



Farklı Besleme Materyallerinde *Eisenia fetida* Populasyon Değişimi ve Elde Edilen Solucan Gübresinin *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata' Bitkisinde Bazı Büyüme Parametrelerine Etkisinin Tespit Edilmesi

Turan YÜKSEK Bahriye ÇEMBERCİ*

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: 06.07.2022

Kabul Tarihi: 31.08.2022

Basım Tarihi: 30.09.2022

Atıf yapmak için: Yüksek, T. & Çemberci, B. (2022). Farklı Besleme Materyallerinde *Eisenia fetida* Populasyon Değişimi ve Elde Edilen Solucan Gübresinin *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata' Bitkisinde Bazı Büyüme Parametrelerine Etkisinin Tespit Edilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 7(3), 314-322.
How to cite: Yüksek, T. & Çemberci, B. (2022). Determination of The Effect of Worm Fertilizer Obtained from Red California Worm Fed with A Mixture of Municipal Waste and Clay Soil on The Growth of *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata'. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 7(3), 314-322.

<https://orcid.org/0000-0003-3314-234X>
 <https://orcid.org/0000-0003-2964-1760>

*Sorumlu yazarın:
Bahriye ÇEMBERCİ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye
✉: bahriye_cemberci17@erdogan.edu.tr

Öz: Belediye atık çamurlarının geri dönüşüm yöntemleri kullanılarak ekonomik değeri olan ürüne dönüştürülmesi sürdürülebilir çevre yönetimi için son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı belediye atık çamuru ve killi toprak karışımı ile beslenen kırmızı Kaliforniya solucanından elde edilen solucan gübresinin *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata' bitkisinin büyümesi üzerindeki etkisinin tespit edilmesidir. Solucan gübresi üretmek amacıyla 2 farklı (atıksu çamuru (%100) ve atıksu çamuru (%50) + killi toprak (%50)) besi ortamı kullanılmıştır. Araştırma, 40 cm en x 40cm boy x 20 cm derinliğe sahip plastik kasalarda tesadüf parselleri deneme desenine uygun ve üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda, atık suyu çamuru (%100) besi ortamında solucan sayıları ilk 5 hafta boyunca azalmış, daha sonra artmıştır. Atık suyu çamurundaki solucan ağırlığı ilk 2 hafta süresince %6,20 oranında azalmış, ikinci haftadan 6. haftaya kadar artmış, daha sonra tekrar azalmıştır. Atıksu çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımından oluşan besi ortamındaki solucan sayıları 1. haftada artmış, daha sonra doğrusal bir şekilde azalmıştır. Atık çamurunun vermikompostlaştırma tekniği ile katı solucan gübresine dönüştürülmesi sonucunda atık çamurunda ölçülen 11 parametrenin tümünde %9-25 arasında değişen oranlarda artış olmuştur. Parametreler arasında en yüksek artış IC miktarında, en düşük artış ise Na değerinde meydana gelmiştir. Ca, Zn, TOC ve IC değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli seviyede olduğu tespit edilmiştir. En yüksek boy gelişimi, kök boğaz çapı, kök boyu, kök ağırlığı, yaprak ağırlığı, gövde ağırlığı, çiçek ağırlığı, toprak üstü biyomas ağırlığına ve en fazla yaprak sayısı oranına; atık su çamuru (%50) + killi toprak (%50) besi ortamından elde edilen solucan gübresinin uygulandığı bitkilerde ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Atık çamuru, besin elementleri, bitki gelişimi, *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata', *Eisenia fetida*, solucan sayısı.

Determination of The Effect of Worm Fertilizer Obtained from Red California Worm Fed with A Mixture of Municipal Waste and Clay Soil on The Growth of *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata'

Abstract: Conversion of municipal waste sludge into products with economic value by using recycling methods is extremely important for sustainable environmental management. The aim of this study is to determine the effect of vermicompost obtained from red California earthworm fed with municipal sludge and clay mixture on the growth of *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata' plant. In order to produce vermicompost, 2 different (wastewater sludge (100%) and wastewater sludge (50%) + clay soil (50%)) feeding materials were used. The research was carried out in the plastic box with a width of 40 cm x 40 cm length x 20 cm in accordance with the randomized plot design in three repetitions. As a result of the research, the number of worms in the wastewater sludge (100%) feeding material decreased during the first 5 weeks and then increased. The worm weight in the wastewater sludge decreased by 6.20% during the first 2 weeks, increased from the second week to the 6th week, and then decreased again. The number of

***Corresponding author:**

Bahriye ÇEMBERCİ
 Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of
 Engineering and Architecture, Department of
 Landscape Architecture, Rize, Türkiye
 ✉: bahriye_cemberci17@erdogan.edu.tr

worms in the medium consisting of a mixture of wastewater sludge (50%) + clayey soil (50%) increased in the first week, then decreased linearly. As a result of the conversion of the waste sludge into solid vermicompost by vermicomposting technique, there was an increase of 9-25% in all 11 parameters measured in the waste sludge. Among the parameters, the highest increase occurred in the amount of IC, while the lowest increase occurred in the Na value. It was determined that the difference between Ca, Zn, TOC and IC values was statistically significant. The highest growth in height, the highest number of leaves, the highest root collar diameter, the highest root length, the highest root weight, the highest leaf weight, the highest stem weight, the highest flower weight, the highest above-ground biomass ratio was obtained in plants where vermicompost obtained from wastewater sludge (50%) + clay soil (50%) growing medium.

Keywords: *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata', *Eisenia fetida*, plant growth, soil nutrients, vermicompost, waste sludge.

