



ELMA İŞLEME ATIKLARI KOMPOSTUNDAN SOLUCAN KOMPOSTU ÜRETİMİ

Kemal SÜLÜK^{1*}, İsmail TOSUN², Kamil EKİNCİ³

¹Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Muş, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Organik Atıklar, Elma Kompostu, Solucan Kompostu, Kimyasal Gübre, Kompost Kalitesi.</i>	Solucan kompostlama işlemi, hayvansal ve bitkisel kaynaklı atıkların geri dönüşümü için uygulanan çevre dostu bir yöntemdir. Bu çalışmada elma işleme atıklarından elde edilen kompost karışımları solucanlara besi maddesi olarak verilmiştir. Çalışma deseninde yer alan 5 farklı solucan kompost (SK) karışımının her birine 500 adet yetişkin <i>Eisenia foetida</i> türü solucan bırakılmış, proses boyunca yetişkin solucan sayıları artmış ve proses sonunda SK1'den SK5'e doğru sırasıyla 1134, 1311, 2712, 1038 ve 1151 sayılarına ulaşılmıştır. SK3 karışımında aynı zamanda en fazla solucan sayısı artışı görülmüştür. Çalışma sonunda solucan kompost karışımlarında yapılan analizlerde karışımların su muhtevası değerleri %55,12-58,94, organik madde değerleri %65,26-68,11, pH değerleri 7,79-8,07, elektriksel iletkenlik değerleri 0,61-1,05 dS m ⁻¹ , NH ₄ -N değerleri 227-1071 mg kg ⁻¹ , NO ₃ -N değerleri 578-2358 mg kg ⁻¹ ve Fosfor değerleri %0,75-1,36 aralığında tespit edilmiştir. Solucan kompost karışımlarında en fazla ayrışma SK3 karışımında meydana gelmiş, karışımın kütlelerinin %23,67 ve hacminin ise %46,27 azaldığı görülmüştür. Çimlenme indeksine göre tüm solucan kompostlarının olgunlaşmış ve fitotoksik özellik içermeyen kompost olduğu görülmektedir.

VERMICOMPOST PRODUCTION FROM APPLE PROCESSING WASTE COMPOST

Keywords	Abstract
<i>Organic Wastes, Apple Compost, Vermicompost, Chemical Fertilizer, Compost Quality.</i>	Vermicomposting is an environmentally friendly method applied for the recycling of animal and vegetable wastes. In this study, compost mixtures obtained from apple processing wastes were given to worms as a nutrient. 500 adult worms of <i>Eisenia foetida</i> species were left in each of the 5 different vermicompost (VC) mixtures in the study design, the number of adult worms increased throughout the process and at the end of the process, the numbers of 1134, 1311, 2712, 1038 and 1151 were reached from VC1 to VC5, respectively. The highest worm proliferation was also determined in the VC3 mixture. At the end of the study, the water content values of my mixtures were 55.12-58.94%, organic matter values were 65.26-68.11%, pH values were 7.79-8.07, electrical conductivity values were 0.61 -1.05 ds m ⁻¹ , NH ₄ -N values were found in the range of 227-1071 mg kg ⁻¹ , NO ₃ -N values in the range of 578-2358 mg kg ⁻¹ and phosphorus values in the range of 0.75-1.36%. In the vermicompost mixtures, the highest decomposition occurred in the VC3 mixture, with a mass reduction of 23.67% and a volume reduction of 46.27% in this mixture. According to the germination index, all worm composts appear to be mature and phytotoxic-free compost.

Alıntı / Cite

Sülük, K., Tosun, İ., Ekinci, K., (2023). Elma İşleme Atıkları Kompostundan Solucan Kompostu Üretimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(2), 844-856.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
K. Sülük, 0000-0003-1853-8872	Başvuru Tarihi / Submission Date
İ. Tosun, 0000-0003-4296-9883	Revizyon Tarihi / Revision Date
K. Ekinci 0000-0002-7083-5199	Kabul Tarihi / Accepted Date
	Yayın Tarihi / Published Date

*İlgili yazar / Corresponding author: kemalsuluk@gmail.com, 0436-249-1964

VERMICOMPOST PRODUCTION FROM APPLE PROCESSING WASTE COMPOST

Kemal SÜLÜK^{1†}, İsmail TOSUN², Kamil EKİNCİ³

¹Muş Alparslan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Food Engineering, Muş, Turkey

²Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Isparta, Turkey

³Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Sciences and Technologies, Isparta, Turkey

Highlights

- Apple compost is the ideal substrate for vermicomposting.
 - All vermicompost mixtures are non-phytotoxic and mature.
 - Worm counting determines the substrate efficiency.
-

Purpose and Scope

In this study, use apple processing waste compost was used as a substrate in the vermicomposting process. One of the most important parameters in the production of vermicompost is the nutrient given to the worms and plays an important role in the production process on quality, maturity and worm reproduction.

Design/methodology/approach

Within the study, previously produced as a substrate to be given to the worms; 5 different apple composts consisting of apple processing wastes (APW), cattle manure (CM), poultry manure (PM) and straw (S) were used. In the study, five different apple composts (water content: 80%) were placed in five perforated blue state vegetable boxes (49.5×34.0×25.5 cm). In addition, the inner surface of the case was covered with fabric screen with a small pore diameter so that the worms do not escape from the boxes. After placing 500 adult Red California worms (*Eisenia foetida*) in each box, vermicomposting was followed for 90 days. Germination index analysis was made to determine the phytotoxic properties of the vermicompost produced. In addition, at the end of the study, young and adult worm counts in each case were made one by one. During the 90-day process, the ambient temperature, humidity and temperature of the vermicompost in the boxes were measured regularly.

Findings

Temperature is the one of the most important parameters affecting the operation of worms in the vermicomposting process. During the 90-day process, temperature changes in all mixtures were between 20±1 °C. This temperature value was in the ideal operating temperature range for worms. Vermicompost mixtures started with 80% water content and at the end of the study, water content levels were found to be between 55.12-58.94%. Organic matter values decreased at the end of the process and were measured in the range of 65.26-68.11%. While the most important maturity parameter, C/N, was between 12.4-15.9 at the beginning of the process, it was between 11.9-12.8 at the end of the process. The final pH values of the vermicomposts were in the ideal range between 7.79 and 8.07 and electrical conductivity values were 0.61 -1.05 ds m⁻¹, NH₄-N values were found in the range of 227-1071 mg kg⁻¹, NO₃-N values in the range of 578-2358 mg kg⁻¹ and phosphorus values in the range of 0.75-1.36%. At the end of the process, according to the worm counts (young+adult) made in the vermicompost mixtures, it was determined that there were 2260, 2464, 3900, 1882 and 2253, respectively. Accordingly, it was observed that the highest worm proliferation was in the third box. However, considering the mass and volume reductions in the boxes, the highest mass loss (23.67%) and volume loss (46.27%) also occurred in the third box. According to the results of the germination index (GI) made to determine whether the vermicompost mixtures contain phytotoxic properties, the GI values of all the mixtures were determined to be above 50% at four different dilution ratios and it was determined that it was non-phytotoxic vermicompost. When the vermicompost mixtures were evaluated in terms of quality, it was seen that they were in appropriate with the legislation in terms of organic matter, total nitrogen and C/N parameters in terms of legal regulations in our country. In conclusion; it was seen that the third mixture from five different vermicomposts produced was the most ideal mixture with parameters such as worm increase, mass and volume changes.

