

Ağrı Eleşkirt Yöresi Tarım Topraklarına Vermikompost İlavesinin Mısır Bitkisinin Mikro Besin Elementi ve Toksik Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi*

Tülay DİZİKISA¹, Nesrin YILDIZ^{2*}, Kadriye URUÇ PARLAK³

¹Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ağrı/Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Erzurum/Türkiye

³Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ağrı/Türkiye

*Bu çalışma Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından MYO.19.004 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Alınış tarihi: 6 Nisan 2022, Kabul tarihi: 1 Kasım 2022

Sorumlu yazar: Nesrin YILDIZ, e-posta: nyildiz@atauni.edu.tr

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı; şekerpancarı tarımının yoğun olarak yapıldığı Ağrı-Eleşkirt yöresi toprak örneklerine farklı oranlarda solucan gübre (vermikompost) uygulamasının mısır bitkisinde mikro element içeriğine etkisini araştırmaktır.

Materyal ve Yöntem: Söz konusu araştırma alanından örneklenen ve bazı fiziksel, kimyasal analizleri yapılan 10 farklı toprağa sera koşullarında bir girişimcinin ürettiği %0, %0.2 ve %0.6 oranlarında analiz edildikten sonra solucan gübresi (vermikompost) uygulanmıştır. Çiçeklenme başlangıcında hasat edilen bitki örneklerinin mikro besin elementi ve potansiyel toksik ağır metal alımındaki etkisini belirlemek için bor (B), nikel (Ni), kobalt (Co) ve demir (Fe) ile diğer elementel içerikleri analiz edilmiştir.

Araştırma Bulguları: Toprak örneklerinin mikro besin elementi ve potansiyel toksik elementler alımına etkisini yansıtan en yüksek ortalama değerler sırasıyla; 1 nolu toprak örneğinde 3.023 ppm Ni, 0.229 ppm Pb ve 0.429 ppm Co, 2 nolu toprak örneğinde 22.696 ppm Zn, 31.971 ppm B ve 98.097 ppm Mn, 3 nolu toprak örneğinde 12.169 ppm Cu, 3.777 ppm Mo ve 0.186 ppm Cd, 8 nolu toprak örneğinde ise 2.108 ppm Fe olarak bulunmuştur. Vermikompost uygulamasının V1 yani kontrol dozunda en yüksek ortalama değerler 7.916 ppm Cu, 12.194 ppm Zn, 43.065 ppm Mn ve 1.754 ppm Mo ; V2 (%0.2) dozunda 0.136 ppm Pb ve 0.096 ppm Cd ve V3 (%0.6) dozunda en yüksek 0.253 ppm Co ve 1.551 ppm Ni tespit edilmiştir.

Sonuç: Bitki mikro besin elementi alımında toprak örnekleri ve vermikompost uygulamalarının interaksiyon etkisi çok önemli bulunmuştur. İstatistiksel analizlere göre bitki örneklerinin mikro element içeriği ile gübre dozları arasında farklılıkların çok önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca solucan gübrenin yüksek tuz içeriğine de dikkat çekilmiştir.

Anahtar kelimeler: Mısır, bitki analizleri, toprak analizleri, solucan gübresi, toprak verimliliği

The Effect of Vermicompost Application to Agricultural Soils in Ağrı-Eleşkirt Region on Micro Nutrient and Toxic Heavy Metal Content of Maize

Abstract

Objective: In this study, the application of different rates of vermicompost (V1 %0, V2 %0.2, and V3 %0.6) to 10 soil samples from Ağrı Eleşkirt region where sugar beet farming is intensive was investigated to determine the effect of vermicompost on corn growth and microelement uptake.

Materials and Methods: Vermicompost fertilizers at rates of (V1, V2, and V3) were applied to 10 different soil samples in the research areas, and some physical and chemical analyses were applied in the greenhouse after analyzing the vermicompost produced by an entrepreneur. The micronutrients of plant samples harvested at the beginning of flowering and their effect on the intake of potentially toxic

heavy metals were analyzed with other elemental contents, except boron (B), nickel (Ni), cobalt (Co) and iron (Fe) which showed no significant difference.

