



## Bazı Atık ve Toprak Düzenleyicilerin Toprakta Solucan Davranışlarına Etkisi

Cafer Türkmen<sup>1\*</sup> Erdem Temel<sup>1</sup> Galip Çatal<sup>1</sup> Mahmut Sinecen<sup>2</sup>  
Mete Mısırlıoğlu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 17020, Çanakkale.

<sup>2</sup>ÇOMÜ, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 17020, Çanakkale.

<sup>3</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 26480, Eskişehir.

\*Sorumlu yazar: turkmen@comu.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, farklı materyaller (torf, perlit, organomineral gübre ve çay atığı) karıştırılarak elde edilmiş topraklara solucanların yönelim durumları belirlenmiştir. Bu amaçla, farklı materyal karıştırılmış topraklar ile kontrol toprağı arasına bırakılan solucanların açtıkları tünellerin toplam alanları ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre, solucanların açtıkları kanalların yüzey alanları; organomineral gübrelili karışımda 23,53 cm<sup>2</sup>, perlitli karışımda 24,26 cm<sup>2</sup>, çay atıklı karışımda 35,76 cm<sup>2</sup>, torflu karışımda 48,01 cm<sup>2</sup> ve katkısız (kontrol) toprakta ise 83,92 cm<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Bu verilere bağlı olarak, kontrol toprağının diğer ortamlara göre tercih edilme oranının istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (p<0,05). Kontrol toprağı dışında, farklı materyal karıştırılmış toprakların arasındaki tercih edilme durumları önemsiz düzeyde olmuştur (p<0,092).

**Anahtar Kelimeler:** Çay atığı, Organomineral gübre, Perlit, Solucan, Torf, Toprak.

### Abstract

#### Effect of Some Waste and Soil Regulators on Worm Behavior in Soil

In this study, the orientation status of worms into the soils (peat, perlite, organomineral fertilizer and tea waste) obtained by mixing different materials, was determined. With this purpose, total areas of tunnels opened by worms, were measured in between the soils mixed with different materials and control. According to data, surface areas of channels opened by worms, were measured 23.53 cm<sup>2</sup> in mixture of organomineral fertilizer, 24.26 cm<sup>2</sup> in mixture of perlite, 35.76 cm<sup>2</sup> in mixture of tea waste, 48.01 cm<sup>2</sup> in mixture of peat and 83.92 cm<sup>2</sup> in control (without mixture). As a consequence, it was established that the rate of control soil was preferred to other mediums, were statistically significant (p<0.05). Instead of control soil, the choice between the status of soils mixed with different materials, were not significant (p<0.092).

**Key Words:** Tea waste, Organomineral fertilizer, Perlite, Earthworm, Peat, Soil.

### Giriş

Aristo (M.Ö. 300) solucanları, “Toprağın Bağırsakları” diye tanımlamıştır. Darwin (1881) ise; “Saban insanlığın en eski ve en kıymetli icatlarından biridir, fakat daha insan toplumu ortaya çıkmadan çok önce bile toprak yer solucanları tarafından düzenli olarak sürülmüştür, sürülmektedir ve daha sonra da sürülmeye devam edecektir” diyerek solucanların önemini vurgulamıştır.

Organizmalar karşılıklı olarak madde alışverişi yaparak birbirlerine etki ederler ve ekosistem, abiyotik maddeler, üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılardan oluşur. Toprak, üzerinde ve içindeki canlı ve cansız varlıklar ile birlikte canlı ve dinamik bir ekosistemdir. Bu ekosistem, diğer ekosistem unsurları ile birlikte denge ve uyum sonucu oluşmuştur. Ekosisteme baskı yapan tüketici popülasyonlarda üreme ve büyüme gibi ana unsurlar beslenmeye doğrudan bağlıdır. Besin maddelerinin büyük bir kısmı ise toprak ekosisteminde çeşitli döngülerle sürekli ortama salınmaktadır. Besin maddesi döngülerinde solucanların hem mekanik hem de biyokimyasal etkileri yabana atılamaz (Baker ve ark., 2003). Bu durum, insan dâhil tüketici ve ayrıştırıcıların toprağa bağımlılığını artırmaktadır. Ekosistemlerin devamlılığı için biyoçeşitlilik gereklidir. İnsan refahı da bu etmenlere dayalıdır. Sürdürülebilir üretkenlik son yıllarda önemli bir kavram olmaya başlamıştır ve bu kavram toprak organizmaları ile anılmaktadır (Lee ve Pankhurst, 1992). Solucanlar, topraklardaki hayvan biokütlesinin en önemli parçalarından olup “Ekosistem Mühendisleri” olarak adlandırılırlar (Blouin ve ark., 2013).