GİRİŞ

Vermikompost tekniği kullanılarak pek çok çevresel atığın geri kazanılması ve ekonomik değeri olan ürünlere dönüştürülmesi mümkündür. Vermikompost tekniğinde; evsel yemek atıkları, çay atıkları, bitkisel atıklar (sap, saman, dal, kozalak, yaprak, çiçek, vb) büyükbaş, küçükbaş ve farklı hayvansal kökenli atıklar, endüstriyel atıklar, atık su çamurları gibi pek çok organik kökenli atık kullanılabilir (Yüksek, 2019). Organik kökenli atıkların vermicompostlaştırma tekniği kullanılarak geri kazanılması ve atıklardan solucan gübresi üretimi ile alakalı dünya genelinde yürütülen çalışmalar artarak devam etmesine rağmen; ülkemiz genelinde atıkların geri kazanılması ve solucan gübresi üretimi ile alakalı yapılan çalışmaların henüz başlangıç aşamasında olduğu belirtilmektedir (Yüksek vd., 2017). Akyurt (2018), yaptığı çalışmada evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının Kırmızı Kaliforniya Solucanları ile vermicompostlanmasından oluşacak gübrenin pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot (TN), toplam organik karbon (TOC), C/N parametrelerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre; evsel ve tekstil çamurun bulunduğu tüm karışımlar %20'den fazla atıksu arıtma tesisi arıtma çamuru içeren karışımlarda solucanların yaşamadıkları, %5-%20 arasında arıtma çamuru ve ahır gübresiyle birlikte kullanıldığı uygulamalarda ise solucanların gerekli aktiviteyi göstererek vermicompost oluşturduğu belirlenmiştir. Evsel arıtma çamuru ve tekstil arıtma çamuru ahır gübresi ile karıştırılmış ve elde edilen vermicompost kalitesine bakıldığında her iki çamurda ortalama pH, EC, Nem, TOC sınır değerler arasında olup, TN ve C/N sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Dindar (2008), arıtma çamurunda solucan aktivitesinin azot formlarına etkisini incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda amonyum ve nitrat azotunun arıtma çamuru uygulanan topraklarda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu değerlerin azot mineralizasyonunda olumlu etkiye sebep olacağı çalışmada öngörülmüştür. Çalışma sonucunda öngörülen bir diğer husus da solucanların arıtma çamurlarını yem olarak tercih etmesini nedeniyle atıksu çamurlarının toprak biyolojisine olumsuz etki etmediği

yönündedir. Türkay (2010), fındık zurufu ve arıtma çamurunun kompostlanması ile ilgili yaptığı çalışmada fındık zurufu, ahır gübresi, atıksu çamuru kullanmıştır. Farklı oranlarla kurulan deney düzeneğinde ideal organik atık karışımının %30 arıtma çamuru + %35 fındık zurufu + %35 ahır gübresi olduğu saptanmıştır. Bir diğer ortaya konulan sonuç ise solucanların bünyelerinde ağır metal biriktirebilme yeteneği ile vermicompost içindeki ağır metal oranının azaldığı ve atık su çamurundaki ağır metalin bu vasıta ile uzaklaştırılabildiği sonucudur.

Türüt (2018), yaptığı çalışmada demlenmiş çay atığı, yemek atığı, inek gübresinin farklı oranlarda hazırlanması ve kompostlanması sonucunda ortaya çıkan parametreleri incelemiştir. Çalışma sonucunda en yüksek solucan sayısı ve ağırlığına %50 demlenmiş çay atığı + %50 inek gübresi karışımında, en yüksek N değerine %100 demlenmiş çay atığında, en yüksek P, K, Ca, Zn, Cu, Fe, Mg değerleri ve pH'a %50 demlenmiş çay atığı + %50 inek gübresinden elde edilen solucan gübresinde, en yüksek Mn değerine %40 demlenmiş çay atığı + %40 yemek atığı + %20 inek gübresinden elde edilen solucan gübresinde rastlanmıştır. Yemek artıklarının %50 den fazla olduğu ortamlarda solucanların yaşamadığı belirlenmiştir.

Demlenmiş çay atığı ve evsel yemek atıkları ile beslenen Kırmızı Kaliforniya solucanından elde edilen katı solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin belirlenmesi konulu araştırmada; besi ortamlarından elde edilen solucan gübresindeki en yüksek azot değerine (% 2,16) %100 demlenmiş çay atığından elde edilen solucan gübresinde, en yüksek fosfor, potasyum, kalsiyum, çinko, bakır, demir, magnezyum ve pH değerlerine %50 demlenmiş çay atığı + %50 inek gübresinden elde edilen solucan gübresinde, en yüksek mangan değerine %40 demlenmiş çay atığı + %40 yemek atığı + %20 inek gübresinden elde edilen solucan gübresinde rastlandığı ortaya konulmuştur (Yüksek vd., 2019). Yüksek (2022) yaptığı bir araştırmada farklı tip besi ortamlarında (inek gübresi, çay lifi, fındık zurufu, testere talaşı, gazete kâğıdı saf ve karışımları) solucan gübresi üretmiştir. Çalışma sonucunda besi ortamlarından elde edilen solucan gübresindeki en yüksek N, P, Al, S, Cr, Mn değerlerine %100 çay lifinden elde edilen solucan gübresinde, en

yüksek Fe, Co değerlerine C Fındık zurufu (%50) + Çay lifi (%50) besi ortamından elde edilen solucan gübresinde, en yüksek Pb ve pH değerine ise A (%100 fındık zurufu) besi ortamından elde edilen solucan gübresinde rastlanmıştır. Araştırma sonucunda farklı besi ortamlardan elde edilen tüm vermikomposttaki Pb, Cd ve As değerlerinin başlangıçtaki (kontrol) besi ortamlarına kıyasla daha düşük seviyede olduğu ortaya konulmuştur. Yüksek vd. (2017) yılında yaptıkları çalışmada farklı zamanlarda sağımı yapılan hayvan gübresinden elde edilen sıvı solucan gübresinin iz ve besin elementlerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, sağım süresi arttıkça sıvı solucan gübresindeki N, K, Ca, Mg, Na, Fe, Ni, Cu, Zn, Hg, Sb değerleri istatistiksel olarak önemli seviyede azalırken; Co, As, Ag, Cd, Pb, Al, Se, Mo, Li ve Be değerleri istatistiksel olarak önemli seviyede arttığı tespit edilmiştir. Chattopadhyay (2014), Hindistanda katı ve sıvı formdaki solucan gübresinin süs bitkisi Zinnia sp'nin büyümesi ve çiçek yapısı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda katı ve sıvı solucan gübresinin bitki büyümesi, çiçek yapısı ve çiçeğin görsel kalitesi üzerinde olumlu yönde etki yaptığını ortaya koymuştur. Radovich vd. (2011), sıvı solucan gübresinin pak choi (*Brassica rapa* cv Bonsai) bitkisinin büyümesi üzerine etkisini araştırdılar. Araştırma sonucunda sıvı solucan gübresinin bitki büyüme ve kalitesini arttırdığı farklı tip topraklardaki biyolojik aktiviteyi hızlandırdığını tespit etmişlerdir. Uluğ (2018), solucan gübresi ve mikoriza kullanımının fasulye ve soğanda bitki gelişimi ve verim üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında özellikle verim, meyve kalite özellikleri ve bitki gelişiminde solucan gübresinin etkili olduğunu tespit etmiştir. Yüksek vd., (2020) solucan gübresi ve torf uygulamalarının farklı saksı ortamında *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng bitkisinin gelişimine etkisini araştırdıkları çalışmada besi ortamlarına göre en iyi bitki gelişimi 10 gr katı solucan gübresinin uygulandığı deneme ortamlarından elde edilmiştir. Aynı araştırmada en yüksek toprakaltı biyomas 700 cc saksıda ve torf besi ortamında 10 gr katı solucan gübresinin uygulandığı denemelerden elde edilmiştir.

