



**BİYOBOZUNUR MATERYALLER
KULLANILARAK BESLENEN HERMETIA
İLLUCENS (LİNNEUS 1758) LARVALARI
TARAFINDAN ÜRETİLEN GÜBRENİN BİTKİ
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN**

ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

MERVE BALCIKOCA

KASIM 2024

**BİYOBOZUNUR MATERYALLER KULLANILARAK BESLENEN
HERMETIA ILLUCENS (LINNEUS 1758) LARVALARI TARAFINDAN
ÜRETİLEN GÜBRENİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

MERVE BALCIKOCA

**Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı
Zooloji Bilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. FERHAT ALTUNSOY

**Eskişehir
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Kasım 2024**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

MERVE BALCIKOCA'nın BİYOBOZUNUR MATERYALLER KULLANILARAK BESLENEN HERMETIA ILLUCENS (LINNEUS 1758) LARVALARI TARAFINDAN ÜRETİLEN GÜBRENİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI başlıklı çalışması 18/11/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Biyoloji Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye : Prof. Dr.Ferhat ALTUNSOY

Üye : Doç. Dr.Recep Sulhi ÖZKÜTÜK

Üye : Doç.Dr.Davut Ümit ŞİRİN

:

:

Prof. Dr. Semra KURAMA
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

18/11/2024

DANIŞMAN ONAYI

DaniŐmanlıđını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi MERVE BALCIKOCA, BYOBOZUNUR MATERYALLER KULLANILARAK BESLENEN HERMETIA İLLUCENS (LİNNEUS 1758) LARVALARI TARAFINDAN ÜRETİLEN GÜBRENİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI başlıklı tez çalışmasını tamamlamıŐtır. HazırlamıŐ olduğu tez tarafımda incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüŐtür.

Tez DaniŐmanı

Prof. Dr. FERHAT ALTUNSOY



ÖZET

BİYOBOZUNUR MATERYALLER KULLANILARAK BESLENEN HERMETİA İLLUCENS (LİNNEUS 1758) LARVALARI TARAFINDAN ÜRETİLEN GÜBRENİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

MERVE BALCIKOCA

Biyoloji Anabilim Dalı

Zooloji Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kasım 2024

Danışman: Prof. Dr. FERHAT ALTUNSOY

Artan dünya nüfusu ile birlikte sürdürülebilir tarım, günümüzde çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla tarımsal üretimin en önemli hedeflerinden biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, doğal kaynakların korunmasını ve verimliliğin artırılmasını sağlayacak yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesi kritik öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı, *Hermetia illucens*- kara asker sineği larvalarından elde edilen frass'ın sürdürülebilir tarımda gübre olarak kullanım potansiyelini incelemektir. Uygun koşullarda elde edilen KAS gübresinin marul (*Lactuca sativa*), fesleğen (*Ocimum basilicum*), reyhan (*Ocimum gratissimum*) ve bamya (*Abelmoschus esculentus*) bitkileri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Türkiye'de ilk kez gerçekleştirilen bu uygulama, böcek bazlı bu ürünün hem ekonomik hem de çevresel anlamda yenilikçi bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımının yol açtığı olumsuzlukları azaltmayı hedefleyen bu yöntem, aynı zamanda döngüsel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Böylece frass, sadece tarımsal faaliyetlerde değil, aynı zamanda atık yönetiminde de kilit bir rol oynamaktadır. Türkiye'nin artan nüfusu ve azalan doğal kaynakları göz önüne alındığında, bu çalışmanın önemi daha da artmaktadır.

Anahtar Sözcükler: *Hermetia illucens*, Frass, Sürdürülebilir tarım, Organik atık, Gübre

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FERTILIZER ON PLANT DEVELOPMENT PRODUCED BY THE LARVAE OF HERMETIA ILLUCENS (LINNEUS 1758), IS FED USING BIODEGRADABLE MATERIALS

MERVE BALCIKOCA

Department of Biology

Programme in Zoology

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, November 2024

Supervisor: Prof. Dr. FERHAT ALTUNSOY

With the increasing global population, sustainable agriculture has become one of the most significant goals of agricultural production today, encompassing environmental, economic, and social dimensions. In this context, developing innovative methods that ensure the conservation of natural resources and enhance productivity is of critical importance. This study aims to examine the potential use of frass derived from *Hermetia illucens*, the black soldier fly larvae, as a fertilizer in sustainable agriculture. The effects of black soldier fly fertilizer (BSF frass) obtained under suitable conditions were analyzed on lettuce (*Lactuca sativa*), basil (*Ocimum basilicum*), sweet basil (*Ocimum gratissimum*), and okra (*Abelmoschus esculentus*). This application, conducted for the first time in Turkey, demonstrates that this insect-based product offers an innovative solution both economically and environmentally. This method, which aims to reduce the adverse impacts of chemical fertilizer use in agricultural production, also contributes to the circular economy. Thus, frass plays a key role not only in agricultural practices but also in waste management. Considering Turkey's growing population and diminishing natural resources, the significance of this study becomes even more pronounced.

Keywords: *Hermetia illucens*, Fertilizer, Frass, Organic Waste ,Sustainable Agriculture,

TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca, çalışmalarımın her anında desteğini, engin bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Ferhat ALTUNSOY 'a teőekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarımın planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Bahriye AYAZ' a teőekkürü borç bilirim.Çalışmalarım süresince bana sabır gösterip, maddi-manevi desteğini esirgemeyen aileme, fedakar ve sabırlı annem Meryem BALCIKOCA'ya özellikle ve içtenlikle saygı ve minnetlerimi sunar, bu yolu benimle yürüyen, her koşulda destek olan meslektaşım Hilal BUYURAN'a teşekkür ederim.

MERVE BALCIKOCA



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

MERVE BALCIKOCA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
GÖRSELLER DİZİNİ	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1.Tanımlama	4
2.HERMETİA İLLUCENS YAŞAM DÖNGÜSÜ	7
2.1. Yumurta Aşaması	7
2.2. Larva Aşaması.....	7
2.3. Pupa Aşaması	8
2.4. Yetişkin Aşaması	8
3.HERMETİA İLLUCENS'İN ORGANİK GERİ DÖNÜŞÜMDE KULLANILAN DİĞER DİPTERA TÜRLERİNE GÖRE AVANTAJLARI.....	9
4.HERMETİA İLLUCENS'İ YAPAY VİVARYUMDA YETİŞTİRME KOŞULLARI	15
4.1. Sıcaklık ve Nem	15
4.2. Aydınlatma	15
4.3. Havalandırma.....	15
4.4. Beslenme	16
4.5. Substrat	16
4.6. Güvenlik ve Temizlik	16
4.7. Çiftleşme ve Yumurtlama Alanları	16
5.MATERYAL – METOD	18
5.1.Hermetia illucens Ana Kültürünün Oluşturulması.....	18
5.2.Larvaların Beslenme Düzeninin Optimizasyonu	21
5.3. Pupa Geçiş Alanının Düzenlenmesi.....	26
6.NEM GİDERME VE GÜBRE ELDESİ	28
6.1. Nem Giderme.....	28

6.2.Gübre Eldesi ve Frass'ın Besiyerden Ayrılması.....	28
7.KAS GÜBRESİNİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ	31
7.1 Çimlendirme	31
7.2.Deney Grupları.....	31
8.BULGULAR.....	33
8.1. Gübrenin Analizi.....	33
8.2. Kök Gelişimi ve Kök Uzunluğu	35
8.3.Fizyolojik Parametreler (Yaprak Uzunluğu ve Bitki Boyu)	35
9.TARTIŞMA VE SONUÇ	38
KAYNAKÇA.....	42
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1 Tohum Çimlenme Süresi ve Büyüme Hızları.....	32
Tablo 2.2. Kök Gelişimi ve Kök Uzunluğu.....	32
Tablo 2.3. Fizyolojik Parametreler (Yaprak Uzunluğu ve Bitki Boyu).....	33



GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil tablosu ögesi bulunamadı.	
Görsel 1.1. <i>Hermetia illucens</i> genel görünüş (Pétremand, 2021).....	5
Görsel 1.2. <i>Hermetia illucens</i> yaşam döngüsü (Maquart, 2019).....	6
Görsel 2.1. <i>Hermetia illucens</i> larva diseksiyonu.....	18
Görsel 2.2. <i>Hermetia illucens</i> için vivaryum düzeneği.....	18
Görsel 2.3. <i>Hermetia illucens</i> yumurtalık örneği.....	20
Görsel 2.3. <i>Hermetia illucens</i> ana kültürü.....	20
Görsel 2.4. <i>Hermetia illucens</i> ana kültürü 40.gün.....	24
Görsel 2.5. <i>Hermetia illucens</i> ana kültürü pupa düzeneği.....	25
Görsel 2.6. <i>Hermetia illucens</i> ana kültürü pupaların ayrılması.....	26
Görsel 2.7. Gübre Eldesi ve Frass'ın Besiyerden Ayrılması.....	27
Görsel 2.8. Gübre Eldesi ve paketleme.....	27
Görsel 3.1. Çimlendirme 1. ve 7.gün.....	29
Görsel 2.9. KAS Gübresi Analiz Sonuçları.....	30

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KAS	:	Kara Asker Sineği
KASL	:	Kara Asker Sineği Larvası
AB	:	Avrupa Birliği



1. GİRİŞ

Geleneksel atık yönetimi sistemleri, artan organik atık miktarını işlemek için yetersiz kalmaktadır. Bu durum, yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler arayışını zorunlu kılmaktadır. Böceklerin atık yönetiminde kullanılması, bu bağlamda dikkat çekici bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Böcekler, doğanın ayrıştırıcıları olarak organik maddelerin parçalanmasında önemli bir rol oynar. Bu biyolojik süreçler, hem atıkların etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar hem de çevresel faydalar sunar. Böceklerin atık yönetimindeki rolü, yalnızca atıkların ayrıştırılmasıyla sınırlı değildir. Aynı zamanda böcekler, biyokütle dönüştürme ve biyogaz üretiminde de kullanılarak biyokonversiyon süreçlerinde de yer alabilmektedirler. Bu uygulamalar, ekonomik değer yaratmanın yanı sıra çevresel sürdürülebilirliği artırır.

Ayrıca, böceklerin organik atıkları işleme kapasiteleri, kimyasal gübre kullanımını azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekler. Toprak sağlığını iyileştiren ve biyolojik çeşitliliği koruyan bu yöntemler, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eder. Böceklerin atık yönetimindeki potansiyel faydaları hem ekonomik hem de ekolojik açıdan geniş bir yelpazeye yayılmaktadır.

Kompostlama, organik atıkların değerli humus ve gübreye dönüştürülmesini sağlayan önemli bir süreçtir. Geleneksel kompostlama yöntemleri, atıkların mikroorganizmalar tarafından parçalanması esasına dayanırken, böcek kullanarak kompostlama, bu süreci hızlandırarak ve verimliliği artırarak çeşitli avantajlar sunmaktadır. Böcekler, özellikle de kara böcekleri ve larvaları, organik atıkların hızla parçalanmasında etkili rol oynar. Böcekler, atıkları mekanik olarak parçalarken, sindirim süreçleri sırasında enzimler salgılar ve bu da mikroorganizmaların daha hızlı çalışmasını sağlar (Yang ve diğerleri, 2021). Geleneksel kompostlama yöntemlerinde bu sürecin hızlandırılması genellikle zordur ve uzun zaman alır. Ancak böcek kullanımı, kompostlama sürecini önemli ölçüde hızlandırabilir. Böcekler, organik atıkları tüketerek bu atıkların hacmini önemli ölçüde azaltır. Bu süreç, atık miktarını geleneksel yöntemlere göre daha etkili bir şekilde küçültür. Örneğin, kara böcekleri larvaları, günlük organik atıkların yaklaşık %50'sini tüketebilir, bu da kompostlama alanında büyük bir yer tasarrufu sağlar (Sánchez ve diğerleri, 2020). Ayrıca, böcekler, kompostun besin değerini artırarak verimliliği yükseltir. Böcek temelli kompostlama, geleneksel yöntemlere göre daha çevre dostu olabilir. Böceklerin organik atıkları daha hızlı ve verimli bir şekilde

işlemesi, kompostlama sürecinde metan gazı üretimini azaltabilir. Bu, sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından önemli bir avantaj sağlar (Zhang ve diğerleri, 2022). Ayrıca, böceklerin kullanımı, atıkların daha kısa sürede kompost haline gelmesini sağlar, bu da genel çevresel yükü azaltır. Böcek temelli kompostlama, işletme maliyetlerini düşürecektir. Böceklerin hızla büyüyüp çoğalabilmesi, yüksek hacimli organik atıkların işlenmesini daha ekonomik hale getirir. Ek olarak, böceklerden elde edilen ürünler, hayvan yemleri ve biyogaz üretiminde kullanılabilir, bu da ek gelir kaynakları sağlayabilir (Groot ve diğerleri, 2021).

Organik atıkların ıslahı, sürdürülebilir atık yönetimi ve çevre koruma açısından büyük önem taşımaktadır. Dünyada organik atıkların yönetimi ve ıslahı ile ilgili birçok yenilikçi yöntem ve teknoloji uygulanmaktadır. Özellikle siyah asker sineği larvaları (KASL) *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) gibi böcek türleri, yüksek verimlilikleri ve adaptasyon yetenekleri ile öne çıkmaktadır. Mevcut biyolojik atık yönetim teknolojileri arasında, kara asker sineği larvalarının (KASL) kullanımıyla yapılan arıtma, düşük çevresel etkiyle hızlı biyolojik dönüşüm için iyi bir potansiyele sahiptir (Bosch ve diğerleri, 2019). Ayrıca bu süreç; yem bileşeni olarak kullanılabilen protein ve yağ açısından zengin bir larva biyokütlesi olmak üzere büyük ilgi gören iki yan ürün üretmektedir (Surendra ve diğerleri, 2020). Bu nedenle KASL teknolojisi, üretim sürecinde (örneğin gıda üretimi) oluşan atığın bir kaynak olarak diğer süreçlere yeniden dahil edilerek değer yaratıldığı dairesel ekonominin ilkelerine uygundur (Velenturf ve Purnell, 2021). Atık yönetimini gıda ve yem üretimine bağlamada KASL biyodönüşümünün bilinen faydalarına rağmen, AB'deki bir dizi yasal engel, gıda atıkları ve hayvan gübreleri gibi bazı organik atık akışlarının larvalar için yem substratı olarak kullanılmasını engellemektedir (Lalander ve Vinnerås, 2022). Bununla birlikte, bu teknoloji oldukça ümit verici olup, dünya çapında benimsenmesine ve süreçte ortaya çıkan yan ürünlerin kullanımına yönelik ilgi giderek artmaktadır.

