



## Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübreli Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı

Nazan ATEŞ<sup>1</sup> Ali COŞKAN<sup>1\*</sup>

### Özet

Topraktaki canlı organizmaların toprağın biyokimyasal verimliliği üzerinde büyük etkileri vardır. Toprak faunasının çekici üyelerinden birisi olan toprak solucanları, besin elementi yarayışlılığını artırma yeteneklerinden dolayı popüler hale gelmektedirler. Bu nedenle toprak solucanlarının mısır bitkisinin besin elementi alınımına etkilerini belirlemek amacıyla gübresiz, organik gübreli ve mineral gübreli koşullarda tek yıllık saksı denemesi yürütülmüştür. Denemede metre kareye 100 ve 200 solucana karşılık gelen *Dendrobaena spp.* solucanından saksı başına 3 ve 6 tane aşılanmıştır. Sonuçlar toprak solucanlarının mısır bitkisinin besin elementi alınımı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Hem organik hem de mineral gübreleme, gübresiz koşullara oranla besin elementi alınımı ve biyomas verimini artırmıştır. Mineral gübreleme organik gübrelemeye göre etkili bulunmuştur. Bu durum büyük olasılıkla mineralizasyon sürecinin yavaş olmasından veya solucanlar tarafından teşvik edilen mineralizasyon süreci sonunda besin elementi yarayışlılığının artması için yeterli süre geçmemesinden kaynaklanmaktadır. Sonuçlardan genel olarak mineral gübreli koşullarda bile toprakların üretkenliğini geliştirmede toprağa solucan aşılması veya var olan yerli solucanların desteklenmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak solucanı, bitki besleme, mısır (*Zea mays*), mısır verimi

## Earthworm Improved Plant Performance of Corn Plant in both Organic and Mineral Fertilized Condition

### Abstract

Living organisms in soil has a great influence on biochemical productivity of soil. Earthworm, one of the attractive members of soil fauna, is becoming popular due to their improvement capabilities of nutrient availability. Therefore, a one year pot experiment was carried out to determine effect of earthworms on nutrient uptake of corn plant in non-fertilized as well as organic and mineral fertilizer applied conditions. Three and 6 *Dendrobaena spp.* earthworms were introduced to soil as equivalent of 100 and 200 earthworms per square meter. Result revealed that, earthworms has influence on nutrient uptake of the corn. Both organic and mineral fertilizer applications increased biomass yield and nutrient uptake compared to non-fertilized variant. Mineral fertilizer was more effective then organic fertilizer, most probably due to slow mineralization proses or insufficient time for releasing nutrient via mineralization which stimulated by earthworms. Based on the overall results, earthworm inoculation or feeding indigenus earthworms are recommended to improve soil productivity even in mineral fertilizer applied conditions.

**Keywords:** Earthworm, plant nutrition, corn (*Zea mays*), corn yield

### Giriş

Günümüzdeki tarım sisteminde bitki besin maddelerinin döngüsünde, topraktaki canlılar önemli bir yer tutmaktadır. Toprak solucanları, oyuklar kazarak suyun toprağa daha iyi sızmasını sağlarlar, erozyonu azaltırlar, hava, sıvı ve gazların dolaşımını kolaylaştırırlar, köklerin daha rahat yayılmasını ve besin

alışveriş yüzeyinin artırılmasını sağlarlar (Mısırlıoğlu, 2011). Ekosistemin dengesini sürdürmede, besin elementlerin ve ağır metallerinin biyo-yarayışlılığında önemli roller üstlenirler (Shen and Yang, 2008). Toprak solucanları ile yapılan bilimsel çalışmaların tarihi Darwin'e kadar uzanmakta olup, toprak solucanlarının azot mineralizasyonunu

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü İSPARTA

\* Sorumlu yazar

(McDaniel et al., 2013; Amador, 2006; Amador and Görres, 2005; Cortez et al., 2000; Blair et al., 1997) ve besin elementi yarayışlılığını arttırdığı (Ruz-Jerez et al., 1992; Doube et al., 1997; Brown et al., 1999; Cortez and Hameed, 2001), bioremedasyonda kullanılabileceği (Kızılkaya, 2004, 2005), toprağın biyolojik aktivite parametrelerinden olan dehidrogenaz enzimi aktivitesini arttırdığı (Kızılkaya, 2008) bildirilmiştir. Toprak solucanlarının verim üzerine olumlu etkilerinin olduğu da birçok çalışmada vurgulanmıştır (Eriksen-Hamel and Whalen, 2007; Scheu, 2003; Doube et al. 1997). Bunlardan başka solucan uygulamasının su kullanım etkinliğini %4-17 arttığı (Doube et al., 1997), sıkışmış topraklarda galeriler açarak sıkışan katmanın rehabilitasyonuna yardım ettiği (Müller-Inkman et al. 2013) ancak kimi zaman mikrobiyal biyomas azotunu azalttığı (Bohlen and Edwards, 1995) rapor edilmiştir. Tüm bu bilgilerden farklı olarak toprak solucanlarının model organizma olarak kullanımına yönelik etraflı önerilerin yer aldığı çalışmalara rastlamak da olasıdır (Fründ et al., 2010).