Results: The highest average values reflecting the effect of soil samples on the uptake of micronutrients and potentially toxic elements were from soil sample 1; 3.023 ppm Ni, 0.229 ppm Pb and 0.429 ppm Co; for soil sample 2, the highest mean values were found for 22.696 ppm Zn, 31.971 ppm B and 98.097 ppm Mn; the soil sample 3 obtained 12.169 ppm Cu, 3.777 ppm Mo and 0.186 ppm Cd thus the soil sample 8 obtained the highest value of 2.108 ppm Fe. The highest average value of vermicompost application in control dose (V1) was 7.916 ppm Cu, 12.194 ppm Zn, 14.637 ppm B, 43.065 ppm Mn, and 1.892 ppm Fe. The dose (V2) obtained the highest result of 0.136 ppm Pb and 0.096 ppm Cd whereas the dose (V3) obtained the highest value of 1.551 ppm Ni and 0.253 ppm Co.

Conclusion: The interaction effect of soil samples and vermicompost applications was found very significant in plant micronutrient uptake. According to statistical analyses, differences between the microelement contents of plant samples and vermicompost doses were very significant. In addition, the high salt content of the vermicompost was interesting.

Keywords: Maize, plant analysis, microelement, vermicompost, soil fertility.

Giriş

Ekosistemin sürdürülebilirliği gözetilerek yapılan tarımsal faaliyetlerde, toprakların hem üretim potansiyellerinin artırılması hem de çevreyle olan uyumun sağlanması esastır. Günümüzde alternatif doğal üretim kaynaklarına olan yönelim oldukça yoğun olmasına rağmen, kullanılabilir tarım arazileri sınıra geldikleri gibi, aşırı sömürülmüş olduklarından yerlerine geçebilecek alternatifi sağlanamamıştır (Korkmaz ve ark., 2021). Bu durum, mevcut tarım alanlarımızın tarımsal faaliyetlere en iyi ortam olma özelliklerini sürdürebilmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, tarımsal faaliyetlerin sonucu olarak ortaya çıkan toprak sistemindeki değişimlerin ve bu değişimlerin toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması giderek daha da önemli hale gelmektedir. Toprak organik madde miktarı (OM), daha fazla üretkenlikle ilişkili toprak özelliklerinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilir (Eleroğlu ve Korkmaz 2016; Karnez ve ark., 2021; Korkmaz ve ark., 2021). Sürdürülebilir bir toprak verimliliği için en önemli öğelerden birisi toprak organik

maddesidir. Dünyanın büyük bir kısmını kapsayan kurak ve yarı kurak iklime sahip ülkelerin en önemli sorunlarından birisi toprakların organik madde içeriklerinin azlığıdır. Türkiye’de tarım alanlarının önemli bir bölümünde organik madde yetersizliğinin olduğu bilinmekte, organik madde içeriğinin artırılması uzmanlarca öngörülmektedir. Organik gübreler bitki beslemede son yıllarda önemli ölçülerde kullanılmaktadır. Söz konusu bu gübrelerin kullanımı bitkinin verim ve kalitesinde önemli artışlar sağlamaktadır. Vermikompost da bu amaçla üretilen ve kullanılan organik materyallerden birisi olarak ön plana çıkmaktadır (Yıldız, 2012).

Vermikompost, solucan gübresi üretiminde elde edilen son üründür (Karnez ve ark., 2021). Solucanlar; sindirim sistemlerinde ürettikleri antibiyotik özellikli maddeleri, aminoasitleri ve vitaminleri dışkılarına karıştırıp, oluşan gübrenin biyolojik özelliklerini iyileştirir. Ayrıca bileşimlerinde humik ve fülvik asit gibi bitkilerin beslenmesi için önemli olan büyüme düzenleyici maddeler de bulunmaktadır. Çok az da olsa solucanın sindirim sisteminden geçmemiş organik madde içerebilmektedir. Solucan gübresinin, ticari gübre olarak üretilerek çiftçilerin hizmetine sunulması için özel üretim yerlerine gereksinim bulunmaktadır. Avustralya, ABD, İngiltere, Hindistan ve Küba gibi ülkelerde uzun geçmişi olan vermicompost tekniğinin birincil amacı; her geçen gün büyüyen bir çevre sorunu ve atıl kaynaklar olan organik artık/atıkları değerlendirmektir (Edwards, 1995).