Kara asker sineği (KAS, *Hermetia illucens*), saprofit bir böcek olup, dünyanın tropikal, subtropikal ve ılıman sıcak bölgelerinde yaygın olarak dağılım göstermektedir (Kumar ve diğerleri, 2018). KAS büyüme döngüsünde yumurta, larva, pupa ve yetişkin olmak üzere dört aşama vardır. Larvalar, organik maddelerle beslendiğinde 220 mg ağırlığa kadar ulaşabilmektedir (Salomone ve diğerleri, 2017). Çalışmalar, KAS larvalarının gıda atıkları (Food waste-FW) (Win ve diğerleri, 2018), insan dışkı (Lalander ve diğerleri, 2018) ve hayvan gübresini (Li ve diğerleri, 2011) kendi vücut

kütlesine dönüştürebildiğini göstermiştir. KASL biyokonversiyonu farklı substratlardan etkilenebilmektedir. Yetiştirme substratının büyüme performansı, atık azaltma verimliliği ve KASL'nin kimyasal bileşimi üzerinde etkileri vardır (Lim ve diğerleri, 2019; Meneguz ve diğerleri, 2018). Kümes hayvanı yemi, köpek maması, kümes hayvanı dışkısı, meyve ve sebzeler, mezbaha atıkları, kümes hayvanı gübresi ve diğer atıklar KASL biyokonversiyonu için substratlar olabilirken; yapılan bir çalışma kümes hayvanı gübresinde yetişen larvaların görece daha küçük ve ağırlık açısından zayıf olduklarını bildirmektedir (Lalander ve diğerleri, 2019).

KAS prepupaları besin açısından zengin olmakla birlikte balık ve kümes hayvanları için hayvan yeminin yerini alma potansiyeline sahiptir (Barragan-Fonseca ve diğerleri, 2017). Yüksek yağ içerikleri nedeniyle, KAS prepupaları biyodizel üretimi için de potansiyel bir malzeme olarak düşünülebilir (Wong ve diğerleri, 2019; Zheng ve diğerleri, 2012). KASL biyokonversiyonu aerobik kompostlama ile karşılaştırıldığında, işlem süresini 1,6 kata kadar azalttığı bulunmuştur (Cai ve diğerleri, 2018). Daha da önemlisi, KAS erginleri insan yaşam alanlarına veya yiyeceklere yönelmediği gibi hastalık etkeni organizmalar da değildirler (Lalander ve diğerleri, 2019). Bu nedenle, KASL ile organik atıkların biyokonversiyonu yeni yüzyılda atık değerlendirme için potansiyel olarak çekici bir alternatiftir ve son zamanlarda büyük ilgi görmektedir.

Bu çalışmada, KAS gübresi ile tarım sistemlerinde azot (N) ve fosforun (P) sürdürülebilir şekilde geri kazanılmasının alternatif yolu güçlü bir şekilde dikkat çekilmiştir. Kurulan deney tasarımı ile 60 gün boyunca vivaryum ortamında yetiştirilen (200-250 birey) *Hermetia illucens* larvalarının dışkısından elde edilen gübrenin, bu kritik besin maddelerinin verimli bir şekilde geri dönüşümünde nasıl kilit bir rol oynayabileceği incelenmesi amacıyla, marul (*Lactuca sativa*), fesleğen (*Ocimum basilicum*), reyhan (*Ocimum gratissimum*) ve bamyaya (*Abelmoschus esculentus*) bitkileri üzerinde etkisi incelenmiştir. *H. illucens* dışkısının geleneksel kompostlama ve kimyasal gübreleme yöntemlerine kıyasla alternatif bir çözüm olabileceği amaçlanmış, çimlenme deneyleri ile bitki gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

H. illucens dışkısının, yalnızca yüksek N ve P içeriği sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda içerdiği kitin gibi böcek eksüvyaları sayesinde toprak mikrobiyomunu dönüştürücü bir etkiyle zenginleştirdiği ve bitki gelişimini kayda değer ölçüde iyileştirdiği vurgulanmıştır.

1.1.Tanımlama

Hermetia illucens, Kara Asker Sineği (KAS) ilk olarak 1775 yılında tanımlanmıştır. Bu türün bilimsel adı ve tanımlaması, İsveçli entomolog Carl Linnaeus tarafından yapılmıştır. Linnaeus, türü "*Sarcophaga illucens*" olarak adlandırmış, ancak daha sonra *Hermetia illucens* olarak kabul edilmiştir. Linnaeus'un bu tanımlaması, türün bilimsel sistematiğe dahil edilmesinde önemli bir adımdır (Linnaeus, 1775).

Carl Linnaeus, bitki ve hayvanların sınıflandırılması için geliştirdiği binomiyal nomenklatur sistemi ile tanınır ve bu sistem modern biyolojik sınıflandırmanın temelini atmıştır. *Hermetia illucens* de bu sistemin bir parçası olarak bilim dünyasında yerini almıştır (Linnaeus, 1775). *Hermetia illucens*'in sistematiğe dahil edilmesi, Linnaeus'un entomolojik literatürdeki önemli katkılarından biridir. Linnaeus'un çalışmaları, entomologlar ve bilim insanları için referans noktası olmuştur.

Hermetia illucens, kara asker sineği olarak bilinir ve Diptera takımının Stratiomyidae familyasına aittir. Bu sinek türü, yetişkin aşamasında yaklaşık 15-20 mm uzunluğundadır. Vücutları ince, uzun ve genellikle siyah veya koyu kahverengidir. Yetişkinlerin antenleri uzun ve siyah renklidir. Kanatları, dinlenme halinde iken vücutlarına paralel bir şekilde durur. *Hermetia illucens*'in başı nispeten küçük olup, geniş bileşik gözlere sahiptir. Vücutları, sarı ve siyah bantlar ile belirgin bir şekilde işaretlenmiştir, bu da onları arılara benzeyen bir görünüm verir (Sheppard, Newton, Thompson, ve Savage, 1994).



Görsel 1.1. *Hermetia illucens* genel görünüş (Pétremand, 2021)

KAS'ın fizyolojisi, özellikle larva evresinde dikkate değerdir. Larvaların sindirim sistemi, organik materyalleri hızlı ve verimli bir şekilde parçalayabilen çeşitli enzimlerle donatılmıştır. Bu enzimler arasında proteazlar, lipazlar ve selülazlar bulunur. Bu enzimler

sayesinde, larvalar geniş bir yelpazedeki organik maddeleri tüketebilir ve bunları biyokütleye dönüştürür. (Nguyen, Tomberlin, ve Vanlaerhoven, 2015).

Larvaların fizyolojik adaptasyonları, onların yüksek verimli biyokonversiyon ajanları olmasını sağlar. Larvalar, çürüyen organik maddelerle beslendiklerinde büyümeleri için gerekli olan enerjiyi hızla depolarlar. Bu süreçte, larvalar yaklaşık 220 mg'a kadar ulaşabilirler (Barragan-Fonseca, Dicke, ve Van Loon, 2017). *Hermetia illucens* larvaları, genellikle sıcaklık toleransları ve çeşitli çevresel koşullara adaptasyon yetenekleri ile bilinirler. Bu adaptasyon yetenekleri, onları hem sıcak hem de soğuk iklimlerde hayatta kalabilen ve çeşitli atık substratlarını tolere edebilen dayanıklı organizmalar yapar (Gobbi, Martínez-Sánchez, Rojo, 2013).

Yetişkin kara asker sinekleri beslenmezler; enerji ihtiyaçlarını larva aşamasında depoladıkları besinlerden karşılarlar. Yetişkinlerin temel amacı üremek olup, bu süreçte çiftleşme ve yumurta bırakma davranışları sergilerler. Dişi sinekler, yumurtalarını organik maddelerin yakınına veya üzerine bırakır ve yumurtalar yaklaşık 4-5 gün içinde açılır (Tomberlin, Sheppard, ve Joyce, 2002).

Larvaların fizyolojik özellikleri, onları biyokonversiyon süreçlerinde etkili kılar. KAS larvaları, yüksek protein ve yağ içeriği ile dikkat çekerler. Bu nedenle, larvalar hayvan yemi olarak kullanılabilir ve hatta biyodizel üretimi için hammadde olarak değerlendirilmektedirler. Yüksek yağ içerikleri, biyodizel üretimi için uygun bir kaynak olmalarını sağlar (Wong, Wu, ve Zhang, 2019).

KAS, tropikal, subtropikal ve ılıman iklim bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Bu tür, Amerika Birleşik Devletleri'nin güney bölgelerinde, Latin Amerika, Afrika, Güneydoğu Asya ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde yaygındır. Dünya genelinde *Hermetia* cinsine ait yaklaşık 80 tür bulunmaktadır. Bu türler tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak dağılım göstermektedir (Woodley, 2001).

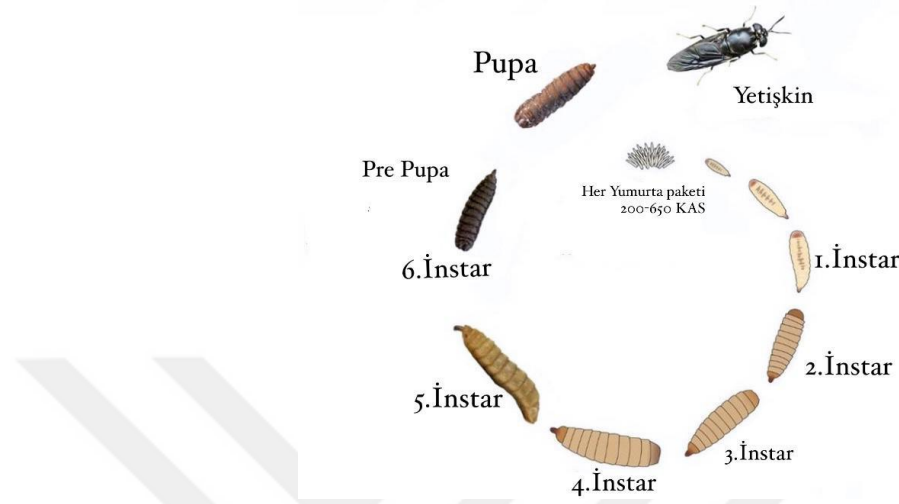
Türkiye'de *Hermetia* cinsine ait doğrulanmış tek tür *Hermetia illucens*'tir. *Hermetia illucens*, ilk olarak Türkiye'de 1998 yılında tespit edilmiştir. Bu tür, organik atıkların biyolojik geri dönüşümünde ve hayvan yemi üretiminde kullanılan önemli bir türdür (Üstüner et al., 2016). Aslen Amerika kıtasına özgü olan bu sinek türü, küresel ticaret ve seyahat faaliyetleri sayesinde dünyanın farklı bölgelerine yayılmıştır (Salomone ve

diğerleri, 2017). *Hermetia illucens*, genellikle çürüyen organik maddelerin, hayvan gübrelerinin ve atıkların bulunduğu alanlarda yoğun olarak yaşamaktadır.



2.HERMETIA İLLUCENS YAŞAM DÖNGÜSÜ

Hermetia illucens'in yaşam döngüsü yumurta, larva, pupa ve yetişkin olmak üzere dört ana aşamadan oluşur. Her aşama, türün ekolojik rolü ve biyokonversiyon kapasitesi açısından önemlidir.



Görsel 1.2. *Hermetia illucens* yaşam döngüsü (Maquart, 2019)

2.1. Yumurta Aşaması

Dişi *Hermetia illucens*, organik materyallerin yakınına veya üzerine yumurtalarını bırakır. Dişi sinekler, yumurtalarını genellikle çürüyen organik maddeler, gübre veya yiyecek atıkları gibi nemli ve besleyici alanlara bırakmayı tercih ederler. Bir dişi sinek, bir seferde yaklaşık 500-900 arasında yumurta bırakabilir (Tomberlin, Sheppard, ve Joyce, 2002). Yumurtalar yaklaşık 4-5 gün içinde çatlar ve küçük larvalar ortaya çıkar. Bu aşama, sineğin yaşam döngüsünün başlangıcını oluşturur ve ergin sinekler larva gelişimi için en uygun ortama yumurta bırakma eğilimindedirler.

2.2. Larva Aşaması

Larva aşaması, *Hermetia illucens*'in en aktif olduğu ve beslenme aşamasıdır. Yumurta çatladıktan sonra çıkan larvalar, besin kaynağı olarak organik materyalleri tüketirler. Bu aşama, yaklaşık 14-16 gün sürer ve larvalar bu süre zarfında hızlı bir şekilde büyürler. Larvalar, bu süreçte yaklaşık 220 mg ağırlığa ulaşabilirler (Nguyen, Tomberlin, ve Vanlaerhoven, 2015). Larvalar dorsoventral açıdan yassı şekillidir. Larva başında çiğneyici ağız parçaları yer alırken, vücut üzerinde nefes almayı ve yüzmeyi sağlayan porlar (spirakulumlar) ile kollar mevcuttur. Ergin sineklerin aksine larvalar beslenme aşamalarında sucul ve yarı sucul ortamları tercih ederler. KASL yüksek miktarda protein ve özellikle de orta zincirli yağ asitleri 12: 0 laurik asit bakımından zengin olan doymuş yağ asitlerini içermekle beraber dengeli bir esansiyel amino asit (AA) profiline sahiptirler

(Wang ve Shelomi, 2017). Larvaların sindirim sistemi, organik materyalleri hızlı ve verimli bir şekilde parçalayabilen çeşitli enzimlerle donatılmıştır. Bu enzimler arasında proteazlar, lipazlar ve selülozlar bulunur. Bu aşamada larvalar, geniş bir yelpazedeki organik maddeleri tüketebilir ve bunları biyokütleğe dönüştürürler. Ayrıca, larvaların fizyolojik adaptasyonları, yüksek verimli biyokonversiyon ajanları olmalarını sağlar (Barragan-Fonseca, Dicke, ve Van Loon, 2017). Bu özellikleri nedeniyle, *H. illucens* larvaları, insanların sürdürülebilir tarım ve çevre dostu çözümler arayışında önemli bir kaynak haline gelmiştir. Bu larvaların gelişim aşaması, ekosistemlerin sağlığı için kritik bir rol oynar.

2.3. Pupa Aşaması

Larva aşaması tamamlandığında, larvalar pupa evresine geçer. Bu aşama, yaklaşık 10-14 gün sürer. Pupalar, genellikle karasal bir ortamda ve kuru korunaklı alanlarda bulunurlar. Pupa aşamasında, larvaların vücutları yetişkin sineklere dönüşmek üzere yeniden yapılandırılır. Pupa aşaması, sineklerin hareketsiz kaldığı ve metabolik aktivitelerinin minimuma indiği bir süreçtir. Bu süre zarfında, larvaların dokuları yeniden organize edilir ve yetişkin sineklerin tüm organları oluşur (Gobbi, Martínez-Sánchez, ve Rojo, 2013).