Bu toprak canlısının ülkemiz toprakları için önemi çok büyüktür. Zira ülkemiz toprakları kimi zaman besin elementleri yönünden fakirdir (Eyüpoğlu ve ark, 1995; Çakmak et al., 1996), kimi zaman da besin elementi toprakta olduğu halde bitkiler tarafından alınabilir formda (yarayışlı) değildir (Karanlık 1998). Oysa toprak solucanı bitkinin beslenme durumunu geliştirmede birlikte veya ayrı ayrı kullanılabilecek toprak canlılarıdır.

Yukarıda verildiği üzere literatürde solucanların yararlı olduğuna dair çok sayıda çalışma olmasına rağmen yürütülen saksı denemelerinin kiminde başlangıçta aşılana solucanlar bulunamamış (Pattinson et al., 1997) kiminde de solucanlarda belirgin ağırlık kayıpları yaşanmıştır (Wurst et al., 2004). Bu çalışmanın amacı solucanların ihtiyaç duyduğu organik maddeyi vermek suretiyle deneme süresince hayatta kalmalarını sağlayarak, solucanların bitki gelişimi ve beslenmesi üzerine olan olumlu etkilerini belirlemektir.

### Materyal ve Yöntem

Çalışma Antalya ilinde saksı denemesi şeklinde yürütülmüş, hem topraklar hem de solucanlar bölgeden temin edilmiştir. Solucanlar tarım alanlarından toplandıktan sonra benzer olanlar gruplanmış ve Sims and Gerard, (1985) ile Mısırlıoğlu (2011) tarafından bildirilen özellikleri takip edilerek mikroskop altında incelenmiş ve solucanların *Dendrobaena spp.* olduğu belirlenmiştir. Kullanılacak solucan miktar için incelenen çalışmalardan Baker et al. (1999) 1 metrekare tarım alanında 300 ila 400 solucan bulunabileceğini bildirirken, bu değerleri destekler nitelikte Pattinson et al. (1997) 1 metrekarede 270 solucan bulunabileceğini bildirmişlerdir. Ancak bu çalışmaların yürütüldüğü alanların ülkemiz koşullarına göre daha nemli olması nedeniyle yürütülen bu çalışmada solucan sayıları daha düşük tutulmuş ve tanımlaması yapılmış solucanlardan metrekareye 100 ve 200 solucana karşılık gelen 3 ve 6 solucan saksılara aşılanmıştır. Denemeye solucan aşılanmayan kontrol grubu da eklenmiştir. Aşılama esnasında solucanlar tartılarak her saksıya yaklaşık aynı toplam ağırlıkta solucan konulmasına dikkat edilmiştir (Fründ et al., 2010), bu amaçla solucanlar önce gözle tasnif edilmiş, daha sonra da tartılmıştır. Solucanların buldukları ortamdaki sıcak veya daha soğuk ortamlara konulmaları termal şoka, buldukları ortamdaki düşük veya yüksek ozmotik potansiyele sahip ortamlara konulmaları ozmotik şoka neden olmaktadır. Ayrıca solucanların açık havada bekletilmeleri nem kaybetmelerine dolayısıyla ölmelerine neden olabilmektedir. Bu olumsuzlukları önlemek amacıyla terazi kefesine içerisinde oda sıcaklığına getirilmiş musluk suyu bulunan petri kapları yerleştirilmiş, darası alınmış ve solucanlar bu suyun içerisinde tartılmıştır.

Denemede saksılara organik veya mineral gübre uygulanmıştır. Mineral gübre uygulamalarında saksılara 400 mg/kg (200 + 200 şeklinde ikiye bölünerek) N, 300 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 300 mg/kg K<sub>2</sub>O uygulanmıştır. Gübre kaynağı olarak Amonyum Nitrat (%26 N), triple süper fosfat (%46 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ve potasyum sülfat (%50 K<sub>2</sub>O) kullanılmıştır. Organik gübre kaynağı olarak iyice olgunlaştıktan sonra kurutulup öğütülmüş

## Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübrelili Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı

büyükbaş hayvan gübresi kullanılmıştır. Kullanılan hayvan gübresinin azot içeriğinin % 1,63 olduğu deneme kurulmadan önce belirlenmiş, her bir saksıya yaklaşık 800 mg/kg azota karşılık gelen 147 g hayvan gübresi homojen olarak karıştırılmıştır. Denemede verilen organik maddenin yaklaşık yarısı ile üçte biri arasındaki kısmının deneme süresince ayrışabileceği öngörülmüştür. Tarla koşullarında daha yavaş seyreden mineralizasyon sürecinin saksı koşullarında daha hızlı olacağı öngörülmüş ise de deneme sonuçlarından elde edilen veriler ayrışmanın öngörülenden daha yavaş seyrettiğini göstermiştir. Hazırlanan saksılara Asgrow firmasının Challenger F1 tohumları ekilmiştir. Deneme 1 Mayıs 2013’de kurulmuş, 3 Temmuz 2013’te hasat edilmiştir. Deneme iki faktörlü olup, birinci faktörde 0, 3 ve 6 solucan

oranında, 15 dakikada 180 °C’ye çıkacak ve 15 dakika bu sıcaklıkta kalacak biçimde ayarlanmış, berrak çözelti alındığı görülünce bu parametreler ile çalışma tamamlanmıştır. Daha sonra bir dizi seyreltme işlemi yapılmış, K, Fe, Zn, Mn ve Cu Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile okunmuştur (Kacar ve İnal, 2010). Elde edilen süzüğün fosfor içeriği ise spektrofotometre ile belirlenmiştir (Olsen and Watanable, 1957). Örneklerin toplam azot içeriğini belirlemek için Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır (Bremner, 1965).