Toprak solucanları karasal ekosistemlerin çok önemli bir parçasıdır. Kırmızı solucan (*Eisenia fetida*) bilinen en yaygın vermicompost solucanıdır (Yıldız ve ark., 2005).

Solucan türlerinin organik gübreler ve bitkisel materyal (ağaç kabukları, yaprak, saman, sebze ve meyve artıkları) ile beslenmeleri ve bu organik materyali vücutlarından geçirmeleri ile ürettikleri yüksek değerlikli gübre, organik bir kompostlaşma sonucu ortaya çıktığından, biohumus veya vermicompost olarak adlandırılmaktadır (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010).

Vermikompostun içerdiği materyaller solucan mucusu ile kaplı olduğundan toprağa hemen karışmaz. Bu sayede diğer gübreler gibi sızıntıya maruz kalmadan bitkiyi daha uzun süre besler.

Vermikompost olarak bilinen solucan gübresi; solucanların, organik atıkları kompostlaştırması sonucunda ortaya çıkardıkları dışkı olarak ifade edilmektedir (Edwards ve Bohlen, 1996). Katı formda

bulunan vermikompost belirli işlemlerden geçtikten sonra sıvı formda da kullanılmaktadır.

Vermikompostun toprak zenginleştirici, verim arttırıcı ve zarar görmüş topraklarda ıslah edici özelliklere sahip olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Arancon ve ark., 2004; Ali ve ark., 2007; Singh ve ark., 2008; Nath ve Singh, 2011; Tavalı ve ark., 2014).

Solucan gübresinin tarımda kullanılması son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Vermikompost toprak düzenleyicisi özelliğine sahiptir, toprak kalitesini yükselterek ürün verimini artırır, pestisit ve bitki kalıntılarını kontrol eder, yeterli oranda yararlı makro ve mikro bitki besin maddelerini içerir (Bellitürk, 2016).

Yapılan çalışmalar, vermikompost uygulamasının bitkinin gereksinim duyduğu bitki besin maddelerini elverişli bir biçimde sağladığını ve bu besinlerin bitki tarafından alınımını artırdığını göstermektedir (Peyvast ve ark., 2007; Karnez, 2021).

Adiloğlu ve ark., (2015) tarafından yapılan bir araştırmada 0 kg/da, 400 kg/da, 800 kg/da ve 1200 kg/da solucan gübresinin salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) bitkisinde verimi, yaş ağırlığı, bitki çapı, bitkideki yaprak sayısı, yaprak uzunluğu ve genişliği üzerinde önemli artışlar saptanmıştır. Ancak bitkinin N, P, K, Ca, Mg, Cu ve Zn içeriklerindeki değişimler önemli bulunmamış, bitkinin Fe ve Mn içeriklerinde istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli artışlar saptanmıştır.

Büyükfiliz ve Adiloğlu (2016) Tekirdağ ili Yağcı mahallesinde üretimi yapılan ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisine farklı dozlarda uygulanan vermikompost gübrelemesi sonucu bitkinin beslenme durumuna etkisini araştırmış ve bitki analizi sonuçlarına göre bitkinin N, P, K, Mg, Ca, Cu ve Mn içeriklerinin vermikompost uygulamaları ile arttığını, Fe, Zn ve B içeriklerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir.

Kusum ve ark. (2020) Pusa'da evsel atıklardan ve inek gübresinden (1:1, w/w) hazırlanan solucan gübresinin (üç ölçü kimyasal gübre ile birlikte dört ölçü solucan gübresi) toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir mikro besinler üzerindeki etkisini araştırmış ve pirinç mahsulünün büyümesi süresince bitki demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve manganez (Mn) içeriklerini analiz etmişlerdir. Sonuçlar, ekimden kardeşlenme aşamasına kadar toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilen mikro besinlerde bir artış eğiliminin, hasat sonrası toprakta ise kademeli bir düşüş gözlemlendiğini göstermiştir. Tam doz gübre (RDF) ve vermikompost (2,5 ton ha⁻¹)

uygulamasını içeren uygulama, mikro besin yararlılığı açısından en iyi doz kombinasyonu olarak belirlenmiştir.

