

Araştırma Makalesi

Toprağa Karıştırılan Asma Budama Atıkları Kompostu ve Çay Çöpü Kompostunun *Eisenia fetida* ve *Octodrilus transpadanus* (Annelida-Clitellata) Topraksolucanı Yönelimlerine Etkisi

Cafer TÜRKMEN^{1*}, Esra ŞAHİN², Alper DARDENİZ², Nuray Mücellâ MÜFTÜOĞLU¹

¹ÇOMÜ Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. 17100/Çanakkale

²ÇOMÜ Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü. 17100/Çanakkale

*Sorumlu yazar: turkmen@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 17.03.2018

Düzeltilme Geliş Tarihi: 05.06.2018

Kabul Tarihi: 19.06.2018

Özet

Artan dünya nüfusu daha fazla tarımsal ürün ihtiyacı doğurmuş, artan üretim ise tarımsal atıkların miktarını giderek artırmıştır. Tarımsal atıklara, ülkemizdeki tarımsal üretim bakımından birçok üründe ilk on sıraya giren Çanakkale ilinde de sıklıkla rastlanılmaya başlanmıştır. Bu durum, tarımsal atıkların çevre boyutu ve toprak verimliliği gibi amaçlarla yeniden değerlendirilmesi veya giderimi konularına yönelik bilimsel çalışmalar yapılmasını gerektirmiştir. Bu kapsamda, Çanakkale ili bağ alanlarında her yıl budama sonrası açığa çıkan asma atıklarından elde edilen 'Asma Budama Atıkları Kompostu (AK)' ile Rize çay fabrikalarından elde edilen 'Çay Çöpü Kompostu (ÇK)'nin materyal olarak kullanıldığı bir araştırma kurgulanmıştır. Her iki tarımsal atığın kompost haline getirilmesinin ardından, kompostlar kuru madde esasına göre %0 (kontrol), %1 ve %3 seviyelerinde toprağa karıştırılarak, üçer tekerrürlü olacak şekilde iki boyutlu (2 Dimention: 2D) şeffaf cam düzeneklere alınmıştır. Düzeneklerdeki karışım tarla kapasitesine kadar nemlendirilerek, düzeneklere iki farklı türden 3'er adet solucan (*Eisenia fetida* ve *Octodrilus transpadanus*) bırakılmıştır. Üç gün 18°C'de inkübasyon sonrası 2D düzeneklerindeki solucan hareketlerine bağlı oluşan 'Galeri Alanları (GA)' ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre; her iki solucan türünün kontrol grubunda (hiç bir karışım yapılmayan düzeneklerde) 2D düzeneğinin her iki tarafındaki GA arasındaki farklılık önemli olmamıştır ($p>0,05$). Bir tarafı kontrol ve diğer tarafında karışımların olduğu düzeneklerde, *O. transpadanus* türü solucan konulan %1 ÇK uygulamasında, uygulama yapılan tarafta ölçülen GA, kontrole göre daha yüksek olmuştur ($p<0,05$). *E. fetida* konulan hiç bir AK ve ÇK seviyelerinde, GA değerleri arasındaki farklılık önemli seviyelere ulaşmamıştır ($p>0,05$). Bu çalışmada, iki ayrı solucan türünün toprağa karıştırılan farklı organik materyallere yönelimlerinin farklılık gösterdiği, *O. transpadanus* türünün kompostlanmış organik materyallere yönelimlerinin *E. fetida* türüne kıyasla daha fazla olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Asma budama atığı, çay çöpü, kompost, solucan.

The Effect of Soil Mixed Vineyard Pruning Waste Compost and Tea Waste Compost on Preference of *Eisenia fetida* and *Octodrilus transpadanus* (Annelida–Clitellata) Earthworms

Abstract

Increasing population of the world is in need of more agricultural product, and in the same time, the increased production is also increased the amount of agricultural waste. Agricultural wastes are also frequently encountered in Çanakkale province, which has entered the top ten ranks in terms of agricultural production in our country. This necessitated the re-evaluation of agricultural wastes for purposes such as environmental size and soil fertility, or scientific studies on the disposal of agricultural wastes. In this context, a research was carried out in which 'Vineyard Wastes Compost (VWC)', which is come out after each year pruning practices from Çanakkale vineyard areas, and 'Tea Waste Compost (TWC)' obtained from Rize tea factories are used as material. After composting of both agricultural wastes, the composts were taken in two-dimensional (2D) clear

