

## The Effect of Eiseia Fetida Type Soil Worms on Chemical Fertilized Soil

Cengiz ERDOĞAN\*, Ercan ARPAZ

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

### Keywords:

Chemical Fertilizer  
Earthworms  
Eisenia Fetida  
Productivity  
Soil Pollution

### Abstract

Fertilizer supplements are applied at regular intervals in order to compensate for the decreasing substances in the soil structure as a result of agricultural activities. This fertilization process is carried out by farmers considering the past experiences and habits. The fact that farmers do not have sufficient information about the structure of the land on which they will carry out their agricultural activities leads to wrong practices. Without the analysis of the soil, chemical fertilization activities based on past experience create a polluting effect rather than improving the soil. Chemical fertilizers accumulated in the soil as a result of misapplication cause soil salinity, heavy metal accumulation, nitrate pollution in groundwater, eutrophication and damage to living microorganisms in the soil. In this study, the effect of *Eisenia Fetida* type earthworms on chemical fertilizer soil which has been used for many years was investigated. According to the results of the research, the amount of CaCo<sub>3</sub> decreased from 6,06% to 4,71% and saturation decreased from 95,7% to 94,6%. In addition, Salinity from 0.461% to 0.625%, EC from 7.53mmhos / cm to 10.33mmhos / cm, Phosphorus from 0 to 5.04 Kg / da, Potassium from 111.83 Kg / da 123 , 51 Kg / da, pH 6.96 to 8.01, the amount of organic matter increased from 0.758% to 1.385%. According to the initial population, a birth rate of 8.6% and a mortality rate of 13.8% were observed.

## Eisenia Fetida Türü Toprak Solucanlarının Kimyasal Gübre Kullanılmış Topraklar Üzerine Etkisi

### Anahtar Kelimeler:

Kimyasal Gübre  
Toprak Solucanları  
Eisenia Fetida  
Verimlilik  
Toprak Kirliliği

### Özet

Tarımsal faaliyetler neticesinde toprağın yapısında azalan maddelerin dengelenmesi amacıyla belirli periyotlarda gübre takviyeleri yapılmaktadır. Bu gübreleme işlemi çiftçiler tarafından geçmişten gelen deneyimler ve alışkanlıklar göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Çiftçilerin tarımsal faaliyetlerini yürüteceği toprağın yapısı hakkında yeterli bilgiye sahip olmaması yanlış uygulamalara yol açmaktadır. Toprağın analizi yapılmadan, geçmiş tecrübelerle dayalı kimyasal gübreleme faaliyetleri toprağı iyileştirmekten ziyade kirlilettiği etki yaratmaktadır. Yanlış uygulamalar sonucu toprakta biriken kimyasal gübreler toprak tuzluluğunun artmasına, ağır metal birikimine, yeraltı sularında nitrat kirliliğine, ötrofikasyona ve topraktaki canlı mikroorganizmaların zarar görmesine neden olmaktadır. Bu çalışmamızda, *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının uzun yıllar kimyasal gübre kullanılmış topraklar üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre CaCo<sub>3</sub> miktarı % 6,06'dan % 4,71'e ve Saturasyon % 95,7'den % 94,6'ya düşmüştür. Ayrıca Tuzluluk % 0,461'den % 0,625'e, EC 7,53mmhos/cm'den 10,33mmhos/cm'e, Fosfor 0'dan 5,04 Kg/da'a, Potasyum 111,83 Kg/da'dan 123,51 Kg/da'a, pH 6,96'dan 8,01'e, Organik madde miktarı % 0,758'den % 1,385'e yükselmiştir. Başlangıç popülasyonuna göre ise % 8,6 doğum oranı ve % 13,8 ölüm oranı gözlenmiştir.

