (%) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda, her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur (P <0,05).

Yapılan analiz sonucunda, üretilen gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında her iki grupta da organik karbon özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

Oranların ortalamaları arasında organik karbon özelliği bakımından A grubunda fark olmadığı, B grubunda fark olduğu, karışım içerisindeki atık madde miktarı arttıkça organik karbon miktarının arttığı ancak bu artış ve farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.15, Çizelge 4.11).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.15. Organik karbon değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.10. Kompost ve gübredeki organik karbonun Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
2	4	21	A
3	4	19	A
1	4	15	AB
4	4	14	AB
5	4	11	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	17	A
0	10	15	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	17	A
1	10	14	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	20	A
4	6	15	AB
5	6	14	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	16	A
1	9	16	A

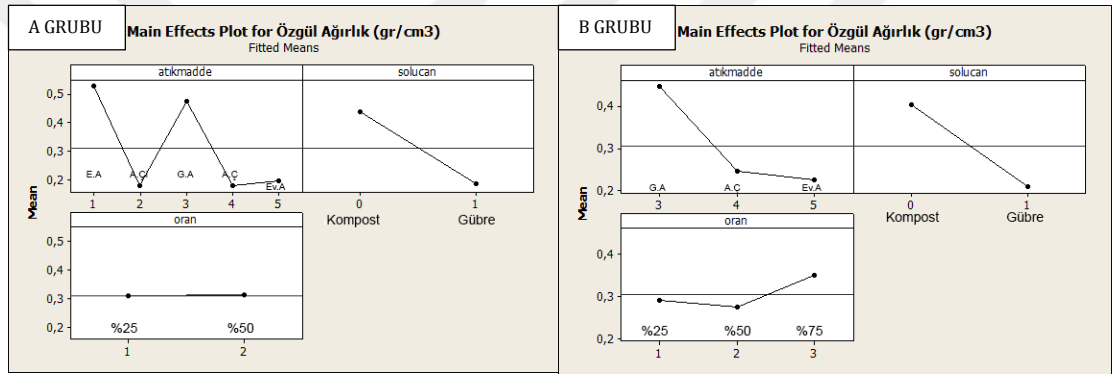
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	19	A
1	6	17	AB
2	6	13	B

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Özgül ağırlık (gr/cm^3) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Her iki grupta da üretilen gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında özgül ağırlık bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P < 0,05$). Yani üretilen gübrelerin özgül ağırlıkları, elde edildikleri kompost karışımlarının özgül ağırlıklarına göre daha azdır.

Oranların ortalamaları arasında özgül ağırlık bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı bulunmuştur (Şekil 4.16, Çizelge 4.12).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.16. Özgül ağırlığın kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.11. Kompost ve gübredeki özgül ağırlığın Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
1	4	0,5	A
3	4	0,5	A
5	4	0,2	A
2	4	0,2	A
4	4	0,2	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	0,4	A
1	10	0,2	B

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	0,3	A
1	10	0,3	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	0,4	A
4	6	0,2	A
5	6	0,2	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	0,4	A
1	9	0,2	B

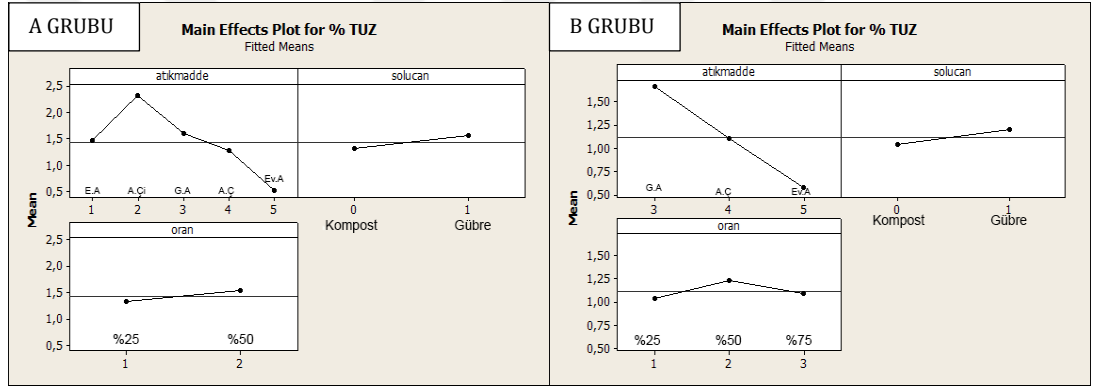
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	0,4	A
1	6	0,3	AB
2	6	0,3	B

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

Tuz (%) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur ($P<0,05$). Tuz miktarına en fazla ayçiçeği en az evsel atıklar ile hazırlanan karışımların sahip olduğu belirlenmiştir.

Her iki grupta da atık maddelerin ve gübrelerin tuz oranı ortalamaları arasında önemli bir fark olmadığı, gübrelerdeki tuz miktarının karışımlara göre fazla olduğu ancak bu fazlalığın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Her iki grupta da oranların ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı bulunmuştur. Ancak karışım içerisindeki ahır gübresi miktarı azaldıkça tuzluluğun da azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.17, Çizelge 4.13).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.17. Tuz değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.12. Kompost ve gübredeki tuz değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
2	4	2,3	A
3	4	1,6	AB
1	4	1,5	AB
4	4	1,3	AB
5	4	0,5	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	1,6	A
0	10	1,3	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	1,5	A
1	10	1,3	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	1,7	A
4	6	1,1	AB
5	6	0,6	B

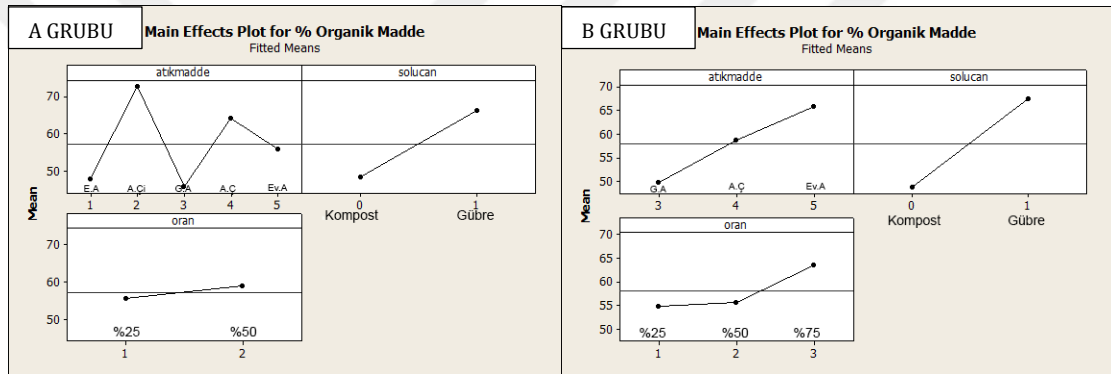
Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	1,2	A
0	9	1,0	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	6	1,2	A
3	6	1,1	A
1	6	1,0	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Organik madde (%) bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür. Çünkü atık maddelerin organik madde miktarları birbirlerine oldukça yakındır.

Her iki grupta da gübrelerin organik madde miktarlarının, kompostların sahip olduğundan fazla olduğu ve bu fazlalığın istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($P < 0,05$). Solucanların atık madde içerisindeki faaliyeti organik madde miktarını önemli oranda artırmıştır. Her iki gruba da yapılan analiz sonucunda oranların ortalamaları arasında organik madde özelliği bakımından istatistiksel açıdan fark olmadığı, kompost içerisindeki atık madde miktarı arttıkça organik madde miktarının arttığı, ancak bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı bulunmuştur (Şekil 4.18, Çizelge 4.14).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.18. Organik madde değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.13. Kompost ve gübredeki organik maddenin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
2	4	73	A
4	4	64	A
5	4	56	A
1	4	48	A
3	4	46	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	66	A
0	10	49	B

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	59	A
1	10	56	A

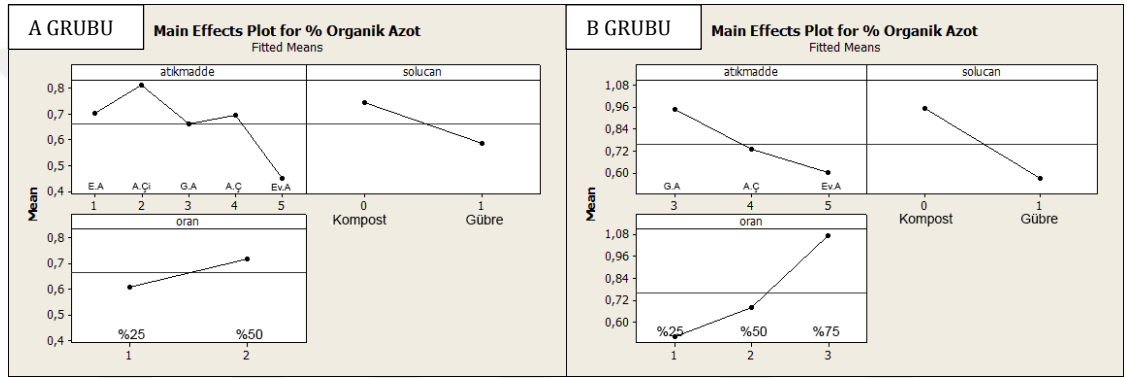
Atık madde	N	Ortalama	Grup
5	6	66	A
4	6	59	A
3	6	50	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	68	A
0	9	49	B

Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	64	A
2	6	56	A
1	6	55	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Organik azot (%) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Üretilen gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında A grubunda istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, B grubunda ise istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu bulunmuştur ($P < 0,05$). Her iki grupta da kompostların sahip olduğu organik azot miktarının, gübrenin sahip olduğu organik azot miktarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle solucanların organik azotu ayrıştırdığı düşünülmektedir. Her iki grupta da oranların ortalamaları arasında organik azot özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı, ancak organik madde miktarı arttıkça organik azot miktarının da arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.19, Çizelge 4.15).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.19. Organik azot değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.14. Kompost ve gübredeki organik azotun Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
2	4	0,8	A
1	4	0,7	A
4	4	0,7	A
3	4	0,7	A
5	4	0,4	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	0,6	A
0	10	0,7	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	6	0,7	A
1	6	0,6	A