Manyuchi ve ark. (2013) iki biyo-gübrenin (solucan gübresi ve solucan çayı) toprak üzerindeki ve mikro besinlerin yararlılığı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

40 gün boyunca maksimum 1000 gr solucan gübresi ve solucan çayı uygulanmıştır. Biyo-gübrenlerin toprak mikro besinleri ve uygulama süresi üzerindeki etkileri; toprak çinko, manganez ve demir içeriğinde bir artışa neden olmuştur. Artan miktarlarda solucan suyu, topraktaki demir içeriğinin artmasına, ancak bakır içeriğinin azalmasına neden olmuştur. Ayrıca, iki biyo-gübrenin artan uygulaması toprak bakırını iyileştirirken çinko ve manganez içeriğini azaltmıştır.

Pant ve ark. (2009) organik (vermikompost çayının/özütünün) ve sentetik (Osmocote) gübrelemenin pak choi bitkisinin büyüme, mineral besin düzeyi ve antioksidan aktivitesi üzerindeki müteakip etkilerini araştırmıştır. Farklı yöntemlerle elde edilen üç solucan gübresi çayı (yani havalandırılmamış solucan gübresi çayı, havalandırılmış solucan gübresi çayı (ACT) ve havalandırılmış solucan gübresi) etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak havalandırılmış ve mikrobiyal içeriği güçlendirilmiş solucan gübre çayının diğer çaylara kıyasla bitki mineral besin içeriğini ve bitki üretimini artırdığı, toplam karotenoidler, antioksidan aktivite ve toplam fenoliklerin organik gübrelemede daha yüksek bulunduğu vurgulanmıştır. Vermikompost çayının mahsul büyümesi üzerindeki etkisi, büyük ölçüde mineral besin, özellikle N alınımındaki artışa bağlanmıştır. Bu kapsamda yürütülen çalışmada, şekerpancarı tarımının yoğun olarak yapıldığı Ağrı-Eleşkirt yöresi toprak örneklerine farklı oranlarda solucan gübre (vermikompost) uygulamasının mısır bitkisinde mikro element içeriğine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Ağrı İli; ülkemizin doğusunda Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat-Van Bölümü sınırları içinde yer almakta olup morfolojik açıdan bir akarsu havzası özelliği göstermektedir. Kışları soğuk ve sert, yazları kurak ve sıcaktır (Dönmez, 1984). Ağrı'nın bitki örtüsü özellikleri bugüne dek ayrıntılı bir şekilde incelenmemiştir. Ağrı'da yağıştan yoksun sıcak bir devrenin bulunması, doğal bitki örtüsünün ileri derecede gelişmesini engellemiştir (Atalay,1994).

Bu çalışmada Ağrı-Eleşkirt yöresinde hali hazırda şekerpancarı yetiştiriciliği yapılmakta olan

toprakların beslenme durumunu belirlemek ve toprak yapısını iyileştirmek amacıyla, şekerpancarı dikili tarlalardan 2019 yılı nisan ayı başlangıcında dikimden önce toprak örneği alınmıştır. Tarlalardan örnek alırken arazi incelenerek; renk, eğim, toprak taşınımı, derinlik, ıslaklık, yöney, bitki örtüsü gibi farklılıklar incelenmiştir. Örnekleme birimleri (tarla) tekdüze olduğu için dikimden önce tesadüfi olarak Jakson (1962) tarafından bildirilen esaslara uygun şekilde yapılmıştır. Örnekleme noktaları zigzag hatlar boyunca köşe noktalardan, 20 da'dan küçük yerlerde en az 10 farklı noktadan kök derinliği esas alınarak örneklenen topraklar karıştırılarak torbaya konup etiketlendikten sonra analiz yapmak amacıyla laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen topraklar kurutulduktan sonra fiziksel ve kimyasal analizler yapılması amacıyla 2 mm'lik elekten ve sera denemesinde kullanılacak olan toprak ise 4 mm'lik elekten geçirilerek analize hazırlanmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