## 1 GİRİŞ

Tarımsal topraklar, bitkilerin yetişme evresinde gereksinim duydukları tüm besin maddelerinin bitkiler tarafından bünyelerine alınması ve erozyon gibi doğal etkenlerden kaynaklanan sebeplerle zamana bağlı olarak azalmakta ve besin maddeleri yönünde fakirleşmektedir. Bu fakirleşme, bilinçli gübreleme, toprağın düzenli olarak işlenmesi ve sulanması gibi faaliyetler sonucunda iyileştirilebilir. Bu verimliliğin devam ettirilebilmesi için, zamanla eksilen besin maddelerinin tekrar toprağa kazandırılması, bir başka deyişle gübrelenmesi gerekmektedir [1]. Gübreleme ile toprağın verimliliği, bitkilerin gelişerek mahsul verebilmeleri açısından ihtiyaç duydukları makro (N, P, K, Ca, Mg, S) ve mikro (Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, Cl) besin elementlerinin yeterli ve uygun oranlarda bünyesine alabilmesi sayesinde artış gösterebilmektedir [2]. Bilinçsizce ve aşırı dozda nitrat azotu içeren kimyasal gübrelerin kullanılması sonucu bileşimindeki nitrat toprakta sulama ve yağmur suyu gibi etkenlerle yıkanıp derinliklere doğru hareket eder ve yeraltı sularına karışabilmektedir. Yapılan bazı çalışmalara göre kimyasal gübrelerin topraktaki etkileri kısa dönemde kendini etmemekle beraber uzun dönemde kirlitici etki göstermektedir. Bunun nedeni olarak toprağın yapısı gereği güçlü bir tamponlama değerine sahip olması, dolayısıyla kirlitici parametreleri filtre görevi görerek bünyesinde biriktirmesi olarak gösterebiliriz. Bu kirlitici zamanla bitki besin maddelerinin köklerinden başlayarak bünyelerinde birikmekte, toksik özellik göstermekte ve bu bitki besin maddeleri ile beslenen insan ve hayvanlarda olumsuz bir etki yaratmaktadır. Azot ve potasyum oranı yüksek olan kimyasal gübreler toprağın pH'sını arttırarak yetiştirilecek olan bitkilerin verimini etkilemektedir [3].

## 2 KİMYASAL GÜBRELER VE ÜLKEMİZDE KULLANIMI

Kimyasal gübreler genelde üç çeşit gübre olarak sınıflandırılır: Azotlu Gübre, Fosforlu Gübre ve Potasyumlu Gübre. İçlerinde azotlu gübreler (N) hem uluslararası alanda hem de ülkemizde en çok kullanılan çeşittir. Günümüzde gelişen bilim ve teknoloji sayesinde gübre çeşitlerinde artış meydana gelmektedir. Bu sebeple bir sınıflama ihtiyacı doğmuştur. Günümüzde çoğunlukla bu gübreler Kimyasal gübre ve Organik Gübreler olarak belirtilmiştir [4].

Bu gübrelerin bilinçsizce kullanımı, toprak analizi yapılmadan veya aşırı dozda uygulanmaları toprağın yapısını bozmaktadır [1]. Ülkemizde son 10 yılda kullanılan kimyasal gübre miktarı Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Ülkemizde son 10 yılda kullanılan kimyasal gübre miktarı (Erişim:29/10/2019)

| Kimyasal gübre kullanımı (Ton/Yıl)<br>2009-2018 | Kullanılan gübre | Azotlu (%21 N) | Fosforlu (%17 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Potashlı (%50 K <sub>2</sub> O) |
|---|------------------|----------------|---|---------------------------------|
| 2009  | 10278731         | 6730852        | 3416978                                       | 130901                          |
| 2010  | 9592752          | 6397089        | 3028666                                       | 166997                          |
| 2011  | 9074308          | 5995500        | 2882296                                       | 196512                          |
| 2012  | 10148982         | 6817217        | 3129299                                       | 202466                          |
| 2013  | 11415756         | 7542247        | 3662099                                       | 211410                          |
| 2014  | 10694543         | 7107106        | 3353104                                       | 234333                          |
| 2015  | 10777779         | 7077214        | 3437368                                       | 263197                          |
| 2016  | 13925448         | 9028793        | 4660032                                       | 236623                          |
| 2017  | 13089074         | 8401087        | 4438096                                       | 249891                          |
| 2018  | 10567457         | 7272531        | 3063902                                       | 231024                          |

## 3 TOPRAK SOLUCANLARININ TOPRAK KİRLİLİĞİNE ETKİSİ

### 3.1 Toprak Kirliliği

Toprak kirliliğini kısaca yapısındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki deformasyonlar olarak tanımlayabiliriz. Toprağın tamponlama özelliği sayesinde filtre görevi görerek yapısındaki kirliticileri absorbe eder ve sonrasında oluşabilecek hava ve su ekosistemindeki kirliliği de önleyebilmektedir. Toprağın kirlenmesinde tarımsal faaliyetlerde kullanılan böcek öldürücü pestisitlerin, kimyasal gübrelerin, evsel ve endüstriyel nitelikli atıkların, arıtma çamurlarının topraklarla teması ve araçların emisyonlarının etkisi büyüktür. Bu kirliticilerin bir kısmı toprakta ayrışarak kaybolabilirken, bir kısmı ayrışmadığı için topraktan giderilemez ve kirlitici etki yaratır. Bunlara örnek olarak yoğunluğu 5 gr/cm<sup>3</sup> den büyük olan ağır metalleri söyleyebiliriz.