### Bulgular ve Tartışma

*Kök ve Yeşil Aksam Ağırlıkları ile Bitki Boyu*  
Bitkiler hasat edildikten sonra belirlenen bitki kök ve yeşil aksam ağırlıkları ile bitki boyları sırasıyla Çizelge 1, 2 ve 3’te verilmiştir.

Çizelge 1. Bitkilerin üst aksam ağırlıkları (g/bitki)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	1.09	d	18.24	c	25.17	b	14.83	B
3 solucan	0.99	d	17.55	c	23.41	b	13.99	B
6 solucan	1.15	d	18.18	c	31.51	a	16.95	A
Ortalama	1.08	C	17.99	B	26.70	A		

uygulaması, ikinci faktörde ise gübresiz, hayvan gübrelili ve mineral gübrelili uygulamalar yer almıştır. Deneme 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Deneme kurulduktan 63 gün sonra bitkilerin boyları metre ile belirlenmiş, kök boğazının hemen üzerinden bitkiler hasat edilmiş, önce musluk suyu sonra saf sudan geçirildikten sonra 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, tartılmış, öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Öğütülen örneklerde makro elementlerden N, P, K, Ca ve Mg ile mikro elementlerden Fe, Cu, Zn ve Mn analizleri gerçekleştirilmiştir.

Alınan tüm örneklerde P, K, Fe, Zn, Mn ve Cu analizi için 0.4 gr örneğe 10 ml nitrik+perklorik asit karışımı eklenmiş, mikro dalga yakma fırınında (CEM- MARS Reaction System) berrak çözelti elde edilinceye kadar yakılmıştır. Mikro dalga fırın 1600W güçte, %100 çalışma

Bitkilerin üst aksam biyomas ağırlıkları (Çizelge 1) hem solucan hem de gübre uygulamalarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilenmiştir. Solucan uygulaması, gübre uygulaması kadar etkili bulunmamıştır. Üç solucan uygulaması biyomas ağırlığını kontrol uygulamasından istatistiki olarak anlamlı düzeyde etkilemezken 6 solucanın toprağa aşılandığı saksılara ekilen mısırdan en yüksek biyomas ağırlığı elde edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Gübre uygulamasının yapılmadığı saksılarda solucan uygulamasına bakılmaksızın en düşük değerler elde edilmiştir. Tüm bitkilerde beklendiği gibi yeterli besin elementi alamayan mısır gübresiz koşullarda büyüme kaydedememiştir. Literatürde solucanların bünyesinden geçen topraklarda var olan besin elementlerinin yararlılığının arttığı (Eriksen-Hamel and Whalen, 2007; Mısırlıoğlu, 2011)

## Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübrelili Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı

Çizelge 2. Bitkilerin kök ağırlıkları (g/bitki)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	0.20	c	7.42	b	10.62	a	6.08	A
3 solucan	0.18	c	7.60	b	7.50	b	5.10	B
6 solucan	0.27	c	7.50	b	11.14	a	6.30	A
Ortalama	0.22	C	7.51	B	9.75	A		

Çizelge 3. Bitki boyları (cm)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	37	d	93	ab	86	abc	72	A
3 solucan	25	e	82	bc	94	a	67	A
6 solucan	41	d	82	c	90	abc	71	A
Ortalama	35	B	86	A	90	A		

bildirilmesine rağmen, gübresiz koşullarda solucan uygulaması bitkinin yeterli besin elementi alımına katkı sunamamıştır.

Mineral gübreler genel olarak organik gübreye oranla daha fazla biyomas oluşumunu sağlamıştır. Bu durumun büyük olasılıkla organik formda verilen elementlerin mineralizasyona uğraması için yeterli sürenin geçmemesi nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Tüm sonuçlar içerisinde en yüksek değer mineral gübre ile 6 solucanın bir arada kullanıldığı varyantta belirlenmiştir. Kök ağırlığı değerleri (Çizelge 2) üst aksam değerleri ile büyük paralellik arz etmektedir. Üst aksam ağırlığından farklı olarak 3 solucan uygulaması kontrole oranla kök ağırlığını düşürmüş ancak 6 solucan uygulaması yeniden değerlerde artışa neden olmuştur. Bu durum gübresiz ve organik gübrelili uygulamalarda görülmemiş sadece mineral gübrelili uygulamalarda belirlenmiştir. Ortalama değerler itibariyle en yüksek kök gelişimi yine mineral gübrelili solucan ve mineral gübrelili ve 6 solucan uygulanana varyantlarda belirlenmiştir. Hasat öncesi ölçülen bitki boyu değerleri (Çizelge 3) solucan uygulamasının bitki boyunu artırmadığını göstermiştir. Ortalama değerler itibariyle hem organik gübre hem de mineral gübre uygulamaları bitki boyunu kontrole oranla istatistiki olarak anlamlı düzeyde, iki kattan daha fazla artırmıştır. Tüm değerler

içerisinde mineral gübre ve 3 solucan uygulanan varyantta en uzun boylu bitkiler belirlenmiştir. Ancak bu bitkilerin üst aksam ağırlıkları (Çizelge 1) bu sonucu destekler nitelikte değildir. Bir başka deyişle bitkilerin boyları uzun ancak yapıları cılız kalmıştır. En kısa bitki boyu değeri kontrol grubunun 3 solucan uygulanan varyantında belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).