Toprak tekstürleri Bouyoucus Hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee ve Hortage, 1986). Toprakların kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson, 1982). Toprakların organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson ve Sommer, 1982). Hazırlanan saturasyon çamurlarından elde edilen ekstraksiyon çözeltilerinde elektriki konduktivite (Orion EC metre) aletiyle belirlenmiştir (Demiralay, 1993). Toprakların katyon değişim kapasiteleri, örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8,2) sodyum adsorpsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7,0) ekstrakte edilen solusyonlarda ICP-OES spektrofotometresi (Inductively Coupled Plasma-Optic Emission Spectrometry) ile belirlenmiştir (Rhoades, 1982). Toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları mikro dalga yaş yakma yöntemi ile elde edilen ekstraksiyon çözeltilerinde atomik adsorpsiyon spektrofotometrede okunmuştur (Lindsay, 1978).

Deneme; 10 farklı toprağa 3 farklı doz vermikompost (%0, %0.2, %0.6) uygulanmasıyla 3 tekrar olarak tam şansa bağlı tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Çalışmada farklı dozlarda solucan gübresi uygulamaları test edilmiştir. Kullanılan saksı başına 1000 g toprağa; %0 (kontrol), %0.2 ve %0.6 olmak üzere üç dozda solucan gübre toprakla homojen biçimde karıştırılmış ve 31.07.2019 tarihinde saksılara mısır tohumu ekimi yapılmıştır.

Deneme sürecinde saksı içeriğinde su miktarı tarla kapasitesi düzeyinde tutulmaya çalışılmıştır. Deneme

sonunda mısır bitkileri çiçeklenme aşamasına geldiğinde toprak yüzeyinden 2 cm mesafeden hasat edilmiştir. Saksılardan hasat edilerek örneklenen bitkilerin elementel içerikleri analiz edilmeden önce bitki örnekleri distile su ile yıkanarak ön kurutma yapılmış ve daha sonra 70 °C'de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulduktan sonra öğütülmüşlerdir. Öğütülen bitki örnekleri yaş (asitte) yakıldıktan sonra, çözeltiye alınan mineral besinler ICP-MS cihazında Cu, S, Fe, Mn, Pb, Zn, Mn, Cd, Ni ve Cr içerikleri saptanmıştır (Kacar ve İnal, 2010).

Araştırmamızda kullanılan mısır (*Zea mays* L.) kompozit bir çeşit olup her yıl tohumluk yenileme ihtiyacını ortadan kaldırır. Melez tohumluğun bulunmadığı veya pahalı diye alınamadığı durumlarda çiftçinin elindeki yerli çeşide göre çok daha verimlidir. Yerli ıslah ve yerli üretimdir.

Araştırmada kullanılan katı solucan gübresi ise Erzurum-Pasinler yolu üzerinde faaliyet gösteren özel bir firmadan temin edilmiştir.



Şekil 1. Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin farklı dönemlerdeki gelişimleri

Usulüne uygun olarak alınan toprak ve bitki örneklerinde kritik konsantrasyon değerlerine göre analiz sonuçları yorumlanmış ve toprak ve bitki analizleri sonucu elde edilen veriler SPSS-16 paket programında genel linear model kapsamında korelasyon analiziyle belirlenmiştir. Ayrıca yine lokasyonlarla ana faktörler arasındaki değerlendirmeler tam şansa bağlı deneme bloklarına göre varyans analiziyle belirlenmiş, önemli bulunan ortalamalara ait verilere Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Besin elementi kapsamları ile toprak özellikleri arasında varyans analizi ve korelasyon analizi yapılarak istatistiki açıdan önemli çıkan değerler Düzgüneş ve ark. (1987)' larına göre yorumlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma**Solucan Gübre Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Bu araştırmada artan miktarlarda solucan gübre uygulamalarının mısır bitkisinde mikro element içeriğindeki değişim incelenmiştir. Solucan

gübresinin ve deneme toprağının rutin bazı fiziksel, kimyasal özellikleri ile mısır bitkisinin elementel kompozisyonu analiz edilmiş ve analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan solucan gübresinin kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	Ortalama		Ortalama
pH (1:10)	7.10	Fosfor(kg/da P ₂ O ₅)	22.80
Kireç (%)	16.07	Na (me/100 gr)	10.20
Organik madde kül fırını (%)	51.70	K (me/100 gr)	27.00
Toplam Azot (%)	4.49	Ca (me/100 gr)	7.80
Amonyum (ppm)	50.10	KDK (me/100 gr)	60.70
Nitrat (ppm)	42.00	EC (dS.m ⁻¹)	14.30