glass jars, with three replicates, mixed with soil at 0% (control), 1% and 3% levels on their dry matter basis. The mixture in the devices was humidified according to field capacity then releasing 3 earthworms to each jar from two different species of earthworms (*Eisenia fetida* and *Octodrilus transpadanus*). The species are incubated for 3 days at 18 °C in the given devices then the 'Gallery Areas (GA)' in 2D devices were measured in accordance to earthworm movement. According to obtained data, in the case of two different earthworm species, the difference between the GA in both sides of the 2D system in the case of no mixing (control group) was not important significantly ($p > 0.05$). In the 1% TWC application with *O. transpadanus* earthworm species, the GA measured on the TWC side was higher than that of control ($p < 0.05$) where there the control treatments were on one side and the mixture treatments on another side. At no VWC and TWC levels with *E. fetida*, the difference between GA values did not reach significance level ($p > 0.05$). In this study, it was determined that the avoidance and preferences of two different earthworm species towards different organic materials mixed with soil were upper from those of the *E. fetida* earthworm species with respect to composted organic material of *O. transpadanus* earthworm species.

Keywords: Vineyard pruning waste, tea waste, compost, earthworm.

Giriş

Tarımsal ürünlerin hasadı sırasında ve işlenmeleri sonrasında pek çok atığın ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu atıkların önemli bir kısmı organik karakterli olup çiftçiler tarafından yakılmakta ya da tarla dışında çeşitli ortamlara atılmaktadır. Bu atıkların bir kısmı da hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Tarımsal ürünlerin hasadı sonucunda, kullanılmayan bu atıkların bertaraf edilmesi işlemlerinde ve yakılmaları sonucu hava, su ve toprak gibi alıcı ortamlar üzerinde büyük problemler oluştuğu gözlenmektedir.

Organik atıkların oksijenli şartlarda mikrobiyal olarak parçalanmaları sonucunda oluşan bitki besin elementleri ve organik maddece zengin, sağlık yönünden patojen içermeyen, humus görünümünde durağan haldeki son ürüne kompost adı verilmektedir (Öztürk ve ark., 2010).

Topraklara kompost ve organik madde katmak, besin maddelerinin uzun süre tutulmalarını ve yavaş salınımlarını sağlayarak ürün verimini artırmaktadır. Aynı zamanda toprak mikrobiyal biokütlesi artış göstermekte ve toprakların fiziksel özellikleri gelişmektedir (Bertan ve ark., 2003; Öztürk ve ark., 2010).

Dominguez ve Edwards (2011), toprakta yer alan mikro ve makro besin elementlerinin daha iyi ve uzun sürede kullanılması amacıyla yönelik olarak vermikompostun, bitkilerin istediği zamanda ve formda alabilecekleri besin maddeleri içerdiğini ve yavaş salınımlı olduğunu belirtmişlerdir.

Budama atıklarının diğer bitkisel veya hayvansal atıklar ile aynı ortamda tutulması sonucu kompost elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bağ alanlarında dinlenme dönemi içerisinde gerçekleştirilen budama sonucunda elde edilen atıklar evlerde yakacak olarak ya da doğaya geri dönüşüm amacıyla kompost yapımında kullanılmaktadır. Bununla birlikte, budama atıkları bağda yakılarak veya toprağa yığılı şekilde gömülerek imha edilebilmekte, bir kısmı ince ince

kiyılarak yeniden bağ toprağına karıştırılmak suretiyle toprak zenginleştirilmektedir. Bazen ise budama atıklarının bağ yakınlarındaki yol kenarında yığılı şekilde terk edildiği görülmektedir. Bu son yöntem, özellikle mildiyö, ölükol ve külleme gibi mantari hastalıkların yayılmasına büyük ölçüde zemin hazırlamaktadır.

Ülkemizin bir diğer kompost ham madde kaynağı ise çay atıklarıdır. Çay atıkları ülkemizde işlenen çayın %10'u civarındadır, bazen ihtiyaç fazlası yaş çayın imhası ile bu atıklar daha da artmaktadır (Öksüz, 1985). Çay atıklarının tuzluluklarının düşük ve su tutma oranlarının yüksek olduğu (kendi ağırlığının 2,6 katı) ve bitki yetiştirme ortamı olarak başarılı sonuçların elde edildiği belirtilmektedir (Kütük ve ark., 1996; Kütük, 2000).