2.4. Yetişkin Aşaması

Pupa aşamasından çıkan yetişkin *Hermetia illucens* sinekleri, yaklaşık 6-8 hafta yaşarlar. Yetişkinlerin temel amacı üremek olup, bu süreçte çiftleşme ve yumurta bırakma davranışları sergilerler. Yetişkinler tüm enerjilerini üreme faaliyetlerine harcarlar. Yetişkin *Hermetia illucens* sinekleri, genellikle arılara benzeyen bir görünüme sahiptir ve diğer sinek türlerinden farklı olarak insanlara zarar vermezler. Ayrıca, yetişkinler insan yaşam alanlarına veya yiyeceklere çekilmezler, bu da onları çevre ve halk sağlığı açısından güvenli kılar (Sheppard, Newton, Thompson, ve Savage, 1994).

Yetişkinler çiftleştikten sonra, dişi sinekler uygun bir yere yumurtalarını bırakır ve döngü yeniden başlar. Bu süreç, *Hermetia illucens*'in yaşam döngüsünün sürekli olarak devam etmesini sağlar. *Hermetia illucens*'in yaşam döngüsü, türün çevresel ve ekonomik faydalarını en üst düzeye çıkaran özelliklere sahiptir.

3.HERMETIA ILLUCENS'İN ORGANİK GERİ DÖNÜŞÜMDE KULLANILAN DİĞER DIPTERA TÜRLERİNE GÖRE AVANTAJLARI

Hermetia illucens (kara asker sineği), organik atıkların geri dönüşümünde önemli bir rol oynayan bir Diptera türüdür. Organik atık yönetiminde kullanılan diğer Diptera türleriyle karşılaştırıldığında, *H. illucens* birçok avantaj sunar. Bu avantajlar, kara asker sineğinin çevresel, ekonomik ve biyolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Aşağıda, *H. illucens*'in diğer Diptera türlerine kıyasla sağladığı çeşitli avantajlar detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

KAS larvaları, organik atıkların dönüştürülmesinde yüksek biyokütle üretimi ile dikkat çeker. Larvalar, özellikle protein ve yağ açısından zengindir, bu da onları hayvan yemleri ve biyodizel üretimi için ideal kılar. KAS larvalarının içerdiği protein miktarı, birçok geleneksel hayvan yemi bileşeninden daha yüksektir (Barragan-Fonseca, Dicke, ve Van Loon, 2017). Bu, *H. illucens*'in, organik atıkları yüksek verimlilikle dönüştüren ve aynı zamanda ekonomik olarak değerli bir kaynak sağlayan bir çözüm sunmasını sağlar. Buna karşılık, diğer Diptera türleri genellikle daha düşük biyokütle üretimi ve besin değeri ile sınırlıdır. Yapılan çalışmalar, ev sineği (*Musca domestica*) ve yeşil şişe sineği (*Lucilia sericata*) larvalarının, *H. illucens*'in sağladığı yüksek protein ve yağ içeriğine sahip olmadıklarını göstermektedir (Hogsette, 1992; Sherman ve Hall, 2000).

H. illucens larvaları, organik atıkları hızlı bir şekilde işleyebilmektedir. Bu hızlı dönüşüm süreci, atıkların biyolojik olarak parçalanmasını ve azaltılmasını sağlar. Araştırmalar, KAS larvalarının organik atıkları geleneksel kompostlama yöntemlerine kıyasla 1,6 kat daha hızlı dönüştürebildiğini göstermiştir (Cai ve diğerleri, 2018). Bu yüksek dönüşüm verimliliği, *H. illucens*'i, büyük miktarda organik atığın yönetimi için etkili bir seçenek haline getirmektedir. Diğer Diptera türleri ile karşılaştırıldığında KAS'ın sağladığı biyodönüşüm oranının oldukça fazla olduğu rapor edilmektedir (Bradley ve Sheppard, 1984; Wang ve Shelomi, 2017)

Li ve diğerleri (2012); sığır, tavuk ve domuz gübresi üzerinde 10 gün boyunca yetiştirilen BSF larvalarından yağ ekstraksiyonu yaparak biyodizel üretiminde kullanmışlardır. Sığır gübresinden 35,6 g, domuz gübresinden 57,8 g ve tavuk gübresinden 91,4 g olacak şekilde biyodizel üretimi gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda *H. illucens* kullanılarak biyodizel üretiminde tavuk gübresinin en etkin olduğu tespit edilmiştir.

Zheng vd. (2012) yürüttükleri çalışmada; restoran atığıyla beslenen BSF larvalarından ekstrakte edilen iç yağı biyodizel üretiminde kullanmışlardır. 1 kg atık üzerinde beslenmiş 1000 larvadan yaklaşık 64,9 g biyokütle açığa çıkarken atık ağırlığının %61,8 oranında indirildiği bildirilmiştir.

Čičková, Kozánek, Newton ve Lacy (2015) tarafından yapılan çalışmada, *Hermetia illucens* larvalarının organik atıkların dönüştürülmesindeki etkinliği ve biyokütle üretimi, ev sineği (*Musca domestica*) ve sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) gibi diğer böcek türleriyle karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, KAS larvalarının, diğer böcek türlerine kıyasla organik atıkları daha hızlı ve verimli bir şekilde biyomasa dönüştürdüğünü ve bu özelliklerinin, sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarında önemli bir avantaj sağladığını göstermektedir.

KAS larvalarının atık dönüştürme kapasitesi son derece yüksektir. KAS larvalarının, organik atıkları 7-14 gün içinde %50 oranında dönüştürdüğü belirtilmiştir. Bu oran, ev sineği larvalarının %30-40'lık atık dönüşüm oranlarına kıyasla çok daha yüksektir (Newton ve diğerleri, 2005). Diğer taraftan, KAS larvalarının biyokütle üretimindeki verimliliği de oldukça yüksektir. Bu larvalar, toplam atık kütlelerinin %18-22'sini biyomasa olarak dönüştürürken, ev sineği larvalarının biyokütle dönüşüm oranı yalnızca %10 civarındadır (Calvert, 1979; Čičková ve diğerleri, 2015).

KAS larvaları, diğer böcek türlerine göre hem daha yüksek verimlilik sağlar hem de çevresel koşullara daha dayanıklıdır. Newton ve diğerleri (2005) yaptıkları çalışmada *H. illucens* larvalarının atık dönüştürme süresini 7-14 gün olarak tespit etmiştir. Bu süre 14-21 gün olan ev sineği larvalarına kıyasla daha kısadır. Yine dayanıklılık ve örüm oranı incelemelerine bakıldığında KASL'nin daha dayanıklı ve düşük ölüm oranına sahip oldukları tespit edilmiştir. KAS larvalarının ölüm oranı %5 civarındayken, ev sineği larvalarında bu oran %15-20'lere kadar çıkabilmektedir (Newton ve diğerleri, 2005).

H. illucens, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunar. Atıkların biyolojik dönüşümü sırasında, *H. illucens* larvaları düşük çevresel etki sağlar ve sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır (Nguyen, Tomberlin, ve Vanlaerhoven, 2015). Bu tür, organik atıkları etkili bir şekilde dönüştürerek hem atık hacmini azaltır hem de çevresel kirliliği azaltır.

Hermetia illucens larvalarının besleyici ve çevresel olarak sürdürülebilir bir protein kaynağı olarak büyük potansiyel taşımaktadır. Artan et üretimi, su, enerji ve toprak gibi

sınırlı kaynaklar üzerinde büyük baskı oluştururken, özellikle sığır yetiştiriciliği, önemli sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır (Petersen ve diğerleri, 2022). Bu bağlamda, KASL'ı et üretiminde kullanılan geleneksel yemlerin yerini alabilecek çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Avrupa Komisyonu ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi, bu böcekleri hayvan yemi için uygun kaynaklar olarak onaylamıştır (Petersen ve diğerleri, 2022).

Hermetia illucens için organik atık yönetimi uygulamaları, çevresel açıdan büyük faydalar sunmaktadır. Gıda atıklarının azaltılması, bu atıkların çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini minimize etmek için oldukça önemlidir. Küresel sera gazı emisyonlarının %8'inin gıda atıklarından kaynaklanması, bu sorunun iklim değişikliğine katkıda bulunmasını pekiştirmektedir. Avrupa Yeşil Mütabakatı, atıkların ortadan kaldırılmasını ve sera gazı emisyonlarının düşürülmesini hedeflemektedir. KASL, gıda atıklarının dönüşümünü sağlayarak, atık hacmini %85'e kadar azaltabilir ve döngüsel ekonomiyi destekler. Bu, düşük gelirli ülkelerdeki atık yönetimi sorunlarına da çözüm sunacaktır. (Petersen ve diğerleri, 2022).

Diğer Diptera türleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından *H. illucens*'in sağladığı düşük çevresel etkiyi genellikle yakalayamaz. Örneğin, bazı türlerin dönüşüm süreçleri, daha fazla sera gazı emisyonu veya çevresel kirlilikle ilişkilendirilebilir (Greenberg, 1991). *H. illucens* larvaları, çeşitli organik atık türleri üzerinde beslenebildikleri için bu özellikleri onları çok yönlü ve etkili bir geri dönüşüm aracı yapmaktadır. Tarımsal atıklar, hayvan çiftlikleri atıkları, gıda atıklarından mezbaha atıklarına kadar geniş bir substrat yelpazesine uyum sağlayabilmektedirler (Tomberlin ve diğerleri, 2002). Bu esneklik, *H. illucens*'in farklı atık türlerinin yönetiminde ve geri dönüşümünde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Larvalarının yüksek biyokütle üretimi ve besin değeri ile doğrudan ilişkili olarak KAS'ın ekonomik açıdan faydaları da göz ardı edilemez durumdadır. *H. illucens* larvaları, hayvan yemleri ve biyodizel gibi değerli yan ürünleri daha doğal ve az maliyetle ürettiğinden onları ekonomik olarak cazip kılmaktadır (Barragan-Fonseca ve diğerleri, 2017). Bu tür, organik atıkların geri dönüşümünde ekonomik bir değer yaratır ve bu değer, diğer Diptera türlerinin sunduğu ekonomik faydalardan daha fazladır.

Yapılan çalışmada, ev sineği (*Musca domestica*) ve et sineği (*Sarcophaga carnaria*) larvalarının genellikle daha düşük biyokütle ve besin değeri sunduğu rapor edilirken

ekonomik olarak da daha az etkili olduklarını belirtilmektedir (Hogsette, 1992; Gomes ve diğerleri, 2007).

Diğer Diptera türleri ile karşılaştırıldığında KAS, geniş substrat aralığı ile ön plana çıkmaktadır. Örneğin, *Lucilia sericata* larvaları genellikle çürüyen etler ve organik maddeler üzerinde etkili olmakla birlikte KAS larvaları gibi daha çeşitli substratlar üzerinde gelişim göstermekte sınırlı olabilmektedir (Sherman ve Hall, 2000).

Yapılan çalışmalarda; protein içerikli kümes hayvanları gübresiyle beslenen KASL %15-25, sığır gübresinde beslenenlerde %35 ve zengin yağ içerikli maddelerle beslenen KASL'nda ise %42-49 oranında vücut yağı içeriği tespit edildiği bildirilmektedir (Li ve diğerleri, 2011; Tschirner ve Simon, 2015).

Nguyen vd. (2015), KASL'nı pazar ve belediye organik atıkları üzerinde yetiştirmiştir. Sonuçlar doğrultusunda organik atıkların indirgenirken bakteri gelişiminin engellendiğini ve dolayısıyla kötü koku oluşumunun ortadan kalktığını rapor etmektedir.

Yapılan bir başka çalışmada; balık, domuz karaciğeri, mutfak atıkları, domuz gübresi, meyve ve sebzeler üzerindeki gelişim aktiviteleri incelenmiş olan KASL'nın en fazla mutfak atıkları üzerinde etkili oldukları ve mutfak atıkları üzerinde beslenen larvaların boyut açısından diğer besinlerle beslenenlerden daha büyük oldukları tespit edilmiştir (Nguyen ve diğerleri, 2013).

Organik kafeterya atıklarını biyodizel ve hayvan yemine dönüştürmek için yürütülen bir başka çalışmada, atıklar üzerinde kara asker sineği (BSF Black Soldier Fly) (*Hermetia illucens*) larvaları yetiştirilerek; yağ ve protein açısından zengin BSF prepupaları üretilmiştir (Surendra ve diğerleri, 2016).

KASL çok geniş yelpazede besin üzerinde beslenerek gelişim göstermektedirler. Bu geniş yelpazede besin ortamı bazı sağlık risklerini de beraberinde getirebilme endişesi yaratabilmektedir. Üretim potansiyeli arttıkça entomopatojenlerin neden olduğu hastalık riskleri de artmaktadır. Ancak, KAS erginleri ergin dönemde beslenmediklerinden daha hijyenik ve sağlık açısından daha az riskli görünmektedir. Yine KASL insanların yaşam alanları ile ilgili değildir ve hastalık taşıyıcı olarak rol oynamazlar (Lalander ve diğerleri,2019). Bunun yanında doğal ayrıştırıcı olmaları, bağırsak pH derecesinin 9,3 olması, bağırsaklarındaki enzimatik reaksiyonlar ve rekabetçi bağırsak bakterileri nedeniyle beslendikleri besinlerdeki mikrobiyal yükü azaltma yeteneğine sahiptirler (Gold ve diğerleri, 2018). Diğer Diptera türleri, özellikle ev sineği (*Musca domestica*) ve

yeşil şişe sineği (*Lucilia sericata*), ile yapılan çalışmalarda patojenlerin taşınmasına neden olarak daha yüksek sağlık riskleri taşıdıkları tespit edilmiştir (Schaefer, 1989; Sherman ve Hall, 2000). Yapılan çalışmalar KASL'nın genel olarak mikroorganizmalarla mücadeleye iyi adapte olduğunu ve büyüme ortamlarındaki fırsatçı mikroorganizmaların neden olduğu enfeksiyonlardan korunma açısından geniş bir dirence sahip olduklarını işaret etmektedir. Lalander ve diğerleri (2015) KASL'nın besi ortamındaki *Salmonella spp.* konsantrasyonunu ciddi oranda azalttığını tespit etmiştir. Yine yapılan çalışmalarda KAS'ın; diğer dipteranların taşıdığı veya vektörlük yaptığı bilinen *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* ve *Enterococcus spp.* gibi gıda güvenliği ile ilgili bakterilerin yükünü azaltabildiğini göstermiştir (Erickson ve diğerleri, 2004; Liu ve diğerleri, 2008; Lalander ve diğerleri, 2019).

H. illucens'in organik atık yönetiminde kullanımı bazı yasal ve düzenleyici engellere rağmen büyük bir potansiyel sunar. Ancak, KAS larvalarının gıda atıkları ve hayvan gübreleri için yem olarak kullanımı, AB'deki bazı düzenlemeler nedeniyle sınırlanmaktadır (Velenturf ve Purnell, 2021). Buna rağmen, bu türün diğer Diptera türlerine kıyasla sunduğu avantajlar, bu düzenlemelerin aşılabilir olduğunu ve teknolojinin küresel ölçekte benimsenmesini desteklediğini göstermektedir.