Atık madd	N	Ortalama	Grup
3	6	0,9	A
4	6	0,7	A
5	6	0,6	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	1,0	A
1	9	0,6	B

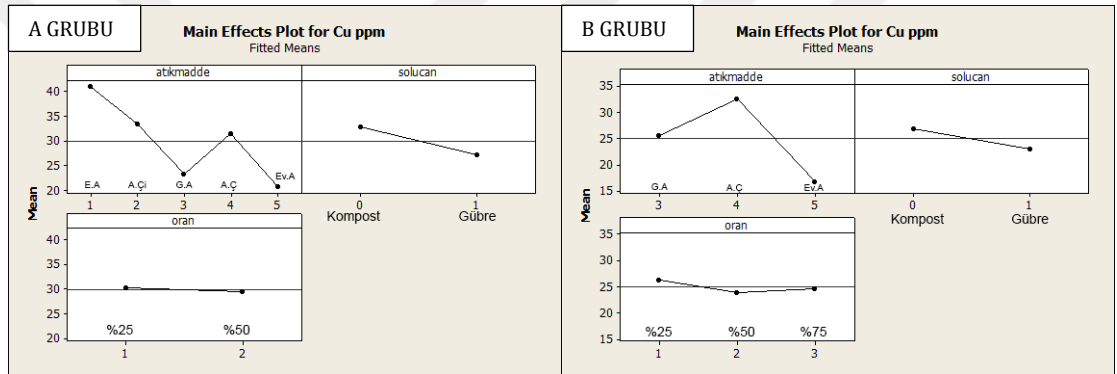
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	1,1	A
2	6	0,7	A
1	6	0,5	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Cu mg/kg (bakır) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atıkların ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Analiz sonucunda Cu miktarının en fazla elma atıklarının bulunduğu, en az evsel atıkların bulunduğu karışımlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Kompostların ve üretilen gübrelerin ortalamaları arasında Cu özelliği istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı, üretilen gübrelerde Cu miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

Oranların ortalamaları arasında Cu özelliği bakımından her iki grupta da istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.20, Çizelge 4.16).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dâhil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dâhil edilmemiştir

Şekil 4.20. Cu değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.15. Kompost ve gübredeki Cu değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
1	4	41	A
2	4	33	AB
4	4	31	AB
3	4	23	AB
5	4	21	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	33	A
1	10	27	A

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	30	A
2	10	30	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	6	332	A
3	6	265	AB
5	6	17	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	27	A
1	9	23	A

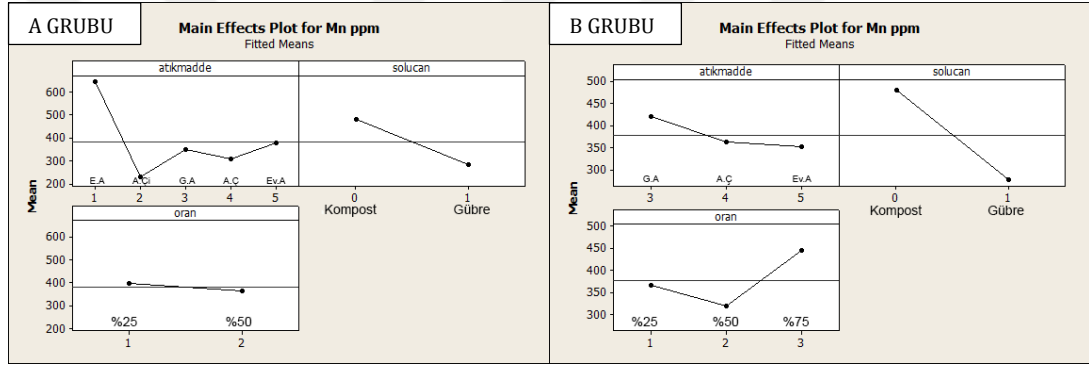
Oran	N	Ortalama	Grup
1	6	26	A
3	6	24	A
2	6	24	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Mn mg/kg (mangan) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir. Mn miktarının en fazla elma atıklarında, en az gül atıklarında olduğu belirlenmiştir.

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında Mn özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P < 0,05$). Yani kompostlardaki Mn miktarının, üretilen gübrelere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Oranların ortalamaları arasında Mn içerikleri bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.21, Çizelge 4.17).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.21. Mn değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.16. Kompost ve gübredeki Mn değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
1	4	645	A
5	4	378	AB
3	4	347	AB
4	4	305	AB
2	4	228	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	480	A
1	10	281	B

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	395	A
2	10	366	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	419	A
4	6	361	A
5	6	352	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	479	A
1	9	276	B

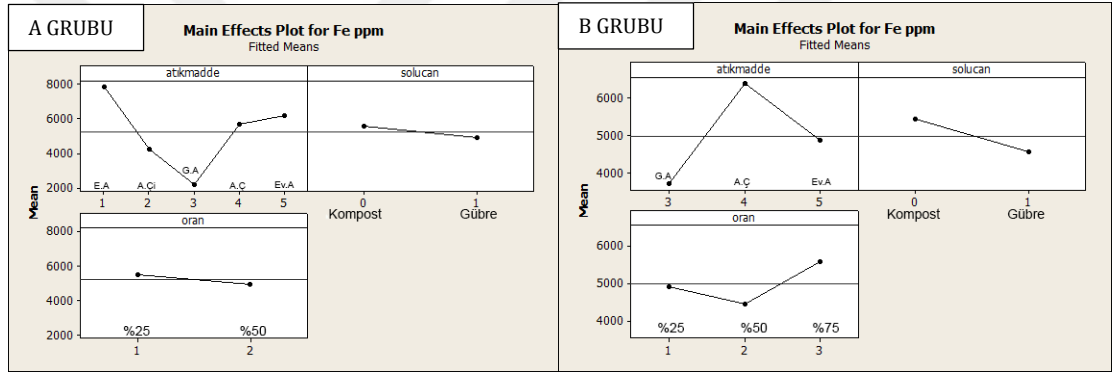
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	446	A
1	6	367	A
2	6	319	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Fe mg/kg (demir) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda karışımların ortalamaları arasında B grubunda istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, A grubunda ise karışımların ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,01$).

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında Fe içeriği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak oluşan gübrelerdeki Fe miktarının kompostlara oranla daha az olduğu belirlenmiştir.

Oranların ortalamaları arasında Fe özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.22, Çizelge 4.18).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.22. Fe değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.17. Kompost ve gübredeki Fe değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
1	4	7856	A
5	4	6166	A
4	4	5697	AB
2	4	4214	AB
3	4	228	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	5548	A
1	10	4900	A

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	5502	A
2	10	4946	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	6	6388	A
5	6	4854	A
3	6	3708	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	5416	A
1	9	45503	A

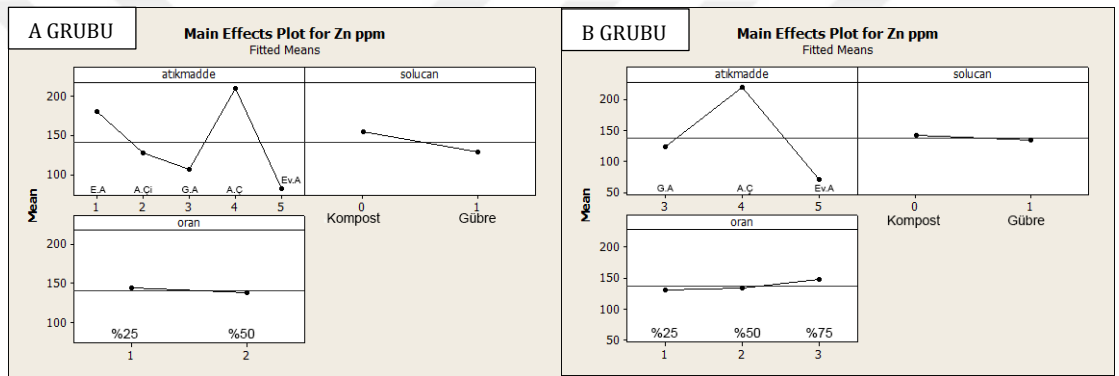
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	5583	A
1	6	4926	A
2	6	4441	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Zn mg/kg (çinko) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,01$). Zn miktarının en yüksek arıtma çamurunda, en düşük evsel atıklarda olduğu görülmüştür.

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında Zn özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, fakat oluşan gübrelerde Zn miktarının kompostlara oranla daha az olduğu belirlenmiştir.

Oranların ortalamaları arasında Zn özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.23, Çizelge 4.19).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.23. Zn değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.18. Kompost ve gübredeki Zn değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	4	210	A
1	4	181	AB
2	4	127	ABC
3	4	106	BC
5	4	82	C

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	154	A
1	10	129	A

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	145	A
2	10	138	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	6	219	A
3	6	124	B
5	6	70	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	141	A
1	9	134	A

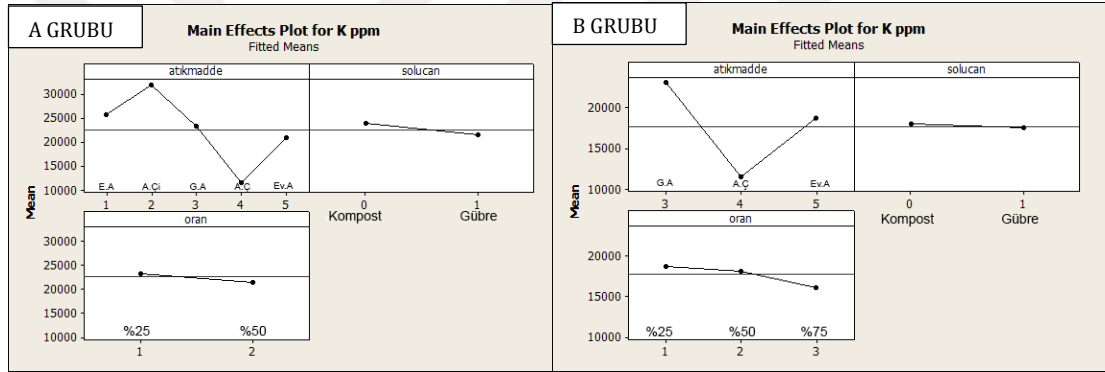
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	148	A
2	6	135	A
1	6	131	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

K mg/kg (Potasyum) içeriği bakımından elde edilen verilere yapılan analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,01$). K miktarının en fazla ayçiçeğinin bulunduğu karışımlarda, en az arıtma çamurunun bulunduğu karışımlarda olduğu görülmüştür.