Solucanlar organik atıkları sindirerek kısa sürede mineralize olmalarını ve geri dönüşümünü sağlayan önemli canlılardır. Solucan gübresi olarak bilinen vermikompost, son yıllarda bahçe ve saksı çiçekçiliğinde doğal organik gübre olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Topraksolucanları aktifken bir günde kendi ağırlıklarının 1,5 katı toprağı karıştırabilmekte, bu da yıllık dekar başına 37,5–50,0 ton toprağı solucanlar tarafından işlendiği anlamına gelmektedir (Mısırlıoğlu, 2011). Solucanların, toprak azot döngüsü (Lee, 1985) kayıpları ile erozyon yoluyla toprak kayıplarının azaltılmasında önemli rolleri bulunmaktadır. Araştırmalar, solucanların açtıkları galeriler nedeniyle eğimli çayırda yüzey akışını yarı yarıya azaltarak erozyonu önemli seviyede önlediklerini belirtmektedirler (Mısırlıoğlu, 2011; Edwards, 2013).

Solucanların taze organik materyallerce zengin, nemli ve sıcak topraklarda fazlaca bulunduğu eskiden beri bilinmektedir (Darwin, 1881; Evans, 1947; Fuller, 1954). Son yıllarda solucanların toprak kalitesini belirleme yönüyle biyolojik indikatör olarak ele alınma düşüncesi,

bilim adamlarını bu yöndeki araştırmalara (Evans, 1947; Graff, 1953; Fuller, 1954; Dunger, 1983; Paoletti ve ark.,1998; Fründ ve ark., 2009; Türkmen ve ark., 2013; Lowe ve ark., 2016; Dawood ve ark., 2017) yönelten önemli bir gelişme olmuştur.

Bu araştırma, topraklara karıştırılan farklı ortamların (asma budama atıkları kompostu ve çay çöpü kompostu) solucanların yönelimlerine etkisini belirlemek için iki tür topraksolucanı ile belirlenmesi için kurgulanmıştır. Solucanların açtıkları galeri alanlarının bilinmesi yoluyla solucanların ortamlar arasındaki yönelimlerinin belirlenmesi pek çok pahalı cihaz-donanım gerektiren analizlere göre daha ekonomik ve ekolojik bir yöntemdir (Türkmen ve ark., 2013). Solucanlarla ilgili çalışmaların ülkemizde de artırılması gerekmektedir.

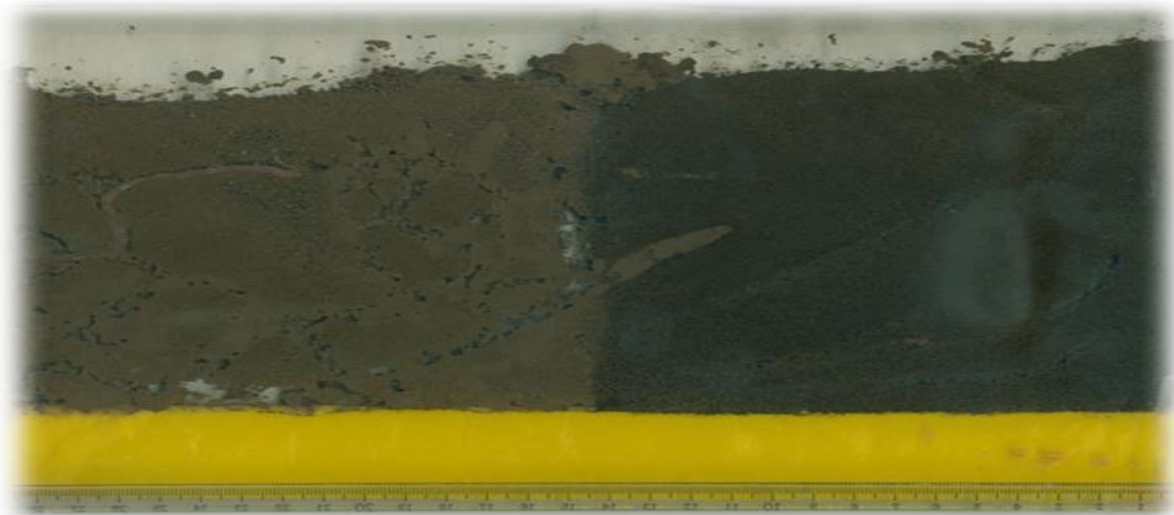
Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, 'ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Çiftliği Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Birimi'nde bulunan 'Sofralık Üzüm Çeşitleri Araştırma ve Uygulama Bağ'ından kış döneminde elde edilen asma kış budama atıkları ile Rize çay fabrikalarından alınan çay çöplerinden, Çizelge 1.'de özellikleri belirtilen iki ayrı kompost hazırlanmıştır. Üniversitemizin Dardanos Yerleşkesi toprakları ile Çanakkale ilinin Sarıçay mevki çay kenarından toplanan Lumbricidae familyasına ait *Octodrilus transpadanus* ve solucan kompostu üretiminde yaygın olarak kullanılan *Eisenia fetida*