Dünya'da artan nüfus ve tüketimle birlikte önemli bir atık problemi oluşmaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de atıkların geri dönüşümü çok önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu oluşan atıklardan biri de atıksu çamurlarıdır. Atıksu çamurlarının vermikompost tekniği ile ekonomik değeri olan ürünlere dönüştürülmesi ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Ancak yürütülen çalışmalar henüz başlangıç seviyesindedir. Ülkemiz genelinde 2018 yılında kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 4,8 milyar m³ atık suyun 4,2 milyar m³'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan atık suyun %47,9'una gelişmiş, %27,6'sına biyolojik, %24,2'sine fiziksel ve %0,3'üne doğal arıtma

uygulanmıştır. Arıtılan atık suyun %45,1'i akarsuya, %44,5'i denize, %2,5'i baraja, %1,2'si göl-gölete, %0,3'ü araziye ve %6,4'ü diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Arıtılan atıksuyun %2,3'ünün sanayi, tarımsal sulama vb. alanlarda yeniden kullanıldığı belirlenmiştir. Atıksu arıtma işlemleri sonucunda 319 bin ton (kuru madde bazında) atıksu arıtma çamuru olduğu tespit edilmiştir (TUİK, 2018). İlgili değerlerden de görüleceği üzere ülkemiz belediyelerinde oluşan güçlü bir atık çamuru rezervi bulunmaktadır. Ancak bu potansiyelin iyi bir şekilde değerlendirilebildiğini söylemek pek doğru değildir. Ekonomik değeri olan atıksu çamurunun gelişigüzel çevreye depolanması yerine vermikompostlama tekniği ile ekonomik değeri olan ürüne dönüştürülmesi bir yandan sürdürülebilir çevre yönetimi, diğer yandan kalkınma ve istihdam çalışmaları için son derece önemlidir. Bu nedenle farklı nitelikteki atıkların vermikompostlaşma olayı sonucunda sahip olduğu değerlerin ortaya konulması için vermikompostlaştırma işlemleri ile alakalı çalışmaların artarak devam etmesi gerekmektedir. Ancak yapılan literatür araştırması sonucunda ülkemizde belediye atıksu çamurlarında vermikompostlaştırma tekniği kullanılarak gübre üretimi ve elde edilen gübrenin bitki gelişime etkisi ile alakalı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı vermikompost tekniği ile (i) atıksu çamuru, atıksu çamuru ve kil toprak karışımlarında solucan sayısı ve ağırlığının tespiti, (ii) atıksu çamuru, atıksu çamuru ve kil toprak karışımlarından elde edilen solucan gübrelere bazı fiziko kimyasal parametrelerinin belirlenmesi, (iii) elde edilen solucan gübresinin *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata' bitki büyümesine etkisinin ortaya konulmasıdır.

MATERYAL VE METOT

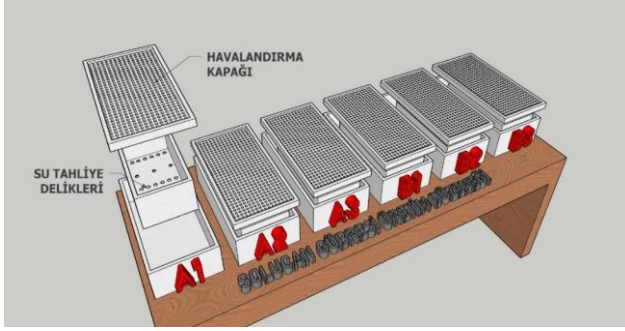
Materyal: Denemelerde kullanılan atıksu çamur örnekleri Rize Belediyesi Engindere Mahallesi'ndeki atıksu deşarj noktasından alınmıştır. Denemelerde kullanılan Kırmızı Kalifornia Solucanı (*Eisenia fetida*) Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nde, Prof. Dr. Turan Yüksek'in solucan üretim laboratuvarından sağlanmıştır.

Metot: Denemelerde 2 farklı (atıksu çamuru (%100), atıksu çamuru (%50) + killi toprak (%50)), besi ortamları kullanılmıştır. Araştırma, 40 cm en x 40cm boy x 20 cm derinliğe sahip plastik kasalarda tesadüf parselleri deneme desenine uygun ve üç tekrarlı olarak yürütülmüştür (Tablo 1; Şekil 1).

Tablo 1. Denemelerde kullanılan besi ortamları.

Table 1. Feeding materials in the trials.

Deneme No	Denemelerde Kullanılacak Besi Ortamları	Tekrar Sayıları		
		A1	A2	A3
A	Atıksu Çamuru (%100)	A1	A2	A3
B	Atıksu çamuru (%50) + Killi Toprak (%50)	B1	B2	B3



Şekil 1. Solucan besleme ve gübre üretim düzeneği (Tasarım Fikir/Konsept: Turan Yüksek; Çizim: Bahriye Çemberci).

Figure 1. Worm feeding and fertilizer production mechanism (Design Concept: Turan Yüksek; Design: Bahriye Çemberci)

Araştırma için hazırlanmış deneme kaplarına önce fiziksel olarak parçalanmış 2 kg ağırlığındaki besi ortamları yerleştirilmiştir. Daha sonra ilgili besi ortamlarının her birine ağırlıkları belirlenmiş 30 adet Kırmızı Kaliforniya solucanı yerleştirilmiştir. Besi ortamlarına konulan solucanların besine olan tepkileri ilk 6 saat titiz bir şekilde izlenmiştir. Solucanların besi ortamına yerleştikleri görüldüğünde deneme kaplarının içindeki nem %50 seviyesine ulaşmaya kadar çeşme suyu su verilmiş ve kapların üzerleri 2 mm'lik ince tül ile kapatılmıştır. Besi ortamlarındaki solucan sayısı ve ağırlığı 7 gün aralıklarla ve 7 hafta boyunca tespit edilmiştir. Yedinci haftanın sonunda solucanların konulduğu besi ortamlarındaki yemlerin sindirilmesi, renk değişimleri kontrol edilmiş ve gübre oluşumu tamamlandığı için besi ortamlarındaki katı ve sıvı gübreler hasat edilmiştir.