Solucanlar, beslenmeleri ve galeri açma faaliyetleri yoluyla toprağın dengesini olumlu yönde geliştirirler. Toprağın su geçirgenliğini ve gözenekliliği artırır. Yüzeye uygulanan veya dökülen organik madde, kireç ve gübrelerin toprakla karışımını hızlandırır. Bunun yanı sıra; bitki kök gelişimini desteklerler, kök hastalıklarının oranını önemli ölçüde düşürürler (Anonim, 2013a). Toprak

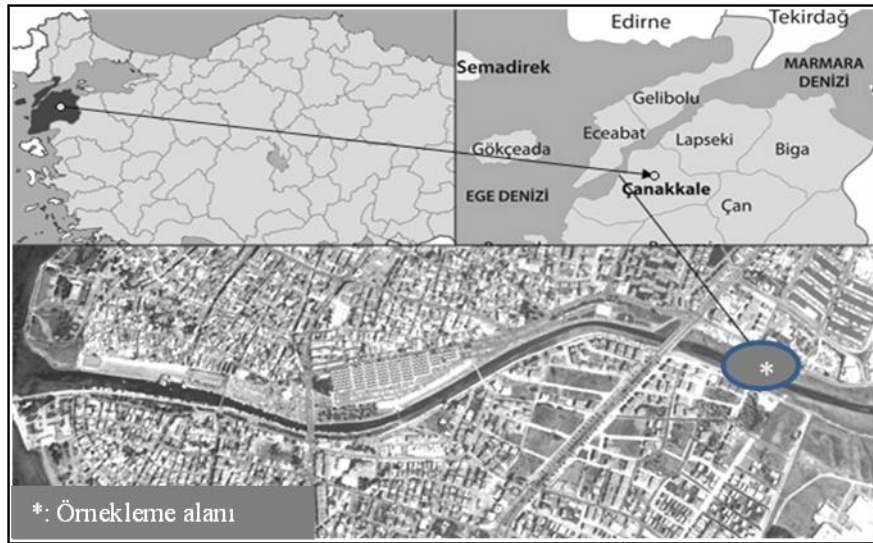
solucanlarının bu tür faaliyetleri sonucunda, özellikle tahıl üretiminde bitki gelişimini (%39) ve dane verimini (%35) artırıcı etkileri olduğu belirtilmektedir (Baker, 1994).

Solucanlar, tarımsal alanlarda ve çayır veya mera gibi diğer alanlarda ürün verimliliğini artırır. Bu nedenle, tarım ve hayvancılık üzerinde olumlu etkileri vardır. Solucanlar organik atıkları sindirerek geri dönüşümünü sağlar. Solucan gübresi, yani vermikompost, bahçe ve saksı çiçekleri için doğal gübre olarak kullanılır. Bir toprak solucanı aktif olduğu dönemlerde, günde kendi ağırlığının 1,5 katı toprak karıştırabilir, bir dönüm arazide yaşayan ortalama solucan sayısı 25.000 ve ağırlığı 100 kg olduğu düşünülürse, bir günde 150 kg taze biokütle solucanlar tarafından yutulmaktadır. Yıllık dekar başına ise 37,5 ton toprak (kimilerine göre de bu sayı 50 tona yükselebilir) solucanlar tarafından işlenmektedir (Mısırlıoğlu, 2011). Solucanların topraktaki azot çevriminde (Lee, 1985) ve erozyonun azaltılmasında da rolleri vardır. Araştırmalar, açtıkları galeriler nedeniyle eğimli çayırda yüzey suyu akışını yarı yarıya azalttıklarını, böylece suyun geçmesini önemli ölçüde engelleyerek erozyonu önlediklerini belirtmektedir (Shipitalo ve LeBayon, 2004; Anonim, 2013b; Edwards, 2013). Solucanların taze organik materyallerle dolu, yeterince nemli ve sıcak alanlarda bolca bulunduğu ve gezindiği eskiden beri bilinen bir gerçektir (Darwin, 1881; Evans, 1947; Fuller, 1954). Fakat solucanların toprak kalitesini belirleme açısından biyoindikatör olarak kullanılma fikri, araştırmacıları bu yönde araştırmalar yapmaya yöneltmiştir (Evans, 1947; Graff, 1953; Fuller, 1954; Dunger, 1983; Paoletti ve ark., 1998; Fründ ve ark., 2008).