türü solucanlar bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan 2D düzenekleri, Din-A4/ 21,0x29,7x0,4 cm ebatlarına göre kesilmiş camlardan hazırlanmıştır. Kesilen camların her iki tarafından aralarına 4'er mm'lik birer ahşap çita konulmuş, alt taraflarına ise toprağın suyu çekebilmesi ve dökülmemesi için temiz bir bez yerleştirilerek dört köşesinden yaylı birer kısıkaç yardımıyla sıkıştırılarak (Dunger, 1983; Leibner ve ark., 2008; Fründ ve ark., 2009; Fründ ve ark., 2011) düzenekler hazırlanmıştır. Araştırmada toplam 20 adet düzenek kullanılmıştır. Hazırlanan bu düzeneklerin tam ortalarından, iki cam arasına uygun bir çubuk yerleştirilerek düzenekler iki bölmeye ayrılmıştır. Ayrılan bölmelerden birine 2 mm'den elenmiş 100'er g kontrol grubu toprağı, diğer bölmeye ise yine 100'er g kompost uygulaması yapılan toprak konulmuştur (Şekil 1.).

Araştırma ürünü kompostlar, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi tesislerinde elde edilmiştir. Bu süreçte kullanılan materyaller önce kurutulup öğütüldükten sonra, kompost oluşumunu başlatmak için kuru madde cinsinden 1:1 oranında keçi gübresi ile (7.5 kg öğütülmüş budama artığı/çay çöpü: 7.5 kg keçi gübresi) karıştırılmış ardından ortama %60 nem seviyelerine ulaşacak kadar su ilave edilmiştir. Sık sık havalandırılarak ve nemleri kontrol edilerek dört aylık süreç sonunda stabil hale gelen kompost materyalleri temel özellikleri belirlenerek kullanılmıştır (Çizelge 1).



Şekil 1. Solucanların görünür hale getirildiği 2D düzenek (sol bölme toprak, sağ bölme kompost karıştırılmış toprak) (orijinal).

Dardanos Yerleşkesi'nden alınan topraklar 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra, her iki organik materyalden elde edilen kompostlar 100 g toprağı kuru madde ve ağırlık esasına göre %0, %1, %3 oranlarında karıştırılmıştır. Üçer tekerrürlü olarak

2D sistemlere yerleştirilen karışımlar tarla kapasitesine kadar nemlendirildikten sonra, her bir 2D düzeneğin ortasından, eşit ağırlıklardaki üçer adet solucan cam levhalar arasındaki nemli

topraklara yerleştirilmiştir. Bu işlemler her iki solucan türü için de tekrar edilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan kompostların ve toprağın bazı özellikleri*

İncelenen özellikler	Asma kompostu	Çay kompostu	Toprak	Analiz metodu
Organik C (%)	33,30	43,93	1,35	(Modifiye Dumas, Kirsten, 1983)
pH	8,37	5,90	8,12	(1:2,5 Toprak:Su, Richards, 1954)
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	576	2185	420	(1:2,5 Toprak:Su, Richards, 1954)
N (%)	3,20	1,93	0,071	(Modifiye Dumas, Kirsten, 1983)
P (ppm)	36,82	13,30	322,67	(Olsen, 1954)
K (ppm)	124,50	86,56	173,35	(DTPA; Lindsay ve Norvell, 1978)
Fe (ppm)	3878	1019	2341	(DTPA; Lindsay ve Norvell, 1978)
Cu (ppm)	186,70	80,08	896	(DTPA; Lindsay ve Norvell, 1978)
Zn (ppm)	813,10	222	42,44	(DTPA; Lindsay ve Norvell, 1978)
Mn (ppm)	877,30	4172	33	(DTPA; Lindsay ve Norvell, 1978)
CaCO ₃ (%)	-----	-----	11,86	(Allison ve Moodie, 1965)
Bünye	-----	-----	Tın (%51 Kum, %35 Tın, %14 Kil)	(Bouyoucos, 1951)

*: Temel toprak analizleri ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarlarında, mikro element analizleri ise ÇOMÜ ÇOBİLTUM Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında ICP–OES cihazında yapılmıştır.