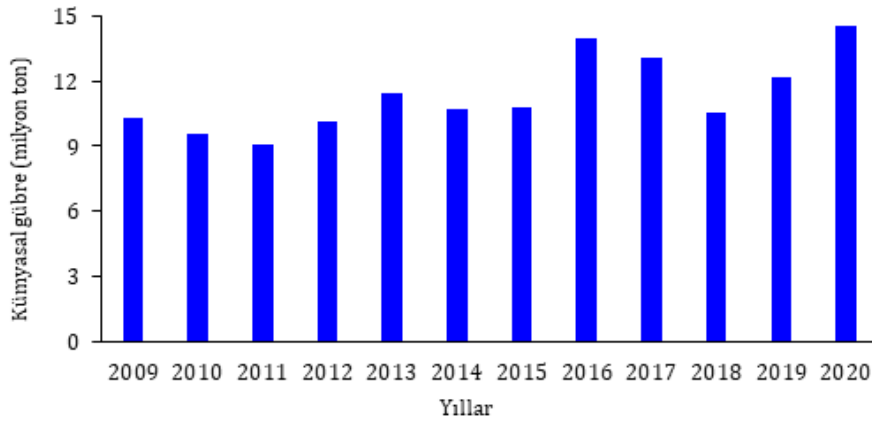
Originality

In studies on vermicomposting, evaluations are generally made on a single nutrient and mixture. In this study, physico-chemical analyses, worm counts and germination indices of five different vermicompost mixtures prepared with five different nutrients were analysed. In particular, the worm counting process played a key role in clarifying the result of the study. However, the absence of a vermicomposting study made with apple compost is another parameter that highlights the study.

† Corresponding author: kemalsuluk@gmail.com, 0436 249 1964

1. Giriş (Introduction)

Ülkemiz yoğun tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği ve çok çeşitli türlerde meyve, sebze ve tahıl üretiminin yapıldığı ülkelerin başında gelmektedir. Artan nüfus ile birlikte orantılı olarak insani gıda tüketimi de artmakta ve çiftçiler buna cevap vermek ve kısa sürede ürün almak için aşırı ve bilinçsiz kimyasal gübreler kullanmaktadırlar. Kimyasal gübre kullanımı sonucunda uzun vadede bazı çevre sorunları meydana gelmekte olup toprakta, havada ve su ekosisteminde kirlilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle amonyum nitrat, üre ve amonyum sülfat gibi azotlu gübrelerin kullanımı; amonyak buharlaşması (Polat, 2020) sebebiyle sera gazı emisyonları oluşturarak hava kirliliğine, sızıntı suyu oluşumu ile yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine (Şahin, 2016), toprakta tuzluluğun artmasına, ağır metal birikimine, pH değerinin düşmesine, besin elementlerinin toprak içinde dengesiz dağılmasına ve topraktaki mikroorganizmaların olumsuz etkilenerek etkin faaliyet gösterememesine neden olmaktadır (Söyler, 2020). TÜİK (2021) verilerine göre, 2009-2020 yılları arasında kimyasal gübre kullanımı %41,1'lik bir artış göstererek 10,27 milyon tondan 14,50 milyon tona yükselmiştir (Şekil 1). Bilinçsizce ve sürekli artan miktarlarda kullanılan kimyasal gübreler toprağa zarar vermenin yanında girdi maliyetlerinden kaynaklı üretim maliyetlerini artırmaktadır.



Şekil 1. Yıllara göre kimyasal gübre kullanım miktarları (Chemical fertilizer usage amounts by years)

Her geçen gün artarak devam eden hayvansal ve bitkisel üretim miktarları ile birlikte üretilen atık miktarları da artış göstermekte ve ciddi problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı atıklar uygun stratejilerle yönetilmediği zaman, sızıntı suyu oluşumu ile yüzeysel ve yeraltı suyu kirliliği, hava kirliliği, koku ve görüntü kirliliği oluşturmakta olup çevre ve insan sağlığına zarar verecek tehlikeli sonuçlara yol açmaktadır. Bu atıkların bertarafında kullanılan etkili yöntemlerin başında kompostlaştırma işlemi gelmektedir. Kompostlaştırma işlemi, bitkisel ve hayvansal kaynaklı atıkların aerobik koşullarda mikroorganizmalar yardımıyla faydalı ürünlere dönüştüğü biyolojik bir süreçtir (Toledo vd., 2018). Solucan kompostlama işlemi ise, normal kompostlama işleminden farklı olarak organik atıkların solucanlar yardımıyla ayrıştırılması ile zengin besin ve mineral içeriğine sahip kaliteli bir toprak düzenleyici olarak tanımlanmaktadır (Doube ve Brown, 1998). Solucan kompostlama işleminde yaygın olarak *Eisenia foetida* türü solucanlar kullanılmakta olup, hayvansal ve bitkisel atıkları ayrıştırma, çevresel koşullara hızlı ve uzun süreli adapte olma ve hızlı çoğalma özellikleri sebebiyle tercih edilmektedir (Sharma ve Garg, 2018).

Solucan gübresi bünyesinde barındırdığı bakteriler sayesinde topraktaki zararlı bakterileri inhibe ederek toprak ve bitki direncini artırmaktadır. Genellikle nötr pH seviyesinde olan solucan gübresi toprağın pH'sını da düzenleyerek toprak yapısının iyileşmesine, mikroorganizmalar için yaşanabilir bir ortamın oluşmasına ve toprağın su tutma kapasitesinin artmasına katkı sağlayarak toprak üzerinde uzun vadeli olumlu etkiler oluşturmaktadır (Demir, 2010). Solucan gübresinin düzenli olarak kullanımı kimyasal gübre kullanımının zamanla azalmasına katkı sağlayacak ve kimyasal gübrelerin zarar verdiği toprak fiziksel ve biyolojik özelliklerinin düzelmesi sağlanabilecektir.