Kirleticiler tarımsal faaliyetler sonucunda üretilen mahsullerde, bu mahsullerden veya tarım alanlarından beslenen hayvanların etinden sütünden insanlara ulaşarak sağlığına da etki etmektedir. Bu kimyasallar, topraktaki canlıları da olumsuz etkilemekte, toprak flora ve faunasını bozmaktadır. Toprak için önemli bir organizma grubunu oluşturan toprak solucanlarının da azalmasına sebebiyet vermektedir [5].

### 3.2 Toprak Solucanları ve Önemi

Toprak solucanları toprağın içerisinde farklı katmanlarda yaşarlar. Bu katmanları üç gruba ayırırsak yüzeye yakın yaşayan türler Epijeik, yüzeyden 20-30 cm derinde yaşayan endojeik ve yaklaşık 100 cm ve daha derinlerde yaşayan türler olarak sınıflandırabiliriz. Bu türleri yüzeydeki ve toprağa işlenmiş organik maddelerle beslenirler. Epijeik türler genellikle dağlık bölgelerde yerdeki yaprakların oluşturduğu katmanlarda yaygın olarak görülür. Anesik ve Endojeik türler ise tarım alanlarında, çayır gibi otlak alanlarda yaygın bulunurlar. Avustralya'da yapılan çalışmalarda Nisan-Ekim arası nem oranı yüksek aylarda toprağın üst katmanı 0-10 cm'lik tabakada, Kasım-Mart arası daha az nem oranına sahip aylarda 20-30 cm'lik tabakada oldukları belirlenmiştir.

Toprak solucanları karanlık ve yağmurlu havalarda, yağmur suyunun toprağın altındaki galerilerini suyla doldurması ve bu nedenle yeterli oksijen alamaması öngörüsüyle sudan yüzeye kaçma eğilimi gösterirler. Ancak çok zayıf ışıklar ve kırmızı ışık haricinde üzerlerine ışık gelmesi durumunda toprağa geri kaçarlar. Vücutlarındaki nemli yapıyı sağlayan solöm denilen bir sıvı salgılayarak vücutlarındaki kurumayı önlerler. Kış aylarında yada soğuk ortamlarda toprağın derinlerine ilerlerler ve birbirlerine sarılarak bir yumak oluştururlar ve bu sayede dış ortamın olumsuz koşullarına direnç gösterirler. Toprak solucanları, çürüeyebilen organik maddeler ile beslenirler. Bunların dışında topraktaki Nematoda larvası ve Acarina, Collembola gibi mikroskopik canlılarla da beslenebilir. Solucanlar besinleri doğrudan ağızlarından alırlar ve toprağın organik olan humus kısmını tüketirler. Tükettikleri besinlerin sindirilebilir kısımlarını soğururlar, kalan kısımlarını ise dışkı olarak vücutlarından atarlar.

Solucanlar yıl içerisinde hemen hemen her dönemde ılık ve nemli hava koşullarında aktif şekilde ürerler. Çiftleşme işlemi iki solucanın baş-ayak pozisyonuna gelmesiyle karşılıklı spermilerin iletilmesiyle oluşur ve bu işlem genellikle gece olur. Yaklaşık 2-3 saat sürer. Çiftleşmeden birkaç gün sonra yumurta kapsülü dediğimiz kokon oluşur. Bu kokon embriyoların beslenebilmesi için gerekli proteinli sıvıyı barındırır. Kokon solucanın vücut hareketleri ile dışarı atılırken, serbest kalan kokonun uçları kapatılarak oval bir şekil alır. Zigotun gelişimi kokonun içerisinde gerçekleşir ve sonra yavrular yumurtadan çıkarlar. *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarında her bir solucan 3-5 gün aralıklarla 2-10 kokon oluşturur. Bu kokonlardan her bir tanesi yaklaşık olarak 1-8 arası yumurta içerir ve ortalama 2 tane yumurta gelişerek embriyo oluşturur. Kokonlar sonbahar gibi düşük sıcaklığa sahip havalarda toprağa bırakılırken, ilkbahar gibi havaların ısınmasıyla yumurtadan çıkarlar. Bu kuluçka süresi *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarında 25C<sup>0</sup> de 51,5 günde meydana gelmektedir [7].