Çizelge 1 incelendiğinde görüleceği gibi denemede kullanılan solucan gübresinin "kireç ve tuz" içeriği yüksektir. Bu çalışma ile önemli bir ayrıntıya dikkat çekilmek istenmiştir. Vermikompostun toprak organik madde içeriğini yükseltmesi ve organik maddenin bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik katkı sağlayabileceği gibi tuz ve kireç içeriği yüksek organik gübrelerin kontrolsüzce kullanımı olası toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğine potansiyel risk olabileceği; zamanla toprağın sağlığını ve kalitesini bozacağı da unutulmamalıdır. Asit topraklara uygulanmasının olası ıslah edici materyal olabileceği düşünülse de tuz içeriğinin yüksek olması tolere

edilebilir bir durum olmayacak ve toprak tuzluluğunun kümülatif olarak artışı kaçınılmaz olacaktır. Bu durum özellikle iklim değişikliği ve beraberinde kuraklık ve tuzluluk etkenleriyle var olduğu günümüzde ne yazık ki kabul edilebilir ve telafi edilebilir bir tercih olmayacaktır.

Toprak Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Araştırma konusu toprak örneklerinin yapılan analizler sonucunda belirlenen tekstür sınıfları Çizelge 2'de verilmiştir. Toprakların tekstür sınıflandırmasında; örnek alınan toprakların tamamının %50'sinin killi tınlı, %10'unun siltli killi ve %40'ının killi olduğu belirlenmiştir..

Çizelge 2. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tekstür	killi	Killi tn	killi	Siltli kil	Killi tn	Killi tn	killi	killi	Killi tn	Killi tn
pH (1:2,5)	6.61	6.75	6.81	6.89	6.67	6.71	6.83	6.89	6.83	6.95
Kireç (%)	2.67	4.07	5.07	4.51	2.33	1.92	2.07	3.42	2.84	2.44
OM (%)	1.60	2.93	3.17	2.86	3.14	2.24	2.56	3.34	2.11	2.28
EC (dS.m ⁻¹)	1.24	1.29	1.55	1.75	1.50	2.37	2.22	1.83	1.63	1.55
KDK (me/100 g)	18.30	21.00	22.20	21.20	21.30	22.00	18.80	21.00	19.80	20.50

Araştırma kapsamındaki şekerpancarı tarlalarından alınan yüzey toprak örneklerinin pH, kireç, EC, organik madde ve KDK analizleri yapıldıktan sonra elde edilen değerler sınır değerler ile karşılaştırılmıştır (FAO, 1990; Wolf, 1971; Lindsay ve Norvell, 1969; Follet, 1969; Yurtsever,1974; Richards, 1954; Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Araştırma alanı topraklarının pH'sı 6.61-6.95 arasında değişmekte olup ortalama 6.79'dur. Topraklar pH değerlerine göre oransal olarak değerlendirildiğinde %100'ü nötr reaksiyona sahiptir.

Yapılan değerlendirme sonucunda araştırma alanı toprak örneklerinin tamamının kireç içerikleri ise %1.92-5.07 arasında değişmekte olup ortalama %3.13'dür. Toprak örneklerinin %100'ünün kireçli olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanı toprak örneklerinin tamamının organik madde içerikleri ise %1.60-3.34 arasında değişmekte olup ortalama %2.62'dir. Toprak örneklerinin organik madde içeriklerinin %10'u az, %60'ı orta ve %30'u iyi olarak bulunmuştur. Araştırma topraklarının çoğu organik madde miktarı yönünden oldukça iyidir. Toprak

örneklerinin tamamının EC içerikleri ise 124-237 dS m⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 169 dS m⁻¹'dir. Toprak örneklerinin %30'u çok az tuzlu ve %70'i az tuzludur. Toprak örneklerinin tamamının KDK içerikleri 18.30-22.20 me/100 gr arasında değişmekte olup, ortalama 20.61 me/100 gr olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanında incelenen toprak özelliklerine ait en dikkat çekici nokta, bütün horizonların ince tekstürlü (genellikle kil) olduğudur. Toprakların organik madde, pH, kireç, elektriki

iletkenlik (EC) ve KDK gibi özellikleri belirli oranlarda farklılıklar göstermektedir. Toprak örneklerinin alınmasında kullanılan temel kriterlerden birinin bitki yetiştirilen alanlar olması bu durumun nedeni olarak gösterilebilir.