Bu çalışmada, elma işleme atıklarının farklı bitkisel ve hayvansal atıklar ile kompostlaştırılmasından sonra elde edilen ürünün solucan kompostlama çalışmasında besi maddesi olarak kullanılması gerçekleştirilmiştir. Solucan kompostlama işleminde fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak solucan kompost kalitesi ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Elma kompostunun besi maddesi olarak kullanıldığı bu çalışmada solucanlar için en ideal elma kompostu karışımı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot (Material and Method)

2.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada, materyal olarak daha önceden üretilen elma işleme atıkları (EİA), tavuk gübresi (TG), sığır gübresi (SG) ve saman materyallerinden oluşan beş farklı elma kompostu (K1, K2, K3, K4 ve K5) kullanılmıştır (Sülük, 2022). Solucan kompostlama işleminde besi maddesi olarak kullanılan materyaller SK1, SK2, SK3, SK4 ve SK5 olarak isimlendirilmiştir (Örnek: K1→SK1). Solucan kompostlamada kullanılan elma kompostlarının SM, OM, pH, EC, C/N, TP, NH₄-N, NO₃-N değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

2.2. Solucan Kompostlama Metodu (Vermicomposting Method)

Solucan kompostlama işleminde Kırmızı Kaliforniya solucanı olarak bilinen *Eisenia Foetida* türü (Şekil 2) solucan kullanılmış olup Isparta’nın Sav beldesinde ticari faaliyet gösteren “Yeşil Vadi Kırmızı Solucan Çiftliği’nden” temin edilmiştir. Solucan kompostlama işlemi Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Katı Atık Laboratuvarında 90 gün süreyle takip edilmiştir. Solucan kompostlama işlemi 49,5×34,0×25,5 cm ölçülerinde 5 adet delikli mavi hal sebze kasasında (SK1, SK2, SK3, SK4 ve SK5) gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Çalışmada her kasaya su muhtevası %80 olan olgun kompostlar doldurulmuş, kompostların üzerine 500’er adet yetişkin solucan bırakılmıştır. Ayrıca kasaların içerisine kompostların dökülmemesi ve solucanların çıkmaması için kasaların içerisine 1,5m x 1,5m boyutlarında ve 1,6 mm gözenekli sineklik tülü yerleştirilmiştir. Gece boyunca solucanlara ısı takviyesi için, analog zaman ayarlı priz yardımıyla 20.00-07.00 saatleri arasında aydınlatma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Deneme süresince sızıntı suyu oluşmayacak şekilde haftalık olarak yüzeyden nemlendirme işlemi yapılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan Kırmızı Kaliforniya solucanları Red California worms used in the study)



(Dara : 2 kg , İç ölçüler: 495x340x255 mm, Dış ölçüler: 525x368x320 mm)

Şekil 3. Solucan kompostlama işleminde kullanılan delikli plastik kasalar Perforated plastic boxes used in the vermicomposting process)



Şekil 4. Solucan kompostlama kasaları ve aydınlatma düzeneği (Vermicomposting boxes and lighting assembly)

2.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler (Physical and Chemical Analysis)

Solucan kompostlama işlemi kapsamında proses başlangıcında besi maddelerinin (kompostların) ve sonrasında solucan kompostlarının su muhtevası (SM), organik madde (OM), pH ve iletkenlik, karbon/azot oranı (C/N), toplam fosfor, amonyum azotu (NH₄-N) ve nitrat azotu (NO₃-N) analizleri iki tekerrürlü olarak yapılmıştır. Ayrıca çalışma sonunda büyüklükleri göz önüne alınarak her kasadaki genç ve yetişkin solucanların sayımı yapılmıştır.

SM analizleri, örneklerin 65 °C'de 3 gün süreyle kurutulması öncesi ve sonrasındaki tartımlar esas alınarak hesaplanmıştır. OM analizleri kuru örneklerin 550 °C'de 4 saat süreyle yakılması öncesi ve sonrasındaki tartımlar esas alınarak hesaplanmıştır. Yaş örnekler saf su ile 1:10 oranında seyreltilerek 180 rpm'de 20 dk çalkalanmış ve probalar ile pH ve EC ölçümleri yapılmıştır (USCC, 2002). Toplam C ve N analizleri Elementar Vario MACRO CN analizörü ile gravimetrik olarak belirlenmiştir. Toplam Fosfor analizinde kalay klorür metodu kullanılmış ve HACH DR 6000 spektrofotometrede 690 nm dalga boyunda tayin edilmiştir (APHA, 1998). NH₄-N analizi Nessler metoduna göre ve NO₃-N analizi de nitrat kiti kullanılarak spektrofotometre yardımıyla belirlenmiştir (Sülük, 2016; Şevik, 2018). Çimlenme indeksi analizi Zucconi vd., (1981) kullandıkları yöntem esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

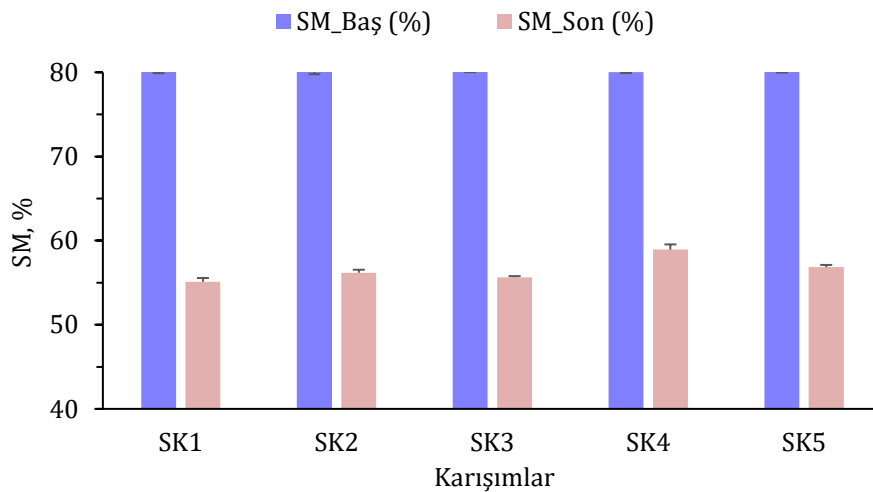
3. Deneysel Çalışmalar (Experimental Studies)

3.1. Sıcaklık Değişimleri (Temperature Changes)

Solucan kompostlama işleminde bakterilerin ve solucanların faaliyetleri için sıcaklık önemli bir parametredir. Sıcaklık ölçümleri proses boyunca yığın ortasından günlük olarak aynı saatte metal uçlu dijital termometre ile yapılmıştır. Bütün karışımların sıcaklık değişimleri 20±1 °C arasında değişiklik göstermiştir. Ayrıca solucan kompostlamanın yapıldığı laboratuvaradaki iç ortam sıcaklığı kontrollü olarak 25±2 °C aralığında seyretmiştir. *Eisenia foetida* türü solucanlar yüksek adaptasyon yeteneğine sahip olmakla birlikte 7-8 °C aralığında düşük ve 15-25 °C aralığında yüksek performans göstermektedir (Abacıoğlu vd., 2020).