Solucan davranışlarına yönelik bu tür araştırmalar günümüzde iki boyutlu hale getirilen basit deney düzeneklerinde (2D) çok kısa zamanlarda sonuç verebilmektedir. Yapılan bu çalışma da, bir tür toprak solucanı kullanarak topraklara karıştırılan farklı ortamların (torf, perlit, çay atığı ve organomineral gübre) solucan tercihlerine etkisini belirlemek için kurgulanmıştır. Solucanların açtıkları tünel alanlarının hesaplanması yoluyla, solucanların ortamlar arasındaki tercihlerinin belirlenmesi pek çok pahalı ve cihaz–donanım gerektiren analizlere göre ekonomik ve ekolojik bir yöntemdir. Bu tür çalışmaların yaygınlaşması gerekmektedir.

### Materyal ve Yöntem

Denemede kullanılan toprak solucanları Çanakkale ilinin Sarıçay mevki (Şekil 1.) çay kenarı topraklarından 0–30 cm derinlikten elle toplanılarak temin edilmiştir. Solucanlar, tür tayini için formaldehit içine alınarak, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü'ne yollanmış ve burada görev yapan Doç. Dr. Mete Mısırlıoğlu tarafından türü *Octodrilus transpadanus* olarak belirlenmiştir. Türü belirlenen solucanlardan yeteri kadar toplanarak laboratuara nakledilmiş ve burada solucanlar bir hafta deneme toprağında beslenerek adaptasyonu sağlanmıştır.



Şekil 1. Solucan toplama yerinin bir görünümü.

Toprak ve deneme materyallerinin analizleri, Çizelge 1.'de belirtilen metotlarla ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çizelge 1. Toprak ve diğer materyallerin özelliklerinin belirlenme metotları

Metot	Kaynak
<b>Toplam tuz:</b> Toprak–saf su (1/2.5)* karışımından EC metre ile ölçülmüştür.	Richards, (1954).
<b>Toprak reaksiyonu:</b> Toprak–saf su (1/2.5)* karışımından pH metre ile ölçülmüştür.	Richards (1954).
<b>Kireç:</b> Karbonatlı bileşiklerin HCl ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan CO <sub>2</sub> gazının kalsimetrede hacminin ölçülmesi şeklinde belirlenmiştir.	Allison ve Moodie (1965).
<b>Bünye:</b> Hava kurusu 2 mm’den elenmiş toprakta Hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir.	Bouyocuos (1951).
<b>Karbon ve azot:</b> Leco Truspec C/N Analyzer analiz cihazı ile belirlenmiştir.	Kirsten (1983).

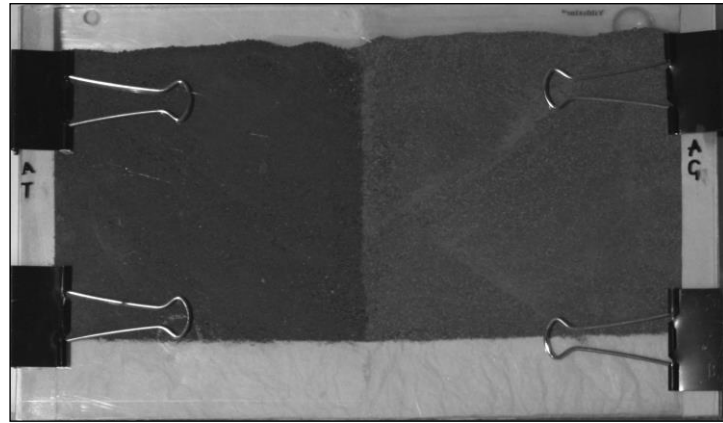
\* Perlit, torf ve çay atığı 1:10 oranında ortam-saf su karışımında ölçülmüştür.

Deneme materyallerinden perlit, torf ve çay atığı kireç içermemektedir. Perlit örneklerinde C ve N bulunmazken torf, çay atığı ve organomineral gübrede toplam C ve N belirlenen temel özelliklerden olmuştur. Ayrıca organomineral gübrede %1’den az kireç belirlenmiştir (Çizelge 2.).