Avrupa Birliği'nde, özellikle Atık Çerçeve Direktifi ve Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, gıda atıklarının kullanımı ile ilgili sıkı düzenlemelere sahiptir. Bu düzenlemeler, gıda atıklarının öncelikle insan tüketimi için değerlendirilmesi gerektiğini, ancak hayvan yemi olarak kullanılmasının da bir seçenek olduğunu belirtmektedir (European Commission, 2023)

Ayrıca, Avrupa Komisyonu'nun "Farm to Fork" stratejisi, sürdürülebilir bir gıda sistemi yaratmayı hedeflerken, aynı zamanda gıda güvenliğini ve atıkların azaltılmasını vurgulamaktadır. Bu strateji, *H. Illucens*'in gıda atıklarından besin üretme potansiyelini değerlendirirken, güvenlik ve kalite standartlarını dengelemeyi amaçlamaktadır (European Commission, 2023)

Farm to Fork Stratejisi, 2020 yılında Avrupa Komisyonu tarafından başlatılan, Avrupa çapında adil, sağlıklı ve çevre dostu bir gıda sisteminin oluşturulmasını hedefleyen kapsamlı bir plandır. Bu strateji, Avrupa Yeşil Anlaşması'nın bir parçası olup, gıda sisteminin daha sürdürülebilir ve dirençli olmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Gıda üretiminin çevresel ayak izini azaltmaya odaklanırken, gıda güvenliğini, uygun fiyatları

ve yüksek gıda güvenliği standartlarını sağlamayı da hedefler. Bu strateji, gıda üretimi, tüketimi ve atık yönetimi gibi bir dizi ana alanda çeşitli adımlar atmayı amaçlamaktadır.

KASL kullanımı, Farm to Fork Stratejisi ile ilişkilendirilen birkaç sürdürülebilirlik hedefi açısından büyük bir potansiyel taşır. Strateji, alternatif protein kaynaklarının, özellikle böceklerin, gıda güvenliği sorunlarına çözüm ve çevresel etkileri azaltma açısından önemli bir rol oynayabileceğini kabul etmektedir. Strateji, tarımsal atıkları geri dönüştürme, döngüsel ekonomiyi teşvik etme ve geleneksel hayvancılığa dayalı gıda üretiminden daha az bağımlı olma hedefiyle KASL'ın kullanımını desteklemektedir. KASL, organik atıkları (örneğin, gıda atıkları ve tarım yan ürünleri) yüksek kaliteli protein kaynağına dönüştürerek bu hedeflere katkı sağlar (European Commission, 2023).

Diğer Diptera türlerinin yasal ve düzenleyici engeller açısından genellikle daha az sorun yaşaması, ancak bu türlerin sunduğu avantajların *H. illucens* kadar etkili olmayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Greenberg, 1991).

Hermetia illucens larvaları, yüksek adaptasyon kabiliyetleri sayesinde çok çeşitli organik atık türlerinde hayatta kalabilir ve büyüyebilir. Larvaların sindirim sistemi, besin açısından zengin organik materyalleri hızla parçalayan proteazlar, lipazlar ve amilazlar gibi enzimler salgılar. Bu enzimler sayesinde karmaşık proteinler, yağlar ve karbonhidratlar basit bileşenlere ayrılır ve larvalar tarafından enerji ve büyüme için kullanılır (Noyens ve diğerleri, 2021). Kompostlama süreci, organik materyalin KAS larvaları tarafından biyolojik olarak dönüştürülmesiyle başlar. *Hermetia illucens* larvaları, atık materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirerek organik maddeyi stabilize eder. Süreç boyunca larvalar organik atık kütlelerinin yaklaşık %50'sini tüketir ve bunu değerli bir organik gübre olan frass'a dönüştürür. Frass, böceklerin sindirim sürecinden kaynaklanan dışkı ve sindirilmemiş maddelere verilen genel bir isimdir. Terim, özellikle larvaların ve diğer böceklerin sindirim atıkları için kullanılır. *Hermetia illucens* frassı, özellikle azot (%2-4), fosfor (%1-3) ve potasyum (%1-2) gibi temel besin maddeleri içerir, bu da onu tarımsal üretim için ideal bir gübre yapar (Diener ve diğerleri, 2011; Noyens ve diğerleri, 2021).

Larvaların besin tüketim hızları ve atık işleme kapasitesi, substratın protein ve karbon içeriğine bağlıdır. Yüksek proteinli substratlar, larvaların büyümesini hızlandırır ve atık dönüşüm oranını artırır.

4.HERMETİA İLLUCENS'İ YAPAY VİVARYUMDA YETİŞTİRME KOŞULLARI

Hermetia illucens, biyokonversiyon süreçlerinde ve sürdürülebilir atık yönetiminde kullanımı ile tanınan bir böcek türüdür. Bu böceği yapay bir vivaryumda yetiştirmek, belirli çevresel koşulların sağlanmasını gerektirir. *Hermetia illucens*'in başarılı bir şekilde yetiştirilmesi için gerekli minimum şartları şu şekilde sıralayabiliriz:

4.1. Sıcaklık ve Nem

Hermetia illucens'in optimal gelişimi için sıcaklık ve nem seviyeleri kritik öneme sahiptir. Genellikle 25-30°C aralığında bir sıcaklık, larvaların hızlı ve sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlar. Daha yüksek sıcaklıklar larvaların büyüme hızını artırabilirken, 35°C'nin üzerindeki sıcaklıklar stres ve ölüm oranlarını artırabilir (Tomberlin, Sheppard, ve Joyce, 2002). Nem oranı ise %60-70 aralığında olmalıdır. Yüksek nem, yumurtaların çatlaması ve larvaların gelişimi için gereklidir, ancak aşırı nem mantar ve bakteri büyümesini teşvik edebilir (Nguyen, Tomberlin, ve Vanlaerhoven, 2015).

4.2. Aydınlatma

Aydınlatma, özellikle yetişkin sineklerin çiftleşme davranışlarını etkileyen önemli bir faktördür. Yetişkinlerin çiftleşme ritüellerini gerçekleştirmesi için 12 saat ışık ve 12 saat karanlık döngüsü önerilir. Gün ışığını taklit eden yapay ışık kaynakları kullanılabilir. Aydınlatma, sineklerin davranışlarını düzenlemede ve biyolojik saatlerini senkronize etmede önemli bir rol oynar (Zhang ve diğerleri, 2010). Ayrıca, LED ışıkların kullanımı, enerji verimliliği açısından tercih edilebilir (Oonincx ve diğerleri, 2018). Hahn vd (2018) yaptığı çalışmalarda KAS larvaları, ışık koşullarına karşı duyarlı oldukları ve karanlık alanları tercih etme eğiliminde oldukları gözlenmiştir. Bu durum, onların doğal yaşam alanlarında yırtıcılardan korunmalarını ve güvenli bir yerde pupaya geçmelerini sağlamaktadır. Karanlık, aynı zamanda larvaların pupalık alanında daha güvenli bir ortamda metamorfoz süreçlerini gerçekleştirmelerine olanak tanır (Hahn ve Boller, 2018).

4.3. Havalandırma

Vivaryumun iyi havalandırılması, oksijen seviyelerinin uygun düzeyde tutulmasını ve karbondioksit birikiminin önlenmesini sağlar. Yeterli hava akışı, larvaların ve yetişkinlerin sağlığını korumak için gereklidir. Havalandırma sistemi, sıcaklık ve nem kontrolü ile birlikte çalışmalıdır. Ayrıca, hava akışının dengelenmesi, nemin sabit tutulmasında yardımcı olur (Sprangers ve diğerleri, 2017).

4.4. Beslenme

Larvaların sağlıklı bir şekilde büyüebilmesi için uygun bir beslenme ortamı sağlanmalıdır. *Hermetia illucens* larvaları, organik atıklar, gıda atıkları, hayvan gübresi ve bitki materyalleri gibi çeşitli organik maddelerle beslenirler. Besin kaynağının taze ve uygun nemde olması, larvaların besinleri etkili bir şekilde sindirmesi ve büyümesi için önemlidir. Beslenme substratının kalitesi, larvaların büyüme performansını doğrudan etkiler (Barragan-Fonseca, Dicke, ve Van Loon, 2017). Örneğin, yüksek protein ve karbonhidrat içeren besinler, larvaların büyüme hızını artırabilir (Banks ve diğerleri, 2014).

4.5. Substrat

Larvaların gelişimi için uygun bir substrat sağlanmalıdır. Bu substrat, larvaların içinde hareket edebileceği, besinlerini alabileceği ve güvenle pupaya dönüşebileceği bir yapı sunmalıdır. Substratın pH seviyesi, besin değeri ve nem içeriği dikkatle izlenmelidir. Organik atıklar, kompost ve çeşitli tarımsal yan ürünler substrat olarak kullanılabilir (Meneguz, Gasco, ve Tomberlin, 2018). Substratın pH değeri 6-8 arasında olmalıdır (Cicková ve diğerleri, 2015).

4.6. Güvenlik ve Temizlik

Vivaryumun düzenli olarak temizlenmesi, zararlı mikroorganizmaların ve parazitlerin birikmesini önler. Düzenli temizlik ve kontrol, sağlıklı bir yetiştirme ortamı sağlar (Sánchez-Muros ve diğerleri, 2018). Ayrıca, sineklerin ve larvaların sağlığı ve güvenliği için vivaryumun güvenli bir şekilde kapatıldığından emin olunmalıdır. Temizlik, biyogüvenlik protokollerine uygun olarak yapılmalıdır. Ayrıca, atıkların düzenli olarak uzaklaştırılması ve taze substrat eklenmesi, larvaların sağlıklı gelişimini destekler (Sprangers ve diğerleri, 2017).

4.7. Çiftleşme ve Yumurtlama Alanları

Yetişkin sinekler için çiftleşme ve yumurtlama alanlarının uygun şekilde tasarlanması gereklidir. Dişi sineklerin yumurtalarını bırakabileceği uygun yüzeyler sağlanmalıdır. Yumurtlama alanları, nemli ve organik materyallerin yakınında olmalıdır, böylece yumurtadan çıkan larvalar hemen besin kaynağına ulaşabilirler (Booth ve Sheppard, 1984). Yumurta bırakma yüzeyleri, dişi sineklerin tercih ettiği dokuda olmalıdır, genellikle tırtıklı veya pürüzlü yüzeyler daha çok tercih edilir (Tomberlin, Sheppard, ve Joyce, 2002).

Hermetia illucens'in yapay bir vivaryumda başarılı bir şekilde yetiştirilmesi için yukarıda belirtilen şartların dikkatle sağlanması gereklidir. Bu şartlar, böceğin biyolojik döngüsünü destekler ve verimli bir biyokonversiyon süreci sağlar.

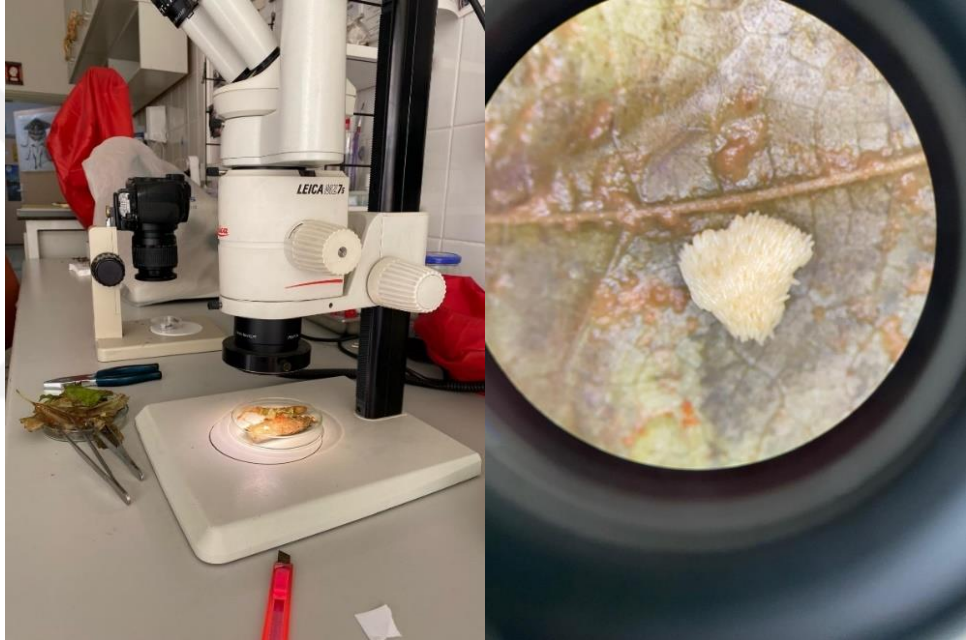
Bu çalışmada vivaryum ortamında yetiştirilen Kara Asker Sineklerinin yaşam döngüsünden yararlanılarak, biyobozunur materyaller KAS larvaları tarafından gübreleştirilecek, elde edilen zookompostun organik madde miktarı tayin edilerek bitki gelişimi üzerindeki etkisi incelenmesi amaçlanmış, sürdürülebilir tarım için KAS gübresinin alternatif bir yaklaşım olabileceği öngörülmüştür.



5.MATERYAL – METOD

5.1.*Hermetia illucens* Ana Kültürünün Oluşturulması

KAS yumurtaları Osmangazi niversitesi'nden temin edilerek ilk olarak Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Zooloji Araştırma laboratuvarına bağlı vivaryuma getirilmiş ve Leica MZ75 stereo mikroskop incelenmiştir. Stratiomyidae familyasının morfolojik özelliklerine dayanarak teşhisleri yapılan 2 paket (200-250 birey) KAS larvaları, 60x30x20 cm ölçülerinde plastik kaplara 3 kg elma üzerine alınarak açılmaları beklenmiştir. Kültüre günlük olarak evsel atık takviyesi yapılarak havalandırılmış ve larvalara zarar vermeyecek şekilde karıştırılmıştır.



Görsel 2.1. *Hermetia illucens* larva diseksiyonu Leica MZ75, 10x



Görsel 2.2. *Hermetia illucens* için vivaryum düzeneği

Vivaryum sıcaklığı ortalama 28°C de tutularak nem cihazı ile bağıl nem oranı %60-65 olarak stabilize edilmiştir. Bitkiler, vivaryumdaki nem seviyesini düzenlemeye yardımcı olacağından, sineklerin kendilerini daha güvenli hissetmelerine ve uygun alanlarda yumurtlamalarına olanak tanıyacağından ve erginlerin çiftleşme davranışlarını sergileyebileceği doğal bir ortam sağlayacağından vivaryuma bir adet *Ficus elastica* eklenmiştir. Bitki köklerinin ve yapraklarının doğal nem salımı, ortamın dengeli kalmasını destekler. Bu durum, larvaların gelişimi için uygun olan %60-70 nem aralığının sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Lalander et al., 2015).