### Makro Elementler (N, P, K, Ca ve Mg)

Bitkilerin hasat sonrası yeşil aksam ağırlığı ve azot içeriği kullanılarak hesaplanan topraktan kaldırılan azot miktarı değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Bitkilerin azot içerikleri gübreleme yapılmayan kontrol uygulamasında en yüksek belirlenmiştir. Gübrelenen uygulamalarda ise azot içerikleri belirgin biçimde düşük bulunmuştur. Ancak bitkinin üst aksam kuru ağırlıkları (Çizelge 1) dikkate alındığında düşük azot değeri belirlenmiş olmasının nedeninin kontrol grubundaki bitkilerin gelişmelerinin az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gübre uygulanan bitkilerde gelişim daha fazla olmuş, buna bağlı olarak da alınan besin elementleri biyomasta seyrelmiştir. Bu durum takip eden tüm besin elementlerinde görülmüş olup, bitkide belirlenen besin elementi içerikleri yerine topraktan kaldırılan besin elementi miktarı değerleri verilmiştir. Topraktan kaldırılan azot miktarı incelendiğinde (Çizelge

## Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübrelili Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı

Çizelge 4. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları azot miktarları (mg N/bitki)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	24	d	122	c	422	b	189	A
3 solucan	21	d	130	c	456	ab	202	A
6 solucan	22	d	99	c	510	a	210	A
Ortalama	22	C	117	B	463	A		

4) en yüksek azot alım miktarının mineral gübrelili uygulamalarda ortaya çıktığı görülmüştür. Ortalama değerler itibariyle mineral gübre uygulanan bitkiler, organik gübre uygulanan bitkilere oranla dört kata yakın düzeyde daha fazla azot almışlardır. Bilindiği üzere bitkiler ihtiyaç duydukları azotun tamamına yakını nitrat ve amonyum formlarında almaktadırlar (Kacar ve Katkat,

510 g/bitki ile yine 6 solucan ve mineral gübre uygulanan saksılarda yetişen bitkilerde görülmüştür. Gübre uygulanmayan saksılarda belirlenen değerler birbirine yakın ve istatistiksel olarak en düşük düzeyde bulunmuştur.

Topraktan kaldırılan fosfor değerleri (Çizelge 5) incelendiğinde genel ortalamalar itibariyle yine solucan uygulamaları arasında istatistiki

Çizelge 5. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları fosfor miktarları (mg P/bitki)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	2.3	e	44.1	cd	56.8	ab	34.4	A
3 solucan	2.1	e	36.6	d	59.9	a	32.9	A
6 solucan	2.3	e	48.4	bc	60.5	a	37.0	A
Ortalama	2.2	C	43.0	B	59.0	A		

2010). Organik formda verilen azotun bitkiler tarafından alınabilmeleri için organik maddenin mineralize olması gerekmekte olup, bu süreç sıcaklık ve nem başta olmak üzere bir çok parametre tarafından etkilenmektedir (Coşkan et al., 2007; Akbolat et al., 2009). Bu bilgiler ışığında bakıldığında, organik gübre uygulanan saksılarda yetişen bitkilerce, mineral azot uygulanan saksılarda yetişen bitkilere oranla daha düşük azot kaldırılmış olmasının nedeninin, verilen organik maddenin mineral formlara dönüşebilmesi için yeterli zaman geçmemesi olduğu düşünülmektedir. Solucan uygulamaları yönünden ortalama değerler arasında en yüksek değer 210 g N/bitki olarak 6 solucan uygulanan mineral gübrelili varyantta elde edilmiş ise de değerler arasındaki farklar istatistiki olarak anlamlı değildir. Tüm değerler içerisinde istatistiki anlamlı en yüksek değer

fark görülmemiştir. Ancak gübre uygulamaları yönünden en yüksek ortalama değer mineral gübre uygulamasında belirlenmiş bunu sırasıyla organik gübre ve kontrol uygulamaları izlemiştir ( $p<0,05$ ). Tüm değerler içerisinde en yüksek değerler mineral gübrenin yanı sıra 3 ve 6 solucan uygulanan saksılarda yetişen bitkilerde belirlenmiştir. Gübreleme yapılmayan uygulamalar arasında solucanların etkisi hiç görülmemiş, bu varyantlardan elde edilen değerler arasında istatistiki fark oluşmamıştır. Tüm değerler içerisinde gübre verilmeyen uygulamalardan en düşük değerler elde edilmiştir.

Topraktan kaldırılan potasyum miktarları (Çizelge 6) yönünden solucan uygulamaları arasında fark belirlenmemiştir. Gübre uygulamalarının ortalamaları arasında en düşük değer mineral gübrelemeden elde edilirken en yüksek değer organik gübre uygulanan

## Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübrelili Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı

Çizelge 6. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları potasyum miktarları (mg K/bitki)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	33	d	928	a	654	c	538	A
3 solucan	39	d	839	ab	680	c	519	A
6 solucan	42	d	798	b	652	c	497	A
Ortalama	38	C	855	A	662	B		

saksılarda yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir.

Tüm değerler içerisinde en yüksek değer solucan uygulanmayan organik gübre varyantında belirlenmiştir (928 mg K/bitki). Gübresiz varyantların her üçünde de istatistiki olarak en düşük değerler elde edilmiştir.