Solucanlar sisteme yerleştirildikten sonra bant yardımıyla açık kalan üst kısımlar kapatılmış ve havalanma sağlanması için bant üzerine küçük delikler açılmıştır. Tüm düzenekler hazırlandıktan sonra, +18°C'ye ayarlanmış inkübatöre aktarılmıştır. Solucanların inkübatörde üç gün ışık almayacak şekilde bekletilmelerinin ardından, açtıkları galerilerin belirlenmesi amacıyla düzeneklere laboratuvar ortamında asetat kâğıdı yerleştirilmiş ve tüneller asetat kalemleri ile çizilmiştir. Asetatlara alınan alanlar kapalı ve taralı hale getirildikten sonra, solucanların açtığı tünel alanları WinRHIZO Basic Pro–2007 kök programı yardımıyla (WinRHIZO Basic Pro–2007, Regent Instruments Inc., Quebec) 1 cm² referans okuması yapılarak ölçülmüştür (Gallagher ve ark., 2015).

Kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki galeri alanları MİNİTAB 16.0 paket programı ile varyans analizine tabi tutulmuş (One–way ANOVA) ve gruplar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile ortaya konulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Elde edilen veriler Çizelge 2. ile Şekil 2. ve Şekil 3.'te sunulmuştur. Her iki solucan türü için de, hiç bir karışım yapılmayan kontrol toprağı ile katkılı toprak arasında, 2D düzeneklerinin her iki tarafındaki solucanların galeri alanları arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$). Bu durum, solucanların 2D düzeneklerin her iki tarafında (kontrol toprağı ile katkılı toprak) yaklaşık olarak eşit miktarlarda gezindiği anlamına gelmektedir. Araştırma açısından oldukça önemli olan bu sonuç, diğer deneme konularındaki

farkların tesadüfi olmadığının göstergesidir (Çizelge 2.).

Bir tarafı kontrol toprağı ve diğer tarafında kompost karışımlarının olduğu düzeneklerde, *E. fetida* solucan türü konulan hiç bir düzenekte ne asma budama atıkları kompostu ne de çay çöpü kompostunun hiçbir seviyesinde, galeri alanları arasındaki farklılık önemli seviyelere ($p>0,05$) ulaşmamıştır. Ancak, *O. transpadanus* solucan türünün %1 çay çöpü uygulamasında çay çöpü uygulanan tarafta ölçülen galeri alanı (2046 mm²), bu düzenekteki kontrole (1349 mm²) kıyasla daha yüksek ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 2.).

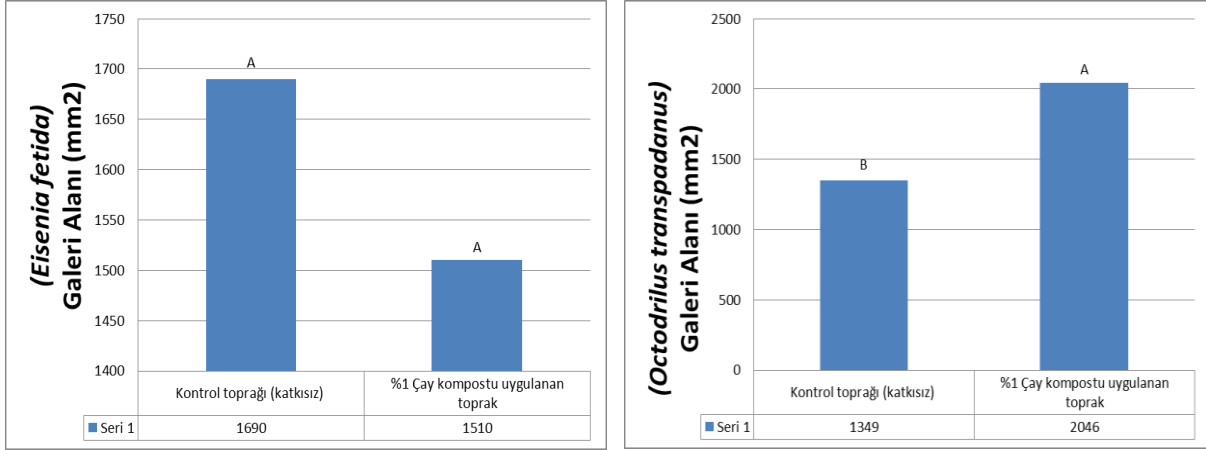
E. fetida türünün uygulama alanları içerisinde, toprağına %3 oranında karıştırılan çay çöpü kompostunda rakamsal olarak en yüksek galeri alanı (1821 mm²) oluşurken, toprağına %3 oranında karıştırılan asma budama atıkları kompostunda en düşük galeri alanı (662 mm²) meydana gelmiştir (Çizelge 2.). *O. transpadanus* türünün uygulama alanları içerisinde, toprağına %3 oranında karıştırılan asma budama atıkları kompostunda rakamsal olarak en yüksek galeri alanı (2202 mm²) oluşurken, toprağına %1 oranında karıştırılan asma budama atıkları kompostunda en düşük galeri alanı (1866 mm²) meydana geldiği görülmektedir (Çizelge 2.). Ayrıca *O. transpadanus* türünün *E. fetida* türüne kıyasla uygulama alanlarında daha fazla galeri oluşturduğu dikkati çekmektedir (Şekil 3.).