Vivaryum ortamında, uygun bir substrat kullanımı da önemlidir. *Hermetia illucens*, organik atıkları tükettiğinden, substrat olarak kompost, meyve ve sebze atıkları gibi malzemeler tercih edilmiştir. Substratın düzenli olarak karıştırılması ve hava almasını sağlamak, larvaların oksijen ihtiyacını karşılamak için önemli olduğundan sık sık karıştırılmıştır. Sürdürülebilirlik ve her alanda ortaya çıkabilen organik atıkları kompostlamak amaçlandığından besi ortamı için herhangi bir substrat yüzeyi, miktarı seçilmemiş, ağırlıklı olarak evsel atıklar besiyer olarak değerlendirilmiştir.

Aynı zamanda kurulan vivaryumda yaşam döngüsünü devam ettirecek ve yeni yumurtalar bırakacak *Hermetia illucens* yetişkin sineklerinin beslenmesi için özel bir şekerli çözelti hazırlanmıştır. Çözelti, sineklerin enerji ihtiyacını karşılamak ve özellikle

dişi sineklerin yumurtlama için gerekli enerjiyi sağlamalarına yardımcı olmak amacıyla oluşturulmuştur. Çözelti, 100 mL distile suya 10 gram şeker eklenerek hazırlanmış ve karışım tamamen çözülene kadar karıştırılmıştır. Bu karışım, steril bir şişeye aktarılmış ve vivaryum ortamındaki dişi sineklere besin olarak sunulmuştur.

Besleme sırasında, emici ağız yapısına sahip dişi sinekler, şekerli çözeltiyi emerek gerekli enerjiyi almışlardır. Bu beslenme yöntemi, sineklerin sağlıklı bir şekilde üremelerini ve yumurtlama döngülerini desteklemiştir. Böylece, çözelti aracılığıyla dişi sineklerin enerji alımı sağlanmıştır.

Ergin evreye ulaşan dişi KAS'ların yumurta bırakabilmesi için, karton mukavvalar uygun boyutlarda kesilmiş ve yerleştirilmiştir. Karton kutular veya şeritler, KAS'ın yumurtlamak için ihtiyaç duyacağı yüzeyleri oluşturacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu aşamada, kutuların doğru sıcaklık ve nemde olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca, kartonun nemi tutma kapasitesi sayesinde, ortamın nem seviyeleri KAS'ın sağlıklı bir şekilde yumurtlaması için uygun hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra, karton kutular açık bir alanda, doğrudan güneş ışığından korunarak yerleştirilmiştir. Böylece, KAS'ın doğal ışık döngüsüne uygun bir ortamda yumurtlama yapması sağlanmıştır. Karton kutular zamanla dişi KAS'ların yumurtlayabileceği uygun yüzeyler haline gelmiş ve bu ortamda yumurtlama süreci gerçekleşmiştir.



Görsel 2.3. *Hermetia illucens* yumurtalık örneği



Görsel 2.3. *Hermetia illucens* ana kültürü

5.2.Larvaların Beslenme Düzeninin Optimizasyonu

60 günlük süreçte larvalar düzenli şekilde beslenmiş, vivaryumun sıcaklık ve nem derecesi ölçülerek besiyerin optimizasyonu sağlanmıştır.

Tablo 1. *Hermetia illucens* Ana Kültürü Besin/Nem/Sıcaklık Çizelgesi

TARİH	BESİN İÇERİĞİ	MİKTAR	SICAKLIK	NEM
15.08.2022	180 GR HAVUÇ VE KABAK KABUĞU 62 GR EKMEK 20 GR MARUL 90 GR PİLAV	GRAM	28	37
16.08.2022		GRAM	28	37
17.08.2022		GRAM	28	38
18.08.2022		GRAM	28	37
19.08.2022		GRAM	28	37
20.08.2022				

Tablo 1. *Hermetia illucens* Ana Kültürü Besin/Nem/Sıcaklık Çizelgesi (Devam)

21.08.2022				
22.08.2022	100 GR YEŞİLLİK POSASI EKLENDİ	GRAM	29	40
23.08.2022	480 GR KARMA YEMEK ARTIĞI EKLENDİ	GRAM	29	39

24.08.2022	390 GR ELMA EKLENDİ	GRAM	28	38
25.08.2022	680 GR YEŞİLLİK POSASI EKLENDİ	GRAM	29	39
26.08.2022	200 GR ELMA EKLENDİ	GRAM	30	38
27.08.2022				
28.08.2022				
29.08.2022	250 GR ELMA EKLENDİ	GRAM	30	38
30.08.2022		GRAM	30	38
31.08.2022	100 GR KEPEK EKLENDİ	GRAM	30	41
1.09.2022		GRAM	29	40
2.09.2022	100 GR KEPEK EKLENDİ	GRAM	30	37
3.09.2022		GRAM		
4.09.2022		GRAM		

Tablo 1. *Hermetia illucens* Ana Kültürü Besin/Nem/Sıcaklık Çizelgesi (Devam)

	1500 GR ELMA ŞEKTALİ EKLENDİ			
	500 GR HAŞANMIŞ BUĞDAY EKLENDİ			
5.09.2022	300 GR DUT YAPRAĞI EKLENDİ	GRAM	29	41
	300 GR LAHANA YAPRAĞI EKLENDİ			
	500 GR DOMATES KABUĞU EKLENDİ			
	250 GR BİBER POSASI EKLENDİ			
6.09.2022	0	GRAM	30	38
7.09.2022	0	GRAM	30	36
8.09.2022	0	GRAM	31	32

9.09.2022	0	GRAM	29	28
10.09.2022		GRAM		
11.09.2022		GRAM		
12.09.2022	1000 GR DOMATES POSASI 1000 GR LAHANA YAPRAĞI , 500 GR BİBER POSASIEKLENDİ	GRAM	30	40

Tablo 1. *Hermetia illucens* Ana Kültürü Besin/Nem/Sıcaklık Çizelgesi (Devam)

13.09.2022	0	GRAM	31	41
14.09.2022	0	GRAM	29	42
15.09.2022	0	GRAM	28	42
16.09.2022	0	GRAM	27	37
17.09.2022		GRAM		
18.09.2022		GRAM		
19.09.2022	4000 GR ARMUT- ŞEFTALİ 200 GR EKMEK, 100 GR HAVUÇ EKLENDİ	GRAM	26	38
20.09.2022	0	GRAM	25	36
21.09.2022	0	GRAM		
22.09.2022	500 GR EKMEKLİ YEMEK ATIĞI EKLENDİ	GRAM	28	37
23.09.2022	0	GRAM		
24.09.2022		GRAM		
25.09.2022		GRAM		
26.09.2022	100 GR TAVUKLU YEMEK POSASI VE 250 GR EKMEK KÜLTÜRE EKLENDİ.	GRAM	30	36
27.09.2022	0	GRAM	29	35
28.09.2022	0	GRAM	29	34
29.09.2022	0	GRAM	28	31
30.09.2022	0	GRAM	26	30

Tablo 1. *Hermetia illucens* Ana Kültürü Besin/Nem/Sıcaklık Çizelgesi (Devam)

1.10.2022		GRAM		
2.10.2022		GRAM		
3.10.2022	1000 GR MUZ KABUĞU EKLENDİ	GRAM	30	41
4.10.2022	0	GRAM	31	41
5.10.2022	0	GRAM	30	40
6.10.2022	500 GR KARMA MEYVE KABUĞU EKLENDİ	GRAM	30	38
7.10.2022	0	GRAM	32	42
8.10.2022		GRAM		
9.10.2022		GRAM		
10.10.2022	250 GR ELMA EKLENDİ	GRAM	30	38
11.10.2022		GRAM	30	38
12.10.2022	100 GR KEPEK EKLENDİ	GRAM	30	41
13.10.2022	250 GR ELMA EKLENDİ	GRAM	29	40
14.10.2022	100 GR KEPEK EKLENDİ	GRAM	30	37

Kompostlama sürecinde; optimum pH 6-7 aralığında olup, C/N oranı ise 20-30 arasında tutulmuştur. Bu koşullar, mikrobiyal aktiviteyi ve organik maddenin humuslaşma sürecini optimize etmektedir. Mikrobiyal aktivitenin ortaya çıkardığı kötü koku oluşumunu engellemek adına gübrenin talaş ve kepek ile nemsizleştirilmesi sağlanmıştır.



Görsel 2.4. *Hermetia illucens* ana kültürü 40.gün

5.3. Pupa Geçiş Alanının Düzenlenmesi

Larval evreyi tamamlayıp pupa evresine geçmek üzere karanlık ve kuru ortamlara geçme eğiliminde olan larvalar için besiyerinin yanına 30x30x30 cm boyutlarında içerisine talaş eklenmiş kutu eklenerek 10x5 cm ölçüsünde pencere açılmıştır. Bu pencere besiyer üzerine eklenen 10x20 boyutundaki rampa ile örtülecek şekilde uç uca getirilmiştir. Larvaların son instar evresinde karanlık alana yönelerek rampayı tırmandığı ve pupalığın içerisine girdiği gözlenmiştir. Larvaların pupalık alana yerleştirilmesi sırasında, yeterli alan bırakılmış; böylece her bir larva, diğer larvalarla temas etmeden rahatça pupa aşamasına geçmesi sağlanmıştır.



Görsel 2.5. *Hermetia illucens* ana kültürü pupa düzeneği

Düzenli temizlik ve kontrol, sağlıklı bir yetiştirme ortamı sağlayacağından vivaryum ortamının hijyenine dikkat edilmiştir. Ortamın temiz tutulması, zararlıları ve patojenleri engellemek için gerekli olduğundan günlük kontrol ve temizlik işlemleri mutlaka gerçekleştirilmiştir.

6.NEM GİDERME VE GÜBRE ELDESİ

6.1. Nem Giderme

Hermetia illucens larvalarının frass'ı (dışkı ve kalan organik materyal), yüksek nem içeriğine sahip olduğu için doğrudan gübre olarak kullanıldığında bazı problemler oluşturmaktadır. Özellikle, kötü koku ve amonyak toksisitesi gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, frass'ı kurutmak ve stabilize etmek için talaş ve kepek gibi kuru maddeler kullanılmıştır. Pupa evresine girecek larvaların kuruyarak pupalığa geçişine engel olmaması adına kepek ve talaş her 5 kg atık için 600-750 mg olacak şekilde 20. Günden sonra besiyere eklenmiştir. Düzenli karıştırma işlemi, nemin homojen bir şekilde emilmesini sağlamış ve frass'ın havalanmasını arttırmıştır.

6.2.Gübre Eldesi ve Frass'ın Besiyerden Ayrılması

Yapılan çalışmada, *Hermetia illucens* larvalarının organik atıkları dönüştürme sürecinde elde edilen frass'ın besiyerinden ayrılması ve gübre haline getirilmesi aşamalarını optimize etmeye odaklanılmıştır. Besin açısından zengin olup organik gübre olarak kullanılabilmesi ve bu sürecin verimli olabilmesi için frass'ın önce besiyerinden doğru şekilde ayrılması gerekir.

Frass'ın besiyerinden ayrılmasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biri elek kullanmaktır. Manuel eleklerle bu işlem yapılmıştır. Frass, genellikle 1-3 mm boyutlarında partiküller içerdiği için, 1 mm açıklıklı elekler kullanılarak ince frass ayrılmıştır. Eleklerin üzerine yerleşen büyük partiküller ve larvalar, 4-5 mm açıklıklı elekler ile ayrılmıştır. Bu yöntemle, daha küçük partiküller eleklerden geçerken, büyük parçalar ve larvalar üstte kalarak kolayca ayrılmıştır. Frass'ın gübre olarak kullanılabilmesi için nem seviyesinin düşürülmesi gerekmektedir. Nemli frass, mikroorganizmaların çoğalmasına neden olabileceği için, bu aşama kritik öneme sahiptir. Eleme işlemi yapıldıktan sonra da talaş ve kepek gibi kuru materyaller eklenerek nem oranı %30-40 seviyelerine düşürülmüştür. Bu işlem için genellikle % 10-15 oranında kuru materyal eklenmesi önerilmektedir. Bu eklemeye birlikte frass'ın nemi uygun seviyelere getirilmiş ve gübre olarak kullanılabilir hale getirilmiştir.



Görsel 2.6. *Hermetia illucens* ana kültürü pupaların ayrılması



Görsel 2.7. *Gübre Eldesi ve Frass'ın Besiyerden Ayrılması*

Çalışmada, frass'ın besiyerinden ayrılması ve kurutulması aşamalarında manuel elek kullanımı, küçük ölçekli üretimlerde düşük maliyetli ve etkili bir çözüm sunmuştur. Frass'ın ayrılması ve neminin azaltılması, bu materyalin organik gübre olarak verimli bir şekilde kullanılabilmesini sağlamıştır. Bu bulgular, organik atıkların verimli bir şekilde işlenmesi ve döngüsel ekonomiye katkı sağlanması adına önemli bir adım olmuştur.

Ayrıştırılan gübreler 100 mg olacak şekilde paketlenmiştir ve çalışmamdaki bir sonraki adım olan analiz aşamaları için muhafaza edilmiştir.



Görsel 2.8. Gübre Eldesi ve paketlenme

7.KAS GÜBRESİNİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

7.1 Çimlendirme

Bu deney, KAS larvalarından elde edilen organik gübrenin, farklı bitki türlerinin gelişimi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneyde marul (*Lactuca sativa*), fesleğen (*Ocimum basilicum*), reyhan (*Ocimum gratissimum*) ve bamya (*Abelmoschus esculentus*) bitkileri kullanılmıştır. KAS gübresinin bitki çimlendirme üzerindeki etkilerini değerlendirmek için seçilen bitki türleri, farklı fizyolojik ve agronomik özellikleri sayesinde deney için önemli avantajlar sunmuştur. Örneğin *Lactuca sativa* (marul), kısa çimlenme süresiyle tanınmaktadır. *Ocimum basilicum* (fesleğen) ise uçucu yağ üretimi ve yüksek ekonomik değeri nedeniyle tercih edilmiştir. *Abelmoschus esculentus* (bamya) ise *Hermetia illucens* yüksek biyokütle üretim kapasitesi, gübrenin verim üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini amacıyla tercih edilmiştir. Bu bitkiler, çeşitli büyüme ve gelişim özelliklerine sahip olmaları nedeniyle, gübrenin bitki gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek adına iyi bir seçenek oluşturmuştur.

7.2.Deney Grupları

Kontrol Grubu: Sadece toprak kullanılmış ve herhangi bir gübre eklenmemiştir.

Düşük Oranlı Gübrelendirme Grubu: Toprakla karıştırılmış düşük oranda (%5) *Hermetia illucens* frass'ı kullanılmıştır.