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında K içeriği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, oluşan gübrelerde K miktarının karışımlara oranla daha az olduğu belirlenmiştir.

Oranların ortalamaları arasında K içeriği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Ancak karışım içerisindeki ahır gübresi miktarı azaldıkça K miktarının azaldığı görülmüştür (Şekil 4.24, Çizelge 4.20).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.24. K değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.19. Kompost ve gübredeki K değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
2	4	31910	A
1	4	25539	A
3	4	23317	AB
5	4	20738	AB
4	4	11417	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	23846	A
1	10	21323	A

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	23503	A
2	10	21666	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	23007	A
5	6	18661	AB
4	6	11464	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	17958	A
1	9	17463	A

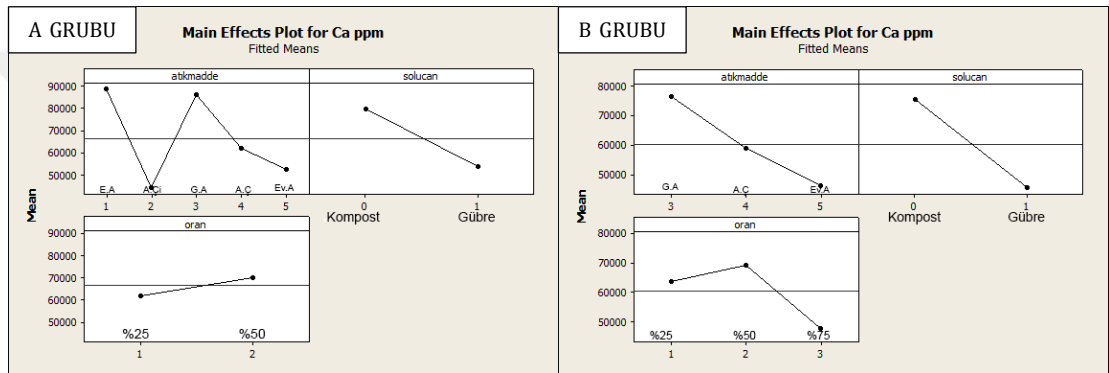
Oran	N	Ortalama	Grup
1	6	18831	A
2	6	18150	A
3	6	16150	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

Ca mg/kg (kalsiyum) içeriği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında Ca içeriği bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur ($P < 0,05$). Oluşan gübrelerde Ca miktarının karışımlara oranla daha az olduğu belirlenmiştir.

Oranların ortalamaları arasında Ca içeriği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.25, Çizelge 4.21).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.25. Ca değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.20. Kompost ve gübredeki Ca değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
1	4	88482	A
3	4	85955	A
4	4	61565	A
5	4	52404	A
2	4	44096	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	79518	A
1	10	53483	B

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	70604	A
1	10	62397	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	76519	A
4	6	58755	A
5	6	45907	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	75540	A
1	9	45247	B

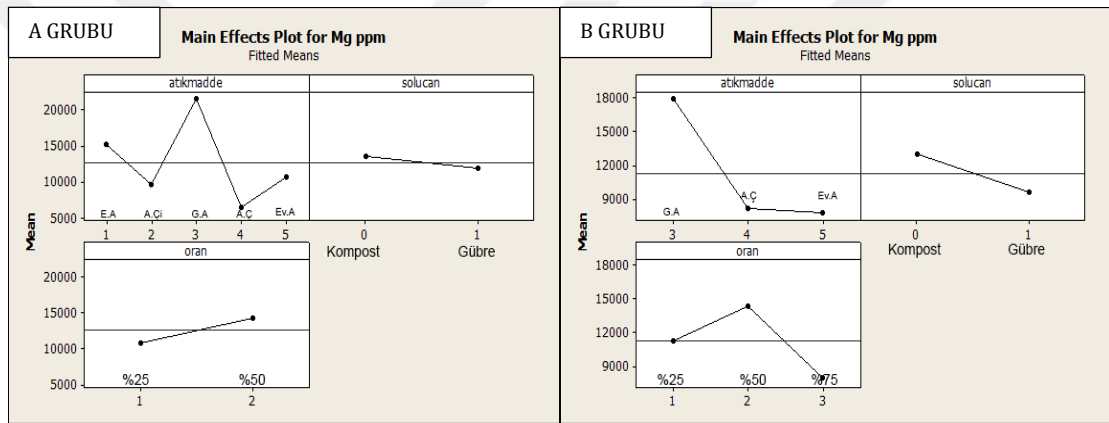
Oran	N	Ortalama	Grup
2	6	69451	A
1	6	63832	A
3	6	47898	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

Mg mg/kg (magnezyum) içeriği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda B grubunda atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, A grubunda ise atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında Mg içeriği bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olmadığı, fakat gübrelerde bulunan Mg miktarının karışımlara oranla daha az olduğu bulunmuştur.

Oranların ortalamaları arasında Mg özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.26, Çizelge 4.22).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.26. Mg değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.21. Kompost ve gübredeki Mg değerininin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	4	21585	A
1	4	15153	AB
5	4	10675	AB
2	4	9568	AB
4	4	6379	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	13525	A
1	10	11818	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	14391	A
1	10	10953	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	17904	A
4	6	8135	A
5	6	7775	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	12994	A
1	9	9549	A

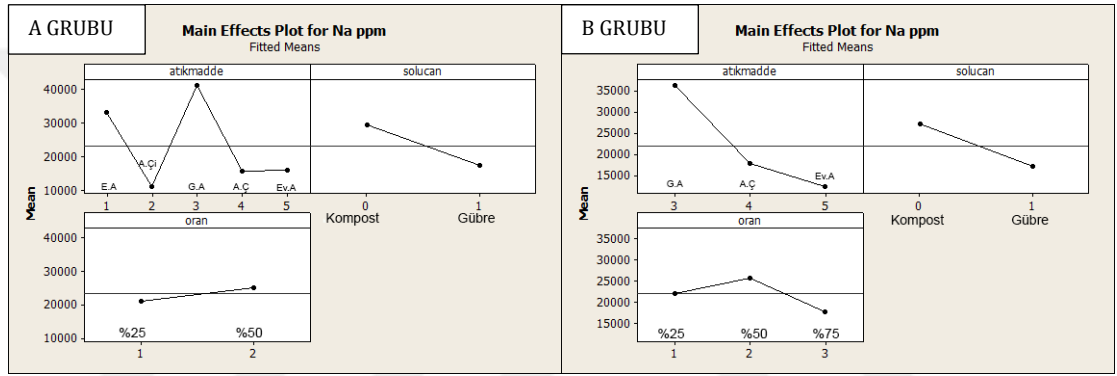
Oran	N	Ortalama	Grup
2	6	14405	A
1	6	11354	A
3	6	8055	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

Na mg/kg (sodyum) içeriği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda yapılan her iki analizde de atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında Na özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, ancak gübrelerde bulunan Na miktarının karışımlara oranla daha az olduğu bulunmuştur.

Oranların ortalamaları arasında Na özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.27, Çizelge 4.23).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir

B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.27. Na değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.22. Kompost ve gübredeki Na değerininin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	4	41197	A
1	4	32936	AB
5	4	15667	AB
4	4	15541	AB
2	4	10974	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
0	10	29377	A
1	10	17149	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	25171	A
1	10	21354	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	36258	A
4	6	17626	AB
5	6	12286	B

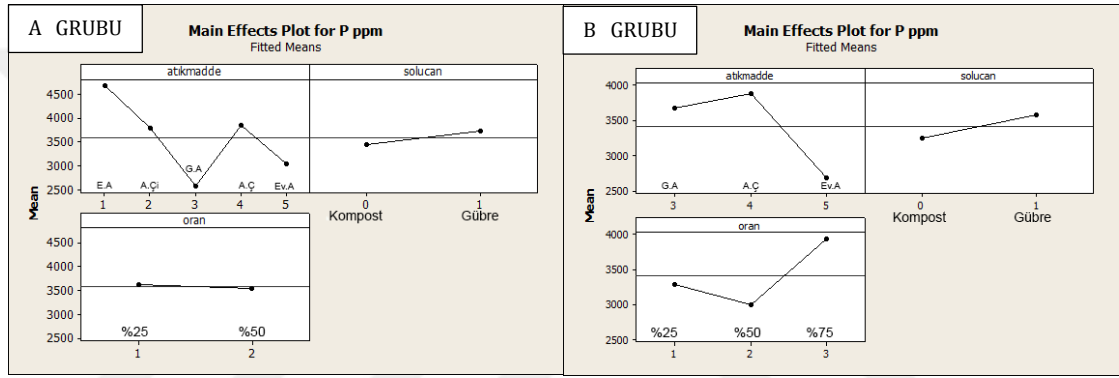
Solucan	N	Ortalama	Grup
0	9	27011	A
1	9	17102	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	6	26026	A
1	6	22244	A
3	6	17899	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Arıtma çamuru, 5:Evsel atıklar

P mg/kg (fosfor) içeriği bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı bulunmuştur. P miktarının en fazla elma atıklarından hazırlanan kompostlarda, en az gül atıklarından hazırlanan kompostlarda olduğu görülmüştür.