Çizelge 2. Toprak ve materyallere ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

	pH	EC (µs/cm)	Kireç (%)	C (%)	N (%)
<b>Toprak</b>	7,53	190	10,02	3,50	0.23
<b>Perlit</b>	6,72	52	-	-	-
<b>O–mineral</b>	4,56	3190	0,81	20,40	0.52
<b>Torf</b>	5,37	501	-	41,92	1.13
<b>Çay atığı</b>	4,97	3440	-	45,54	1.58

Denemede kullanılan 2D (2 Dimentions) düzeneği, belirtilen ebatlara göre (Din–A4/ 21,0 x 29,7 x 0,4 cm) kesilmiş camlardan hazır duruma getirilmiştir. Kesilen camların iki tarafından arasına 4 mm’lik birer ahşap çita, alt tarafına ise toprağın suyu emmesi için su çekici bir bez konularak, dört köşesinden birer kısıkaç yardımıyla düzenek sıkıştırılmıştır (Dunger, 1983; Leibner ve ark., 2008). Belirtilen şekilde deneme için gerekli 20 adet düzenek hazırlanmıştır. Hazırlanan bu düzenekler, düzeneğin tam ortasından bir çubuk yardımıyla iki bölmeye ayrılmış ve tüm düzeneklerin ayrılan bir bölüme 2 mm’den elenmiş kumlu–tın (SL) bünyeli 100’er gram kontrol toprakları AT tarafına (Şekil 2.) konulmuştur.



Şekil 2. Araştırmada kullanılan 2D düzeneği (Orijinal görüntü).

Aynı ünitenin diğer tarafına ise 1/3 oranında toprak ile karıştırılmış torf, perlit, organomineral gübre ve çay atıkları 4’er tekerrürlü olarak yerleştirilmiştir. Toplam 20 düzenek (kontrol dâhil 5 ortam, dörder tekrarlı) bu şekilde hazırlanmıştır. Düzeneklerin üzerine asetat kalemi ile konular ve ünitenin ön–arka yüzleri işaretlenerek kodlanmıştır.

İçine materyalleri konulan 2D düzenekleri 3 gün boyunca su dolu küvetlere konularak toprağın doymun hale gelmesi sağlanmıştır. Doymun haldeki toprak düzenekleri kuru polietilen tavalara



aktarılarak 3 saat bekletilmiş ve tarla kapasitesine gelen her bir düzenekteki toprağa düzeneğin tam ortasına hassas terazide tartılmış ortalama 0,80–1,09 gram ağırlıkları arasında olan 3'er adet olmak üzere, toplam 60 toprak solucanı bırakılmıştır.

Solucanlar konulduktan sonra düzeneğin üst kısmı toprak solucanlarının dışarı çıkmaması için renkli bant yardımı ile kapatılmış ve hava akışını sağlamak amacı ile bant üzerine eşit sayıda küçük delikler açılmıştır. Tüm düzeneklere mümkün olduğunca hızla solucanlar konulup, düzenekler 15 °C'ye ayarlanmış inkübatöre aktarılmıştır. Soğutmalı inkübatörde 3 gün karanlıkta bekletildikten sonra laboratuvar ortamında toprak solucanlarının açtığı tünelleri ve ortamlar arasında taşıdığı kistleri belirlemek ve görüntülemek amacı ile düzenek üzerine asetat kâğıdı sabitleştirilmiş ve toprak solucanlarının açtığı tüneller ve oluşturduğu kistler farklı renkli asetat kalemleri ile çizilerek, solucanların açtığı tünel alanları hızla tespit edilmiştir. Bu düzenekle kist alanları ve solucanların bünyesine aldığı toprağı diğer ortamlara transferleri de gözlemlenebilir ve ölçülebilir. Ancak bu ölçümler çok zaman almakta ve solucanların 2D düzeneğinde hareketi devam etmektedir, bu hareketlilik ölçülen alan hesaplarında hataları artırabilir. Bu nedenle solucanların ürettiği kist alanları ve toprak transferleri ölçülmemiştir.