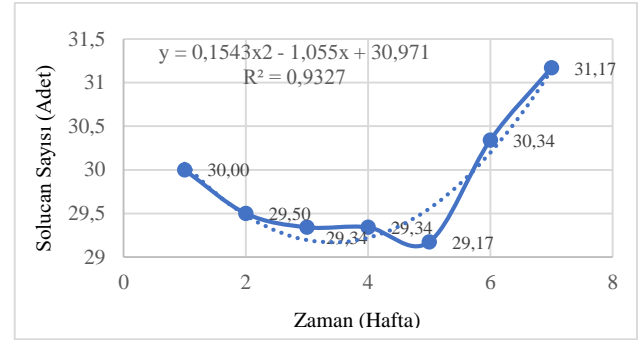
Bitki boy gelişimi haftada bir kez cetvel ile ölçülmüş, yaprak sayısı haftada bir kez sayılarak kayıt altına alınmıştır. Bitki kök boğazı çapı toprak seviyesinden hassas dijital çap ölçer ile 15 hafta boyunca ölçülmüştür. Kök uzunluğu dikim öncesi ve 15. hafta sonunda topraktan sökülen örnekler üzerinde cetvel ile ölçülmüştür. 15. Hafta sonunda topraktan sökülen her bir bitkinin yaprakları, gövdesi ve çiçekleri ayrılmış ve ayrı ayrı tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir.

Verilerin değerlendirilmesi: Farklı niteliklerdeki besi ortamlarından elde edilen katı ve sıvı solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin değişimi Anova ve Varyans analizi ile, besi ortamları arasındaki çoklu karşılaştırma Duncan testi ile yapılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler tablo ve grafik halinde dönüştürülmüştür. İstatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS-23 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR

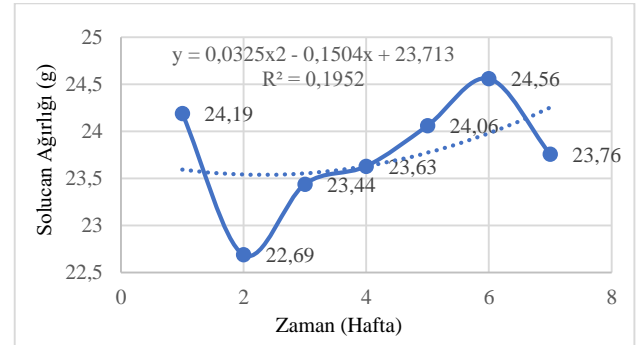
Atık su çamuru (%100) besi ortamında solucan sayıları ilk 5 hafta boyunca azalmış, daha sonra artmıştır (Şekil 2). Atık su çamurunda solucan sayılarının zamana

göre değişiminde $R^2 = 0,9327$ polinomvari bir değişim göstermiştir.



Şekil 2. Atık su çamuru (%100) ortamındaki solucan sayılarının değişimi. Figure 2. Variation of worm numbers in waste water sludge (100%) growing medium.

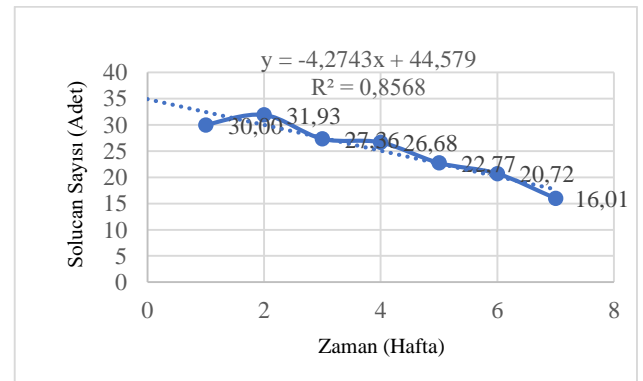
Atık su çamurundaki solucan ağırlığı ilk 2 hafta süresince %6,20 oranında azalmış, ikinci haftadan 6. haftaya kadar artmış, daha sonra tekrar azalmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Atık su çamuru (%100) ortamındaki solucan ağırlıklarının değişimi.

Figure 3. Variation of worm weights in waste water sludge (100%) growing medium.

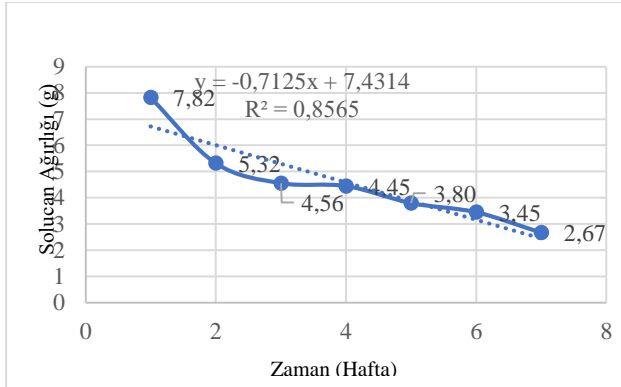
Atık su çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımından oluşan besi ortamındaki solucan sayıları 1. haftada artmış, daha sonra doğrusal bir şekilde azalmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Atık su çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımındaki solucan sayılarının zamana bağlı değişimi.

Figure 4. Variation of worm numbers in waste water sludge (50%) + clayey soil (50%) growing medium.

Atıksu çamuru (%50) +killi toprak (%50) karışımındaki solucan ağırlıkları zaman bağlı olarak doğrusal bir şekilde azalmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Atıksu çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımındaki solucan ağırlığının zamana bağlı değişimi.

Figure 5. Variation of worm weight in wastewater sludge (50%) + clayey soil (50%) mixture.

Besleme materyallerinden elde edilen solucan gübresi içindeki bazı besin maddelerinin değişimi: Araştırma sonucunda en yüksek Ca, Zn, Al, Fe, TOC, TC ve IC değerlerinde atık çamurdan (%100) elde edilen katı solucan gübresinde rastlanırken; en yüksek K, Mg, Na ve Mn değerlerine Atıksu Çamuru (%50) + Killi Toprak (%50) Kontrol numunesinde rastlanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Atık su çamuru (%100) ve atık çamuru (%50) +killi toprak (%50) karışımını besi ortamlarından üretilen katı solucan gübresindeki bazı fiziko-kimyasal parametrelerin değişimi.

Table 2. Variations of some physico-chemical parameters in solid vermicompost produced from wastewater sludge (100%) and waste sludge (50%) + clay soil (50%) feeding material.