### 3.3 Toprak Solucanlarının Toprak Üzerindeki Etkisi

Toprak solucanları, toprağın içerisindeki organik, çürüeyebilen, bitki artıklarını parçalayarak toprağa karışmasını sağlar. Parçaladıkları besinlerin toprağın yüzeyine taşınması sırasında açtıkları galeriler sayesinde toprağın içerisindeki mineralizasyonun karışmasını, aynı zamanda toprağın havalanması ve su tutma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Yapılan birçok çalışmada topraktaki solucan varlığının artmasıyla kimyasal gübre kullanımının azaldığı ve bu duruma bağlı çevresel etkilerin azaldığı gözlemlenmiştir [5].

Toprak solucanı bulunmayan topraklara solucan entegre edildiğinde, bitki çeşitliliğine artış sağlandığı, bitkilerin kök gelişiminin arttığı, kök hastalıklarında düşüş görüldüğü ve ürün rekoltesinde artış sağlandığı belirlenmiştir. Toprak solucanlarının tahıl gelişimini %39, tohum rekoltesini %35 ve tohumdaki azot içeriğini %12 oranında artırdığını göstermektedir. Yeni Zelanda ve Avustralya gibi ülkelerde bazı toprak solucanı türleri üzerine yapılan çalışmalar, kirecin toprağa karışmasını ve toprağın pH'sının artırılmasını sağladığı görülmüştür. Ayrıca solucanların eğimli arazilerde su tutma kapasitesini artırdığı ve toprak kaymasını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir [7].

Kağıt endüstrisi arıtma çamurundan *Eisenia Fetida* türü toprak solucanları kullanılarak ağır metallerin giderimi çalışmasında 60 günlük deney sonuçlarına göre Cd (%32-37), Cr(47,3-80,9), Cu(%68,8-88,4) ve Pb(%95,3-97,5) oranında azalma görülmüştür. Ayrıca azot, fosfor ve potasyum seviyelerinde artış görülmüştür [8].

Yapılan bir başka çalışmada arıtma çamurunun *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı ile kompostlanma öncesi ve sonrası karşılaştırmasında su içeriğinin, pH'ının ve ortamdaki organik madde miktarının azaldığı, bakır, nikel, kadmiyum, kurşun ve çinko içeriğinin azaldığı görülmüştür [9].

Fındık zurufu artıma çamuru ile oluşturulan kompostun içerisine enjekte edilen toprak solucanlarının 90 günlük deney çalışması sonunda en az toksisiteyi Pb'de gösterdikleri, Zn'nun komposttan toprak solucanlarının dokularına geçerek artış gösterdiği bu sayede Zn'nun *Eisenia Fetida* türü toprak solucanları aracılığıyla ortamdaki uzaklaştırılabileceği öngörülmüştür [10].