Toprak örneklerinin Zn, Fe, Cu ve Mn konsantrasyonları belirlenmiş ve Çizelge 3'te verilmiştir. Bulunan değerler sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3. Araştırma konusu toprak örneklerinin mikro element konsantrasyonları

Örnek No	Zn	Fe	Cu	Mn
1	0.18	6.31	3.03	4.71
2	0.22	2.36	2.62	5.16
3	0.20	1.85	2.82	4.66
4	0.20	2.24	2.46	3.86
5	0.18	2.56	1.85	5.06
6	0.16	3.86	1.78	6.22
7	0.22	2.96	2.23	4.44
8	0.22	4.22	2.50	2.86
9	0.18	4.16	2.56	3.44
10	0.18	3.86	2.74	3.56

Bitkiye yarayışlı çinko konsantrasyonları 0.16-0.22 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 0.20 ppm'dir. Bu örneklerin %60'ı çok az düzeyde ve %40'ı azdır. Araştırma alanı toprak örneklerinin tamamında bitkiye yarayışlı demir konsantrasyonları 1.85-6.31 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 3.43 ppm'dir. Bu örneklerin %90'ı yeterli düzeyde ve %10'u fazladır. Toprak örneklerinin tamamında bitkiye yarayışlı bakır konsantrasyonları 1.78-3.03 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 2.46 ppm'dir. Bu örneklerin tamamının yarayışlı bakır yönünden yeterli düzeyde olduğu görülmüştür. Bitkiye yarayışlı mangan konsantrasyonları 2.86-6.22 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 4.40 ppm'dir. Örneklerin %40'ı çok az, %60'ı yarayışlı mangan bakımından az düzeydedir.

Bitki Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Mikro dalga yakma ünitesinde yakılarak elde edilen bitki çözeltilerinin mikro element (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo) ve potansiyel toksik ağır metal (Ni, Pb, Cd, Co) içeriklerine ait değerler çizelge 4' de verilmiştir.

Mikro elementlerden bakır içeriği 3.53-14.25 ppm arasında değişmektedir. Bakır değerlerine bakıldığında en düşük değeri 7. toprak örneği en yüksek değeri ise 3. toprak örneği vermiştir. Bu farklılığın toprak kireç içeriğinden kaynaklanmış olduğunu düşündürmektedir. Mısır bitkisi için Cu isteği 2-20 ppm arasında olmalı bizim değerlerimizde

bu aralıktadır. Bakır değerlerine bakıldığında en düşük değerleri 10. toprak örneği en yüksek değeri ise 2. toprak örneği vermiştir. Bu farklılığın da toprağın kireç içeriğinden kaynaklanmış olduğunu düşündürmektedir. Bitki çinko içeriği 3.13-23.66 ppm arasında değişmektedir. Mısır bitkisi için Zn isteği 14-50 ppm arasında olmalı 1, 2, 3 ve 4 numaralı örneklerimiz bu aralıkta diğer örneklerimizde bu değerlere yakındır (Çizelge 4).

Bor içeriği 4.39-30.14 ppm arasında değişmektedir. Bor değerlerine bakıldığında en düşük değerleri 8. toprak örneği en yüksek değeri ise 2. toprak örneği vermiştir. Bu farklılığın toprağın kireç içeriğinden kaynaklanmış olduğunu düşündürmektedir. Mısır bitkisi için B isteği 2-20 ppm arasında olmalı bizim değerlerimiz de bu aralıktadır.