Çizelge 2. *Eisenia fetida* ve *Octodrilus transpadanus* türü solucanların oluşturdukları galeri alanları

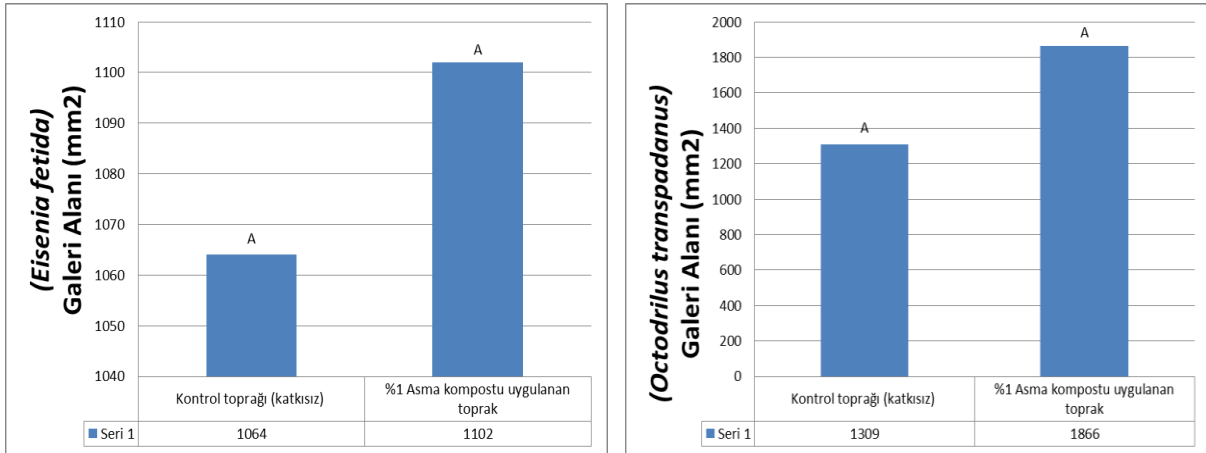
Ortam	<i>E. fetida</i> türü galeri alanları (mm ²)			<i>O. transpadanus</i> türü galeri alanları (mm ²)		
	Kontrol toprağı	Katkılı toprak	P değeri	Kontrol toprağı	Katkılı toprak	P değeri
Toprak	1428	1394	0,893	2315	2356	0,896
%1 Asma	1064	1102	0,887	1309	1866	0,117
%3 Asma	961	662	0,228	1466	2202	0,152
%1 Çay	1690	1510	0,560	1349 B*	2046 A	0,029**
%3 Çay	1212	1821	0,230	1627	1915	0,156

*: Aynı satırdaki farklı harfler uygulamalar arasındaki istatistik farkı nitelemektedir.

** : P<0.05.



Şekil 2. *Eisenia fetida* ve *Octodrilus transpadanus* türü solucanlarının katkısız toprak ile %1 çay çöpü kompostu uygulanan topraktaki galeri alanları (mm²).



Şekil 3. *Eisenia fetida* ve *Octodrilus transpadanus* solucanlarının katkısız toprak ile %1 asma budama atıkları kompostu uygulanan topraktaki galeri alanları (mm²).