3.2. Su Muhtevası (Water Content)

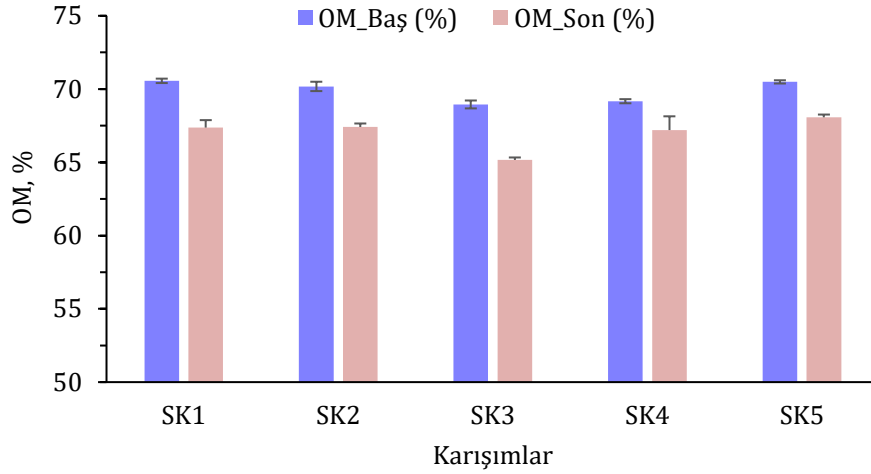
Solucanların optimum düzeyde besin ortamı için ortalama %65-75 oranında neme ihtiyaç duyarlar (Rostami vd., 2010). Kırmızı Kaliforniya solucanları bu su seviyelerinde aktif gelişim gösterdikleri için solucan kompostlama için hazırlanan besi maddelerinin başlangıç su muhtevası %80 olacak şekilde nemlendirilmiştir. Haftalık aralıklarla yüzeyden su ilavesi yapılarak ortamın nemli kalması sağlanmıştır. Proses bitimine 2 hafta kala sulama işlemine son verilmiştir. Proses sonrasında karışımların su muhtevası seviyeleri %55,12-58,94 aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 5, Tablo 1). Silva vd. (2021) solucan kompostlama çalışmasında başlangıç SM değerini %75'e ayarlamışlar ve ortamı bu oranda tutabilmek için spreyleme yöntemi ile haftalık 2 l su ilave yapmışlardır.



Şekil 5. SK karışımlarının SM değişimleri (WC changes of VC mixtures)

3.3. Organik Madde (Organic Matter)

Organik madde değerleri proses başlangıcında %68,90-70,50 aralığında iken, proses boyunca azalarak %65,26-68,11 seviyesine kadar düşmüştür (Şekil 6, Tablo 1). Bu düşüş solucan kompostlama sırasında CO₂ formundaki karbon salınımlarından kaynaklanmaktadır. Silva vd. (2021) 120 gün süren solucan kompostlama çalışmasında yaklaşık %30'luk bir OM azalması olduğunu ifade etmişlerdir. Solucan kompostunda OM azalması, karışım içerisindeki biyolojik dönüşümün devam ettiğinin bir kanıtı olup, toprak kalitesi ve verimliliğini artıran olgun bir materyal olmasını sağlamaktadır (Pellejero vd., 2017; Chander vd., 2018; Rajkhowa vd., 2019).



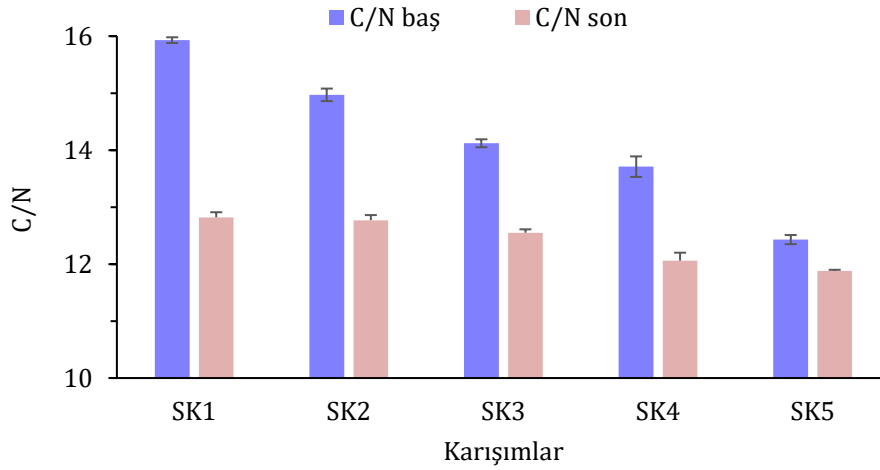
Şekil 6. SK karışımlarının OM değişimleri (OM changes of VC mixtures)

Tablo 1. Solucan kompostu karışımlarının fiziko-kimyasal özellikleri (Physico-chemical properties of vermicompost mixtures)

Parametre	SK1_baş	SK1_son	SK2_baş	SK2_son	SK3_baş	SK3_son	SK4_baş	SK4_son	SK5_baş	SK5_son
SM (%)	80,11±0,25	55,12±0,44	80,13±0,31	56,25±0,36	80,10±0,09	55,73±0,13	80,00±0,12	58,94±0,62	80,16±0,17	56,90±0,27
OM (%)	70,52±0,15	67,34±0,51	70,17±0,32	67,44±0,24	68,90±0,27	65,26±0,17	69,23±0,14	67,22±0,94	70,50±0,11	68,11±0,19
pH	8,56±0,09	8,07±0,10	8,37±0,16	8,22±0,19	8,23±0,12	8,03±0,14	8,19±0,31	7,88±0,12	8,05±0,05	7,79±0,21
EC (dS m ⁻¹)	2,19±0,13	1,05±0,22	1,76±0,08	0,94±0,28	1,33±0,15	0,87±0,18	1,12±0,12	0,76±0,13	0,87±0,17	0,61±0,11
C/N	15,93±0,05	12,82±0,09	14,97±0,11	12,77±0,09	14,12±0,07	12,55±0,06	13,71±0,18	12,06±0,14	12,43±0,08	11,88±0,02
TP (%)	0,61±0,08	0,75±0,17	0,80±0,10	0,99±0,14	0,92±0,05	1,11±0,13	1,05±0,09	1,19±0,09	1,30±0,12	1,36±0,11
NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)	301±12	227±25	598±17	419±19	875±22	751±21	1027±38	916±16	1238±15	1071±11
NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	1941±35	2358±28	1065±46	1830±35	612±27	926±31	535±34	777±19	301±39	578±22
Yetişkin solucan	500	1134	500	1311	500	2712	500	1038	500	1151
Genç solucan	-	1126	-	1153	-	1188	-	844	-	1102
Yumurta	-	27	-	35	-	44	-	40	-	23
Kütle azalması (%)	18,82		20,31		23,67		15,23		16,68	
Hacim azalması (%)	40,39		41,57		46,27		41,18		42,35	