## 4 MATERYAL VE METOD

### 4.1. Solucan Girdisi Öncesi Toprak Numunesi Ve Analiz Değerleri

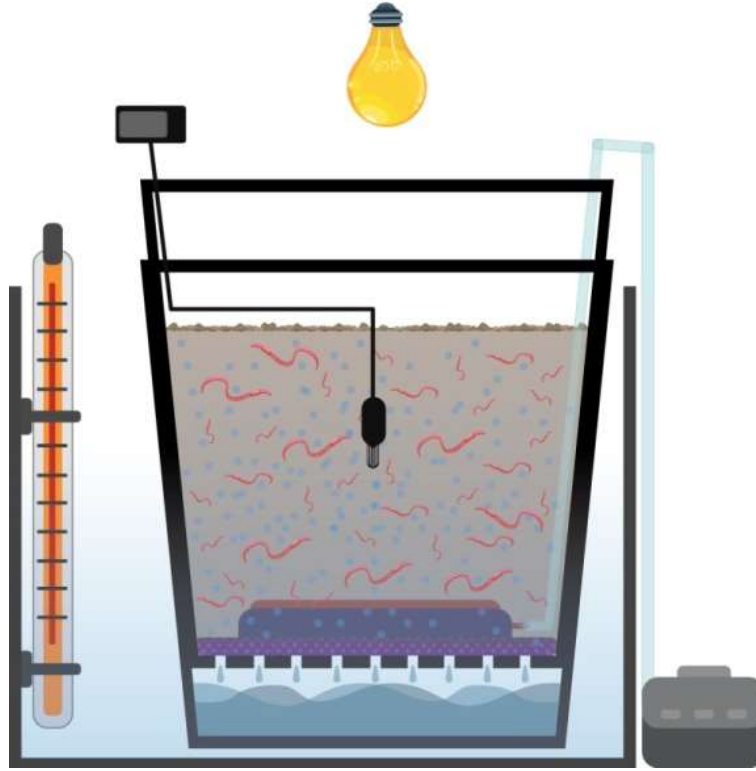
Numune 02.12.2018 tarihinde 41,11426124 enlem, 28,09278667 boylam koordinatlarına sahip, İstanbul İli, Silivri İlçesi, Çanta Köy mevkiinden, 1920 parsel nolu, 11075 m2 toplam alana sahip arazi üzerinden, yüzeydeki ilk 10 cm'lik toprağı sıyrılarak açılan V kanalın yan yüzeylerinden 5'er cm'lik sıyırmalar ile 10 noktadan alınan kompozit karışım ile hazırlanmıştır. Alınan numuneye ait arazide yaklaşık 10 yılı aşkın süredir kimyasal gübre kullanılmış ve hiç toprak analizi yapılmamıştır. Son olarak 20/20 azotlu gübrenin kullanıldığı arazide bir önceki yıl buğday ve son olarak da ayçiçeği bitkisi yetiştirilmiştir. Solucan girdisi öncesi yapılan toprak analiz değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Solucan Girdisi Öncesi Toprak Numunesi Ve Analiz Değerleri

| Parametre                    | Deney Metodu      | Birimi   | Solucan Girdisi Öncesi Ölçülen Değer | Sonuç        | Referans Değer |
|------------------------------|-------------------|----------|--------------------------------------|--------------|----------------|
| pH (Toprak)                  | TS 8332 ISO 10390 | -        | 6,96                                 | Nötr         | 7,5-8,5        |
| Elektriksel İletkenlik       | TS 8334           | Mmhos/cm | 7,53                                 | Hafif Tuzlu  | 8-15           |
| Tuz                          | TS 8334           | %        | 0,461                                | Orta Tuzlu   | 0,35-0,65      |
| Kireç (CaCO <sub>3</sub> )   | TS EN ISO 10693   | %        | 6,06                                 | Orta Kireçli | 1-5            |
| Organik Madde                | TS 8336           | %        | 0,758                                | Çok Az       | 1-2            |
| Saturasyon (Suyla Doygunluk) | TS 8333           | %        | 95,7                                 | Killi        | 71-110         |
| P2O <sub>5</sub>             | TS 8340           | Kg/da    | 0                                    | Çok Az       | 3-6            |
| K <sub>2</sub> O             | TS 8341           | Kg/da    | 111,83                               | Yüksek       | >40            |

### 4.2 Düzeneğin Hazırlanması

Hazırlanan deney ortamında iki adet şeffaf konik biçiminde plastik kap seçilmiştir. Bu kaplardan içerisine toprak numunesi ve solucanların konulacağı olanın tabanında 0,3 mm çapında delikler açılmıştır. Bu delikler toprağın nemlendirilmesi esnasında fazla suyun süzülerek içerisine geçirildiği kabın içerisinde birikmesini sağlamaktadır. İçteki kap içerisine solucanların buldukları kaptan dışarıya çıkışını engellemek ve aynı zamanda süzülen suyu filtrelemek amacıyla pamuklu ince bir bez serilmiştir. Bezin üzerine solucanların bulunduğu kabın içerisindeki oksijen ihtiyacını sağlayabilmek için 10 cm genişlikte bir hava taşı konulmuş ve bu hava taşı 50 Hz. 6 watts güce sahip bir hava motoruna bağlanmıştır. Sonrasında deney süreci boyunca 1 sa/gün hava motoru çalıştırılmış toplamda 60 saat ortama hava vermiştir. İçteki kap diğerinin içerisine geçirilmiş ve sonrasında içi su dolu bir akvaryum içerisine konulmuştur. Akvaryum içerisinde bir ısıtıcı vasıtasıyla su ortamı ısıtılmış, bu sayede deney ortamının sıcaklığının belirli bir seviyede tutulması hedeflenmiştir. Değerler su ortamına konulan bir termometre ile günlük kayıt edilmiştir. Analizi yapılan toprak numunesi içerisine *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarından 500 adet entegre edilmiştir. Deney düzeneği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Deney Düzeneği