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında P içeriği bakımından farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı, üretilen gübrelerdeki P miktarının karışımlara oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Oranların ortalamaları arasında da P içeriği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı bulunmuştur (Şekil 4.28, Çizelge 4.24).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.28. P değerininin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.23. Kompost ve gübredeki P değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
1	4	4679	A
4	4	3844	A
2	4	3784	A
5	4	3025	A
3	4	2573	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	3727	A
0	10	3435	A

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	3612	A
2	10	3550	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
4	6	3877	A
3	6	3672	A
5	6	2686	A

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	3579	A
0	9	3246	A

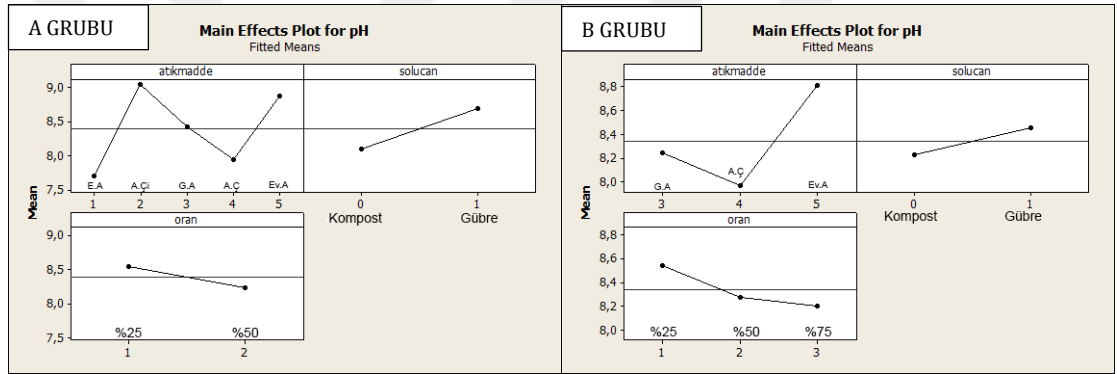
Oran	N	Ortalama	Grup
3	6	3943	A
1	6	3287	A
2	6	3007	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

pH bakımından elde edilen verilere yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da atık maddelerin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur ($P < 0,05$).

B grubunda gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında pH bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, **A** grubunda ise gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Her iki grupta da gübrelerin pH değerlerinin arttığı görülmüştür.

Oranların ortalamaları arasında pH bakımından farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı bulunmuş, atık madde miktarı arttıkça pH'ın azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.29, Çizelge 4.25).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.29. pH değerinin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.24. Kompost ve gübredeki pH değerinin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atıkmadde	N	Ortalama	Grup
2	4	9,0	A
5	4	8,9	AB
3	4	8,4	AB
4	4	7,9	AB
1	4	7,7	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	8,7	A
0	10	8,1	B

Oran	N	Ortalama	Grup
1	10	8,5	A
2	10	8,2	A

Atıkmadde	N	Ortalama	Grup
5	6	8,8	A
3	6	8,2	AB
4	6	8,0	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	8,5	A
0	9	8,2	A

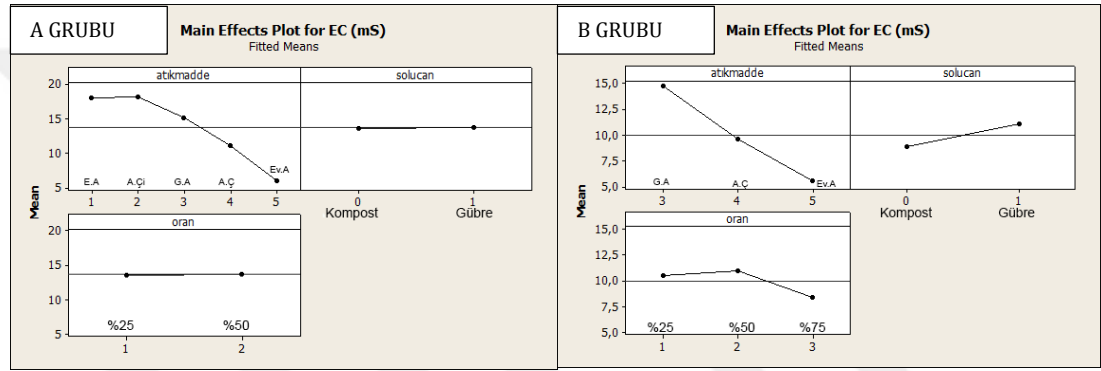
Oran	N	Ortalama	Grup
1	6	8,5	A
2	6	8,3	A
3	6	8,2	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

EC mS (elektriksel iletkenlik) özelliği bakımından elde edilen verilere yapılan analiz sonucunda her iki grupta atıkların ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Her iki grupta da gübrelerin ve kompostların ortalamaları arasında EC özelliği bakımından farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı bulunmuştur. Üretilen gübrelerin elektriksel iletkenliklerinin kompostlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Oranların ortalamaları arasında da EC özelliği bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.30, Çizelge 4.26).



A grubu: %75'lik oranlar istatistiksel analize dahil edilmemiştir
B grubu: Elma ve ayçiçeği atıklarının olduğu karışımlar dahil edilmemiştir

Şekil 4.30. EC değerininin kompost ve gübre içerisindeki istatistiksel farklılığı

Çizelge 4.25. Kompost ve gübredeki EC mS değerininin Tukey testi ile karşılaştırılması

Atık madde	N	Ortalama	Grup
2	4	18	A
1	4	18	A
3	4	15	AB
4	4	11	AB
5	4	6	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	10	14	A
0	10	14	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	10	14	A
1	10	14	A

Atık madde	N	Ortalama	Grup
3	6	15	A
4	6	10	AB
5	6	6	B

Solucan	N	Ortalama	Grup
1	9	11	A
0	9	9	A

Oran	N	Ortalama	Grup
2	6	11	A
1	6	11	A
3	6	8	A

*1: Elma atıkları, 2: Ayçiçeği atıkları, 3:Gül atıkları, 4:Aritma çamuru, 5:Evsel atıklar

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışmamızda, farklı atıklar kullanılmış, atıkların kaynağına göre gübrenin bileşiminin ne kadar etkilendiği ve uygulanan metodun gün geçtikçe artan çevre kirliliğine ve atıkların geri dönüşümüne çözüm olup olamayacağı araştırılmıştır. Bu çalışmada amacımız; geri dönüşümün ekonomiye kazandırılıp kazandırılmayacağını ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı başta olmak üzere sektörün paydaşlarına bilgi ve öneriler sunmaktır.

Solucan gübresinin bileşimi ve solucan biyolojisi hakkında ülkemizde az sayıda yayın bulunmakla birlikte tez konumuz ile ilgili hiç bir yayına rastlanılmamıştır. Bu nedenle tez çalışmamız özgün değer taşımaktadır. Yapılan yayınlar, genellikle yurt dışı ve temel bilim amaçlıdır. Uygulamaya yönelik çalışma hem yurt içinde hem de yurt dışında görülmemiştir.

Çalışmamızda kompost yığınlarının sıcaklığının, dışarıdan içeriye doğru arttığı, ilk 10 cm'lik tabakanın neredeyse dış ortam ile aynı sıcaklığa sahip olduğu, merkeze inildikçe sıcaklığın arttığı ve merkezde 60-70 °C arasında değiştiği görülmüştür. Oksijen ile temas halindeki karışımların, oksijen ile teması olmayan karışımlara göre daha hızlı çürüdüğü görülmüştür. Kacar (2013), açık alanda oksijen yeterli ise çürümenin hızlı bir şekilde gerçekleştiği ve kompost yığınları içerisinde 4 farklı sıcaklık bölgesi olduğu, dışarıdan merkeze doğru gidildikçe sıcaklığın arttığı ve yığının merkezinde sıcaklığın 60 °C olduğu belirtilmiştir. Konuya ilişkin bulgularımız literatür verileri uyumluluk göstermektedir.

Solucan gübresi üzerine ciddi denemeler ve sonuçları olmadığından çalışmamızı genel gübre ve bitki besleme üzerine olan klasik literatür ile karşılaştırma yapabilmekteyiz. Bu gübre ülkemizde son zamanlarda adı duyulmaya başlayan ancak özellikleri ve sonuçları netlik kazanmayan bir bitki besleme materyalidir. Tarımda kendi kendine yeterli olan ülkemizin son zamanlarda dışarıya bağımlı hale gelme eğilimine girdiğini üzülmektedir. Tarımsal üretimin yetersiz olduğu veya olmadığı yerde insanların sağlığından ve huzurlu yaşamından bahsedilemez. Son zamanlarda tarımsal üretim artarken kalitesi zayıflamaktadır. Bu nedenle ekolojik ürünler, fonksiyonel gıdalar, doğal ürünler gibi terimler rağbet görmektedir. Tarımsal üretimin miktarı yanında organik ya da ekolojik olması da ayrı bir önem taşımaktadır. Solucan gübresinin önemi işte bu noktada daha iyi anlaşılmalıdır. Zira solucan gübresi %100 organik, bitkinin kullanabileceği formda ve ucuzdur. Kacar (2013), fermantasyon işlemi gerçekleşirken, oksijenin tükendiği ve anaerobik mikroorganizma faaliyetinin başladığı anda aktarma

yani karıştırma işleminin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Çünkü anaerob mikroorganizma faaliyeti başladığı zaman kötü kokuların oluşmaya başladığı, karıştırma işleminin ortalama 4 günde bir gerçekleşmesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışmamızda, karışımlarda kötü koku meydana geldikçe karıştırma işlemi yapılmış olup, bu işlem 3-4 günde bir gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak solucanların kötü koku ihtiva eden kompostlardan kaçındıkları bu nedenle koku tamamen kaybolana kadar fermantasyon işlemine devam edilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Atık maddeler tamamen ayrıştığı için oluşan gübrede koku olmadığı kanaatine varılmıştır. Bulgularımız literatür verileri ile uyumlu bulunmuştur.

Dasa vd. (2016), çalışma sonucunda toplam azot, toplam P ve K değerinin önemli derecede arttığını ifade etmiştir. Çalışmamızda da P değerinin arttığı ancak toplam azot ve K değerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle bulgularımız literatür ile P değeri bakımından paralellik, toplam azot ve K değeri bakımından zıtlık göstermektedir.