Yüksek Oranlı Gübrelendirme Grubu: Toprakla karıştırılmış yüksek oranda (%10) *Hermetia illucens* frass'ı kullanılmıştır.

Tohumların çimlenme oranını artırmak için, tüm tohumlar nemlendirilmiş bir kabın içinde 24 saat bekletilmiştir. Bu işlem, tohumların daha hızlı ve düzenli bir şekilde çimlenmesini sağlamıştır. Sonrasında 24 delikli viyoller, her biri 6 delik olacak şekilde marul, fesleğen, reyhan ve bamya bitkileri için ayrılmıştır (her bitki türü için 6 delik, toplamda 24 delik).

KAS frass'ı, toprakla karıştırılarak her viyole eklenmiştir. Frass'ın eklenme oranları, düşük ve yüksek olarak belirlenmiştir ve nemlendirilmiş tohumlar, viyol deliklerine 1 cm derinliğe ekilmiştir. Her bitki türünden 6 tohum ekilmiş ve tohumların üzeri uygun miktarda toprakla kapatılmıştır. Bitkiler her gün gözlemlenmiş ve şu parametreler ölçülmüştür;

Gelişim Süresi: Tohumların çimlenme süresi ve bitkilerin büyüme hızları ölçülmüştür.

Fizyolojik Parametreler: Yaprak uzunluğu, bitki boyu ve ölçölmüştür.

Kök Gelişimi: Kök uzunluğu ölçölmüştür.




Görsel 3.1 Çimlendirme 1. ve 7.gün

8.BULGULAR

8.1. Gübrenin Analizi

Elde edilen gübre T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki ve Organik Gübre Laboratuvarında hizmet alımı yapılarak analiz edilmiştir. Gübrenin Organik Madde Tayini (%), pH'ı, Toplam Azot Miktarı (%) ve Suda Çözünür Fosfor Penta Oksit (%) miktarı Ek-1'de sunulmuştur.

Deney laboratuvarı olarak faaliyet gösteren Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü (TGSKMAE), TÜRKAK'tan AB-0299-T akreditasyon numarası ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akreditedir.

BİTKİ VE ORGANİK GÜBRE LABORATUVARI			
Plant and Organic Fertilizer Laboratory Laboratory			
İstek Kayıt No / Tarihi	Numune Hazırlama Tarihi	Numune Kabul Sorumlusu	İmza
14977714 - 06.11.2023	06.11.2023	Okan ŞENGÜL	
Analizler	Analiz Metodu	Sonuçlar	
*Organik Madde Tayini (%)	TL 7.02.32 (Rev.4) (AOAC 967.03,04,05)	78,04	
pH	1/10 Potansiyometrik	7,30	
*Toplam Azot (N) (%)	TL 7.02-02 (Rev:4) TS EN 15478	0,51	
Suda Çöz. Fosfor Penta Oksit (P ₂ O ₅) (%)	GPGDY Ek-3/3.1.6	4,70	
GPGDY: Gübrelerin Piyasa Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği.			

Görsel 2.9 KAS Gübresi Analiz Sonuçları

Toprağın organik madde içeriği, toprağın yapısal özelliklerini ve verimliliğini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Organik madde oranı arttıkça, toprakta su tutma kapasitesi, besin maddelerinin biyolojik erişilebilirliği ve toprak havalanması iyileşir (Lal, 2004). Mevcut çalışmada KAS larvalarından elde edilen gübrenin organik madde oranı %78,04 ile oldukça yüksek bir değere sahiptir ve bu toprağın sağlığını iyileştirerek bitki gelişimini destekler. Organik madde, toprağın mikrobiyal aktivitesini teşvik eder ve besin döngüsünü hızlandırır. Bu süreçler, toprak verimliliğini artırır, aynı zamanda toprak pH'ını dengelemeye ve ağır metallerin birikmesini engellemeye yardımcı olur.

Toprak pH'ı, bitkilerin besin maddelerini alabilme kapasitesini etkileyen bir diğer önemli faktördür. Çoğu bitki, pH değeri 6 ile 7 arasında olan topraklarda en iyi şekilde gelişir (Brady ve Weil, 2008). KAS larvasından elde edilen gübrenin pH değeri 7,30, yani nötr pH seviyesinin hemen yakınında olup, bitkilerin besin maddelerini en verimli şekilde almasına olanak tanır. Nötr pH, hem asidik hem de alkali maddelerin etkisini nötralize eder, bu da besin elementlerinin biyoyararlanımını artırır (Harris, 2008). Dolayısıyla, bu gübre bitkilerin gelişmesi için ideal bir ortam sağlar ve toprak pH'ı üzerinde dengeleyici

bir rol oynar. Bu durum, özellikle fosfor ve potasyum gibi besin elementlerinin erişilebilirliğini artırır ve bitkilerin büyümesini teşvik eder.

Azot, bitkilerin büyüme süreçlerinde kritik bir öneme sahiptir, çünkü azot, bitkilerin protein, DNA ve klorofil üretimi için gereklidir (Marschner, 2012). Analiz sonucunda KAS larvalarından elde edilen gübrenin toplam azot içeriği %0,51 olarak belirlenmiştir. Azot, bitkiler için büyüme ve gelişme süreçlerinde vazgeçilmez bir elementtir. Azotlu gübrelerin toprağa verilmesi, bitkilerin hızlı ve sağlıklı büyümesine olanak sağlar (Galloway ve diğerleri, 2008). Bu gübredeki azot miktarı, bitkilerin yaprak gelişimini destekler, fotosentez hızını artırır ve dolayısıyla bitkilerin büyüme hızını pozitif yönde etkiler. Bu nedenle, KAS larvasından elde edilen gübrenin bitki gelişimi üzerinde de önemli bir etkisi vardır.

Fosfor, bitkiler için kök gelişimi, çiçeklenme ve meyve verme gibi önemli süreçlerde kritik bir rol oynar (Marschner, 2012). KAS larvalarından elde edilen gübrenin suda çözünebilir fosfor penta oksit içeriği %4,70 olarak ölçülmüştür. Bu da bitkiler için biyolojik olarak erişilebilir fosfor sağlar. Fosfor, bitkilerde enerji taşıyan moleküllerin (ATP) üretimi için gereklidir ve bitkilerin hızlı büyümesini, kök gelişimini ve meyve verimini destekler (Harris, 2008). Bu değerli gübre, toprakta çözünür fosfor içeriği yüksek olduğundan, fosforun biyoyararlanımı artar, bu da bitkilerin beslenmesini ve sağlıklı gelişmesini sağlar. Ayrıca fosfor, bitkilerdeki stres tepkilerini iyileştirebilir ve hastalıklara karşı direnç sağlayabilir. Bu özellikler, KAS larvasından elde edilen bu gübrenin tarımsal verimliliği artırma potansiyeline sahip olduğunu gösterir.

Sonuç olarak, KAS larvalarından elde edilen gübre, organik madde, pH, azot ve fosfor içeriği bakımından bitki gelişimi üzerinde olumlu etkiler yaratabilecek potansiyele sahiptir. Yüksek organik madde içeriği, toprağın besin maddelerini daha verimli kullanmasına yardımcı olur, pH değeri bitkilerin besin maddelerinden maksimum faydayı sağlamasına olanak tanır, azot ve fosfor ise bitki büyümesini doğrudan destekler. Bu gübre, çevresel sürdürülebilirlik açısından geleneksel kimyasal gübrelerin yerini alabilecek, doğa dostu bir alternatif olarak kullanılabilir. Ayrıca, organik gübre kullanımı, toprakta biyolojik çeşitliliği artırır ve ekosistem sağlığını uzun vadede iyileştirir (Lal, 2004). KAS larvalarından elde edilen bu gübre, bitki sağlığını ve verimliliğini artırmada etkili bir araç olabilir ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için önemli bir kaynak oluşturur.

Deney grupları oluşturulup bitki ekimleri tamamlandıktan sonra kontrollü gözlemler yapılmıştır. Yapılan gözlemlerde ve ölçümlerde; gübreleme oranları arttıkça, bitkilerin büyüme hızlarında gözle görülür bir artış olduğu tespit edilmiştir. Tablo 2.1’de görüleceği üzere, yüksek frass gübrelemesinin bitkilerin gelişimini hızlandıran bir etki yarattığı tespit edilmiştir.

Tablo 2.1 *Tohum Çimlenme Süresi ve Büyüme Hızları*

Bitki Türü	Tohum Çimlenme Süresi (gün)	Kontrol (Toprak) Büyüme Hızı (cm/gün)	Düşük Oranlı Gübrelendirme (%5 Frass) Büyüme Hızı (cm/gün)	Yüksek Oranlı Gübrelendirme (%10 Frass) Büyüme Hızı
Marul	5-7 gün	0.9 cm/gün	1.2 cm/gün	1.5 cm/gün
Fesleğen	7-10 gün	0.8 cm/gün	1.0 cm/gün	1.2 cm/gün
Reyhan	7-9 gün	1.0 cm/gün	1.1 cm/gün	1.4 cm/gün
Bamya	6-8 gün	1.1 cm/gün	1.3 cm/gün	1.5 cm/gün

8.2. Kök Gelişimi ve Kök Uzunluğu

Bitkilerin gelişim sürecindeki köklerinin uzunluğu ölçülmüştür. Kök uzunluğu, bitkilerin toprak altındaki besin ve suya erişimini belirlediğinden önemli bir unsurdur-

Frass gübresi kullanımı, özellikle yüksek oranlı gübrelemede, bitkilerin kök uzunluklarının arttığını göstermektedir (Tablo 2.2). Bu, frass’ın toprak besin içeriğini artırarak bitkilerin daha sağlıklı kökler geliştirmesine yardımcı olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 2.2. *Kök Gelişimi ve Kök Uzunluğu*

Bitki Türü	Kontrol (Toprak)	Düşük Oranlı Gübrelendirme (%5 Frass)	Yüksek Oranlı Gübrelendirme (%10 Frass)
Marul	4.0 cm ± 0.2	5.1 cm ± 0.3	6.3 cm ± 0.4
Fesleğen	4.5 cm ± 0.3	5.7 cm ± 0.2	6.8 cm ± 0.4
Reyhan	3.8 cm ± 0.2	4.9 cm ± 0.3	5.9 cm ± 0.4
Bamya	9.4 cm ± 0.5	11.2 cm ± 0.4	13.2 cm ± 0.7

8.3.Fizyolojik Parametreler (Yaprak Uzunluğu ve Bitki Boyu)

Yaprak uzunluğu, bitkilerin fotosentez kapasitesinin bir göstergesidir ve bu parametredeki artış, bitkinin genel gelişimi hakkında önemli bilgi verir. 30. gün sonunda,

yüksek oranlı frass (%10) uygulanan bitkilerde, kontrol grubuna kıyasla belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Örneğin, Marul bitkisinin yaprak uzunluğu kontrol grubunda 4.5 cm iken, yüksek frass gübresi ile 7.0 cm'ye ulaşmıştır. Bamyada bitkisi de 7.5 cm'den 9.5 cm'ye kadar bir artış göstermiştir.

Bu, gübrenin, bitkilerin fotosentetik kapasitesini artırdığı ve böylece daha sağlıklı ve büyük yapraklar oluşturulmasına yardımcı olduğu anlamına gelmektedir.

Bitki boyu ise bitkinin toprak altındaki gelişimi ile doğrudan ilişkilidir. 30. gün sonunda, yüksek frass ile bitkilerin boylarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Örneğin, Marul bitkisi kontrol grubunda 10.5 cm boydayken, yüksek oranlı gübrelemede bu değer 16.0 cm'ye ulaşmıştır. Bamyada bitkisi de 16.0 cm'den 23.0 cm'ye kadar bir büyüme kaydetmiştir (Tablo 2.3).

Bu bulgu, *Hermetia illucens* frass'ının, bitkilerin fiziksel büyümelerini teşvik eden bir gübre kaynağı olarak işlev gördüğünü ve bitkilerin büyüme hızını artırdığına işaret etmektedir.

Tablo 2.3. *Fizyolojik Parametreler (Yaprak Uzunluğu ve Bitki Boyu)*

Bitki Türü	Kontrol (Toprak) Yaprak Uzunluğu (cm)	Düşük Oranlı Gübreleme (%5 Frass) Yaprak Uzunluğu (cm)	Yüksek Oranlı Gübreleme (%10 Frass) Yaprak Uzunluğu (cm)	Kontrol (Toprak) Bitki Boyu (cm)	Düşük Oranlı Gübreleme (%5 Frass) Bitki Boyu (cm)	Yüksek Oranlı Gübreleme (%10 Frass) Bitki Boyu (cm)
Marul	4.5 cm	5.8 cm	7.0 cm	10.5 cm	13.2 cm	16.0 cm
Festeğen	4.0 cm	5.5 cm	7.0 cm	9.0 cm	12.0 cm	14.2 cm
Reyhan	5.5 cm	6.5 cm	7.5 cm	11.0 cm	14.0 cm	17.0 cm
Bamyada	7.5 cm	8.5 cm	9.5 cm	16.0 cm	20.0 cm	23.0 cm

Bu deneyin sonuçları, KAS larvalarından elde edilen gübrenin bitkiler üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymuştur. 30 günlük büyüme sürecinde, yüksek oranda KAS gübresi (%10) kullanımı, bitkilerin fizyolojik gelişimini ve fiziksel büyümelerini belirgin şekilde artırmıştır. Yaprak uzunluğu ve bitki boyu gibi temel parametrelerde, KAS gübresi uygulanan bitkiler, kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek değerler göstermiştir.

Özellikle yüksek oranlı KAS gübresi uygulanan bitkilerde, bitki boyu ve yaprak uzunluğu ortalama %30-%40 oranında artış göstermiştir. Örneğin, Marul bitkisinde, kontrol grubundaki yaprak uzunluğu 4.5 cm iken, yüksek oranda frass gübresi ile bu değer

7.0 cm'ye yükselmiştir. Bamyada bitkisi de kontrol grubunda 7.5 cm olan yaprak uzunluğunu 9.5 cm'ye çıkararak önemli bir artış sergilemiştir. Aynı şekilde, bitki boyunda da benzer bir artış gözlemlenmiştir. Bamyada, kontrol grubunda 16.0 cm iken, yüksek KAS gübresi ile bu değer 23.0 cm'ye kadar çıkmıştır. Diğer bitki türlerinde de benzer şekilde bitki boyu artışı gözlemlenmiştir.