Bu araştırmada, *O. transpadanus* solucan türünde %1 çay çöpü kompostu bulunan toprak ile bu gurubun kontrolü kıyaslandığında, galeri alanları arasında önemli bir farklılık bulunduğu görülmüştür (Şekil 2.). Araştırmada kullanılan *E. fetida* solucan türünün ise gerek çay çöpü kompostu gerekse asma budama atıkları kompostuna yöneliminin kontrole kıyasla rakamsal olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.). Ancak kompostların %1 ve %3 seviyelerine göre solucanların yönelimleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılık olmamıştır (Çizelge 2.). Dominguez ve

Edwards (2011), epijeik türlerin (*E. fetida* bu gruptadır) organik materyallere daha toleranslı olduğunu ve endojeik türlerin (*O. transpadanus* bu gruptadır) epijeik türlere kıyasla daha iri boyutlarda olduklarını belirtmişlerdir. Bu durum, bu araştırmada belirtilen 2D sistemdeki *O. transpadanus* türünün galeri alanlarının *E. fetida* türüne kıyasla toplamda daha yüksek galeri alanı oluşturmasını açıklayabilir.

Türkmen ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada çeşitli organik materyallere solucanların yönelimlerini izlemişler ve kontrol grubu

düzeneklerindeki tünel alanları ile organik madde katkılı taraflardaki tünel alanları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada benzer olarak, solucanların kontrol grubu ile diğer grupların toprak tarafındaki alanlar dikkate alındığında farklılık olmadığını, yani solucanların organik materyallere yönelimlerinin tesadüfi olmadığını belirtmişlerdir.

Lowe ve ark. (2016), solucanların kaçınım testinin doğrusal kirlilik ölçütleri ile test edilmesinin yararlı olabileceğini vurgulayarak standart kaçınım testinin (ISO 17512-1, 2008) geliştirilebileceğini, kullandığı iki farklı solucan (*L. rubellus* ve *O. cyaneum*) ile yaptıkları çalışmalarında tekrar vurgulamışlardır. Bunlardan *O. cyaneum* türünün çalışılan kirlilik konusunda daha hassas olduğunu belirtmişlerdir.

Dawood ve ark. (2017) yürüttükleri bir çalışmada, solucanların biyoindikatör olarak ksenebiyotiklerin toprak kirliliğinde ve kan ve hücre toksikolojisinde sıklıkla başvuru alan canlılar olduğunu belirten başka bir grup araştırmacılarıdır. Bu çalışmada, gelecekte toksikoloji çalışmalarında solucanlarla daha fazla çalışılması gerektiğinin vurgulanması, biyoindikatör olarak solucanlarla daha çok çalışmanın gereği konusunda önemli bir gösterge olabilir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, iki ayrı solucan türünün toprağa karıştırılan farklı organik materyal karışımlarına yönelimlerinin farklılık gösterdiği, *O. transpadanus* solucan türünün kompostlanmış organik materyallere yöneliminin, *E. fetida* solucan türüne kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Bu çalışma sonucunda solucanların, toprağa katılan materyallere çeşitli tepkiler verdiği ve bu tepkilerin 2D düzeneklerle ölçülebilir olduğu bir kez daha anlaşılmıştır. Dolayısıyla bu metodun son yıllarda giderek önemi artan; toprak kirliliği, toprak kalitesi, toprak verimliliği ve ekoloji çalışmalarında kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

Solucanların açtıkları tünellerin hesabı için asetatlara elle çizim aşamasını kolaylaştıracak uygulaması kolay ve daha az hata payı olan farklı bir bilgisayar programı geliştirilmelidir. Çünkü solucanların açtıkları galeri alanlarının asetate yüzeyine çizimleri belirli süre almakta bu sürede solucanların galeri açma faaliyeti devam etmektedir. Bu durum tekerrürler arasında farklılıklar yaratabilmektedir.

Ayrıca yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu konu üzerine yerli yayınların yeterli olmaması, ülkemizde de daha fazla çalışma yapılması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır.