Kacar (2013), havasız ortamda mikroorganizmalar tarafından anaerobik olgunlaşma gerçekleştiğini ve bu sırada azotlu bileşiklerin kötü kokulu maddelere parçalandığını belirtmiştir. Çalışmamızda oksijensiz ortamda olgunlaşmaya bırakılan kompostlarda kötü koku meydana geldiği, oksijenle teması olan kompostlarda kötü koku meydana gelmediği görülmüştür. Bulgularımız literatür verileri ile uyumlu bulunmuştur.

Lv vd. (2016), çalışma sonucunda EC değerinin arttığını ve pH değerinin azaldığını belirtmiştir. Çalışmamız sonucunda başlangıca göre EC ve pH değeri artmıştır. Bu nedenle çalışmamız EC bakımından literatür ile uyumlu ancak pH bakımından literatür ile uyumsuz bulunmuştur.

Lim vd. (2016), kompost ve vermikompost gibi biyolojik atık iyileştirme teknolojilerini değerlendirmiş ve bunların çevre için yararlı olan sürdürülebilir, uygulanabilir teknolojiler olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda da vermikompost teknolojisinin çevre için faydalı olan sürdürülebilir ve uygulanabilir bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır.

Kacar (2013)'a göre gevşek gübre yığınlarında koşullara bağlı olarak çok sayıdaki çeşitli mikroorganizmanın işlevi sonucunda gübre yığını içerisinde aerob ve anaerob olgunlaşma (ihtimar) gerçekleşmektedir. Ayrıca kompostlaşma alanında yeterli hava bulunması halinde, sıcaklığın mikroorganizma faaliyeti ile kısa sürede 60 °C ye çıktığını

ve organik maddelerin kısa sürede ayrıştığını belirtmiştir. Ağzı kapalı ve açık kaplar içerisinde kompostlaşma süresi gözlenen karışımlarda oksijen ile teması olan kompostların daha hızlı çürümesi nedeniyle, çürümenin anaerob ve aerob bakteri faaliyeti ile gerçekleştiği kanaatine varılmıştır. Bulgularımız literatür verileri ile örtüşmektedir.

Kompost içerisinde solucan gübresi belirli bir yoğunluğa ulaşıncaya kadar çok sayıda yumurta ve yavru oluştuğu buna bağlı olarak solucanların sayılarının arttığı, oluşan yavruların yemi hemen tükettikleri görülmüştür. Bu nedenle kompost içerisinde meydana gelen yeni bireylerin komposta direkt olarak adapte oldukları tespit edilmiştir. Çünkü yeni bireyler oluşturulan ortamın doğal canlılarıdır, başka bir ortamdan gelmedikleri için uyum sorunu yaşanmaması beklenmektedir.

Ali vd. (2015), vermikompost işleminin atıkların dönüştürülmesinde çevre dostu bir yöntem olduğunu, vermikompost işlemi sonunda elde edilen ürünün zengin besin elementli bir kompost olduğunu ve katı atık yönetiminde kullanılabileceğini ifade etmiştir. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz bulgular literatür ile paralellik göstermektedir.

Malafaia vd. (2015), çalışma sonucunda Na, Mg, Ca, K ve N değerlerinin başlangıca göre arttığını, Cu değerinin azaldığını belirtmiştir. Çalışmamızda Na, Mg, Ca, K, N ve Cu değerlerinin başlangıca göre azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle Na, Mg, Ca, K, N değerleri bakımından bulgularımız ile literatür uyumsuz, Cu değeri bakımından literatür ile uyumlu bulunmuştur.

Kacar (2013), kompost oluşumunda sıcaklığın, nem miktarının, atık maddelerin parçacık büyüklüğünün ve havalanmanın önemli olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda kompostlaşma işlemi süresince karışımların renklerinin olgunlaştıkça koyulaştıkları görülmüştür. Karışımların olgunlaşmasındaki önemli etkenlerin sıcaklık, nem, parçacık büyüklüğü ve havalanma olduğu anlaşılmıştır. Nem miktarı ve sıcaklık gerekenden fazla veya az ise fermentasyon olumsuz etkilenmektedir. Havalanma ise ne kadar fazla olursa kompostlaşma bundan olumlu, gerekenden az ise kompostlaşma bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Literatürde bu konuda yeterli bilgi bulamamakla beraber belirtilen kısımlarda uyumluluk bulunmuştur. Kacar (2013), kompostlaşma işlemi boyunca yığının aşırı şekilde ıslatılmasının bir başka deyişle gereğinden fazla miktarda su verilmesinin kompostlaşmayı olumsuz olarak etkilediğini belirtmiştir. Çalışmamızda aşırı miktarda

sulamanın kompostlaşmayı önce yavaşlattığı daha sonra durma noktasına getirdiği görülmüştür. Bu bakımdan elde edilen veriler ile literatür örtüşmektedir.

Surendra vd. (2015), çalışma sonucunda pH değerinin azaldığını, toplam azot, toplam fosfor, Ca, Fe, Mn ve Zn değerlerinin önemli miktarda arttığını ifade etmiştir. Çalışmamızda pH ve toplam fosfor değerinin başlangıca göre arttığı, toplam azot, Mn, Zn, Ca, Fe değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu bakımdan bulgularımız toplam fosfor özelliği bakımından literatür ile uyumlu diğer özellikler bakımından literatür ile uyumsuz bulunmuştur.

Song-Lin vd. (2015), çalışma sonucunda son ürünün toplam organik karbon içeriğinin azaldığını, EC, azot, fosfor ve potasyum içeriğinin arttığını belirtmiştir. Çalışmamız sonucunda EC ve P değerinin arttığı, K değerinin azaldığı belirlenmiştir.

Bhat vd. (2015), çalışma sonucunda P, Na, Zn, Fe, Mn değerlerinin arttığını belirtmiştir. Çalışmamızda ise P değerinin arttığı, Na, Zn, Fe, Mn, değerinin azaldığı bulunmuştur. Bu nedenle çalışmamız P değeri bakımından literatür ile uyumlu, Na, Zn, Fe ve Mn değerleri bakımından literatür ile uyumsuz bulunmuştur.

Kacar (2013), parçacık büyüklüğünün 10 cm'den daha büyük olmasının kompost oluşumunu olumsuz olarak etkileyeceğini belirtmiştir. Çalışmamızda parçacık büyüklüğü ne kadar küçük olursa kompostlaşma işleminin hızlandığı görülmüştür. Ancak parçacık boyutunun küçültülmesi daha sık havalandırma yapılmasını gerektirmektedir.

Zhang vd. (2015), çalışmaları sonucunda pH, C/N oranı ve toplam organik karbon miktarının azaldığını, EC, değerinin arttığını belirtmiştir. Çalışmamız sonucunda da pH ve EC değerinin arttığı bulunmuştur. Bulgularımız pH değeri bakımından literatür ile uyumsuz, EC değeri bakımından uyumlu bulunmuştur.

Hanc ve Vasak (2014), çalışma sonucunda ağırlık, hacim, pH değerinin azaldığı, potasyum ve fosfor değerinin arttığını belirtmiştir. Çalışmamızda pH ve fosfor değerinin arttığı, potasyum değerinin azaldığı bulunmuştur.

Dominguez ve Edwards (2011), *E. fetida* türünün yaşaması için organik atık içerisinde bulunması gereken nem miktarının %50-%90 arasında, daha hızlı büyümesi için ise

%80-%90 arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Çalışmamızda, kompost yığınlarının olgunlaşması sırasında nem miktarı ortalama %70 olarak ölçülmüş olup, nadiren %75 e kadar çıktı; % 40 ve daha altındaki nem oranında solucanların yavaş yavaş öldüğü görülmüştür. Literatürde belirtilen nem miktarı genelleştirilerek verilmiştir, ölçü yanlış olmamakla beraber alt ve üst sınır arasındaki mesafe çok fazladır. Bize göre nem miktarı ideal olarak %70 olmalıdır. %70 üzerindeki nem durumu ortamı karasal olmaktan çıkarıp, sucul alana dönüştürmektedir. Solucanlar karasaldır ancak aşırı nem istemektedirler. %70'in üzerinde nem bulunması halinde solucanların faaliyetinin nasıl olacağı üzerine daha fazla çalışma yapılmalıdır.

Dominguez ve Edwards (2011), solucanların birbirine ters biçimde bağlanarak çiftleştiklerini ve yavrular meydana geldiği zaman renk pigmentlerine sahip olmadıklarını belirtmiştir. Bu nedenle bulgularımız ile literatür uyumludur.

Yapılan gözlemlerde sıcaklık düştükçe solucanların fiziksel aktivitelerinin azaldığı, 12°C'nin altında neredeyse hareketsiz oldukları görülmüştür. Fiziksel aktiviteleri azaldığı ve günün büyük kısmını hareketsiz olarak geçirdikleri için de daha az beslendikleri, bunun da gübre oluşum süresini etkilediği tespit edilmiştir.

Dominquez ve Edwards (2011), sıcaklık 10°C'nin altına düştüğünde solucanların beslenmelerinin önemli miktarda azaldığını, 4°C'nin altına düştüğü durumlarda kokon üretiminin ve solucan gelişiminin tamamen durduğunu, özellikle genç bireylerin bu durumdan daha fazla etkilendiğini ifade etmiştir. Elde ettiğimiz bulgular literatür ile uyumludur.