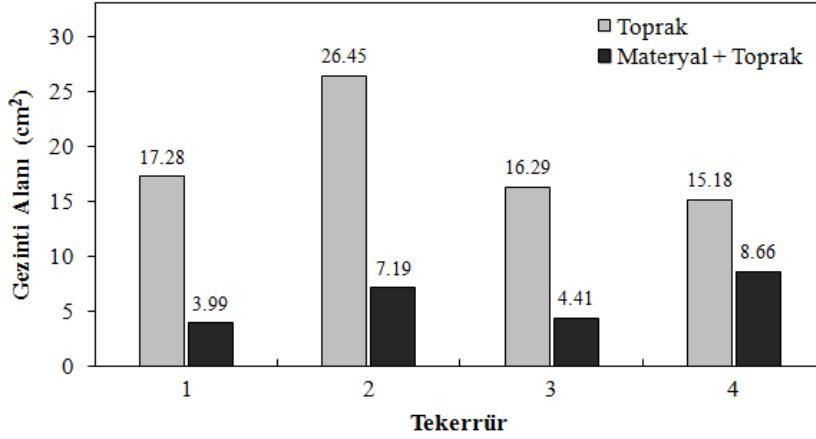
Bu çalışmada, toprak solucanlarının açtıkları tünellerin kapladığı alanları bulmak için Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Mahmut Sincen tarafından yazılan, "Script Matlab" programına ait "Görüntü İşleme Araç Kutusu" (Image Processing Toolbox) kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, görüntü işleme teknikleri kullanarak, asetat üzerine çizilmiş solucan tünellerinin koordinatları belirlenerek, alansal olarak tünellerin hesaplanması sağlanmıştır. Bu aşamalar, yeşil ve mavi ile çizilmiş olan asetat görüntüleri için gerçekleştirilerek sağ ve sol bölgede kalan her hareket bölgesine dair alan bilgileri ayrı olarak ölçülerek hesaplanmıştır.

İstatistik analizlerde ise; solucanların kontrol grubu ile diğer gruplar arası tercihleri bakımından açtıkları tünel alanları temel alınarak MİNİTAB 16,0 paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutulmuş (One-way ANOVA) ve gruplar arasındaki farklılıkları Tukey testi ile belirlenmiştir.

### **Bulgular ve Tartışma**

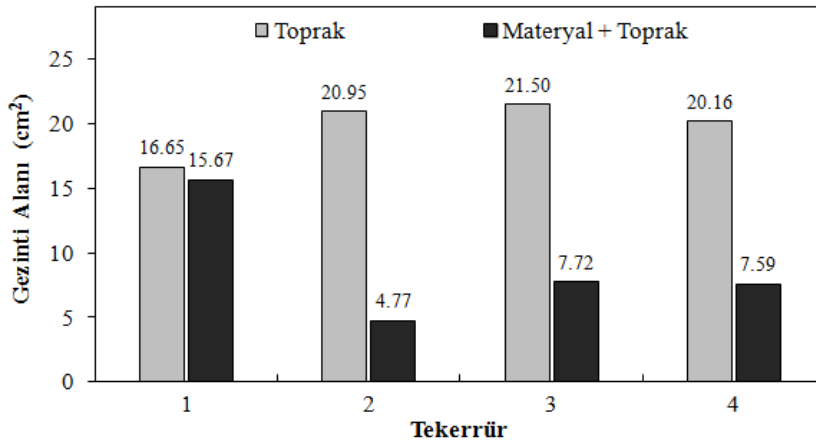
Yapılan ölçüm ve değerlendirmelerde solucanlar bir yanı katkısız toprak diğer yanı perlit + toprak karışımı olan 2D düzeneklerindeki 4 tekrarlı ölçümlere göre (Şekil 3.), perlit karışımı olan toprak tarafını ortalama 6,06 cm<sup>2</sup> gezinti yaparak tercih ederken; aynı düzenekteki toprak tarafını 18,80 cm<sup>2</sup> gezinti alanı ile daha çok tercih etmiştir. Perlit katılan ortamlarla ilgili tercih anlamında daha önce herhangi bir çalışmaya rastlanmamış, ancak Gloxinia (*Sinningia speciosa* Lood. Hiern.) türü ile yapılan bir kompost denemesinde, perlit karıştırılan ortamın daha gözenekli ve kompost kalitesinin iyi olduğu belirtilmiştir (Salvador ve Minami, 2008). Başka bir çalışmada ise içine perlit, çam kabuğu, turba yosunu ve kum karıştırılmış ortamlara solucan yerleştirilmiş ve ayçiçeği bitkisinin verimine yansması incelenmiştir. Bahsi geçen çalışmada, perlit katılan ortamda yetişen ayçiçeği verimindeki artışın önemsiz olduğu, diğer ortamların ise verimi artırdığı belirtilmektedir (Hidalgo ve ark., 2006).

Benzer şekilde, çay atığı karıştırılan topraklarda ortalama 8,94 cm<sup>2</sup> gezinen solucanlar (Şekil 4.) katkısız tarafta 19,70 cm<sup>2</sup> gezinmiştir. Çay atığı karıştırılan topraklarda solucanların bu atığı tercihi konusunda bir yayına rastlanılmamıştır. Ancak genel anlamda, organik materyal katılan topraklara solucanların yöneliminin olduğu çok sayıda araştırmacı (Ferriere, 1980; Martin ve Lavelle, 1992; Edwards ve Bohlen, 1996; Coq ve ark., 2007; Li ve ark., 2009; Schneider ve Schroder, 2012) tarafından bildirilmiştir.