Topraktan kaldırılan kalsiyum içerikleri (Çizelge 7) yönünden solucan uygulamaları arasındaki değer farkları istatistiki olarak fark oluşturacak düzeyde belirgin değildir. Gübre uygulamalarını temsil eden ortalama değerler arasında ise belirgin farklar belirlenmiştir. Ortalama değerler arasında en yüksek değer mineral gübre uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise hiç gübre uygulanmayan uygulamalarda görülmüştür. Organik gübre uygulanan saksılarda solucan sayısına bakılmaksızın en düşük değerler belirlenmiştir. Mineral gübre uygulananlarda ise solucansız ve 6 solucanlı saksılarda istatistiki olarak en yüksek değerler belirlenmiştir.

gübre ve gübresiz uygulamaların izlediği görülmüştür. Elde edilen tüm değerler arasında en yüksek değer 6 solucan ve mineral gübre uygulanan varyantlarda belirlenirken en düşük değerler gübresiz uygulamaların tümünde belirlenmiştir.

Mineral gübre uygulamasında topraklara azot, fosfor ve potasyum gübrelemesi yapıldığından, bu besin elementlerinin daha yüksek bulunması beklenilmeyen bir durum değildir. Ancak temel gübreleme içerisinde kalsiyum ve magnezyum olmadığı halde bu iki elementin en yüksek değerleri de mineral gübrelerde belirlenmiştir. Diğer yandan fazla azot alımının Ca ve Mg alımını azaltması beklenirken (Kacar ve Katkat, 2010) Ca ve Mg alımı azot alımından etkilenmemiştir. Ca ve Mg alımının solucanlar tarafından manipüle edildiği düşünülmektedir.

### Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn ve Mn)

Topraktan kaldırılan demir içerikleri (Çizelge 9) değerleri incelendiğinde, ortalama değerler

Çizelge 7. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları kalsiyum miktarları (mg Ca/bitki)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	16	d	203	c	398	a	206	A
3 solucan	20	d	184	c	350	b	185	A
6 solucan	22	d	182	c	403	a	202	A
Ortalama	19	C	190	B	383	A		

Topraktan kaldırılan magnezyum miktarları (Çizelge 8) incelendiğinde solucan uygulamaları arasında fark görülmemiştir. Ancak kaldırılan magnezyuma gübrelerin etkisine yönelik ortalama değerler incelendiğinde en yüksek değer bu kez mineral gübrede olduğu, bunu sırasıyla organik

itibariyle solucan uygulamaları arasında istatistiki farklar olmadığı görülmüştür. Gübre uygulamaları ise kaldırılan demir miktarları üzerinde belirgin biçimde etkili olmuştur. Gübre uygulamaları ortalamaları arasında en yüksek değer mineral gübreli uygulamadan elde edilirken bunu organik gübreli uygulama ile

## Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübrelili Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı

Çizelge 8. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları kalsiyum miktarları (mg Mg/bitki)

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	6.4	d	34.1	c	107.9	ab	49.5	A
3 solucan	5.8	d	35.2	c	92.0	b	44.3	A
6 solucan	6.9	d	38.0	c	118.2	a	54.3	A
Ortalama	6.4	C	35.8	B	106.0	A		

gübresiz uygulama izlemiştir. Bitkilere yapılan temel gübrelemede mikro elementler kullanılmadığı halde demir alımı mineral gübrelili uygulamalarda belirgin biçimde yüksek olmuş, mineral gübre uygulamasında gübresiz uygulamadan yaklaşık 9 kat, organik gübrelili uygulamadan ise yaklaşık 1,7 kat daha yüksek değerler belirlenmiştir. Tüm değerler arasında en yüksek değer 6 solucan uygulanan mineral gübrelili uygulamadan elde edilmiştir. En düşük değerler ise gübresiz uygulamaların tümünde görülmüştür. Mineral gübrelili uygulama içerisindeki solucan uygulamaları incelendiğinde artan solucan sayılarına bağlı olarak kaldırılan demir miktarı artmıştır. Sadece bu sonuç dahi bitkiler için yeterli besin elementi bulunması halinde solucanların toprakta var olan ve bitkilerce alınamayan besin elementlerinin alımını artırdığını gösterir niteliktedir.

ve mineral gübrenin bir arada kullanıldığı varyantlarda belirlenmiştir. En düşük değer ise yine gübresiz uygulamaların her üç solucan uygulamasında görülmüştür.

Topraktan kaldırılan çinko miktarları (Çizelge 11) solucan uygulamasından istatistiki olarak anlamlı düzeyde etkilenmiş, solucan uygulaması topraktan kaldırılan çinko miktarını azaltmıştır. Ortalama değerler itibariyle mineral gübre uygulaması birçok elementte olduğu gibi çinko alımını belirgin biçimde artırmıştır. Tüm değerler içerisinde en yüksek değer 3 solucan uygulanan mineral gübrelili saksılarda yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir.

Solucan uygulaması topraktan kaldırılan mangan miktarını (Çizelge 12) artırmıştır. Ortalama değerler itibariyle gübre uygulamaları karşılaştırıldığında en yüksek değer mineral gübrede olduğu ve bunu sırasıyla organik gübre ve gübresiz uygulamaların izlediği görülmüştür.