Hanc ve Chadimova (2014), elma atıklarından vermikompost üretmiş, pH değerinin ilk başta asit değerler arasında olduğunu, süreç ilerledikçe pH miktarının artarak nötr ve bazik değerler arasında değiştiğini ancak hafif asidik olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda da ilk ölçülen pH değerlerinin asidik olduğu vermikompost süreci sonuna doğru nötr ve bazik değerler arasında yer aldığı, ancak %75 elma + %25 ahır gübresi karışımının pH'ı ölçüldüğü zaman oldukça asidik olduğu ve solucanların adapte olamadıkları görülmüştür. Bu pH değerinin solucanların yaşayamacağı kadar düşük olduğu tespit edilmiş ve solucanların adapte olamamasının sebebinin bu durum olduğu kanaatine varılmıştır. Bu özellik bakımından literatür ile verilerimiz paralellik göstermemektedir. Aynı araştırmacılar toplam azot değerinin arttığını, elma atıklarının vermikompost üretimi için uygun bir hammadde olduğunu belirtmiştir. Elde ettiğimiz veriler ile literatür uyumlu bulunmuştur. Aslında sadece elma atıklarının değil,

çürüeyebilen ve yeterince fermente olmuş tüm organik atıkların solucan gübresi üretimi için uygun bir hammadde olabileceği tespit edilmiştir.

Çalışmamızda solucanların, 20-30 °C sıcaklıkta ve %70-75 nem oranında yaşamsal faaliyetlerini oldukça hareketli olarak geçirdikleri görülmüştür. Bu nedenle solucanların yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirdiği uygun şartların bu değer aralıkları olduğu düşünülmektedir. Dominquez ve Edwards (2011), *E. fetida* türü için uygun şartların 25°C sıcaklık, %70-90 nem miktarı olarak belirtilmiştir.

Garg ve Gupta (2011), solucanların yaşamsal faaliyetleri ve vermikompost süreci üzerinde pH, sıcaklık, nem, verilen besin ve havalandırmanın son derece önemli bir yer teşkil ettiğini belirtmiştir. Çalışmamızda, uygun değerler dışındaki değerlerde solucanların yaşamsal faaliyetlerinin ve vermikompost sürecinin olumsuz olarak etkilendiği belirlenmiştir. Bulgularımız ile ilgili literatürün uyumlu olduğu görülmüştür. Aynı araştırmacılar çalışmalarında, başlangıçtaki kompostun sahip olduğu toplam azot içeriği ile elde edilen ürünün toplam azot içeriğini karşılaştırmış ve ürünlerin yani vermikestin toplam azot içeriğinin daha fazla olduğu tespit etmiştir. Çalışmamızda solucan gübrelere toplam azot içeriklerinin, başlangıçtaki kompostlara göre daha az olduğu belirlenmiştir. Buna göre azot değerleri açısından literatür ile uyumluluk yoktur. Bize göre; bulgularımız daha doğrudur. Çünkü azot solucan tarafından tüketildiği için gübresine daha az geçmektedir. Bu durum solucan gübrelere olumsuz bir özelliği olarak değerlendirilebilir. Ancak azotun azalması bitki için yetersiz geldiği anlamına gelmez. Zira solucan gübresi kullanılan bitkilerde vejetatif gelişme yetersizliği görülmemektedir. Bu da azotun yeterli olduğunu ifade etmektedir. Vejetatif gelişmenin azot, generatif gelişmenin ise karbon miktarı ile alaklı olduğu bilinmektedir. Gübre üretildikten sonra azot bakımından zengileştirme yapılabilir. Bu durumun daha detaylı araştırılması gerekir.

Solucanların yığınlar içerisinde birbirinden maksimum 3 mm uzaklıkta galeriler (tünel/geçit) açmaları nedeniyle, solucanlara yem olarak verilen kompost 'un neredeyse tamamının solucanlar tarafından tüketilerek gübreye dönüştüğü görülmüştür. Bu konuda literatür bilgisine rastlanmadığı için karşılaştırma imkanı yoktur.

Shinha vd. (2009), üretilen vermikestin toprak ile karşılaştırıldığında daha yüksek su tutma kapasitesi ve daha yüksek besin içeriğine sahip olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen veriler ile literatür uyumludur.

Edwards (1971)' e göre; sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan Cu miktarı 6 ppm dir. Çalışmamızın sonucunda üretilen ürünlere yapılan analiz sonucunda elde edilen verilerde ortalama Cu miktarının, en düşük 20,7 ppm ile evsel atık + ahır gübresi karışımında, en yüksek ise ortalama 41,0 ppm ile elma + ahır gübresi karışımında olduğu görülmüştür. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin Cu ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan Mn miktarını 50 ppm olarak belirtmiştir. Çalışmamızda, üretilen gübrelere yapılan analiz sonucunda ortalama Mn miktarının en az 228,2 ppm ile ayçiçeği + ahır gübresi karışımında, en yüksek ortalama 645,4 ppm ile elma + ahır gübresi karışımında olduğu görülmüştür. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin Mn ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan Fe miktarının 100 ppm olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızın sonucunda üretilen ürünlere yapılan analiz sonucunda ortalama Fe miktarının en az 2186 ppm ile gül + ahır gübresi karışımında, en yüksek ise 7855 ppm ile elma + ahır gübresi karışımında olduğu görülmüştür. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin Fe ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan Zn miktarının 20 ppm olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızın sonucunda üretilen gübelere yapılan analiz sonucunda ortalama Zn miktarının en az 82,0 ppm ile evsel atık + ahır gübresi karışımında, en yüksek 209,7 ppm ile arıtma çamuru + ahır gübresi karışımında olduğu belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin Zn ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan K miktarının 10.000 ppm olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda üretilen ürünlere yapılan analiz sonucunda, ortalama K miktarının, en düşük 11417,2 ppm ile arıtma çamuru + ahır gübresi karışımında, en yüksek 31910,1 ppm ile Ayçiçeği + arıtma çamuru karışımında olduğu görülmüştür. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin K ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan Ca miktarının 5.000 ppm olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızın sonucunda üretilen ürünlere yapılan analiz sonucunda ortalama Ca miktarının, en düşük 44096,3 ppm ile ayçiçeği + ahır gübresi karışımında, en yüksek 88481,6 ppm ile elma + ahır gübresi karışımında olduğu belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin **Ca** ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan Mg miktarının 2.000 ppm olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda üretilen ürünlere yapılan analiz sonucunda ortalama Mg miktarının, en az 6378,5 ppm ile arıtma çamuru + ahır gübresi karışımında, en fazla ise 21584,5 ppm ile gül + ahır gübresi karışımında olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin Mg ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan P miktarının 2.000 ppm olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızın sonucunda üretilen ürünlere yapılan analiz, ortalama P miktarının, en az 2573,1 ppm ile gül + ahır gübresi karışımının, en fazla 4679,3 ppm ile elma + ahır gübresi karışımının sahip olduğunu göstermiştir. Bu verilere dayanarak üretilen ürünlerin, bitkilerin P ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Edwards (1971), sağlıklı bir bitki gelişimi için gerekli olan Na miktarının iz miktarda olmasının yeterli olduğunu belirtmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen gübrelere yapılan analiz sonucunda ortalama Na miktarının en az 10973,7 ppm ile ayçiçeği + ahır gübresi karışımında, en yüksek 41197,2 ppm ile gül + ahır gübresi karışımında olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere dayanarak üretilen gübrelerin, bitkilerin Na ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğu düşünülmektedir.

Ansari ve İsmail (2012), solucanların nötral pH değerleri tercih ettiğini; nemin solucanların faaliyetlerini, kütle ve sayısını etkilediğini belirtmiştir. Çalışmamızda solucanların pH seviyesi düşünce yaşayamadıkları, asidik kompostu tüketmedikleri, bunlara ek olarak nemin yetersiz olduğu ortamda kalan solucanların öldüğü görülmüştür. Bu durum literatür verileri ile uyumlu bulunmuştur.

Dominguez ve Edwards (2011), solucanların organik atık içerisinde pH aralığı 5-9 olan ortamlarda yaşayabildiğini ve asidik ortama doğru hareket ettiğini belirtmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz pH değerleri literatür ile uyum göstermektedir.

Shinha vd. (2009), solucanların pH 4,5-9 aralığına toleras gösterdiğini ancak soluncalar için en uygun pH değerinin 7 olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda solucanların pH 5,25 değerinde yaşayamadığı, pH 6,04-8,99 aralığına uyum sağlayarak yaşamsal faaliyetlerini devam ettirdiği görülmüştür. Üretilen gübrelere ise pH değeri 7,65-9,19 arasında bulunmuştur. Bulgularımız ile literatür uyumlu değildir.

Ludibeth vd. (2012), arıtma çamuru ile büyük baş hayvan dışkısını 70:30 (A), 80:20 (B), 90:10 (C) ve 95:5 (D) oranlarında karıştırarak içerisine *Eisenia fetida* türü solucanlar bırakmış 17±2 °C'de ve %60 - 70 nem oranında 50 gün boyunca kompost kalitesi, solucanların yaşayıp yaşayamayacağı ve üreyip üreyemeyecekleri gözlemiştir. Elde edilen verilere göre D karışımında solucanların yaşayamadıkları, A ve B karışımlarında yaşayabildiklerini ve yüksek miktarda ürediklerini, kalite bakımından da en uygun oranın C olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda benzer bir yol izlenmiş ve tüm karışımlarda solucanların yaşadıkları ve üreyebildikleri görülmüştür.

Hanc ve Chadimova (2014), % 25, % 50 ve % 75 oranlarında saman ve elma atıkları karıştırılmıştır. Çalışma sonucunda atık haldeki maddelerin değerli birer ürün haline geldiği, vermikompost işlemi süresince toplam besin değerinin arttığı; pH değerinin Nötr ve asit değerler arasında değiştiği belirtilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada da elma atıkları + ahır gübresi karışımı ile literatür verileri uyumlu bulunmuştur.

Garg ve Gupta (2011), solucanın yaşamsal faaliyetlerine sadece kompostun miktar ve kalitesinin değil aynı zamanda ortam sıcaklığında etki ettiğini ifade etmiştir. Tez çalışması yürütülürken çevrenin aşırı sıcak ve aşırı soğuk olduğu dönemlerde solucanların hareketlerinde yavaşlama olduğu gözlenmiştir. Elde etmiş olduğumuz veriler ile literatür uyum göstermektedir.