Toprağın içerisine sıcaklık ve nem seviyelerinin tespiti için dijital bir sıcaklık ve nem ölçer yerleştirilmiştir. Deney süresi boyunca sabah ve akşam toprak sıcaklığı ve nemi ile dış ortam diye adlandırdığımız sucul ortamın sıcaklığı ölçülmüştür. Deney düzeneği solucanların analizi yapılan toprak içerisine herhangi bir besin maddesi ilave edilmemesi, bu sebeple besin arayışı içerisine girerek bulunduğu ortamı terk etmesini önlemek için solucanların ışığa olan duyarlılıklarını varsayarak 9 Watt'lık beyaz led ampul ile desteklenmiştir. Gündüzleri 12 saat gün ışığından faydalanan ortam geceleri 12 saat boyunca yapay olarak aydınlatılmıştır. Solucanlar için optimum ortam şartlarının sağlanması amacıyla deney ortamının nemini % 60-70 aralığında tutabilmek için günlük 200 ml su, toprak yüzeyine püskürtülmüş ve toprağın içerisinden süzülerek alt katmanlarında nemli kalmasının sağlanması hedeflenmiştir. Süzülerek içteki kabın tabanındaki deliklerden dıştaki kabın içerisinde biriken su, haftalık olarak boşaltılmış ve içerisine kaçma ihtimali olan solucanlar kontrol edilmiştir.

#### 4.3. Düzeneğe Entegre Edilecek Eisenia Fetida Türü Toprak Solucanlarının Hazırlanması

Ortalama ağırlığı 0,20804 gr olan 500 adet *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı seçilerek hassas terazi ile tartılmıştır. Tartım sonucuna göre maksimum ağırlık 0,71 gr, minimum ağırlık 0,03 gr olarak ölçülmüştür. Toplam popülasyon ağırlığı 104,02 gr olarak belirlenmiştir. Popülasyon sayım ve tartım işlemi sonrasında *Eisenia Fetida* türü toprak solucanları deney düzeneği içerisine yerleştirilmiş, deney öncesi analizi yapılmış toprak içerisine entegre edilmiştir. 60 günlük deney sürecinde günlük deney kabı ölçümleri yapılarak 1. Ay Deney Kabı Sabah ortalama sıcaklık 25,2 C<sup>0</sup>, ortalama nem % 64,03, akşam ortalama sıcaklık 25,46 C<sup>0</sup>, ortalama nem % 66,23 ve Dış ortam Sabah ortalama sıcaklık 20,36 C<sup>0</sup>, akşam ortalama sıcaklık 20,26 C<sup>0</sup> ölçülmüştür. 2. Ay Deney Kabı Sabah ortalama sıcaklık 26,16 C<sup>0</sup>, ortalama nem % 66,43, akşam ortalama sıcaklık 26,53 C<sup>0</sup>, ortalama nem % 66,93 ve Dış ortam Sabah ortalama sıcaklık 24,16 C<sup>0</sup>, akşam ortalama sıcaklık 24,26 C<sup>0</sup> ölçülmüştür.

#### 4.4. Solucan Girdisi Sonrası Toprak Numunesi Ve Analiz Değerleri

60 günlük deney süreci sonrasında topraktan ayrıştırılan *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı popülasyonu hassas terazi ile tartılarak popülasyon ağırlığı ve popülasyon miktarındaki değişimi belirleyebilmek için sayım yapılmıştır. Yapılan sayım ve tartım sonuçlarına göre 60 günün sonunda ortalama ağırlığı 0,1358 gr olan 492 adet *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı popülasyonunda maksimum ağırlık 0,8 gr minimum ağırlık 0,01 gr olarak ölçülmüştür. Solucan girdisi sonrası yapılan toprak analiz değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Solucan Girdisi Sonrası Toprak Numunesi Ve Analiz Değerleri