Çizelge 9. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları demir miktarları ( $\mu\text{g Fe/bitki}$ )

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	170	d	1095	c	1702	b	989	A
3 solucan	242	d	1096	c	1806	ab	1048	A
6 solucan	193	d	1032	c	2082	a	1102	A
Ortalama	202	C	1074	B	1864	A		

Topraktan kaldırılan ortalama bakır miktarı değerleri (Çizelge 10) itibariyle solucan uygulamaları istatistiki olarak etkili olmamış, gübre uygulamaları ise sonucu belirgin biçimde etkilemiştir. Gübre uygulamalarının ortalamaları itibariyle en yüksek değer mineral gübre uygulamasında görülürken en düşük değer gübresiz uygulamada belirlenmiştir. Tüm değerler içerisinde en yüksek değer 6 solucan

Tüm değerler içerisinde en yüksek değerler 3 ve 6 solucan uygulanan mineral gübrelili saksılarda yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir.

### *Solucan Uygulamalarının Tüm Parametrelere Etkisi*

Solucan uygulamalarının bitkilerin besin elementi konsantrasyonlarına etkisi daha belirgin olurken, topraktan kaldırılan besin

## Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübrelere Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı

Çizelge 10. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları bakır miktarları ( $\mu\text{g Cu/bitki}$ )

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	7.8	d	61.2	c	150.8	ab	73.2	A
3 solucan	9.0	d	70.4	c	145.6	b	75.0	A
6 solucan	9.7	d	63.1	c	166.3	a	79.7	A
Ortalama	8.9	C	64.9	B	154.2	A		

elementi değerleri arasında sadece Zn ve Mn değerleri üzerine etkili olmuş, kaldırılan besin elementi yönünden 7 besin elementi arasında fark oluşturmamıştır. Solucan uygulamaları genelde parametreler üzerinde olumlu etkili olmuş, kimi parametrelerde 3 solucan uygulaması kimi parametrelerde de 6 solucan uygulaması solucansız uygulamaya göre daha yüksek veya solucansız uygulama ile aynı değerleri vermiştir.

değerleri genellikle gübresiz uygulamada organik ve mineral gübrelere uygulamaya göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak gübresiz uygulamalarda belirlenen bitki boyu, biyomas ağırlığı değerleri de gübrelere uygulamalardan belirgin biçimde düşük çıkmıştır. Gübrelere uygulamalarda daha düşük konsantrasyon belirlenmesinin nedeni alınan besin elementinin daha fazla olan biyomas içerisinde seyrelmesinden kaynaklanmaktadır. Toprak

Çizelge 11. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları çinko miktarları ( $\mu\text{g Zn/bitki}$ )

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	46	f	199	e	438	ab	228	A
3 solucan	39	f	298	cd	494	a	277	AB
6 solucan	33	f	253	de	365	bc	217	B
Ortalama	39	C	250	B	432	A		

### Gübre Uygulamalarının Tüm Parametrelere Etkisi

Genel ortalama değerler itibariyle gübre uygulamaları, solucan uygulamalarına oranla çok daha belirgin farklar oluşturmuştur. Elde edilen 21 parametre içerisinde sadece biri olan fosfor içeriği değerinde gübre uygulamaları istatistiksel fark oluşturmamış, diğer 20 parametrenin değerleri arasında ise  $p < 0,05$  düzeyinde farklar belirlenmiştir. Konsantrasyon

kaldırılan besin elementi değerleri bu durumu açıkça ortaya koymaktadır. Toprakta kaldırılan elementlere ait sonuçlar arasından sadece potasyum değerlerinde -gübre<mineral gübre<organik gübre sıralaması görülürken diğerlerinin tümünde -gübre<organik gübre<mineral gübre sıralaması ortaya çıkmıştır.

Çizelge 12. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları mangan miktarları ( $\mu\text{g Mn/bitki}$ )

	- gübre		Org. Güb.		Min. Güb.		Ortalama	
- solucan	9	d	99	c	179	b	96	B
3 solucan	13	d	96	c	219	a	109	AB
6 solucan	16	d	96	c	234	a	115	A
Ortalama	13	C	97	B	210	A		



### *Belirlenen Parametreler Arasındaki İlişkiler*

Gübre uygulanmayan koşullarda solucan uygulaması ile Ca içeriği arasında  $p=0,05$  düzeyinde pozitif, Zn içeriği arasında  $p=0,05$  düzeyinde negatif ilişki belirlenmiştir. Organik gübrelili koşullarda solucan uygulaması ile bitki boyu arasında  $p=0,05$  düzeyinde negatif ilişki belirlenmiştir. Mineral gübrelili koşullarda ise solucan uygulaması ile üst aksam ağırlığı ve demir içeriği arasında  $P=0,05$  düzeyinde, kaldırılan mangan miktarı arasında  $p=0,01$  düzeyinde pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Genel olarak mineral gübrelili uygulamalarda daha fazla ve belirgin ilişkiler görülmüştür.