Kızılkaya ve Türkay (2014), *E. fetida* ile yapmış oldukları çalışmada kompost ve vermikest içeriğindeki ağır metal miktarını araştırmıştır. Çalışma sonucunda vermikest içeriğindeki ağır metal miktarının azaldığını ve azalan ağır metalin solucanların dokularında biriktiğini belirtmiştir. Çalışmamızda kompost içeriğindeki ağır metal

miktarının azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle ağır metallerin solucanların vücutlarında depolandığı düşünülmektedir. Elde ettiğimiz veriler ile literatür verileri uyumludur.

Sonuç olarak; çürüeyebilen organik atıkların, vermikompost yöntemi ile atık halden çıkartılarak kaliteli bir ürünün hammaddesi olarak kullanılabilmesi ve elde edilen ürünün ticari olarak pazarlanıp ekonomiye geri kazandırılabilmesi kanaatine varılmıştır.

Literatür taramalarından elde ettiğimiz veriler ile analiz sonucunda elde ettiğimiz veriler göz önünde bulundurulduğunda toprak solucanlarının, ağır metal bakımından kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Çalışma konumuz üzerine yeterince literatür bulunamamış, bu nedenle her bulgu yeterince karşılaştırılmamış ve yorumlanamamıştır. Karşılaştırılabilen bulgularda literatür verileri ile genel olarak uyumluluk görülmüştür. Konu yeni olduğundan ve zamanla çalışmalar artacağından yeni bilgilere dayalı olarak yorumlar güncellenecektir. Tarımda iki önemli ayaktan biri olan gübre solucan gübresi üretimi tesislerinin kurulması ve yaygınlaştırılması ile büyük ölçüde karşılanacak, belki de artan gübre ihraç edilebilecektir. Yurt dışında da solucan gübresine aşırı talep olduğu, bu nedenle pazar probleminin olmayacağı düşünülmektedir. Gün geçtikçe büyüyen şehirlerin evsel atıklarının belediyeleri düşündürdüğü bilinen bir gerçektir. Halk pazarlarının sebze, meyve atıklarının toplanarak solucan gübresi üretim tesislerine nakli halinde çevre kirletici olan organik atıklar geri dönüşüme sokularak kazanç kaynağı haline getirilecektir. Hatta kirletici firma ve tesislerden temizleme karşılığı para alınarak gübrenin maliyeti düşürülebilir. Katı atık depolama tesisleri yerine solucan gübresi üretim tesisleri kurulmalıdır. Çürüeyebilen her türlü organik atık solucan yemi olabilir ve solucan gübresine dönüştürülebilir. Çalışmamızda sıvı solucan gübresine fazla değinilmemiş, bu nedenle tartışma eksik kalmıştır. Sıvı solucan gübresi üretilmesine rağmen analiz bedelini karşılayamadığımız için sonuçları tezde verilememiş ve karşılaştırma yapılamamıştır. Günümüzde sıvı solucan gübresinin litre fiyatı 50 TL, katı solucan gübresinin kg. fiyatı 2-4 TL dir. Bu gübreyi tarım bakanlığının kısa sürede tanıyacağını ve üretimini teşvik edeceğini ümit ediyoruz.

KAYNAKLAR

- Ali, U., Sajid, N., Khalid, A., Riaz, L., Rabbani, M. M., Syed, H. J., Malik, N. R., 2015. A Review on Vermicomposting of Organic Wastes. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 34(4), 1050-1062.
- Akgün, T., 2011. Organik Tarım. Erişim Tarihi: 17.07.2013. <http://geka.org.tr/yukleme/dosya/organiktarim.pdf>.
- Akyüz, M., Kırbağ, S., 2009. Bazı Tarımsal ve Endüstriyel Atıkların *Pleurotus* spp. Üretiminde Kompost Olarak Değerlendirilmesi. *Ekoloji*, 18(70), 27-31.
- Anonim, 2016a. Erişim Tarihi: 29.04.2016. <http://dergi.aljazeera.com.tr/2014/03/01/uc-sehir/l62b9652/>
- Anonim, 2016b. Erişim Tarihi: 29.04.2016. [http://www.eskisehircundem.com/resimler1/copluk%20\(5\).jpg](http://www.eskisehircundem.com/resimler1/copluk%20(5).jpg)
- Anonim, 2016c. Erişim Tarihi: 29.04.2016. <http://www.yenisafak.com/gundem/manisa-coplugu-alev-alev-2217259>
- Anonim, 2016d. Erişim Tarihi: 29.04.2016. <http://haberiniz.com.tr/img/haber/113437/1024/manisa-copluginun-suyucikti.jpg>
- Alagöz, Z., Yılmaz, E., Öktüren, F., 2006. Organik Materyal İlavesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(02), 245-254.
- Ansari, A. A., Ismail, A. S., 2012. Earthworms and Vermiculture Biotechnology. Kumar, S. (Ed.), *Management of Organic Waste* (87-96), In Tech, 198, Rijeka, Croatia and Shanghai, China.
- Atılğan, A., Coşkan, A., Saltuk, B., Erkan, M., 2007. Antalya Yöresindeki Seralarda Kimyasal ve Organik Gübre Kullanım Düzeyleri ve Olası Çevre Etkileri. *Ekoloji*, 15(62), 37 - 47.
- Aydın, H., 2006. Toprak Solucanlarının Çevre Toksikolojisi Yönünden Değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 32(3), 75-79.
- Bhattacharya, S.S., Iftikar, W., Sahariah, B., Chattopadhyay, G. N., 2012. Vermicomposting Converts Fly Ash To Enrich Soil Fertility and Sustain Crop Growth in Red and Lateritic Soils. *Resource Conservation Recycling*, 65, 100-106.
- Bhat, A. S., Singh, J., Vig, P., A., 2015. Potential Utilization of Bagasse as Feed Material for Earthworm *Eisenia fetida* and Production of Vermicompost. *Springer Plus*, 4(11), 1-9.
- Cardoso, L. R., 2002. Vermicomposting of Sewage Sludge: A New Technology for Mexico. *Journal of Water Science and Technology*, 46, 153-158.
- Çakır, M., Makineci, E., 2011. Toprak Faunası: Sınıflandırılması Ve Besin Ağındaki Yeri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 61(2), 139-152.

- Çerçioğlu, M., 2011. Sürdürülebilir Tarımda Tütün Atığı Kullanım Olanakları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(2), 101-107.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., Yaşın, S., 2011. Vermikompost ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Derim Dergisi, 28(1), 56-69.
- Dasa, D., Bhattacharyya, P., Ghosh, B. C., Banika, P., 2016. Bioconversion and Biodynamics of *Eisenia fetida* in Different Organicwastes Through Microbially Enriched Vermiconversion Technologies. Ecological Engineering, 86, 154-161.
- Demirtaş, E., I., 2013. Kentsel Katı Atık Kompostunun Tarımda Kullanımı, Erişim Tarihi: 17.07.2013. <http://batem.gov.tr/yayinlar/derim/2004/27-34.pdf>
- Demirtaş, E., I., Arı, N., Arpacıoğlu, A., E., Özkan, C., F., Kaya, H., 2005. Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi, Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı, 3-4 Ekim 2005, Eskişehir, 131-138.
- Dincheva, T., Tringovska, I., 2010. Bulgaristan-Şumen Vilayeti, Külevçe Köyü Üretim Kaynaklı Humus/Solucan Gübresi İnceleme Raporu. Rapor No: --, --s.
- Dominguez, J., Edwards, A. C., 2011. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. Clive A., Arancon, N. Q., Sherman R. (Ed.), Vermiculture Technology, Earthworms, Organic Wastes and Environmental Management (27-40), CRC Press, 576, North / South America.
- Elvira, C., Sampedro, L., Benitez, E., Nogales, R. 1998. Vermicomposting of Sludges from Paper Mills and Dairy Industries with *Eisenia andrei*. A Pilot Scale Study. Journal of Bioresource Technology, 63, 205-211.
- Erşahin, Y., 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(2), 99-107.
- Fernandez-Gomez, M. J.; Diaz-Ravina, M.; Romero, E., 2013. Recycling Of Environmentally Problematic Plant Wastes Generated From Greenhouse Tomato Crops Through Vermicomposting. International Journal of Environmental Science And Technology, 10(4), 697-708.
- Garg, V. K., Gupta R., 2011. Effect of Temperature Variations on Vermicomposting of Household Solid Waste and Fecundity of *Eisenia fetida*. Bioremediation Journal, 15(3), 165-172.
- Goswami, L., Sarkar, S., Mukherjee, S., Das, S., Barman, S., Raul, P., Bhattacharyya, P., Mandal, N. C., Bhattacharyya, S., Bhattacharyya, S. S., 2014. Vermicomposting of Tea Factory Coal Ash: Metal Accumulation and Metallothionein Response in *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauriti* (Kinberg). Bioresource Technology, 166, 96-102.
- Fauna Europaea, 2015. Erişim Tarihi: 10.04.2015. http://www.faunaeur.org/full_results.php?id=178401

- Hanc, A., Chadimova Z., 2014. Nutrient Recovery from Apple Pomace Waste by Vermicomposting Technology. *Bioresource Technology*, 168, 240-244.
- Hanc, A., Pliva, P., 2013. Vermicomposting Technology as a Tool for Nutrient Recovery From Kitchen Bio-Waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 15, 431-439.
- Hanc, A., Vasak, F., 2014. Processing Separated Digestate by Vermicomposting Technology Using Earthworms of The Genus *Eisenia*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12, 1183-1190.
- Hand, P. (1988) *Earthworm biotechnology*. In: Greenshields, R. (ed.) *Resources and Application of Biotechnology*. The New Wave; Mac-Millan Press Ltd. US.
- Hwang, B., Soon, J., Hwang, I., 2014. Use of Bulking Agent for Efficient Vermicomposting of Swine Manure Bulking Agent. *Korea Journal of Organic Agriculture*, 22 (1), 197-208.
- Ireland, M.P., 1983. Heavy Metal Uptake and Tissue Distribution in Earthworms. In: Satchell, J.E. (Ed.), *Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture*. Chapman and Hall, London, pp. 247-365.
- Jackson, M. L. (1962), *Soil Chemical Analysis*. Constable and Company Ltd., London, England
- Joanna, K., Janina, K., 2008. Vermicomposting of Duckweed (*Lemna minor* L.) Biomass by *Eisenia fetida* (Savigny) Earthworm. *Journal of Elementology*, 13 (4), 571-579.
- Kacar, B., Kütük, C., 2010. *Gübre analizleri*. Nobel yayın, 382, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A. V., 2011. *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*. Nobel Akademik, 559, Ankara.
- Kacar, B., 2013. *Temel Gübre Bilgisi*. Nobel Akademik, 503, Ankara.
- Kızılkaya, R., Türkay, H. Ş., 2014. Vermicomposting of Anaerobically Digested Sewage Sludge with Hazelnut Husk and Cow Manure by Earth Worm *Eisenia fetida*. *Compost Science and Utilization*, 22(2), 68-82.
- Li, X., Xing, M., Yang, J., Huang, Z., 2011. Compositional and Functional Features of Humic Acid-Like Fractions from Vermicomposting of Sewage Sludge and Cow Dung. *Journal of Hazardous Materials*, 185, 740-748.
- Lim, L. S., Lee, H. L., Wu, Y. T., 2016. Sustainability of Using Composting and Vermicomposting Technologies for Organic Solid Waste Biotransformation: Recent Overview, Greenhouse Gases Emissions and Economic Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 111, 262-278.
- Lin, S. Z., Lan-Lan, Z., Wei, O. W., 2015. Effects of Vermicomposting on Physicochemical Properties and Microbial Biomass of The Sewage Sludge. *International Conference on Energy and Environment Engineering (ICEEE)*, 646-651.