Kaynaklar

- Allison, L.E., Moodie, C.D. 1965. Carbonate In: Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties. Part-II Black CA. Am. Soc. Agron. Inc. Madison, Wisconsin, USA, 1387-1388.
- Bertan, E., Sort, X., Soliva, M., Trillas, I. 2003. Composting Winery Waste: Sludge and Grape Talks, 3 July, Barcelona-Spain.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Agronomy Journal, 43: 434-438.
- Darwin, C.R. 1881. The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits. Murray, London.
- Dawood, M., Wahid, A., Hashmi, M.Z., Mukhtar, S., Malik, Z. 2017. Use of earthworms in biomonitoring of soil xenobiotics. In: Hashmi M., Kumar V., Varma A. (eds) Xenobiotics in the Soil Environment. Soil Biology (49): 73-88.
- Dominguez, J., Edwards, C. 2011. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. In: Vermiculture Technology (Edited by Clive A. Edwards, Norman Q. Arancon and Rhonda Sherman) Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management, CRC Press, 2010 Pages 27-40.
- Dunger, W. 1983. Tiere Im Boden. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Edwards, C.A. 2013. Soil Biology, Chapter 8: Earthworms, The Living Soil: Earthworms, <https://extension.illinois.edu/soil/SoilBiology/earthworms.htm>.
- Evans, A.C. 1947. A Method for studying the burrowing activities of earthworms. Annals and Magazine of Natural History. 11: 643-650.
- Fründ, H.C., Wallrabenstein, H., Leibner, S., Blohm, R. 2009. Developing a Soil Quality Test With 2D Terraria and Aporetodea caliginosa. Workshop Kommission III der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft "Experimenting with Earthworms." Trier, Germany: Veranstalter: Kommission III der DBG 20-21.03.2009. <http://eprints.dbges.de/90/2/Fruend>.
- Fründ, H.C., Graefe, U., Tischer, S. 2011. Earthworms as Bioindicators of Soil Quality. In: Karaca A. (ed.) Biology of Earthworms. Soil Biology. Springer Berlin Heidelberg (24): 261-278.
- Fuller, H. 1954. Die Regenwürmer. Die Neue Brehm-Bücherei, Heft 140 (Nachdruck). Wittenberg: A. Ziemsen Verlag.

- Gallagher, F.J., Caplan, J.S., Krumins, J.A., Grabosky, J.C. 2015. Root Growth Responses to Soil Amendment in an Urban Brownfield. *Ecological Restoration* 33(1): 10-13.
- Graff, O. 1953. Die Regenwürmer Deutschlands. Hannover, Schaper.
- ISO-International Standardization Organization, 17512-1: 2008. Soil quality - Avoidance Test for Determining the Quality of Soils and Effects of Chemicals on Behavior - Part 1: Test with Earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*).
- Kirsten, W.J. 1983. Organic Elemental Analysis. Academic Press, New York, USA.
- Kütük, C., Taban, S., Kacar, B., Samet, H. 1996. Etkinlikleri yönünden çay atığı ile ahır gübresi ve değişik kimyasal gübrelerin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi* 2(3): 51-57.
- Kütük, C. 2000. Çay Atığı Kompostu ve Atık Mantar Kompostunun Yetiştirme Ortamı Bileşeni Olarak Süs Bitkisi Yetiştiriciliğinde Kullanılması. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 5(1-2): 75-86.
- Lee, K.E. 1985. Earthworms, Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press, 411s., Sydney.
- Leibner, S., Fründ, H.C., Schacht, H., Blohm, R. 2008. Standardisierung Und Validierung Eines Bodenqualitätstests Auf Basis Der Bodennutzung Durch Regenwürmer-Berichte Der DBG, <http://www.dbges.de>.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3): 421-428.
- Lowe, C.N., Butt, K.R., Cheynier, K.Y.M. 2016. Assessment of avoidance behaviour by earthworms (*Lumbricus rubellus* and *Octolasion cyaneum*) in linear pollution gradients. *Ecotox. Environ. Safe* (124): 324-328.
- Mısırlıoğlu, M. 2011. Toprak Solucanları Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri, Nobel Yayın Dağıtım, 25-31s., Ankara.
- Olsen, S.R. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. United States Department of Agriculture; Washington.
- Öksüz, M. 1985. Türkiye'de çay atıklarının kafein üretimi. *Çaykur Dergisi* 1(3): 18-19.
- Öztürk, İ., Demir, İ., Altınbaş, M., Arıkan, O.A., Çiftçi, T., Çakmak, İ., Öztürk, L., Yıldız, Ş., Kiriş, A. 2010. Kompost el kitabı, İTÜ-İSTAÇ ortak basımı, ISBN: 978-975-561-368-0.
- Paoletti, M.G., Sommaggio, D., Favretto, M.R., Petruzzelli, G., Pezzarossa, B., Barbafieri, M. 1998. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. *Applied Soil Ecology*. 10: 137-150.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook, 60: 94.
- Türkmen, C., Temel, E., Çatal, G., Sinecen, M., Mısırlıoğlu, M. 2013. Bazı atık ve toprak düzenleyicilerin toprakta solucan davranışlarına etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU Journal of Agriculture Faculty)* 2013: 1(1): 79-86.