### **Sonuç ve Öneriler**

Toprak solucanlarının tarım toprağına aşılması halinde elde olunabilecek yararları belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışma, hem mineral hem organik gübrelili koşullarda yürütülmüş, ayrıca hiçbir uygulama yapılmayan, sadece solucan aşılmasının etkilerinin araştırıldığı saksıların denemeye dahil edilmesi ile iyi bir karşılaştırma olanağı sağlanmıştır. Genel olarak hiçbir gübreleme yapılmayan şartlarda solucan varlığı bitki gelişimini anlamlı düzeyde desteklememiş, gübresiz koşullarda yetiştirilen bitkiler diğerlerine oranla çok düşük biyo-kütle oluşturabilmiştir. Bu denli düşük biyokütlenin içerdiği besin elementlerini irdelemek çok anlamlı bulunmamıştır. Organik gübrelili koşullarda yetiştirilen bitkiler, hiç gübre uygulanmayanlara oranla daha iyi gelişmiş olmakla beraber, belirlenen biyomas değerleri, mineral gübrelili uygulamalarda belirlenen değerlerin oldukça altında kalmıştır. Uygulanacak organik gübre miktarının belirlenmesinde mineralizasyon hızı öngörülmeye çalışılmış, bitkilerin ihtiyaç duyduğu kadar azotu ortama sağlayabilmek amacıyla yüksek dozda organik azot uygulanmıştır. Buna rağmen mineralizasyon hızının beklenen düzeyde olmadığı ve sonuç itibarıyla bitkilere yeterince besin elementi sunulmadığı düşünülmekte olup düşük biyomas değerleri bununla ilişkilendirilmiştir. Mineral gübrelili uygulamalardan oldukça ilginç sonuçlar elde edilmiş, hemen hemen ölçülen tüm parametrelerde en iyi sonuçlar mineral

gübrelili uygulamalardan elde edilmiştir. Deneme başlarken aşılana solucanların tümü tartılmış ve her saksıya eşit ağırlıkta solucan aşılmasına çalışılmıştır. Deneme sonunda bu solucanların yeniden ekstrakte edilerek tartılması planlanmış ise de, hasat döneminde saksılarda solucana rastlanmamıştır. Literatürde bu durumdan söz edilmiş olduğundan (Pattinson et al., 1997) solucanların organik madde ihtiyaçları göz önüne alınmış olmasına rağmen organik gübrelili uygulamalarda dahi solucan bulunmayışı, solucanların rahatsız olduğu bir başka faktörün varlığına işaret etmektedir. Deneme hipotezleri arasında yer almamasına rağmen, mineralizasyonun iyi tahmin edilemediği durumlarda, sadece organik gübre ile bitkilerin beslenmesinde problem yaşanabileceği de bu deneme sonuçlarından anlaşılmıştır. Genel olarak sonuçlar, hem mineral gübre, hem de organik gübre kullanılan saksılarda solucan aşılmasının etkili olduğunu ortaya koymuştur. Genellikle mineral gübre ve 6 solucan/saksı (200 birey/m<sup>2</sup>) uygulamasının bir arada yapıldığı saksılardan elde edilmiştir. Diğer yandan Eriksen-Hamel and Whalen (2007) solucanların bitki gelişimine olumlu katkılarının popülasyonun yüksek (>300 birey/m<sup>2</sup>) olması halinde ortaya çıktığını da vurgulamışlardır. Bu nedenle tarım alanlarında solucan varlığının artırılmasının bitkilerin beslenmesi ve gelişmesi üzerine olumlu etkiler sağlayacağı açıktır. Bu bulgudan hareketle tarım alanlarında solucan sayısının artırılması amacıyla çalışmaların yürütülmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

### **Teşekkür**

Bu çalışma 4026-YL1-14 Proje numarası ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.

### **Kaynaklar**

Akbolat, D., Evrendilek, F., Coşkan, A., Ekinci, K., 2009. Quantifying soil respiration in response to short-term tillage practices: a case study in southern Turkey, Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science; 59: 50-56.