| Parametre                    | Deney Metodu      | Birimi   | Solucan Girdisi Sonrası Ölçülen Değer | Sonuç               | Referans Değer |
|------------------------------|-------------------|----------|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| pH (Toprak)                  | TS 8332 ISO 10390 | -        | 8,01                                  | Hafif Alkali        | 7,5-8,5        |
| Elektriksel iletkenlik       | TS 8334           | Mmhos/cm | 10,33                                 | Orta Derecede Tuzlu | 8-15           |
| Tuz                          | TS 8334           | %        | 0,625                                 | Orta Derecede Tuzlu | 0,35-0,65      |
| Kireç (CaCO <sub>3</sub> )   | TS EN ISO 10693   | %        | 4,71                                  | Kireçli             | 1-5            |
| Organik Madde                | TS 8336           | %        | 1,385                                 | Az                  | 1-2            |
| Saturasyon (Suyla Doygunluk) | TS 8333           | %        | 94,6                                  | Killi               | 71-110         |
| P2O5                         | TS 8340           | Kg/da    | 5,04                                  | Az                  | 3-6            |
| K2O                          | TS 8341           | Kg/da    | 123,51                                | Yüksek              | >40            |

## 5 SONUÇLAR

Solucan girdisi öncesi ve sonrası duruma göre başlangıçta 500 adet olan *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı popülasyonu deney süreci sonunda 492 adet olarak sayılmıştır. Başlangıç popülasyonuna göre 8 adet solucanın azaldığı görüldü de, başlangıçta 0,03 gr olan en küçük bireyin ağırlığı, 0,03 gr.'dan daha düşük olan 0,01 gr 33 adet, 0,02 gr 8 adet ve 0,03 gr 2 adet olmak üzere toplamda 43 adet yeni bireyin doğduğunu göstermektedir. Öte yandan 0,03 gr.'dan büyük olan popülasyon sayısında 69 adet bireyin azaldığı gözlemlenmiştir. Popülasyon içerisindeki en büyük ağırlık 0,8 gr olarak ölçülmüştür. Başlangıç verilerine göre değerlendirildiğine % 8,6 doğum oranı ve % 13,8 ölüm oranı gözlemlenmiştir.

Solucan girdisi öncesi toprak numunesinin analiz değerleri ile solucan girdisi sonrası toprak numunesinin analiz değerleri Tablo 4'de karşılaştırılmıştır.

**Tablo 4.** Eisenia Fetida Türü Toprak Solucanlarının Deney Öncesi Ve Sonrası Toprak Analiz Değerleri

| Parametre                    | Deney Metodu      | Birimi   | Solucan Girdisi Öncesi Ölçülen Değer | Sonuç               | Solucan Girdisi Sonrası Ölçülen Değer | Sonuç               | Referans Değer |
|------------------------------|-------------------|----------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| pH (Toprak)                  | TS 8332 ISO 10390 | -        | 6,96                                 | Nötr                | <b>8,01</b>                           | Hafif Alkali        | 7,5-8,5        |
| EC ( Elektriksel iletkenlik) | TS 8334           | Mmhos/cm | 7,53                                 | Hafif Tuzlu         | <b>10,33</b>                          | Orta Derecede Tuzlu | 8-15           |
| Tuz                          | TS 8334           | %        | 0,461                                | Orta Derecede Tuzlu | <b>0,625</b>                          | Orta Derecede Tuzlu | 0,35-0,65      |
| Kireç (CaCO <sub>3</sub> )   | TS EN ISO 10693   | %        | 6,06                                 | Orta Kireçli        | <b>4,71</b>                           | Kireçli             | 1-5            |
| Organik Madde                | TS 8336           | %        | 0,758                                | Çok Az              | <b>1,385</b>                          | Az                  | 1-2            |
| Saturasyon (Suyla Doygunluk) | TS 8333           | %        | 95,7                                 | Killi               | <b>94,6</b>                           | Killi               | 71-110         |
| P2O5                         | TS 8340           | Kg/da    | 0                                    | Çok Az              | <b>5,04</b>                           | Az                  | 3-6            |
| K2O                          | TS 8341           | Kg/da    | 111,83                               | Yüksek              | <b>123,51</b>                         | Yüksek              | >40            |

Tablodaki sonuçlara bakıldığında *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının 60 günlük deney süreci sonunda topraktaki kireç miktarı % 6,06'dan % 4,71'e düşmüştür. Bu düşüş ile toprağın tuzluluğu % 0,461'den % 0,625'e yükselmiş ve dolayısıyla elektriksel iletkenliği 7,53 mmhos/cm'den 10,33 mmhos/cm'ye yükselmiştir. Bu değişim su tutma kapasitesi düşürür. Aynı zamanda başlangıçta 0 olan fosfor 5,04 Kg/da'a yükselmiştir.