3.4. C/N Oranı (Carbon/Nitrogen Ratio)

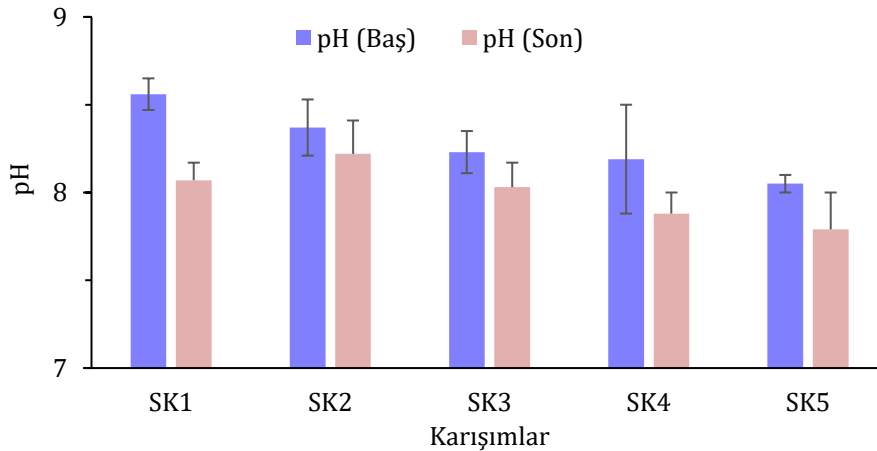
Kompost olgunluğunun bir göstergesi olan C/N oranı, bu çalışmanın başlangıcında besi maddesi karışımlarının C/N oranı 12,4-15,9 aralığında iken, proses sonunda solucan kompostlarının C/N oranı 11,9-12,8 aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 7, Tablo 1). C/N oranındaki düşüş; mikroorganizmaların azot fiksasyonu ve solucanların serbest bıraktığı azot bileşikleri yoluyla azot içeriğinin artması, mikroorganizmalar ve solucanların besi maddesi olarak karbonu kullandıklarından dolayı karbon içeriğinin azalmasından kaynaklanmaktadır (Vig vd., 2011; Wong vd., 2012). Sharma vd., (2021) yaptıkları kompostlama çalışmasında, başlangıç C/N oranı 22-26 aralığında iken, 45 günlük solucan kompostlaması sonunda 15-12 aralığına düştüğünü belirlemişlerdir. Aynı şekilde çiçek atıkları, tekstil çamuru atıkları, gıda endüstrisi atıkları ve arıtma çamuru ile yapılan solucan kompostlama çalışmalarında da C/N oranında benzer düşüşler gözlenmiştir (Su vd., 2015; Negi ve Suthar, 2018; Yadav ve Garg, 2019).



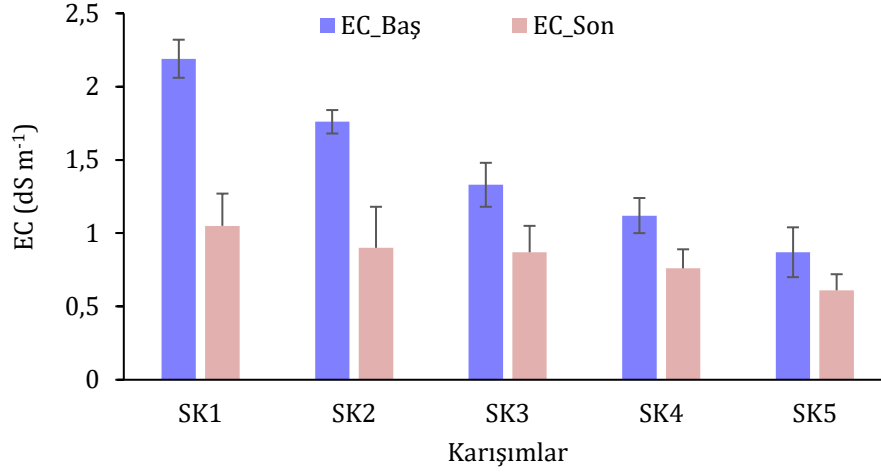
Şekil 7. SK karışımlarının C/N oranı değişimleri (C/N changes of VC mixtures)

3.5. pH ve Elektriksel İletkenlik (pH and Electrical Conductivity)

Solucan kompostlama işleminde solucanların faaliyetlerini devam ettirebilmesi için kontrol edilmesi gereken önemli parametrelerden biri pH (Sharma vd., 2021) olup, solucanlara verilen besi maddesinin pH'sı 5-9 aralığında olması gerekmektedir (Abacıoğlu vd., 2020). Çalışmada başlangıç pH değerleri 8,05-8,56 aralığında iken, proses sonunda düşerek 7,79-8,07 aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 8, Tablo 1). pH düşüşü genellikle organik moleküllerin karboksilik, aromatik ve alifatik asitlere biyolojik olarak dönüşmesinin yanında CO₂ üretimi ve NO₃/NO₂ yapısındaki azotun mineralizasyonu ile ilgili olduğu görülmüştür (Ndegwa vd., 2000; Ndegwa ve Thompson, 2000). Elektriksel iletkenlik değerleri çalışmanın başlangıcında 0,87-2,19 dS m⁻¹ aralığında iken, proses sonunda düşerek 0,61-1,05 dS m⁻¹ aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 9, Tablo 1). Bu düşüş, karışımların belirli aralıklarla sürekli nemlendirilmesi sonucu fazla gelen suyun yıkama etkisinden kaynaklanmaktadır.



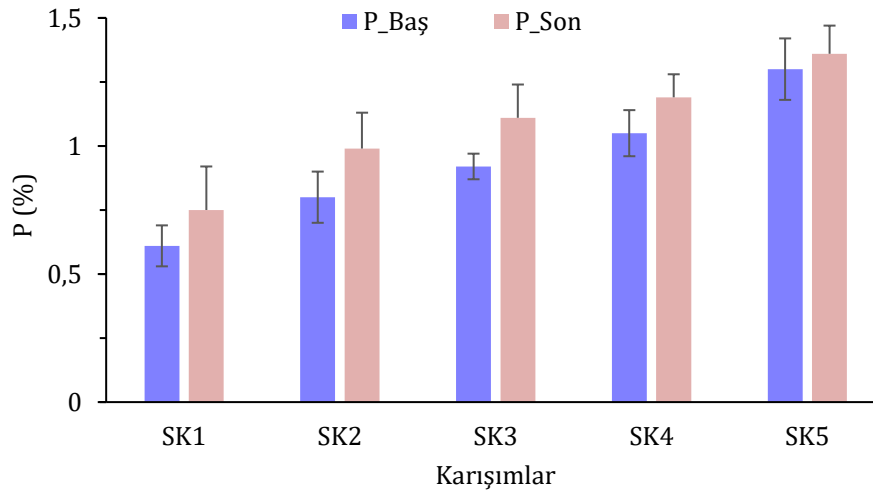
Şekil 8. SK karışımlarının pH değişimleri (pH changes of VC mixtures)



Şekil 9. SK karışımlarının EC değişimleri (EC changes of VC mixtures)