- Amador, J. A., Görres, J. H., 2005. Role of the anecic earthworm *Lumbricus terrestris* L. in the distribution of plant residue nitrogen in a corn (*Zea mays*)–soil system. *Applied Soil Ecology* Volume 30, Issue 3, 2005, Pages 203–214.
- Amador, J. A., Görres, J. H., Savin, M. C., 2006. Effects of *Lumbricus terrestris* L. on nitrogen dynamics beyond the burrow. *Applied Soil Ecology*. Volume 33, Issue 1, Pages 61–66.
- Baker, G.H., Carter, P.J., Barrett, V.J., 1999. Influence of earthworms, *Apporectodea* spp. (Lumbricidae), on pasture production in South-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 1247-1257.
- Blair, J.M., Parmelee, R.W., Allen, M.F., McCartney, D.A., Stinner, B.R., 1997. Changes in soil N pools in response to earthworm population manipulations in agroecosystems with different N sources. *Soil Biol. Biochem.* 29,361–367.
- Bohlen, P. J., Edwards, C. A., 1995. Earthworm effects on N dynamics and soil respiration in microcosms receiving organic and inorganic nutrients. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 27, Issue 3, Pages 341–348.
- Bremner, J. M., 1965. *Method of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods.* American Society of Agronomy Inc. Madison, Wise S-1149-1178, USA.
- Brown, G.G., Pashanasi, B., Villenave, C., Patro'n, J.C., Senapati, B.K., Giri, S., Barois, I., Lavelle, P., Blanchart, E., Blakemore, R.J., Spain, A.V., Boyer, J., 1999. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: Lavelle, P., Brussaard, L., Hendrix, P. (Eds.), *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems.* CABI Publishing, Oxon, UK, pp. 87–147.
- Çakmak, I., Yılmaz, A. Ekiz, H. Torun, B. Erenoglu, B., Braun H.J., 1996. Zinc deficiency as a critical nutritional problem in wheat production in Central Anatolia. *Plant and Soil* 180, 165-172.
- Cortez, J., Billes, G., Bouche', M.B., 2000. Effect of climate, soil type and earthworm activity on nitrogen transfer from a nitrogen-15-labelled decomposing material under field conditions. *Biol. Fert. Soils* 30, 318–327.
- Cortez, J., Hameed, R.H., 2001. Simultaneous effects of plants and earthworms on mineralization of <sup>15</sup>N labelled organic compounds adsorbed onto soil size fractions. *Biol. Fert. Soils* 33, 218–225.
- Coşkan A., M. Gök, K. Doğan, 2007. Effect of Wheat Stubble Burning and Tobacco Waste Application on Mineral Nitrogen Content of Soil at Different Depth, *International Journal of Soil Science*, 2(1):55-61, 2007.
- Doube, B.M., Williams, P.M.L., Willmott, P.J., 1997. The influence of two species of earthworms (*Aporrectodea trapezoides* and *Aporrectodea rosea*) on the growth of wheat, barley and faba beans in three soil types in the greenhouse. *Soil Biol. Biochem.* 29, 503–509.
- Eriksen-Hamel, N., Whalen, J., K., 2007. Impacts of earthworms on soil nutrients and plant growth in soybean and maize agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* Volume 120, Issues 2–4, Pages 442–448.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., Talaz, S. 1995. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı mikro elementler bakımından genel durumu. *Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü. 620/A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu.*
- Fründ, H. C., Butt, K., Capowiez, Y., Eisenhauer, N., Emmerling, C., Ernst, G., Potthoff, M., Schädler, M., Schrader, S., 2010. Using earthworms as model organisms in the laboratory: Recommendations for experimental implementations. *Pedobiologia*, Volume 53, Issue 2, Pages 119–125.
- Kacar, B. ve Katkat, V., 2010. *Bitki Besleme. 5. Baskı.* Nobel Yayın Dağıtım, Ankara. ISBN:978-975-591-834-4.
- Kacar, B., İnal, A., 2010. *Bitki Analizleri.* Nobel Akademik Yayıncılık. ISBN: 9786053950363

- Karanlık S., Erenoğlu E.B., Derici R., Cakmak İ., 1998. Orta Anadolu, Çukurova ve Gap Bölgeleri Topraklarının Değişik Fraksiyonlardaki Mikroelement Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi, Eskişehir, Türkiye, 12-16 Mayıs 1997, ss.783-786
- Kızılkaya, 2004. Cu and Zn accumulation in earthworm *Lumbricus terrestris* L. in sewage sludge amended soil and fractions of Cu and Zn in casts and surrounding soil Ecological Engineering 22, 141–151
- Kızılkaya, 2005. The role of different organic wastes on zinc bioaccumulation by earthworm *Lumbricus terrestris* L. (Oligochaeta) in successive Zn added soil Ecological Engineering 25, 322–331.
- Kızılkaya, 2008. Dehydrogenase activity in *Lumbricus terrestris* casts and surrounding soil affected by addition of different organic wastes and Zn. Bioresource Technology 99, 946–953.
- McDaniel, J. P., Stromberger, M. E., Barbarick, K. A., Cranshaw, W., 2013. Survival of *Aporrectodea caliginosa* and its effects on nutrient availability in biosolids amended soil. Applied Soil Ecology. Volume 71, Pages 1–6.
- Mısırlıoğlu, M., 2011. Toprak Solucanları, Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri. Nobel Yayın, ISBN: 978-605-395-447-7
- Müller-Inkman, M., Fründ, H. C., Hemker, O., 2013. An experimental setup to assess earthworm behaviour in compacted soil. Biology and Fertility of Soils. Volume 49, Issue 3, pp 363-366.
- Olsen, S. R., Watanable, F.S., 1957. A Method to Determine a Phosphorus Adsorption Maximum for Soils as Measured by the Langmuir isotherm. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 21: 144-149.
- Pattinson, G.S., Smith, S.E., Doube, B.M., 1997. Earthworm *Aporrectodea trapezoides* had no effect on the dispersal of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus intraradices*. Soil Biol. Biochem. 29(7)1079-1088.
- Ruz-Jerez, B.E., Ball, P.R., Tillman, R.W., 1992. Laboratory assessment of nutrient release from a pasture soil receiving grass or clover residues, in the presence or absence of *Lumbricus rubellus* or *Eisenia foetida*. Soil Biol. Biochem. 24, 1529–1534.
- Scheu, S., 2003. Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives: The 7th international symposium on earthworm ecology · Cardiff · Wales · 2002. Pedobiologia, Volume 47, Issues 5–6, 2003, Pages 846–856.
- Shen, W., Yang, H., 2008. Effects of earthworm and microbe on soil nutrients and heavy metals. Agricultural Sciences in China Volume 7, Issue 5, Pages 599–605.
- Sims, R.W. and Gerard, B.M., 1985. Earthworms. Synopses of the British Fauna No. 31 The Linnean Society and the Brackish-Water Sciences Association. Field Studies Council, Shrewsbury. London ISBN:9004075828.
- Wurst, S., Dugassa-Gobena, D., Langel, R., Bonkowski, M., Scheu, S., 2004. Combined effects of earthworms and vesicular-arbuscular mycorrhizas on plant and aphid performance. New Phytologist 163:169–176.