Şekil 3. Perlit + toprak ve toprakta solucan gezinti alanları (cm<sup>2</sup>).

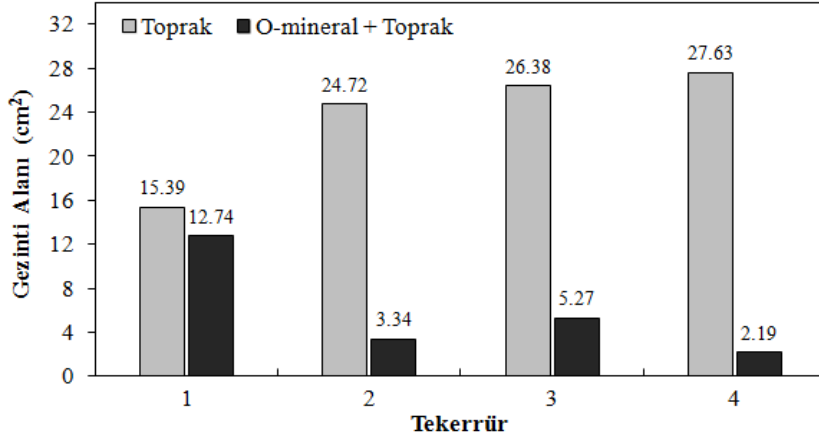
Organomineral gübreye karşı da solucanların ilgisi az olmuş, ortalama 5,88 cm<sup>2</sup> gezinme alanı ile topraktaki ortalama gezinme alanından (23,53 cm<sup>2</sup>) daha az tercihi olduğu görülmüştür (Şekil 5.). Bu gübre, özellikleri bakımından %20 C ve %0,54 N içermesine rağmen, EC seviyesi oldukça yüksektir (Çizelge 2.). Çay atığında da benzer EC durumu olmasına rağmen, çay atığının %45,54 C içeriği solucanların çay atığı olan ortamı tercih nedeni olabilir. Materyaller, solucanlar için toksik etkisi olabilecek maddeler içerebilir olabilir, ancak bu konuda herhangi bir analiz yapılmamıştır.



Şekil 4. Çay atığı + toprak ve toprakta solucan gezinti alanları (cm<sup>2</sup>).

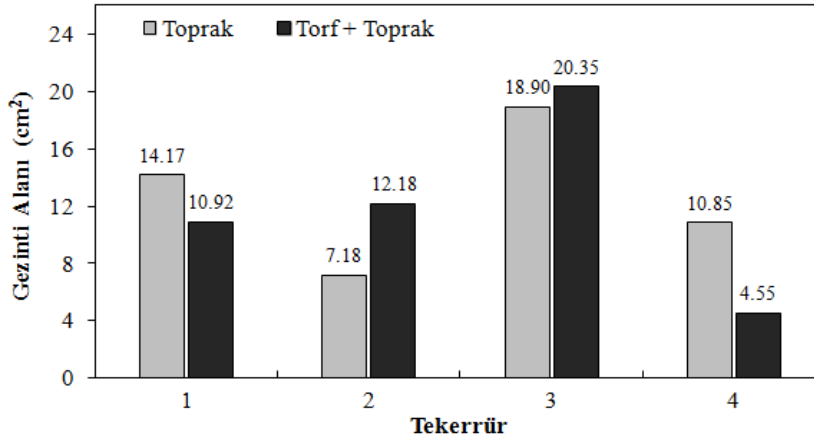
Solucanlara toksik etki konusunda çalışan birçok araştırmacı (Malecki ve ark., 1982; Streit ve Jaggy, 1983; Paoletti ve ark., 1996; Paoletti ve ark., 1998;), bakıra (Cu) solucanların hassas olduğunu ve solucanların bu tür hassasiyetlerinin biyoindikatör olarak kullanılabileceğini belirtmektedirler. Son zamanlarda piyasaya sürülen birçok materyalin bitki verimine katkıları görülebilir. Ancak kısa vadede ürün artışları sağlayan bu tür materyallerin topraklar üzerine etkilerinin uzun vadeli ve izlemeli olarak araştırılmaması, çoraklaşan ve canlı yaşamayan topraklara dönüşümün nedeni olabilir.