Düşük oranlı frass gübresi (%5) kullanımı da bitkilerin gelişiminde belirgin bir artışa yol açmıştır, ancak bu artış yüksek KAS gübresi ile kıyaslandığında daha sınırlıdır. Düşük oranlı gübreleme, özellikle bitkilerin temel büyüme aşamalarını desteklemek için yeterli olabilir, ancak bitki boyu ve yaprak uzunluğu gibi parametrelerde daha yüksek oranlı gübrelemenin etkisi daha belirgindir. Bu da, KAS gübresinin kullanımında doğru dozajın önemini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, bu deneyin bulguları, KAS gübresinin organik tarımda önemli bir kaynak olabileceğini ve bitkisel büyümeyi artırmada potansiyelini göstermektedir. Gelişen çevre ve sürdürülebilirlik ihtiyaçları göz önüne alındığında, bu tür organik gübrelerin kullanımının tarımda artması gerektiği söylenebilir. Bu sonuçlar, gelecekte yapılacak daha kapsamlı araştırmalara ışık tutarak, *Hermetia illucens* larvalarının daha geniş çapta kullanımı için güçlü bir temel oluşturacaktır.

9.TARTIŞMA VE SONUÇ

Organik atıkların yönetimi ve dönüşümü, özellikle çevresel sürdürülebilirlik açısından son derece kritik bir konu haline gelmiştir. Türkiye'de tarım sektörü büyük bir öneme sahipken, organik atıkların verimli bir şekilde yönetilmesi, sadece çevresel etkilerin azaltılması için değil, aynı zamanda tarımın sürdürülebilirliğini artırmak adına da büyük bir fırsat sunmaktadır. Bu bağlamda, KAS gibi böceklerin kullanımı, organik atıkların geri dönüşümünde oldukça etkili bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu böceklerin larvalarının, yalnızca canlı yem olarak değil, organik atıkları besin kaynağı olarak kullanarak, verimli gübreler üretmesi, hem atıkların yönetilmesinde hem de sürdürülebilir tarım uygulamalarında kullanılmalıdır.

Türkiye’de, özellikle gıda üretimi, tarımsal üretim ve şehirselleşen atıkların yönetimi gibi birçok alanda organik atıklar büyük bir sorun teşkil etmektedir. Gıda atıkları, tarımsal atıklar ve diğer organik atıklar çevreye zarar verici nitelikte olup, uygun bir şekilde işlenmedikleri takdirde toprak, hava ve su kirliliğine yol açabilmektedir. Bununla birlikte, bu tür atıkların dönüştürülmesi ve yönetilmesi, sadece çevresel sorunları çözmekle kalmaz, aynı zamanda tarım sektörüne de önemli katkılar sunabilir. Özellikle, organik atıkların gübreye dönüştürülmesi, tarımda kullanılan kimyasal gübrelerin yerini alabilir ve toprağın verimliliğini artırabilir. Bunun yanı sıra, bu gübrelerin kullanımı, toprağın organik madde içeriğini zenginleştirir ve bitkilerin sağlıklı büyümesini destekler. Türkiye gibi bir tarım ülkesi için, organik gübre kullanımının yaygınlaştırılması, tarımsal verimliliği artırabilir ve çevresel sürdürülebilirliği sağlama yolunda büyük bir adım olabilir.

Hermetia illucens larvalarının, organik atıkları dönüştürme yetenekleri, bu böceklerin biyolojik sürecinin sağladığı birçok fayda ile kendini göstermektedir. Bu larvalar, organik atıkları hızlı bir şekilde besin kaynağı olarak kullanarak, bunları besin açısından zengin gübrelere dönüştürmektedir. Çalışmalar, bu sürecin çevre dostu ve etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. KAS larvalarının, özellikle gıda ve tarım atıklarını besin olarak kullanarak, bunları doğrudan gübreye dönüştürmeleri, doğa dostu bir tarım ve atık yönetimi modelini mümkün kılmaktadır. Bu yöntem, çevresel anlamda büyük faydalar sağlamakla birlikte, ekonomik açıdan da verimli bir çözüm sunmaktadır.

Bu çalışma aynı zamanda Türkiye'de *Hermetia illucens* (kara asker sineği) üzerine yapılan ilk uygulamalardan biri olması nedeniyle literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Organik atıkların dönüştürülmesinde bu sineğin kullanımına yönelik

uluslararası araştırmalar bulunmasına rağmen, Türkiye'de yerel koşullara ve atık türlerine özgü bir değerlendirme bugüne kadar yeterince yapılmamıştı, bu çalışma sürdürülebilir atık yönetimi için yeni bir model önermektedir. Türkiye'de, özellikle büyükşehirlerde organik atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesi önemli bir sorun teşkil etmektedir. Kara asker sineği kullanımı, evsel ve tarımsal atıkların dönüştürülmesinde etkili bir yöntem olarak, mevcut atık yönetimi uygulamalarına entegre edilebilir. Bu süreç, hem metan emisyonlarını azaltarak çevresel fayda sağlamakta hem de döngüsel ekonomiye katkıda bulunmaktadır.

Çalışmadan elde edilen veriler; *Hermetia illucens* larvalarının organik atıkları nasıl etkili bir şekilde dönüştürdüğünü ve yüksek kaliteli gübreler ürettiğini ortaya koymaktadır. Yapılan analizlerde, bu larvaların besin kaynağı olarak kullandığı organik atıkların dönüşümü sonucunda, besin açasından zengin bir gübre elde edilmiştir. Bu gübrenin, pH, azot, fosfor, organik madde içeriği gibi temel bileşenler açasından oldukça verimli olduğu ortaya konulmuştur. Bu değerler, elde edilen gübrenin bitki sağlığına olumlu etkiler yaratacağını ve toprağın verimliliğini artıracadığını göstermektedir. Ayrıca, bu tür gübrelerin organik tarımda kullanımının artması, geleneksel kimyasal gübrelerin kullanımını azaltarak, çevresel etkilerin en aza indirilmesine olanak tanımaktadır.

KAS gübresinin bu etkileri, özellikle bitkilerin fotosentez verimliliği üzerinde yaptığı iyileşmelere bağlanabilir. Yaprak uzunluğundaki artış, bitkilerin daha geniş bir yüzeyle ışık emebilmesini ve böylece daha fazla besin üretmesini sağlamaktadır. Bu durum, bitkilerin daha hızlı büyümesini ve daha sağlıklı gelişmesini mümkün kılmaktadır (Ghaly ve diğerleri, 2018; He ve diğerleri, 2017). KAS gübresinin içeriğindeki organik maddeler ve besin öğeleri, bitkilerin büyüme süreçlerini hızlandırmakta ve sağlıklı gelişim için gerekli olan mikro besinleri sağlamaktadır. KAS gübresinin bitkisel büyüme üzerinde gösterdiği olumlu etkiler, organik gübrelerin, özellikle sürdürülebilir tarım uygulamalarında etkin bir alternatif gübre kaynağı olabileceğini düşündürmektedir. KAS larvalarının, özellikle organik atıklarla beslenmesi sonucu elde edilen bu gübre, çevre dostu bir sečenek olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında, bu gübrenin kullanımı, toprağın verimliliğini artırmak, toprak yapısını iyileştirmek ve tarımsal sürdürülebilirliği sağlamak açasından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir (Yadav ve Swamy, 2020).

Mevcut çalışmaya paralel sonuçlar gösteren Setti ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmada; KASL'dan elde ettikleri %20'ye kadar bir oranda kullanılan gübreyi kullanarak, yüksek bir toplam kuru ağırlık (+%31, toplam ortalamaya kıyasla) ve ölçülen yaprak parametreleri (+%39 yaprak alanı, +%14 yaprak sayısı) kaydederek yaprak marul, fesleğen ve domatesin ürün büyümesini arttırdığını tespit etmişlerdir.

KASL frassının mısır bitkileri için gübre olarak test etmiş olduğu bir başka çalışmada, frassın bitki büyümesini inhibe ederek daha küçük bitkiler ve daha az yaprak meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmanın aksine sonuçlar elde edilen bu çalışmada büyümenin azalması frastaki yüksek amonyak konsantrasyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Alattar ve diğerleri, 2016).

Bunun yanı sıra, bu çalışma, geleneksel kompostlama yöntemine bir muadil olan frass olarak bilinen larva dışkısının da toprak verimliliği açısından önemli bir organik gübre kaynağı olabileceğini ortaya koymaktadır. Frass, larvaların atıklarıdır ve içeriği oldukça zengindir. Bu dışkı, toprağın besin içeriğini artırarak, bitkilerin daha sağlıklı ve verimli bir şekilde büyümesine yardımcı olur. Frass'ın toprakta kullanılabilir hale gelmesi için nem seviyesinin doğru ayarlanması ve besiyerinden ayrılması gerekmektedir. Bu süreçlerin verimli bir şekilde yönetilmesi, kaliteli bir gübre elde edilmesini sağlar. Çalışmada, bu sürecin başarılı bir şekilde yürütüldüğü ve elde edilen gübrelerin organik tarımda kullanım için uygun olduğu belirlenmiştir.

Chiam ve arkadaşları (2021), yüksek N (50 g kg⁻¹), P (0,3 g kg⁻¹) ve K (2 g kg⁻¹) konsantrasyonlarına sahip olan BSF larva frassını marul bitkileri için bir gübre olarak test etmiş ve frası toprakla %10, 20 ve 30 konsantrasyonlarda (v/v) karıştırmıştır. İlginç bir şekilde, %20-%30 oranında gübre uygulanan marullarda %10'luk orana göre zayıf bitki büyümesiyle sonuçlanmıştır. Bu çalışmaya karşıt olarak Menino ve diğerleri (2021) yüksek N içerikli frass ile yetiştirdikleri çavdar bitkisinde tam tersi pozitif bir büyüme artışı tespit etmişlerdir.

Kawasaki ve arkadaşları (2020) çalışmasında, *Brassica rapa* (turp) bitkileri üzerinde yapılan gübreleme denemelerinde, farklı frass uygulama oranlarının bitki büyümesi üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Frass'ın düşük oranlarda (toprağın 1/20 ve 1/30'u kadar) kullanılması, bitkilerin büyümesini olumlu yönde etkilemiştir. Bu dozlar, bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişmesini sağlayarak yaprakların daha yeşil kalmasına ve biyokütle üretiminin artmasına yardımcı olmuştur.

Bununla birlikte, frass'ın daha yüksek oranlarda (toprağın 1/10'u kadar) uygulanması, bitkilerin sağlığını olumsuz yönde etkilemiş ve yapraklarda sararmaya yol açmıştır. Yüksek dozda uygulama, bitkilerin büyüme hızında azalmaya neden olmuş, yaprak alanı ve biyomass üretiminde önemli bir düşüş gözlenmiştir. Bu yüksek doz uygulamasında, turp bitkilerinin yaprak büyüklüğünde yaklaşık %30'luk bir azalma ve toplam biyokütlerde yaklaşık %25'lik bir düşüş yaşanmıştır. Bu bulgular, frass'ın aşırı kullanımının, besin elementleri dengesizliğine yol açarak, bazı bitkiler için olumsuz etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

Chiam ve arkadaşları da (2021), bu çalışmada olduğu gibi *Hermetia illucens* larvalarının frass'ını marul bitkileri için gübre olarak test etmişlerdir. Frass, toprakla karıştırılarak %10, %20 ve %30 oranlarında kullanılmıştır. Frass, özellikle yüksek miktarlarda azot (N) (50 g kg^{-1}), fosfor (P) (0.3 g kg^{-1}) ve potasyum (K) (2 g kg^{-1}) içermektedir. Ancak, frass'ın %20 ile %30 arasındaki oranlarda kullanımı marul bitkisinin gelişiminde olumsuz sonuçlar doğurmuş, yalnızca %10 oranındaki kullanımda daha sağlıklı bir büyüme gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada yüksek oranda *Hermetia illucens* (siyah asker sineği) larvası gübresi uygulanan bitkilerde bitki boyu ve yaprak uzunluğu, kontrol grubuna kıyasla ortalama %30-%40 oranında artması doğru dozajın belirlendiğini kanıtlar niteliktedir.

Örneğin, marul bitkisinin kontrol grubunda yaprak uzunluğu 4.5 cm iken, frass gübresi ile bu değer 7.0 cm'ye yükselmiştir. Benzer şekilde, banya bitkisi kontrol grubunda 7.5 cm olan yaprak uzunluğunu 9.5 cm'ye çıkararak kayda değer bir artış göstermiştir. Bu sonuçlar, frass gübresinin bitki büyümesini teşvik ettiğini ve uygun dozajların verimli sonuçlar sağladığını göstermektedir.

Bu çalışmanın ana amacı olan organik atıkların böceklerle işlenmesi, Türkiye'deki tarımsal üretim ve atık yönetimi için önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu yöntem, sadece çevresel sürdürülebilirlik açısından fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik olarak da kazançlı bir çözüm olacaktır. Organik atıkların doğru bir şekilde işlenmesi, tarım sektöründe verimliliği artırarak aynı zamanda atıkların çevreye olan olumsuz etkilerini en aza indirecektir. Türkiye'nin tarım sektöründe sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesi hem iç pazar için hem de dış pazarlar için önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Türkiye'de organik atıkların yönetimiyle ilgili ciddi adımlar atılmış durumdadır. 2021 verilerine göre, Türkiye'de toplam atık miktarı 32,6 milyon ton olarak

kaydedildi ve bunun %54'ü geri kazanım için işlendi. Evsel katı atıkların büyük bir kısmını organik atıklar oluşturmaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021; TÜİK, 2021). Tüm bu sonuçlar ışığında eğer *Hermetia illucens* (kara asker sineği) larva gübresi büyük ölçekli endüstriye entegre edilirse, organik atıklar verimli bir şekilde dönüştürülebilecektir. Örneğin, yıllık 1 milyon ton organik atık *Hermetia illucens* gübresiyle işlenirse, bu süreçte yaklaşık 300.000 ton yüksek verimli gübre üretilecektir. Bu da enerji maliyetlerini düşürürken, tarımsal verimliliği artıracak ve karbon ayak izini azaltacaktır. Organik atıkların kompostlanması ve geri kazanımı, katı atık depolama sahalarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2023 hedefleri arasında, atık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarını %25 oranında azaltmak yer almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

Hermetia illucens bazlı atık yönetimi, Türkiye'nin dögüsel ekonomi hedefleri ve kalkınma planlarıyla uyumlu olup, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu tür inovasyonların yaygınlaştırılması, ülkemizin atık yönetimi performansını artıracak ve Avrupa Birliği standartlarına uyumu hızlandıracaktır.

Sonuç olarak bu çalışma, sadece Türkiye'deki organik atık yönetimi ve sürdürülebilir tarım için yeni bir yöntem sunmakla kalmamakta, aynı zamanda bu alandaki bilimsel bilgi eksikliğini doldurarak literatüre değerli bir katkı sağlamaktadır. Böylece hem akademik hem de uygulamalı tarım alanlarında önemli bir referans kaynağı haline gelmektedir.