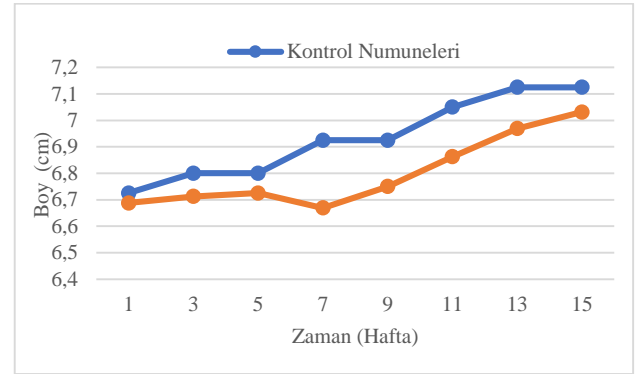
Parametreler	A Atık su Çamuru (%100, Kontrol)	B Atık su Çamuru (%100) gübresi	C Killi Toprak (%100) Kontrol numunesi	D Atık su Çamuru (%50) +Killi Toprak (%50) gübresi
Ca (mg/L)	11878,3±849 ^B	15110± 722,65 ^A	3823±362 ^D	481,7± 546 ^C
K (mg/L)	1406,7±246,81 ^B	1734,6±66,74 ^B	3706,6±413 ^A	043,5±298,96 ^A
Mg (mg/L)	5191,5±859,1 ^C	5996,7±316,5 ^C	9110±1435,8 ^A	500±246,93 ^B
Na (mg/L)	1021,16±145,1 ^{AB}	1117,3±60,45 ^{AB}	1513,7±416,9 ^A	30±143,65 ^B
Mn (mg/L)	244,5±20,62 ^B	289,83±15,31 ^B	1031,5±208,9 ^A	64,5±42,78 ^B
Zn (mg/L)	126,2±6,58 ^B	156±9,82 ^A	103,33±13,58 ^C	34,6±11,88 ^B
Al (mg/L)	24653,3±2408 ^A	28883,3±1582,6 ^A	11190±1271 ^B	083,3±512,6 ^B
Fe (mg/L)	22073±4349,7 ^A	25214,1±890,9 ^A	7966,7±1092,7 ^B	530±301 ^B
TOC (%)	5,73±0,55 ^B	6,64±0,6 ^A	2,03±0,03 ^D	,71±0,26 ^C
TC (%)	5,85±0,40 ^A	6,80±0,88 ^A	2,13±0,147 ^C	,82±0,58 ^B
IC (%)	0,12±0,01 ^B	0,16±0,01 ^A	0,10±0,03 ^B	,11±0,04 ^B

A: Atıksu Çamuru (%100, Kontrol), B: Atıksu Çamuru (%100) gübresi, C: Killi Toprak (%100) Kontrol numunesi, D: Atıksu Çamuru (%50) +Killi Toprak (%50) gübresi, TOC (%): Toplam organik karon, TC (%): Toplam karbon, IC: İnorganik karbon

Atık çamurunun vermicompostlaştırma tekniği ile katı solucan gübresine dönüştürülmesi sonucunda atık çamurunda ölçülen 11 parametrenin tümünde %9-25 arasında değişen oranlarda artış olmuştur. Parametreler arasında en yüksek artış IC miktarında, en düşük artış ise Na değerinde meydana gelmiştir. Ca, Zn, TOC ve IC değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli seviyededir (Tablo 2). Atıksu çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımından oluşan besi ortamından elde edilen gübredeki Ca, TOC, TC ve IC değerleri artarken; K, Mg,

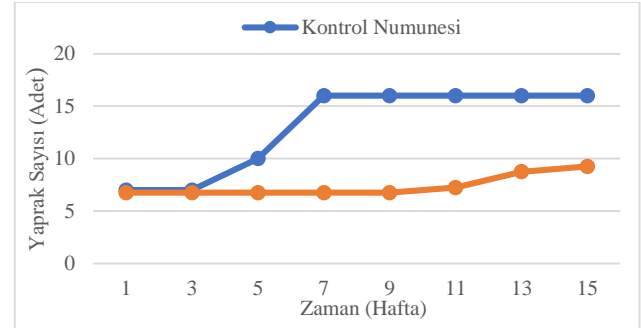
Na, Mn, Zn, Al ve Fe miktarları azalmıştır. Ca, Mg, Na, Mn, Zn, TOC ve IC değerleri arasındaki değişim istatistiksel olarak önemli seviyededir (Tablo 2).

Gübrelemenin *Daphne odora* Thunb. ‘Aureomarginata’'nın gelişimine etkisi: Atık su çamuru (%100) besi ortamından elde edilen vermicompostun *Daphne odora* Thunb. ‘Aureomarginata’'nın gelişimine etkisi gübre uygulanmayan kontrol ortamına kıyasla daha zayıf olmuştur. Atık çamuru (%100) solucan gübresinin *Daphne odora* Thunb. ‘Aureomarginata’'nın boy gelişimi (Şekil 6), yaprak sayısı (Şekil 7), kök boğaz çapı (Şekil 8) ve kök boyu (Şekil 9)’de verilmiştir.



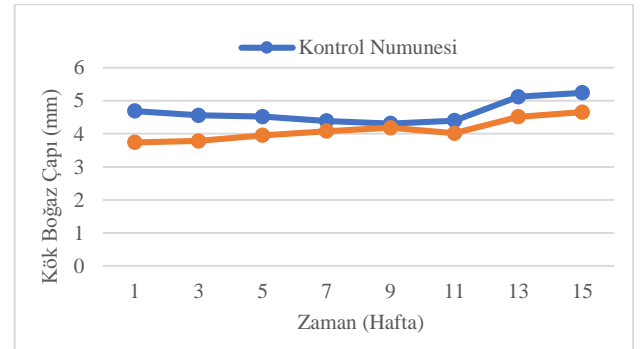
Şekil 6. Atık su çamurdan (%100) elde edilen solucan gübresinin bitki boy değişimine etkisi.

Figure 6. The effect of vermicompost obtained from wastewater sludge (100%) on plant height change.



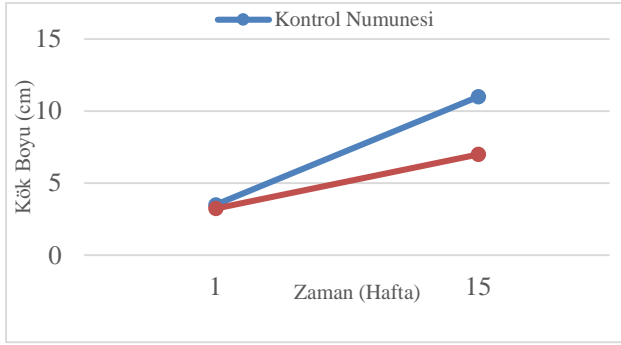
Şekil 7. Atık su çamuru (%100) solucan gübresinin yaprak sayısı değişimine etkisi.

Figure 7. The effect of vermicompost obtained from wastewater sludge (100%) on change in leaf number.



Şekil 8. Atık su Çamurdan (%100) elde edilen solucan gübresinin kök boğaz çapı değişimine etkisi.