Torf katkılı topraklar için yapılan ölçümlerde solucanlar diğer ortamlara göre farklı davranış sergileyerek, katkısız tarafa benzer miktarlarda tüneller oluşturmuşlardır. Torf karıştırılan topraklarda toplam tünellerin alanı ortalama 12,00 cm<sup>2</sup> olmuşken, katkısız taraftaki toplam tünel alanı 12,78 cm<sup>2</sup> olmuştur (Şekil 6.). Torf, doğal olarak oluşmuş bir materyal olup, içerdiği karbon bakımından oldukça yüksek değerler göstermesi solucanların bu tür organik materyallere yönelimini artırmaktadır (Ferriere, 1980; Martin ve Lavelle, 1992; Edwards ve Bohlen, 1996; Coq ve ark., 2007; Li ve ark., 2009; Schneider ve Schroder, 2012). Bizim çalışmamızda da en fazla yönelim torf katkılı topraklara olmuştur.



Şekil 5. Organomineral gübre + toprak ve toprakta solucan gezinti alanları (cm<sup>2</sup>).

Sonuç olarak, tüm örnekler ele alınarak solucanların oluşturdukları tünel alanları bakımından kontrol grubuna göre karşılaştırıldıklarında; kontrol (toprak + toprak) 2D düzeneklerindeki tünel alanları ile katkılı (toprak + materyal) taraflarındaki tünel alanları arasındaki farklar (Şekil 3., Şekil 4., Şekil 5. ve Şekil 6.) önemli ( $p < 0,050$ ) olmuştur. Aynı şekilde, solucanların kontrol grubu ile diğer grupların katkısız tarafları (toprak tarafı) arasındaki tercihler ele alındığında; gruplar arasında gezinme alanlarına göre bir fark olmamıştır. Katkı materyali konmuş dört ortamın toprak taraflarında ölçülen tünel alanları Çizelge 3.'te verilmiştir. Gruplar arasındaki istatistiksel fark önemli olmamıştır ( $p < 0,092$ ).



Şekil 6. Torf + toprak ve toprakta solucan gezinti alanları (cm<sup>2</sup>).

### Sonuç ve Öneriler

Bu veriler ışığında solucanların, çok kısa sürede toprağa katılan materyallere karşı tepki verdiği ve bu tepkilerin ölçülebilir olduğu anlaşılmıştır. Solucanların bu özelliği kullanılarak, bir haftalık bir süre içerisinde farklı topraklar arasındaki veya topraklara katılan farklı materyaller arasındaki tercihleri belirlenebilmektedir. Bu metot, son yıllarda sürdürülebilirlik kavramı kapsamında önemi artan toprak kalitesi, toprak kirliliği, toprak verimliliği ve ekoloji çalışmalarında kullanılabilir. Bu metotla pahalı altyapı ve cihazlarla yapılan birçok analize gerek kalmadan toprak parametreleri hakkında olumlu–olumsuz veya iyi–kötü şeklinde yorumlar yapılabilir. Bu metotla aynı zamanda doğaya hiç bir zararlı atık salınmamakta, ölçümlerden sonra solucanlar tekrar doğaya bırakılmaktadır. Solucanların açtıkları tünellerin hesabı için daha pratik ve hata payını daha aza indirecek bir bilgisayar programı veya teknik geliştirilmelidir. Çünkü tünel alanlarının asetat yüzeyine alınmaları çok uzun süre almakta ve bu da tekerrürler arasında az da olsa farklılıklar yaratabilmektedir. Ayrıca geçmiş çalışmalar incelendiğinde, bu konu üzerine yapılan yerli yayınların yeterli olmaması, bu konu üzerinde ülkemizde de daha fazla çalışma yapılması gerektiğini düşündürmektedir.



Çizelge 3. Solucanların kontrol ve katkısız toprak taraflarında gezinme alanları (cm<sup>2</sup>)

Uygulama Tipi	Tünel Alanı (cm <sup>2</sup> )
<b>Toprak + Organomineral gübre</b>	23,53 a*
<b>Toprak + Toprak (kontrol, 2 tarafı toprak)</b>	20,97 a
<b>Toprak + Çay atığı</b>	19,81 a
<b>Toprak + Perlit</b>	18,80 a
<b>Toprak + Torf</b>	12,78 a

\* Aynı harfler arasında farklılık yoktur.