3.6. Toplam Fosfor (Total Phosphorus)

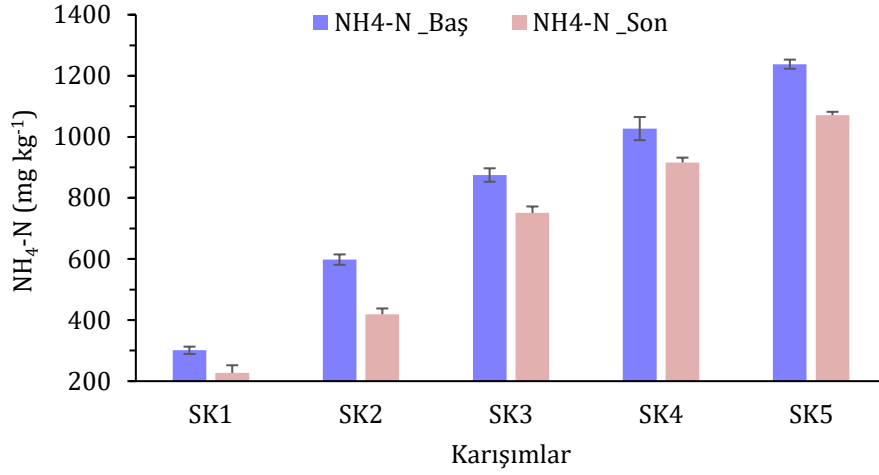
Fosfor, bitki hücre yapısının ve metabolizmasının gelişmesinde önemli etkidir (Sharma vd., 2021). Solucan kompostlama işleminde, organik atıklar solucanın bağırsak sisteminden geçtikten sonra organik atıkların bünyesindeki besin maddeleri bitkiler tarafından kullanılabilir hale gelmektedir (Ndegwa vd., 2000). Bu çalışmada solucan kompost karışımlarının P değerleri başlangıçta %0,6-1,30 arasında iken, proses sonunda %0,75-1,36 aralığına artmıştır (Şekil 10, Tablo 1). Bu artış kompostlama süresi boyunca kütle kaybından ve enzim aktivitesinden kaynaklanabilmektedir. Sharma vd., (2021) tarafından yapılan solucan kompostlama çalışmasında, başlangıç P değerleri 2,0-4,2 g kg⁻¹ aralığında iken, kompostlama sonunda artarak 2,9-5,2 g kg⁻¹ aralığında olduğu tespit edilmiş ve bu artışın, solucanlar tarafından doğrudan ve dolaylı olarak üretilen enzimler ve karbon bileşiklerinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte solucan kompostlama işlemi sırasında organik maddeyi ayrıştıran mikroorganizmalar asit üretmekte ve bu asidin daha sonra solucan kompost kütlesi içerisindeki çözünmeyen fosforu çözümlenmesi ile mevcut fosfor içeriğini artırmaktadır (Lazcano vd., 2008).



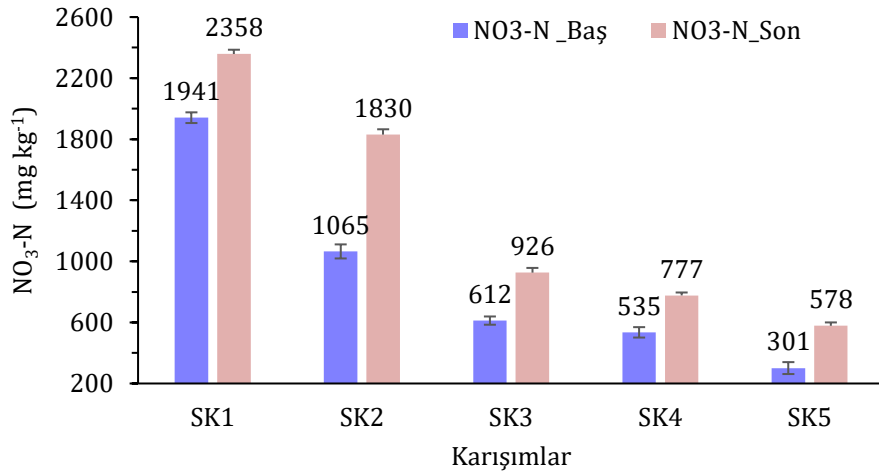
Şekil 10. SK karışımlarının Fosfor değişimleri (Phosphorus changes of VC mixtures)

3.7. Amonyum ve Nitrat (Ammonium and Nitrate)

Bu çalışmada karışımların başlangıç ve bitiş NH₄-N ve NO₃-N değerleri sırasıyla Şekil 11 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde, tüm karışımların başlangıç ve bitiş NH₄-N değerlerinin 301-1238 mg kg⁻¹ seviyesinden 227-1071 mg kg⁻¹ seviyesine düştüğü, buna karşın NO₃-N değerlerinin ise 301-1941 mg kg⁻¹ seviyesinden 578-2358 mg kg⁻¹ seviyesine arttığı görülmektedir. Bu değişim amonyum azotunun nitrat azotuna dönüşmesi ile ilişkilidir. Solucan kompostlama süresince NH₄-N değerleri, azot içerikli organik maddenin parçalanması, amonyak azotunun solucanlar ve mikroorganizmalar tarafından asimilasyonu, nitrifikasyonu ve buharlaşması sebebiyle azalmaktadır (He vd., 2001; Levis ve Barlaz, 2011).



Şekil 11. SK karışımlarının NH₄-N değişimleri (NH₄-N changes of VC mixtures)



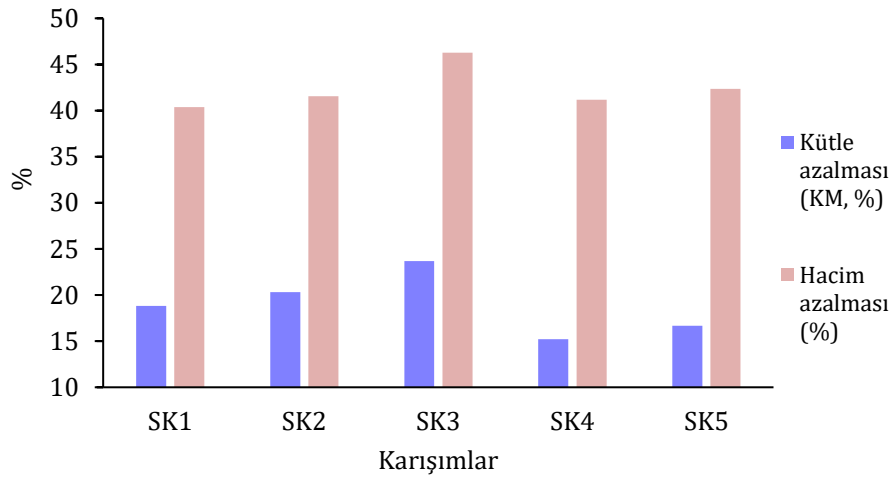
Şekil 12. SK karışımlarının NO₃-N değişimleri (NO₃-N changes of VC mixtures)

3.8. Solucan Sayıları (Number of Worms)

Bu çalışmada farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda olduğu gibi (Sharma vd., 2021; Esmaili vd., 2020) kompost karışımlarının her birine 500'er adet solucan bırakılarak çalışmaya başlanmıştır. Proses boyunca solucan sayılarında artış gözlenmiş ve çalışma sonunda sayımlar yapılmıştır. Buna göre proses sonunda solucan (genç+yetişkin) sayıları SK1'den SK5'e doğru sırasıyla 2260, 2464, 3900, 1882 ve 2253 olarak tespit edilmiştir. SK3 karışımında en fazla solucan çoğalması belirlenmiştir (Tablo 1). Sharma vd., (2021) yaptıkları çalışmada, 28 günlük kompostlama süresince solucan sayısının 110 adetten 150 adede ulaştığını tespit etmişlerdir.