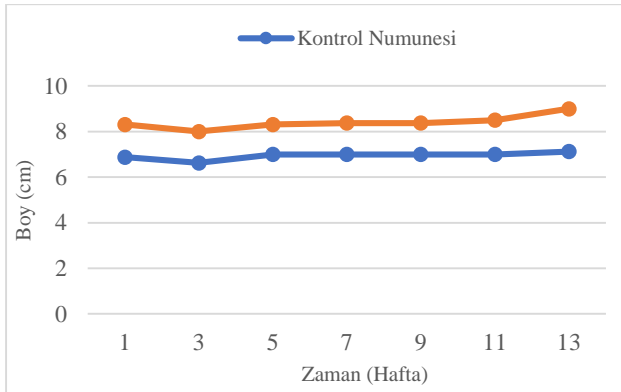
Figure 8. The effects of vermicompost obtained from wastewater sludge (100%) on root collar diameter.



Şekil 9. Atık su (%100) çamurundan elde edilen solucan gübresinin kök boy gelişimine etkisi.

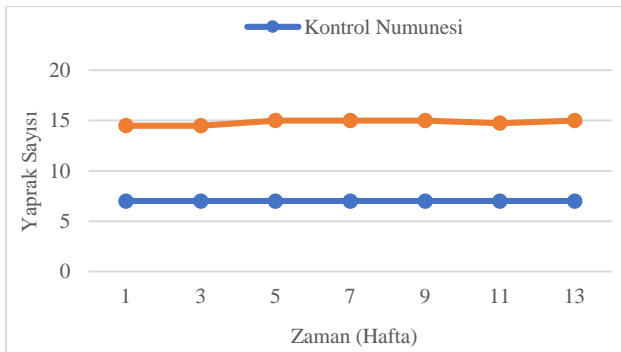
Figure 9. The effect of vermicompost obtained from waste water sludge (100%) on root length development.

Atık çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımı besi ortamından elde edilen vermikompostun *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata'nın gelişimine etkisi gübre uygulanmayan kontrol ortamına kıyasla daha başarılı olmuştur. Atık çamuru (%50) + killi toprak (%50) besi ortamından elde edilen solucan gübresinin *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata'nın boy gelişimi (Şekil 10), yaprak sayısı (Şekil 11), kök boğaz çapı (Şekil 12) ve kök boyu (Şekil 13)'te verilmiştir.



Şekil 10. Atık su (%50) çamuru + killi toprak (%50) besi ortamından elde edilen solucan gübresinin bitki boy gelişimine etkisi.

Figure 10. The effect of vermicompost obtained from wastewater sludge (50%) + clay soil (50%) feeding medium on plant height.

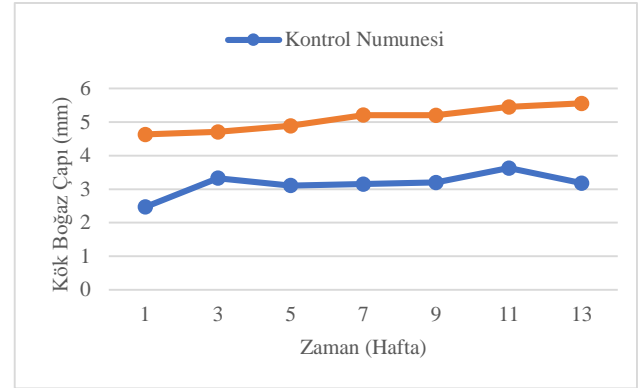


Şekil 11. Atık su çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımlarından elde edilen solucan gübresinin yaprak sayısı değişimine etkisi.

Figure 11. The effect of vermicompost obtained from waste water sludge (50%) + clay soil (50%) feeding medium on the number of leaves.

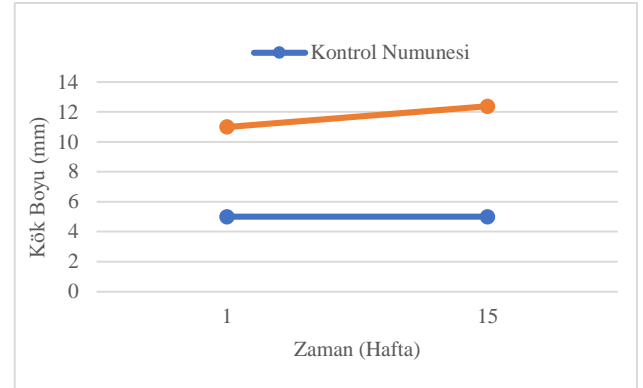
Araştırma sonucunda en yüksek kök gelişimi (Şekil 14), en fazla yaprak sayısı (Şekil 15), en yüksek çiçek ağırlığı (Şekil 17) atık su çamuru (%50) + killi toprak

(%50) solucan gübresinin uygulandığı bitkilerden elde edilmiştir. En düşük kök ağırlığı (Şekil 14), en düşük çiçek ağırlığı (Şekil 17) ve en düşük toplam toprak üstü biyokütle (Şekil 18) atık su çamuru (%50) + killi toprak (%50) kontrol karışımlarında elde edilmiştir.



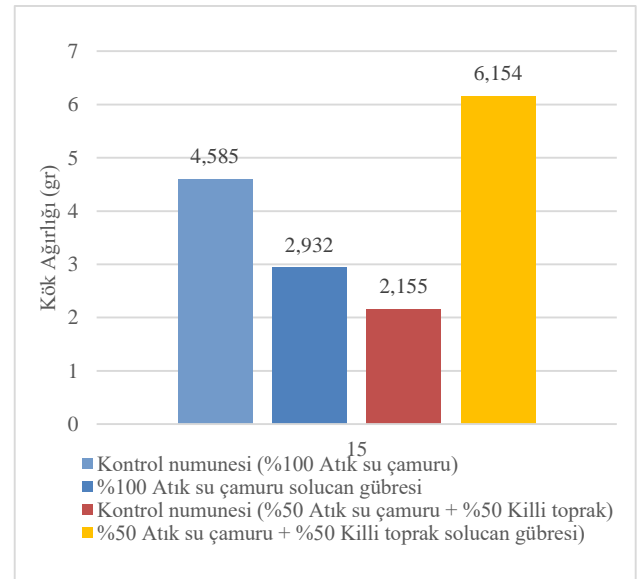
Şekil 12. Atık su çamuru (%50) + killi toprak (%50) solucan gübresinin kök boğaz çapı değişimine etkisi.

Figure 12. The effect of vermicompost obtained from waste water sludge (50%) + clay soil (50%) feeding medium on root collar diameter.