KAYNAKÇA

- A. Van Huis, J. van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme Edible Insects: *Future Prospects for Food and Feed Security* FAO Forest. ed. FAO, United Nations, Rome (2013)

- Alattar, M. A., Alattar, F. N., & Popa, R. (2016). Effects of microaerobic fermentation and black soldier fly larvae food scrap processing residues on the growth of corn plants (*Zea mays*). *Plant Science Today*, 3(1), 57-62.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., & Lucht, C. (2006). Effects of vermicomposts produced from food wastes on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93(2), 139-144.
- Banks, I. J., Gibson, W. T., & Cameron, M. M. (2014). Growth rates of black soldier fly larvae fed on fresh human faeces and their implication for improving sanitation. *Tropical Medicine & International Health*, 19(1), 14-22.
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & Van Loon, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120.
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2018). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – A review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(1), 11-20.
- Basri, N. E. A., et al. (2022). A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). MDPI Sustainability.
- Booth, D. C., & Sheppard, D. C. (1984). Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, masses, timing and site characteristics. *Environmental Entomology*, 13(2), 421-423.
- Bradley, S. W., & Sheppard, D. C. (1984). House fly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *Journal of Chemical Ecology*, 10(6), 853-859.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). The nature and properties of soils (14th ed.). Pearson Education.

- Cai, M., Zhang, J., Zheng, L., Zheng, Y., & Chen, L. (2018). Effects of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) on the degradation of organic waste. *Waste Management*, 72, 112-120.
- Chiam, S., et al. (2021). Testing of okara-derived black soldier fly larvae frass as a fertilizer for lettuce plants. *Journal of Agricultural Sciences*, 14(2), 105-112. -
- Chiam, Z., Lee, J. T. E., Tan, J. K. N., Song, S., Arora, S., Tong, Y. W., & Tan, H. T. W. (2021). Evaluating the potential of okara-derived black soldier fly larval frass as a soil amendment. *Journal of Environmental Management*, 286, 112163. -
- Čičková, H., Kozánek, M., Newton, G. L., & Lacy, R. C. (2015). Evaluation of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) in organic waste management and biomass production: Comparison with other insect species. *Waste Management*, 45, 99-105. -
- Cicková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., Kozánek, M., & Tomberlin, J. K. (2015). Insect larvae used in waste management and as animal feed. *Vermin Control and Sustainability in Agriculture*, 3, 243-272.
- Diener, S., et al. (2011). Black Soldier Fly Larvae for Organic Waste Treatment – Prospects and Constraints. *Waste Management*.
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 29(9), 857-865.
- Diener, S., Zurbrügg, C., Tockner, K. (2015). Bioconversion of organic waste by using black soldier fly larvae. *Waste Management*, 35(5), 525-532. -
- Edwards, C. A., & Arancon, N. Q. (2004). The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. *In Earthworm Ecology* (pp. 327-354). CRC Press.
- Edwards, C. A., & Ardon, J. (1991). The influence of organic matter on soil structure. *Soil Science Society of America Journal*, 55(3), 775-783.

- Erickson, M. C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., & Doyle, M. P. (2004). Reduction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovar enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of Food Protection*, 67(4), 685–690. -
- European Commission. (2020). Farm to Fork Strategy: For a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Available at: European Commission.
- European Commission. (2023). Farm to fork strategy: For a fair, healthy and environmentally-friendly food system.
- G. Bosch, H.H.E. van Zanten, A. Zamprogna, M. Veenenbos, N.P. Meijer, H.J. van der Fels-Klerx, J.J.A. van Loon, Conversion of organic resources by black soldier fly larvae: Legislation, efficiency and environmental impact, *Journal of Cleaner Production*, Volume 222, 2019, Pages 355-363, ISSN 0959-6526,
- Galloway, J. N., Dentener, F. J., Capone, D. G., Boyer, E. W., Howarth, R. W., Seitzinger, S. P., & Swaney, D. P. (2008). Nitrogen cycles: Past, present, and future. *Biogeochemistry*, 70(1), 153-226.
- Ghaly, A. E., et al. (2018). Black soldier fly larvae as a source of organic fertilizer for sustainable agriculture: A review. *Environmental Sciences Europe*, 30(1), 33-44.
- Gobbi, P., Martínez-Sánchez, A., & Rojo, S. (2013). The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology*, 110(3), 461-468. -
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*, 82, 302–318. -
- Gomes, L., Gomes, G., & Moreira, D. (2007). Biological aspects of *Sarcophaga* (*Liopygia*) *ruficornis* (Fabricius) (Diptera: Sarcophagidae) and its potential as a forensic indicator. *Brazilian Journal of Biology*, 67(3), 443-449. -

- Greenberg, B. (1991). Flies and disease: Ecology, classification, and biotic relationships. Volume I: *Ecology*. Princeton University Press.
- Groot, M., de Boer, I., & Verhoeff, G. (2021). Economic feasibility of insect-based composting: A cost-benefit analysis. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126463. -
- Hahn, N., & Boller, E. F. (2018). Influence of light and temperature on the growth and behavior of black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(1), 37-44.
- Harris, W. (2008). Soil fertility and fertilizer use. Springer Science & Business Media.
- He, C., et al. (2017). Effect of organic and inorganic fertilization on basil growth and yield in the greenhouse. *Horticultural Science*, 42(3), 121-128.
- Hogsette, J. A. (1992). New diets for production of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae) in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, 85(6), 2291-2294. -
- Ivã Guidini Lopes, Viktoria Wiklicky, Björn Vinnerås, Jean Wan Hong Yong, Cecilia Lalander, Recirculating frass from food waste bioconversion using black soldier fly larvae: Impacts on process efficiency and product quality, *Journal of Environmental Management*, Volume 366, 2024, 121869, ISSN 0301-4797,
- Joly, D., Morin, B., & Pauwels, K. (2018). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) as sustainable alternative for resource recovery and organic waste treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15(8), 1809-1822.
- Journal of Cleaner Production, Volume 140, Part 2, 2017, Pages 890-905,
- Journal of Environmental Management, Volume 227, 2018, Pages 189-199, ISSN 0301-4797,

- Kawasaki, S., et al. (2020). Assessment of black soldier fly larvae frass fertilizing potential in *Brassica rapa*. *Journal of Agricultural Science*, 158(3), 193-200
- Kumar, S., Bhattacharyya, J. K., Vaidya, A. N., Chakrabarti, T., Devotta, S., & Akolkar, A. B. (2010). Assessment of the status of municipal solid waste management in metro cities, state capitals, class I cities, and class II towns in India: An insight. *Waste Management*, 30(6), 1236-1247.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Lalander, C. H., Fidjeland, J., Diener, S., Eriksson, S., & Vinnerås, B. (2015). High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 261–271.
- Lalander, C., Diener, S., Magri, M. E., Zurbrugg, C., Lindstrom, A., & Vinneras, B. (2015). Faecal sludge management with the black soldier fly (*Hermetia illucens*) – From a hygiene aspect. *Science of The Total Environment*, 458-469.
- Lalander, C., Vinnerås, B., & Lindström, A. (2019). Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for treatment of organic waste. *Waste Management*, 87, 155-162.
- Li, Q., Zheng, L., Cai, H., Garza, E., Yu, Z., & Zhou, S. (2011). From organic waste to biodiesel: Black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. *Fuel*, 90, 1545-1548.
- Liao, L., et al. (2019). Effect of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Compost on Soil Properties and Plant Growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19(4), 829-838.
- Linnaeus, C. (1775). *Sarcophaga illucens*. In *Systema Naturae* (10th ed., pp. 204-205). Stockholm: Laurentii Salvii.

- Liu, Q., Tomberlin, J. K., Brady, J. A., Sanford, M. R., & Yu, Z. (2008). Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environmental Entomology*, 37(5), 1525–1530.
- López, M. J., De La Torre, A., & Dapena, A. (2020). Influence of environmental conditions on the growth and survival of *Hermetia illucens* larvae. *Insects*, 11(8), 546.
- Maquart, P.-O. (2019). Life cycle of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). The time frame given is expressed for 30°C [Figure 4]. ResearchGate.
- Marschner, H. (2012). Mineral nutrition of higher plants (3rd ed.). Academic Press.
- Masoero, G., Schiavone, M., & Montemurro, F. (2018). The effect of light on the development of black soldier fly larvae. *Journal of Insect Science*, 18(2), 32-40.
- Meneguz, M., Gasco, L., & Tomberlin, J. K. (2018). Impact of pH and feedstock on the growth and development of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(3), 157-163.
- Menino, R., Felizes, F., Castelo-Branco, M. A., Fareleira, P., Moreira, O., Nunes, R., & Murta, D. (2021). Agricultural value of black soldier fly larvae frass as organic fertilizer on ryegrass. *Heliyon*, 7(1), e05855.
- Myers, H.M.; Tomberlin, J.K.; Lambert, B.D.; Kattes, D. Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environ. Entomol.* 2008, 37, 11–15.
- Newton, G. L., Sheppard, C., & Watson, D. W. (2005). The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management tool. *Insects to Feed the World*, 317-321.
- Nguyen, T. T. X., et al. (2015). Effect of Food Waste on Growth Performance of Black Soldier Fly Larvae and Their Manure Conversion Rate.

- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology*, 44(2), 406-410.
- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Influence of resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larval development. *Journal of Medical Entomology*, 52(3), 384-394.
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 406-410.
- Nguyen, T.T., Tomberlin, J.K., Vanlaerhoven, S., 2013. Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development *Journal of Medical Entomology.*, 50 (4): 898–906.
- Noyens, I., et al. (2021). Growth of Black Soldier Fly Larvae Reared on Organic Side-Streams. MDPI Sustainability.
- Oonincx, D. G. A. B., van Broekhoven, S., van Huis, A., & van Loon, J. J. A. (2018). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, 10(12), e0144601.
- PeerJ. (2023). Optimizing Moisture Reduction in BSF Larvae Composting.
- Petersen, A., Smith, R., & Martin, L. (2022). Sustainable animal feed: Potential of black soldier fly larvae as a protein source. *Sustainability*, 14(16), 10456
- Pétrémand, G. (2021). Observations de la mouche soldat noire, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) à Genève (Diptera: Stratiomyidae) [Figure 2]
- R. Salomone, G. Saija, G. Mondello, A. Giannetto, S. Fasulo, D. Savastano,
- Raji, A., et al. (2019). Effects of Pre-sowing Seed Treatment on Germination and Early Seedling Growth of Plants. *International Journal of Agricultural Research*, 14(5), 467-474.

- Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes - A comprehensive review,
- Ratchaprapa R., Jun W. , Worapon K. A review of organic waste enrichment for inducing palatability of black soldier fly larvae: *Wastes to valuable resources, Environmental Pollution*, Volume 267, 2020, 115488
- Sánchez, A., López, M., & García, A. (2020). Waste reduction and nutrient enrichment in composting through the use of insect larvae. *Waste Management*, 105, 41-48.
- Sánchez-Muros, M. J., Barroso, F. G., & Manzano-Agugliaro, F. (2018). Insect meal as a sustainable feed ingredient in aquaculture. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3581-3591.
- Schaefer, C. W. (1989). Health risks associated with house flies and other filth-breeding flies. *Journal of Medical Entomology*, 26(1), 1-7.
- Setti, L., Francia, E., Pulvirenti, A., Gigliano, S., Zaccardelli, M., Pane, C., Caradonia, F., Bortolini, S., Maistrello, L., & Ronga, D. (2019). Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae processing residue in peat-based growing media. *Waste Management*, 95, 278-288.
- Sheppard, C., Newton, G. L., & Thompson, S. A. (1994). A sustainable method for managing organic waste: The black soldier fly larvae. Proceedings of the International Conference on Insect-Related Waste Management (pp. 225-234).
- Sheppard, D. C., Newton, G. L., Thompson, S. A., & Savage, S. (2002). A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50(3), 275-279.
- Sherman, R. A., & Hall, M. J. R. (2000). Medicinal maggots: an ancient remedy for some contemporary afflictions. *Annual Review of Entomology*, 45, 55-68.
- Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Owyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., ... & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly

(*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594-2600.

Sunil Kumar, Suraj Negi, Ashootosh Mandpe, Ran Vijay Singh, Athar Hussain,

Surendra, K. C., Olivier, R., Tomberlin, J. K., Jha, R., & Khanal, S. K. (2016). Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable Energy*, 98, 197-202.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2021). Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı.

Tay, K. A., et al. (2021). Influence of Seed Priming on Germination, Growth and Yield of Different Crops. *Journal of Agricultural Sciences*, 16(3), 119-130.

Tomberlin, J. K., Adler, P. H., & Myers, H. M. (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 38(4), 930-934.

Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C., & Joyce, J. A. (2002). Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(3), 379-386.

Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C., & Joyce, J. A. (2017). Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for waste reduction and animal feed. *Journal of Insect Science*, 17(2), 194.

Tomberlin, J.K.; Sheppard, D.C.; Joyce, J.A. Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 2002, 95, 379–386.

- Tschirner, M., & Simon, A. (2015). Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 249-259.
- Üstüner, T., Yılmaz, O., Yılmaz, A., & Keskin, M. (2016). Kara asker sineği (*Hermetia illucens* L.) larvalarının yem katkı maddesi olarak kullanılma olanakları. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(12), 1104–1111.
- van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583.
- van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583.
- Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Black soldier fly larvae as a solution for organic waste management and resource recovery: An overview. *Waste Management & Research*, 39(6), 679-693.
- Wang, Y. S., & Shelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, 6(10), 91.
- Wong, J. W. C., Wu, Q. H., & Zhang, X. (2019). A review on the utilization of black soldier fly larvae in organic waste management practice. *Waste Management & Research*, 37(9), 795-808.
- Woodley, N. E. (2001). A world catalog of the Stratiomyidae (Diptera). *Myia*, 11, 1–475.
- Wu Li, Qing Li, YuanYuan Wang, Longyu Zheng, Yanlin Zhang, Ziniu Yu, Huanchun Chen, Jibin Zhang, Efficient bioconversion of organic wastes to value-added chemicals by soaking, black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and anaerobic fermentation, *Journal of Environmental Management*, Volume 227, 2018, Pages 267-276, ISSN 0301-4797,

Yang, L., Zhang, L., & Liu, M. (2021). Accelerated composting process with insect larvae: Efficiency and mechanisms. *Journal of Environmental Management*, 289, 112407.

Zhang, X., Liu, X., & Huang, H. (2022). Environmental benefits of insect-based composting: A review. *Environmental Science & Policy*, 127, 184-193.

Zheng, L., Li, Q., Zhang, J., & Yu, Z. (2012). Double the biodiesel yield: Rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, on solid residual fraction of restaurant waste after grease extraction for biodiesel production. *Renewable Energy*, 41, 75-79.



EKLER

Ek 1.1

TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI Toprak, Gübre Ve Su Kaynakları Merkez
Arastırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki Ve Organik Gübre Laboratuvarı KAS Gübresi
Analiz Sonuçları



ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0009-0005-8634-2945

Ad Soyad : Merve BALCIKOCA

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- Lisans : 2017-2022, Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi , Biyoloji Anabilim Dalı
- Yüksek Lisans : 2022-2024 Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zooloji Bilim Dalı