3.9. Kütle ve Hacim Değişimleri (Mass and Volume Changes)

Solucan kompostlama süresince kütle ve hacimde azalmalar meydana gelmektedir. Bu çalışmada kütle kaybı, kompost materyalinin başlangıç ve son tartımları alınarak hesaplanmıştır. Kütle kaybı %23,67 oranı ile en fazla SK3 karışımında meydana gelmiştir. Hacim değişimleri, solucan kompostlama işleminin başlangıç ve sonunda solucan kompost kasalarının üst boşlukları ölçülerek hesaplanmıştır. Kütlede olduğu gibi hacimde de en fazla azalma (%46,27) SK3 karışımında meydana gelmiştir (Şekil 13, Tablo 1).



Şekil 13. SK karışımlarının kütle ve hacim değişimleri (Mass and volume changes of VC mixtures)

3.10. Çimlenme İndeksi (Germination Index)

Çimlenme indeksi parametresi kompost ve solucan kompostunun fitotoksitesinin belirlenmesinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Luo vd., 2018., Yang vd., 2021). Çimlenme indeksi değeri %50'nin üzerinde olan kompostlar, olgunlaşmış ve fitotoksik özellik içermeyen kompost olarak değerlendirilmektedir (Zucconi vd.,1981). Bu çalışmada dört farklı seyrelme oranında (%100, %75, %50 ve %25) çimlenme indeksi değerleri belirlenmiş ve tüm karışımlarda bu değer %50'nin üzerinde gerçekleşmiştir (Tablo 2). Buna göre tüm karışımlardaki kompostların olgunlaşmış ve fitotoksik özellik içermeyen kompost olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Solucan kompostu karışımlarının farklı seyrelme oranlarında çimlenme indeksi değerleri (%) (Germination index values of vermicompost mixtures at different dilution ratios (%))

Karışımlar	%0*	%100	%75	%50	%25
SK1	94,9	50,4	55,6	80,5	87,0
SK2	94,9	55,3	62,8	87,7	90,4
SK3	94,9	70,5	82,9	96,6	102,2
SK4	94,9	71,2	84,3	97,9	103,1
SK5	94,9	76,9	86,4	99,4	107,6

3.11. Kalite Değerlendirmesi (Quality Assessment)

Çalışmada üretilen solucan kompostunun analiz sonuçları 23.02.2018 tarih ve 30341 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik" değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 3). Tablo incelendiğinde, SM değeri haricindeki diğer parametrelerin (OM, Toplam azot, C/N) yönetmelikte belirtilen sınır değerleri sağladığı görülmektedir. SM değeri, %55,1-58,9 aralığında olup, yönetmelikte verilen kriteri (en fazla %35) sağlamadığı, ancak kurutma işlemleri ile SM değerleri yönetmelikte verilen sınır değerinin altına düşürülebilecektir. Ayrıca solucan kompost karışımları çimlenme indeksi değerleri açısından değerlendirildiğinde, karışımların tamamının olgun kompost niteliğinde ve tarımsal faaliyetlerde kullanılabilir nitelikte olduğu görülmüştür.

Tablo 3. Solucan kompostu kalite parametreleri ile çalışma sonuçlarının karşılaştırılması (Comparison of vermicompost quality parameters and study results)

Parametreler	Solucan kompostları (bu çalışma)	Kriter*
Organik madde (%)	%65,16-67,20	En az %20
Toplam azot (%)	%2,68-3,03	En az % 0,5
Nem (%)	%55,12-58,83	En fazla %35
C/N oranı	11,88-12,82	8-22

* Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik

4. Sonuç Ve Tartışma (Result And Discussion)

Yapılan solucan kompostlama çalışması 90 gün süreyle takip edilmiştir. Solucan kompostlamasında besi maddesi olarak kullanılan olgun elma kompost karışımları içinde en yüksek verim K3 karışımından (EİA:%45, TG:%7,5, SG:%46,6 ve Saman:%0,84) elde edilen SK3 solucan kompostu karışımından elde edilmiştir. Solucan kompost karışımlarında en fazla ayrışma SK3 karışımında meydana gelmiş, bu karışımdaki kütle azalması %23,67 ve hacim azalması %46,27 olarak gerçekleşmiştir. Solucan kompostlama işlemi her bir karışıma 500 adet yetişkin solucan eklenerek çalışmalara başlanmış, tüm karışımlarda zamanla bu miktarlarda artış olmuş SK3 karışımında %680'e varan artışlar tespit edilmiştir. Solucan kompost karışımları fiziko-kimyasal analizler ve çimlenme indeksi parametreleri açısından değerlendirildiğinde tüm solucan kompostlarının olgunlaşmış ve fitotoksik özellik içermeyen tarımsal faaliyetlerde kullanılabilir kompost olduğu görülmektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma bir doktora tezinden hazırlanmış olup FDK-2018-6012 No'lu Proje ile tezi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Reaktör kompostlama çalışmalarının gerçekleştirilmesi için kompost laboratuvarının imkânlarını bize sunan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'ne ve solucan kompostlama işleminin gerçekleştirildiği Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne teşekkür ederim.

Solucan kompostlama hazırlık aşamasında ve solucan temininde yardımcı olan Yeşil Vadi Kırmızı Solucan Çiftliği yetkilileri Gültekin GÜRELLİ ve Ünzile ÇAKMAK'a destek ve katkıları için teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest has been declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Abacıoğlu, E., Yatgın, S., Tokel, E., Yücesoy, P. 2020. Vermikompostun (Solucan Gübresi) Üretimi Ve Bitki Beslemesindeki Önemi. Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences. 3(1), 1-10.
- APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Chander, G., Wani, S.P., Gopalakrishnan, S., Mahapatra, A., Chaudhury, S., Pawar, C.S., Kaushal, M., Kesava Rao, A.V.R. 2018. Microbial consortium culture and vermicomposting technologies for recycling on - farm wastes and food production. Int. J. Recycl. Org. Waste Agric. 7, 99-108.
- Demir H., Polat E., Sönmez İ. 2010. Ülkemiz için yeni bir organik gübre: solucan gübresi. Tarım aktüel, 14, 54-60.
- Doube, B.M., Brown, G.G. 1998. Life in a complex community: Functional interactions between earth-worms, organic matter, microorganisms, and plants. Earthworm Ecology, Ed. Clive Edwards, St Lucie Press, 179-211.
- Esmaili, A., Khoram, M.R., Gholami, M., Eslami, H. 2020. Pistachio waste management using combined composting-vermicomposting technique: Physico-chemical changes and worm growth analysis. Journal of Cleaner Production. 242, 118523.
- He, Y., Inamori, Y., Mizuochi, M., Kong, H., Iwami, N., Sun, T., 2001. Nitrous oxide emissions from aerated composting of organic waste. Environmental Science & Technology. 35 (11),2347-2351.