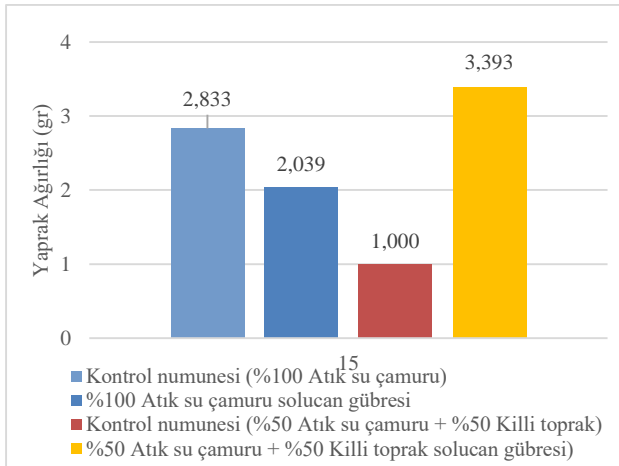
Şekil 13. Atık su çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımında elde edilen solucan gübresinin kök gelişimine etkisi.

Figure 13. Variation of root growing in vermicompost obtained from wastewater sludge (50%) + clay soil (50%) on root growth.



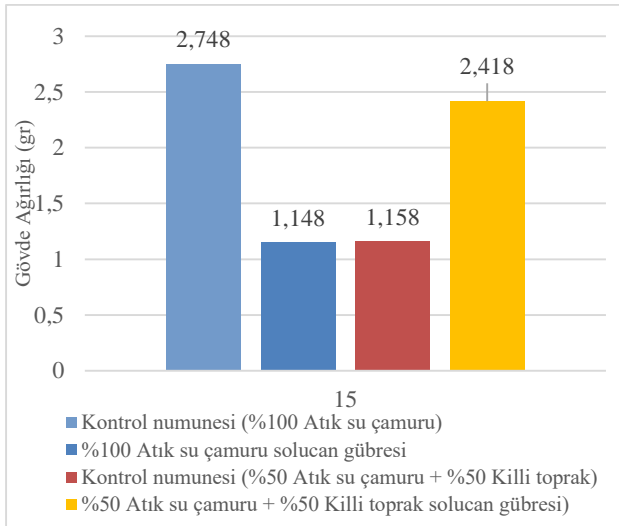
Şekil 14. Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübresinin kök ağırlığına etkisi.

Figure 14. The effect of vermicompost obtained from different growing media on root weight.



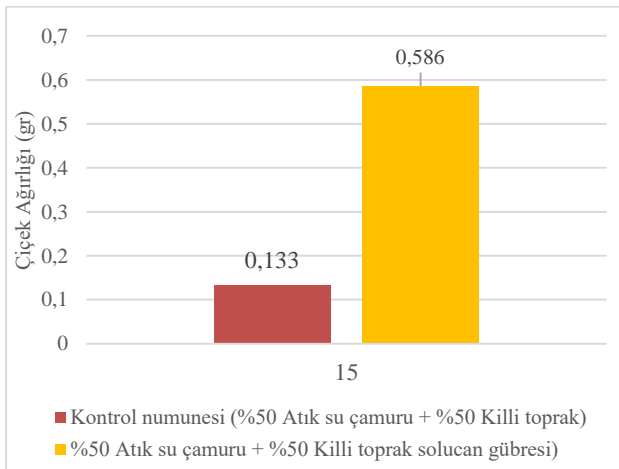
Şekil 15. Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübresinin yaprak ağırlığına etkisi.

Figure 15. The effect of vermicompost obtained from different media on leaf weight.



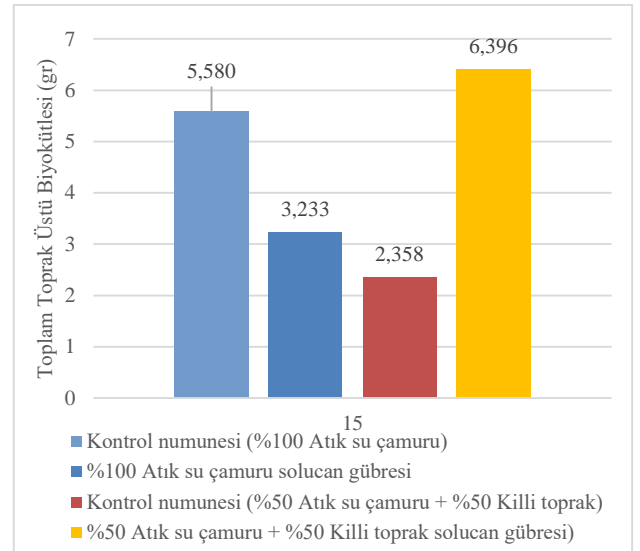
Şekil 16. Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübresinin gövde ağırlığına etkisi.

Figure 16. The effect of vermicompost obtained from different media on stem weight.



Şekil 17. Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübresinin çiçek ağırlığına etkisi.

Figure 17. The effect of vermicompost obtained from different media on flower weight.



Şekil 18. Farklı besi ortamlarından elde edilen solucan gübresinin toprak üstü biyokütleye etkisi.

Figure 18. The effect of vermicompost obtained from different growing media on above ground biomass.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Solucanlar, organik atıkları sindirim sistemi yoluyla fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişikliklere neden olurlar (Suthar, 2010). Solucanlar, azotlu boşaltım ürünleri, mukus, vücut sıvısı, enzimler ve hatta solucanların çürüyen ölü dokularını solucan gübresi alt sistemine ekleyerek sindirim sırasında bağırsaklarındaki azot seviyelerini artırabilir (Suthar, 2007). Organik atığın yapısı, nitrojen miktarı ve mineralizasyonu, son vermicomposttaki nitrojen çıkışı üzerinde etkilidir. Vermikomposttaki N içeriğinin artmasının organik maddenin mineralizasyonunda etkili olduğu söylenebilir. Fosfat içeriği, solucan aktivitesi nedeniyle fosforun mineralizasyonuna ve mobilizasyonuna bağlanır. Solucanların tükettiği hammaddelerin içerik ve kalitesinin ve vermicompostlama işleminin yetiştirme ortamlarındaki fosfor miktarını değiştirmede etkili olduğu düşünülmektedir. Ansari ve Rajpersaud (2012) solucanların organik maddedeki fosfatların salınmasında önemli bir rol oynadığını ifade etmektedir. Basit kompost ve substrat ile ilişkili olarak solucan gübresinin K değerindeki artış, muhtemelen bağırsaktan geçiş sırasında biyolojik öğütme nedeniyle organik atık maddenin fiziksel ayrışmasından ve solucanın bağırsağında enzimatik aktivite ile birleşmesinden kaynakladığı düşünülmektedir (Rao ve diğerleri, 1996). Solucanın bağırsağında bulunan mikroorganizmalar, muhtemelen mikrobiyal enzimler üreterek çözünmeyen potasyumu çözünür forma dönüştürmüştür (Kaviraj ve Sharma, 2003). Organik kökenli atıkların vermicompostlaştırma öncesinde herhangi bir ön işleme (örneğin: oksijenli veya oksijensiz ortamlarda çürütme, materyallerin öğütülmesi, vb) tabi tutulmaması, C:N oranı, pH gibi parametrelerin değişmesi