### Kaynaklar

- Allison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9: 1379–1400. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Anonim, 2013a. [http://www.bugday.org/portal/haber\\_detay.php?hid=150](http://www.bugday.org/portal/haber_detay.php?hid=150) (Erişim tarihi: 23.04.2013; Güncellenme tarihi: 27.04.2004).
- Anonim, 2013b. <http://www.organikoop.com/toprak-solucanlari> (Erişim tarihi: 27.04.2013).
- Baker, G.H., Amato, M., Ladd, J., 2003. Influences of *Aporrectodea trapezoides* and *A. rosea* (Lumbricidae) on the uptake of nitrogen and yield of oats (*Avena fatua*) and lupins (*Lupinus angustifolius*). Pedobiologia. 47: 857–862.
- Baker, G.H., 1994. Earthworm, new discoveries, Rural Research. A CSIRO Quarterly. 163. 19–23.
- Blouin, M., Hodson, M.E., Delgado, E.A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K.R., Dai, J., Dendooven, L., Peres, G., Tondoh, J.E., Cluzeau, D., Brun, J.J., 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. European Journal of Soil Science. 64: 161–182.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy Journal. 43: 434–438.
- Coq, S., Barthes, B.G., Oliver, R., Rabary, B., Blanchart, E., 2007. Earthworm activity affects soil aggregation and organic matter dynamics according to the quality and localization of crop residues—an experimental study (Madagascar). Soil Biol. Biochem. 39: 2119–2128.
- Darwin, C.R., 1881. The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits. Murray, London.
- Dunger, W., 1983. Tiere im Boden. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Edwards, C.A., 2013. Soil Biology, Chapter 8: Earthworms, the living soil: Earthworms, Ohio State University. [http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil\\_biology/earthworms.html](http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/earthworms.html)
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J., 1996. Biology and Ecology of Earthworms. 3<sup>rd</sup> Ed. Chapman & Hall, London.
- Evans, A.C., 1947. A Method for studying the burrowing activities of earthworms. Annals and Magazine of Natural History. 11: 643–650.
- Ferriere, G., 1980. Fonctions des lombriciens: VII. Une methode d'analyse de la matiere organique vegetale ingeree. Pedobiologia. 20: 263–273.
- Fründ, H.C., Wallrabenstein H., Leibner S., Blohm R., 2008. Developing a soil quality test with 2D terraria and *Aporrectodea caliginosa*—Berichte der DBG, <http://www.dbges.de>.
- Fuller, H., 1954. Die Regenwürmer. Die Neue Brehm-Bücherei, Heft 140 (Nachdruck). Wittenberg: A. Ziemsen Verlag.
- Graff, O., 1953. Die Regenwürmer Deutschlands. Hannover. Schaper.
- Hidalgo, P.R., Matta, F.B., Harkess, R.L., 2006. Physical and chemical properties of substrates containing earthworm castings and effects on marigold growth. Hortscience. 41(6): 1474–1476.
- Kirsten, W.J., 1983. Organic Elemental Analysis: Ultramicro, Micro, and Trace Methods. Academic Press, New York.
- Lee, K.E., 1985. Earthworms, Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, 411 s. Sydney.
- Lee, K.E., Pankhurst, C.E., 1992. Soil organisms and sustainable productivity. Australian J. Soil Res. 30: 855–92.
- 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>
- Li, J.X., Zhang, W.X., Liao, C.H., Yang, Y.P., Fu, S.L., 2009. Responses of Earthworms to Organic Matter at Different Stages of Decomposition. Pedosphere 19 (3): 382–388.
- Malecki, M.R., Edward, F., Neuhauser, R., Loehr, C., 1982. The effect of metals on the growth and reproduction of *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae). Pedobiologia. 24(3): 129–137.



- Martin, A., Lavelle, P., 1992. Effect of soil organic–matter quality on its assimilation by *Millsonia anomala* a tropical geophagous earthworm Soil Biol. Biochem. 24: 1535–1538.
- Mısırhoğlu, M., 2011. Toprak Solucanları Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri, Nobel Yayın Dağıtım, 25–31 s., Ankara.
- Paoletti, M.G., Bressan, M., Edwards, C.A., 1996. Soil Invertebrates as Bioindicators of Human Disturbance. Critical Reviews in Plant Sciences. 15: 21–62
- 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.
- Salvador, E.D., Minami, K., 2008. Evaluation of different substrates on gloxinia (*Sinningia speciosa* Lood. Hiern.) growth. Acta Horticulturae. 779: 555–560.
- Schneider, A.K., Schroder, B., 2012. Perspectives in modelling earthworm dynamics and their feedbacks with abiotic soil properties. Applied Soil Ecology. 58: 29–36.
- Streit, B., Jaggy, A., 1983. Effect of soil type on copper toxicity and copper uptake in *Octolasion cyaneum* (Lumbricidae). In New Trends in Soil Biology. Ph. Lebrun et al. (eds). pp. 569–575.