- Ju, X.T., Xing, G.X., Chen, X.P., Zhang, S.L., Zhang, L.J., Liu, X.J., Cui, Z.L., Yin, B., Christie, P., Zhi, Z.L., Zhang, F.S. 2009. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. The Proceedings of the National Academy of Sciences. 106(9), 3041-3046. <https://doi.org/10.1073/pnas.0813417106>.
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Domínguez, J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere. 72(7), 1013-1019.
- Levis, J.W., Barlaz, M.A. 2011. What is the most environmentally beneficial way to treat commercial food waste? Environmental Science & Technology. 45 (17), 7438-7444.
- Luo, Y., Liang, J., Zeng, G., Chen, M., Mo, D., Li, G., Zhang, D., 2018. Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. Waste Management. 71, 109-114.
- Ndegwa, P.M., Thompson, S.A. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. Bioresource Technology. 75, 7-12.
- Ndegwa, P.M., Thompson, S.A., Das, K.C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Bioresource Technology. 71(1), 5-12.
- Negi, R., Suthar, S. 2018. Degradation of paper mill wastewater sludge and cow dung by brown-rot fungi *Oligoporus placenta* and earthworm (*Eisenia fetida*) during vermicomposting. Journal of Cleaner Production. 201, 842-852.
- Pellejero, G., Miglierina, A., Aschkar, G., Turcato, M., Jimenez-Ballesta, R. 2017. Effects of the onion residue compost as an organic fertilizer in a vegetable culture in the Lower Valley of the Rio Negro. Int. J. Recycl. Org. Waste Agric. 6, 159-166.
- Polat, H. 2020. Türkiye’de Kimyasal Azotlu Gübre Tüketim Durumunun ve Toprak Analizi Zorunluluğunun Azotlu Gübre Kullanımına Etkilerinin Değerlendirilmesi. Toprak Su Dergisi. 9(2), 60-71.
- Rajkhowa, D.J., Sarma, A.K., Bhattacharyya, P.N., Mahanta, K. 2019. Bioconversion of agricultural waste and its efficient utilization in the hilly ecosystem of Northeast India. Int. J. Recycl. Org. Waste Agric. 8, 11-20.
- Resmi Gazete, 2018. Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik. Tarih: 23.02.2018, Sayı: 30341.
- Rostami R., Nabaei A., Esлами A., Najafi S.H. 2010. Survey of optimal conditions for worm’s growth and vermicompost production of prepared food wastes. Internal Medicine Today. 15 (4), 76-83.
- Sharma, D., Pandey, A.K., Yadav, K.D., Kumar, S. 2021. Response surface methodology and artificial neural network modelling for enhancing maturity parameters during vermicomposting of floral waste. Bioresource Technology. 324, 124672.
- Sharma, K., Garg, V.K. 2018. Solid-state fermentation for vermicomposting, in: Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, 373-413.
- Silva, J.C., Siqueira, A.J.N., Maia, H.B., Nunes, R.R. 2021. Vermicomposting corn waste under cultural and climatic conditions of the Brazilian Backwoods. Bioresource Technology Reports. 15, 100730.
- Söyler, O. 2020. Türkiye’de Tarımsal Üretimde Kimyasal Gübre Kullanımı ile İlgili Problemler ve Çözüm Yolları Üzerine Bir Araştırma. 5. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi tam metin kitabı (ISBN:978-605-70159-9-0) 26-27 Aralık 2020, Diyarbakır.
- Su, J-Q., Wei, B., Qu-Yang, W-Y., Huang, F-Y., Zhao, Y., Xu, H-J., Zhu, Y-G. 2015. Antibiotic Resistome and Its Association with Bacterial Communities during Sewage Sludge Composting. Environ. Sci. Technol. 49(12), 7356-7363.
- Sülük, 2022. Sabit C/N Oranında Farklı Materyallerden Kompost Ve Solucan Kompost Çayı Üretimi, Üretilen Kompost Çaylarının Zenginleştirilmesi Ve Etkilerinin Belirlenmesi: Elma İşleme Atıkları Örneği, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Sülük, K., Tosun, İ., Ekinci, K. 2016. Co-composting of two-phase olive-mill pomace and poultry manure with tomato harvest stalks. Environmental Technology. 38(8), 923-932.
- Şahin, G. 2016. Türkiye’de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler. Tarım Ekonomisi Dergisi. 22 (1), 19-32.
- Şevik, F., Tosun, İ., Ekinci, K. 2018. The effect of FAS and C/N ratios on co-composting of sewage sludge, dairy manure and tomato stalks. Waste Management. 80, 450-456.
- Toledo, M., Gutiérrez, M.C., Siles, J.A., Martín, M.A. 2018. Full-scale composting of sewage sludge and market waste, Stability monitoring and odor dispersion modeling. Environmental Research. 167, 739-750.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistiksel Tablolar, Kimyasal gübre kullanımı (2009-2021). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111> (Erişim tarihi: 14.11.2022)
- USCC. 2002. The US Composting Council Research and Education Foundation, and the United States Department of Agriculture. Test methods for the examination of composting and compost (TMECC). Edaphos International, Houston, TX.
- Vig, A.P., Singh, J., Wani, S.H., Dhaliwal, S.S. 2011. Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm *Eisenia fetida* (Savigny). Bioresource Technology. 102, 7941-7945.
- Wong, J.W.C., Lee, D.J., Nair, J., Garg, V.K., Suthar, S., Yadav, A. 2012. Management of food industry waste employing vermicomposting technology. Bioresource Technology. 126, 437-443.
- Yadav, A., Garg, V.K. 2019. Biotransformation of bakery industry sludge into valuable product using vermicomposting. Bioresource Technology. 274, 512-517.
- Yang, Y., Wang, G., Li, G., Ma, R., Kong, Y., Yuan, J. 2021. Selection of sensitive seeds for evaluation of compost maturity with the seed germination index. Waste Management, 136, 238-243.
- Zucconi, F.M., Forte, M., Monaco, A., De Bertoldi, M. 1981. Biological evaluation of compost maturity. BioCycle. 22, 27-29.