Bitkilerin ATP ve nükleik asitlerin oluşumunda fosfora ihtiyaçları vardır. Bitkilerin DNA'sının oluşumunda önemli rol oynar. Hücrelerin bölünmesinde ve ürün oluşumunda etkili bir rolü vardır. Eksikliğinde büyüme olgunlaşma, yaprak sayısı ve gelişimi azalır. 111,83 Kg/da olan potasyum 123,51 Kg/da'ya yükselmiştir. Potasyumun eksikliğinde bitkilerde turgor basıncı düşer bu sebeple bitkinin soğuk, kuraklık ve don gibi etkenlere karşı direnci azalır. Bu artışın toprağın pH'sını da arttırdığı düşünüldüğünden 6,96'dan 8,01'e yükseltmiştir. pH'nın artışı topraktaki Fe,Mn,Zn gibi iz elementlerin hareket kabiliyetini azaltır. Toprağın suya doygunluğu % 95,7'den % 94,6'ya düşmüştür. Toprağın başlangıç analizine göre oranla organik madde miktarı % 0,758'den % 1,385'e yükselmiştir.

## 6 TARTIŞMA

Bu çalışma ile *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının kimyasal gübre kullanılmış topraklar üzerinde verimliliği artırıcı etkisi olduğu vurgulanmıştır. Toprağın başlangıçtaki organik madde oranına göre % 0,627'lik bir artış göstermiştir. Bu artış miktarı başlangıç miktarına oranla  $[ ( 1,385-0,758 ) / 0,758 ]$  % 82,71 artışı ifade etmektedir. Bu artışın sebebi solucanların toprağı işleme ile vücutlarındaki enzimlerle toprağı bırakılan gübrelerinin toprağın içeriğinin zenginleştirilmesi olarak yorumlayabiliriz.

## Not

Bu makale 01-03 Kasım 2019 tarihleri arasında Kocaeli'de gerçekleştirilen Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongresinde (IMASCON 2019) sözlü bildiri olarak sunulmuş ve yeniden yapılandırılmıştır.

## Kaynakça

- [1] KILIÇ, R. VE KORKMAZ, K., 2012. *Kimyasal Gübrelerin Tarım Topraklarında Artık Etkileri. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 5(2): S:87-90
- [2] KARAMAN, M.R., BROHI, A.R., MÜFTÜOĞLU, N.M., ÖZTAŞ, T. ve ZENGİN, M., (2007), *Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. Detay Yay., ISBN 978-975-8629-49-7,s.3* Ankara
- [3] SAVCI, S. (2011), An Agricultural Pollutant Chemical Fertilizer, *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol.(3), No. 1, S.78-79
- [4] ŞAHİN, 2016. *Türkiye'de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler. Tarım Ekonomisi Dergisi* Cilt:22 Sayı:1 Sayfa:19-20.
- [5] TACİROĞLU, B., KARA E., SAK, T. (2016), Toprakta Ağır Metal Gideriminde Solucanların Kullanımı, *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19(2), S:201-2017
- [6] *Kimyasal gübre kullanımı, 2008-2018*, 29.10.2019 tarihinde <http://www.tuik.gov.tr> adresinden alındı.
- [7] SUTHAR, S., SAJWAN, P., KUMAR, K., (2014), *Vermiremediation of Heavy Metals in Wastewater Sludge from Paper and Pulp Industry Using Earthworm Eisenia Fetida*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, (109), S:177-184.
- [8] MISIRLIOĞLU, M. (2011), *Toprak solucanları Biyolojileri, Ekolojileri Ve Türkiye Türleri*, Ankara: NOBEL
- [9] LIU, F., ZHU, P., XUE, J., (2012), *Comparative Study on Physical and Chemical Characteristics of Sludge Vermicomposted by Eisenia Fetida*, *Procedia Environmental Sciences*, (16), S:418-423.
- [10] HEPŞEN TÜRKAY, F.Ş. (2010), *Fındık Zurufu Ve Arıtma Çamurunun Solucanlarla Kompostlanması Ve Elde Edilen Yeni Kompostun Sera Ve Tarla Koşullarındaki Toprakların Biyolojik Özelliklerinde Meydana Getirdiği Etkilerin Belirlenmesi*, OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Samsun, S:166.