herhangi bir ön işlem yapılmamasının vermikompost sürecine ve çıkan ürünün kimyasal içeriğine etki ettiği söylenebilir. Organik atığın yapısı, nitrojen içeriği miktarı ve mineralizasyonu, son vermikomposttaki nitrojen çıkışı üzerinde etkilidir. Vermikomposttaki N içeriğinin artmasının organik maddenin mineralizasyonunun etkili olduğu söylenebilir. Fosfat içeriği, solucan aktivitesi nedeniyle fosforun mineralizasyonuna ve mobilizasyonuna bağlanır. Solucanların tükettiği hammaddelerin içerik ve kalitesinin ve vermikompostlama işleminin yetiştirme ortamlarındaki fosfor miktarını değiştirmede etkili olduğu düşünülmektedir Ansari ve Rajpersaud (2012) solucanların organik maddedeki fosfatların salınmasında önemli bir rol oynadığını ifade etmektedir. Atıklar vermikompostlaştırmaya alınmadan önce herhangi bir ön işlemin (örneğin atıkların çürütülmesi, öğütülmesi, C:N dengesinin sağlanması, pH düzenlemesi vb) yapılması vermikompost sürecine ve elde edilen vermikomposttaki fiziko kimyasal özelliklere etki ettiği söylenebilir. Ayrıca atık çamuru türü, atık çamurunun karışım içeriği bir yandan vermikompostlaşma süresi üzerine, diğer yanda vermikomposttaki fiziko-kimyasal parametreler üzerinde etkili olmaktadır. Atık çamuru (%50) + killi toprak (%50) karışımından elde edilen solucan gübresi control ortamlarından elde edilen solucan gübrelerine kıyasla *Daphne odora* Thunb. 'Aureomarginata' denemelerindeki bitki kök ağırlığı, gövde ağırlığı, çiçek ağırlığı ve toplam toprak üstü biyomas ağırlığında daha başarılı sonuçlar ortaya koymuştur.

TEŞEKKÜR

Bu proje TÜBİTAK 2209-A 2020/2 kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akyurt, S. (2018).** *Evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının toprak solucanları ile kompostlanması ve vermikompost kalitesinin belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ, Türkiye, 48s.
- Ansari, A.A. & Rajpersaud, J. (2012).** Physicochemical changes during vermicomposting of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and grass clippings. *International Scholarly Research Network ISRN Soil Science*, Article ID.984783:1-6. DOI: 10.5402/2012/984783
- Chattopadhyay, A. (2014).** Effect of vermish and vermicompost on an ornamental flower, *Zinnia*

sp. *Journal of Horticulture* 1(3). DOI: 10.4172/2376-0354.1000112

- Dindar, N. (2008).** *Arıtma çamuru verilen tarım topraklarında solucan aktivitesinin azot formlarına ve toprak enzim aktivitesine etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa, Türkiye, 139s.
- Kaviraj, & Sharma, S. (2003).** Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. *Bioresource Technology*, 90(2), 169-173. DOI: 10.1016/S0960-8524(03)00123-8
- Rao, S., SubbaRao, A. & Takkar, P.N. (1996).** Changes in different forms of K under earthworm activity. *Proceedings of the National Seminar on Organic Farming and Sustainable Agriculture.* 9-11 October 1996, South India, 50.
- Radovich, T.J.K., N.V. Hue, N.V., Arancon, N.Q., (2011).** Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Science & Utilization*, 19(4), 279-292.
- Suthar, S. (2007).** Nutrient changes and biodynamics of epigeic earthworm *Perionyx excavatus* (Perrier) during recycling of some agriculture wastes. *Bioresource Technology*, 98(8), 1608-1614. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.06.001
- Suthar, S. (2010).** Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: comparison with smallscale vermireactors. *Ecological Engineering*, 36(5), 703-712. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2009.12.016
- Türkay, F.Ş.H. (2010).** *Fındık zuru ve arıtma çamurunun solucanlar ile kompostlanması ve elde edilen vermikompostun sera ve tarla koşullarında toprakların biyolojik özelliklerinde meydana getirdiği etkilerin belirlenmesi.* Doktora Tez, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun, Türkiye, 166s.
- Türüt, K. (2018).** *Demlenmiş çay atığı ve evsel yemek atıkları ile beslenen kırmızı Kaliforniya solucanından elde edilen katı solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Rize, Türkiye, 45s.
- TUİK. (2018).** Belediye İstatistikleri, Sayı, 30667, Yayın Tarihi: 18 Ekim 2019. <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.d?o?id=30667>
- Uluğ, Z. (2018).** *Solucan gübresi ve mikoriza kullanımının fasulye ve soğanda bitki gelişimi ve verim üzerine*

etkileri. Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Malatya, Türkiye,71s.

- Yüksek, T., Verep, B. & Baltacı, C. (2017).** Investigation of vermiwash obtained from californian red worm which fed cow dung in terms of trace and nutrient elements. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science And Technology*, 5(8), 986-991.
- Yüksek, T., Atamov, V. & Türüt, K. (2019).** Demlenenmiş çay atığı ve evsel yemek atıkları ile beslenen kırmızı Kaliforniya solucanından elde edilen katı solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(2), 263-271.
- Yüksek, T., (2019).** Farklı tip yemle beslemenin kırmızı Kaliforniya solucanında solucan sayısı ve ağırlığına etkisinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(1), 1-6.
- Yüksek, T. (2022).** Effect of Different Feeding Materials on the Trace and Nutrient Elements of Vermicompost Using *Eisenia fetida*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 7(2), 100-104.
- Yüksek, T., Oğuztürk, T. Çorbacı, Ö.L. Soyyiğit F. & Delibaş C. (2019).** Solucan gübresi ve torf uygulamalarının farklı saksı ortamında *Plectranthus amboinicus* (Lour.) bitkisinin gelişimine etkisi. 3. Uluslararası GAP Matematik Mühendislik Fen ve Sağlık Bilimleri Kongresi, 29 Kasım-1 Aralık 2019, Şanlıurfa, Türkiye, 99-109.
- Yüksek, T., Oğuztürk, T. & Çorbacı, Ö.L. (2020).** Solucan gübresi ve torf uygulamalarının farklı saksı ortamında *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng Bitkisinin Gelişimine Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(4), 743-749.
- Yüksek, T. & Yüksek, F. (2017).** İnek gübresi, toprak ve farklı tip çay atığı karışımları ile beslenen kırmızı Kaliforniya solucanından elde edilen katı solucan gübresindeki bazı bitki besin elementlerinin belirlenmesi (TÜBİTAK-Hızlı Destek Başvuru Proje Metni).