- Lindsay ve Norvell 1978): Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Ludibeth, M. S., Marina, E. I., Vicenta, M. E., 2012. Vermicomposting of Sewage Sludge: Earthworm Population and Agronomic Advantages. *Compost Science and Utilization*, 20(1), 11-17.
- Lung, A. J., Lin, C. M., Kim, J. M., Marshall, M. R., Nordstedt, R., Thompson, N. P., Wei, C. I., 2001. Destruction of *Eschericia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* in Cow Manure Composting. *Journal of Food Protection*, 64, 1309-1314.
- Lv, B., Xing, M., Yang, J., 2016. Speciation and Transformation of Heavy Metals During Vermicomposting of Animal Manure. *Bioresource Technology*, 209, 397-401.
- Malafaia, G., Estrela, C. da D., Guimaraes, B. T. A., Araujo, de G. F., Leandro, M. W., Rodrigues, de S. A., 2015. Vermicomposting of Different Types of Tanning Sludge (Liming and Primary) Mixed with Cattle Dung. *Ecological Engineering*, 85, 301-306.
- McCarthy, J., 2002. Beneficial Reuse (of Sewage Sludge Vermicompost) in Action. *Water*, March, 72-76.
- Mısırlıoğlu, M., 2011. Toprak Solucanları Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri. *Nobel Yayın Dağıtım*, 74, Ankara.
- Munroe, G., 2007. *Manuel of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture*. Publication of Organic Agriculture Centre of Canada, Nova Scotia.
- Molina, M. J., Soriano, M. D., Ingelmo, F., Llinares, J., 2013. Stabilisation of Sewage Sludge and Vinasse Bio-Wastes by Vermicomposting with Rabbit Manure Using *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*, 137, 88-97.
- Pierre, V., R. Phillip, L. Margnerite and C. Pierrette, 1982. Anti -Bacterial Activity of The Hemolytic System from The Earthworms *Eisinia fetida Andrei*. *Invertebrate Pathology*, 40, 21-27.
- Rajiv, K. S., Herat, S., Bharambe, G., Brahambhatt, A., 2009. Vermistabilization of Sewage Sludge (Bioslids) by Earthworms: Converting a Potentia Biohazard Destined for Landfill Disposal into a Pathogen-Free. Nutritive and Safe Biofertilizer For Farms.
- Rajiv K. S., Sunita A., Krunal C., Dalsukh V., 2010. The Wonders of Earthworms and Its Vermicompost in Farm Production: Charles Darwin's 'Friends of Farmers', with Potential to Replace Destructive Chemical Fertilizers from Agriculture. *Agricultural Sciences*, 1(2), 76-94.
- Ramana, S., Biswas, A. K., Singh, A. B., Yadava, R. B. R., 2001. Relative Efficacy of Different Distillery Effluents on Growth, Nitrogen, Fixation and Yield of Groundnut. *Bioresource Technology*, 81, 117-121.
- Rogelio, N., Manuel, S., Emilio, B., 2008. Recycling of Wet Olive Cake "Alperujo" Through Treatment with Fungi and Subsequent Vermicomposting. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(11A), 1822-1827.

- Saxena, M., Chauhan, A., Pappu, A., 1998. Fly Ash Vermicomposting from Non-Ecofriendly Organic Wastes. *Pollution Research*, 17, 5-11.
- Singleton, D. R., Hendrix, B. F., Coleman, D. C., Whitemann, W. B., 2003. Identification of Uncultured Bacteria Tightly Associated with The Instentine of The Earthworms *Lumbricus rubellus*. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 1547-1555.
- Singh, J., Kaur, A., Vig, P. A., 2014. Bioremediation of Distillery Sludge into Soil-Enriching Material Through Vermicomposting with The Help of *Eisenia fetida*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174(4), 1403-1419.
- Sinha, R., K., Bharambe, G., Ryan, D., 2008. Converting Wasteland into Wonderland by Earthworms—A Low-Cost Nature's Technology for Soil Remediation: A Case Study of Vermiremediation of PAHs Contaminated Soil. *The Environmentalist*, Springer, 28(4), 466-475.
- Song, X., Liu, M., Wu, D., Qi, L., Ye, C., Jiao, J., 2014. Heavy Metal and Nutrient Changes During Vermicomposting Animal Manure Spiked with Mushroom Residues. *Waste Management*, 34, 1977-1983.
- Surendra, S., Kapil, K., Pravin, M. K., 2015. Nutrient Recovery From Compostable Fractions Of Municipal Solid Wastes Using Vermitechnology. *Journal Of Material Cycles and Waste Management*, 17 (1), 174-184.
- Turan, M. ve Horuz, A., 2012. Bitki Beslemenin Temel İlkeleri. Karaman, M. R., (Ed.), Bitki Besleme (123 - 347), 1066, Ankara.
- Vanlı, H., Bedük, S., 2013. Sürdürülebilir Ticaret; İklim Değişikliği ve Vermikültür Sistem ile Organik Gübre Elde Edilmesi. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, 3-4 Mayıs 2013, Rize, 114-124.
- Vermikem, 2016. Erişim Tarihi:01.05.2016. <http://solucangubresi.web.tr/temel-bilgiler/yasa-ve-yonetmelikler/yasa-eki-organik-tarimda-kullanilacak-gubreler-toprak-iyilestiriciler-ve-besin-maddeleri.html>
- Zhang, L., Lv, B., Xing, M., Yang, J., 2015. Tracking The Composition and Transformation of Humic and Fulvic Acids During Vermicomposting of Sewage Sludge by Elemental Analysis and Fluorescence Excitation-Emission Matrix. *Waste Management*, 39, 111-118.
- Xing, M., Lv, B., Zhao, C., Yang, J., 2015. Towards Understanding The Effects of Additives on The Vermicomposting of Sewage Sludge. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 4644-4653

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İbrahim TAVUÇ
Doğum Yeri ve Yılı : Burdur, 1988
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ibrahimtv@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Antalya Çağlayan Lisesi, 2005
Lisans : SDÜ, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 2012

Yayınları

- Özçelik, H., Çinbilgel, İ., Muca, B., Tavuç, İ., Koca, A., Bebekli, Ö. 2016. Burdur İli Florası. Özçelik, H. (Ed),Burdur İli Bitki Envanteri (48-264), Burdur Belediyesi Kültür Yayınları, 408, Ankara.
- Özçelik, H., Çinbilgel, İ., Muca, B., Tavuç, İ., Koca, A. 2016. Burdur İli Anıt Ağaçları. Özçelik, H. (Ed),Burdur İli Bitki Envanteri (48-264), Burdur Belediyesi Kültür Yayınları, 408, Ankara.
- Özçelik, H., Çinbilgel, İ., Muca, B., Tavuç, İ., Koca, A., Bebekli, Ö., 2015. Ecosystem Diversity of Isparta and Its important Species to be Monitored. Internationa Congress On Applied Biological Science, 16-20.09.2015.
- Özçelik, H., Çinbilgel, İ., Muca, B., Tavuç, İ., Koca, A., Bebekli, Ö., 2015. Isparta İli Karasal ve İç Su Ekosistem Çeşitliliği, Koruma ve İzleme Çalışmaları. Ulusal Botanik Kongresi, 2015, 25-28 Ağustos.
- Tavuç, İ., Özçelik, H., 2015. Organik Atıkların Geri Kazanımında Yeni Bir Bakış Açısı: Solucan Gübresi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 8(2): 27-30.
- Tavuç, İ., Özçelik, H., 2015. Organik Atıkların Geri Kazanımında Yeni Bir Bakış Açısı: Solucan Gübresi Üretimi. Ulusal Botanik Kongresi, 2015, 25-28 Ağustos.
- Özçelik, H., Koca, A., Tavuç, İ., Muca, B., Bebekli, Ö., 2015. Editöre Mektup. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi, 2015, 10(1), 129-131.
- Özçelik, H., Çinbilgel, İ., Muca, B., Koca, A., Tavuç, İ., Bebekli, Ö., 2014. Burdur İli Karasal ve İç Su Ekosistem Çeşitliliği Koruma ve İzleme Çalışmaları. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi, 2014, 9(2), 12-43.
- Tavuç, İ., Özçelik, H., 2014. Doğa Dostu Solucan Gübresi ve Özellikleri. Tabiat ve İnsan, 2014, 188, 32-36.
- Özçelik, H., Tavuç, İ., 2014. Editöre Mektup. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi, 2014, 9(2), 201-202.

Özçelik, H., Bebekli, Ö., Tavuç, İ., 2014. Editöre Mektup. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi, 2014, 9(1), 203-205.