Mangan içeriği 4.35-128.30 ppm arasında değişmektedir. Mangan değerlerine bakıldığında en düşük değerleri 8. toprak örneği en yüksek değeri ise 1. toprak örneği vermiştir. Mısır bitkisi için Mn isteği 2-20 ppm arasında olmalı bizim değerlerimizden 5, 8, 9 ve 10 bu aralıkta, diğerleri ise bu değerlerin üzerindedir. Molibden içeriği 0.246-4.493 ppm arasında değişmektedir. Molibden değerlerine bakıldığında en düşük değerleri 8. toprak örneği en yüksek değeri ise 3. toprak örneği vermiştir. Mısır bitkisi için Mo isteği 0.50 ppm üzerinde olmalı bizim değerlerimiz bu değerlerin üzerindedir.

Çizelge 4. Araştırma konusu bitki örneklerinin mikro element konsantrasyonları

Örnek No	Cu	Zn	B	Mn	Mo	Ni	Pb	Cd	Co
1k	10.44	19.87	20.10	62.36	2.034	2.043	0.305	0.060	0.421
1-1	8.628	19.54	22.58	65.90	2.814	4.000	0.191	0.118	0.268
1-2	9.85	19.88	22.89	128.30	3.318	5.566	0.257	0.080	0.765
2k	9.265	23.66	22.61	126.33	3.524	1.676	0.155	0.055	0.226
2-1	10.67	22.82	30.14	121.11	2.782	1.635	0.223	0.090	0.503
2-2	8.345	18.94	28.50	86.18	3.723	2.110	0.134	0.048	0.260
3k	14.25	29.58	23.71	85.49	4.493	3.841	0.351	0.142	0.354
3-1	9.782	19.03	15.04	57.84	3.563	2.148	1.123	0.118	0.262
3-2	11.68	16.17	22.74	54.36	2.274	2.321	0.214	0.114	0.860
4k	5.298	12.620	18.410	44.820	1.882	1.375	0.152	0.039	0.125
4-1	4.823	10.549	11.500	30.117	1.237	1.102	0.115	0.026	0.099
4-2	6.647	8.360	10.644	26.827	1.214	1.414	0.074	0.049	0.102
5k	8.077	9.557	13.067	27.460	1.635	1.258	0.055	0.081	0.263
5-1	6.541	8.599	10.727	13.733	1.314	1.815	0.645	0.104	0.178
5-2	7.530	8.978	14.930	7.250	0.891	1.584	0.176	0.059	0.119
6k	7.979	6.681	10.142	46.737	1.482	1.567	0.111	0.079	0.154
6-1	6.681	8.074	16.480	13.553	1.190	1.683	0.134	0.078	0.197
6-2	6.214	7.615	10.338	17.23	1.130	1.245	0.106	0.049	0.071
7k	8.398	9.925	16.970	35.00	1.153	1.834	0.081	0.047	0.152
7-1	5.527	7.413	9.893	27.803	0.736	1.049	0.064	0.059	0.214
7-2	3.527	4.197	6.325	12.475	0.376	0.766	0.058	0.043	0.126
8k	4.209	4.837	5.500	6.45	0.569	0.599	0.063	0.016	0.056
8-1	4.487	3.571	4.391	4.35	0.330	0.822	0.031	0.032	0.107
8-2	4.022	3.733	7.089	5.73	0.246	0.898	0.042	0.021	0.188
9k	5.306	3.629	5.042	8.06	0.678	0.819	0.032	0.026	0.143
9-1	6.729	5.355	8.380	6.99	0.519	1.099	0.060	0.027	0.239
9-2	5.881	5.482	7.934	6.243	0.427	0.949	0.068	0.039	0.488
10k	4.603	5.234	8.994	6.06	0.470	0.708	0.048	0.033	0.266
10-1	4.522	4.380	6.940	16.42	0.396	0.730	0.027	0.031	0.173
10-2	5.134	3.134	6.674	0.620	0.313	0.907	0.036	0.028	0.128

Nikel içeriği 0.599-5.566 ppm, kurşun içeriği 0.027-1.123 ppm, kadmiyum içeriği 0.021-0.118 ppm arasında ve kobalt içeriği ise 0.056-0.488 ppm arasında değişmektedir. Solmaz ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada salçalık ve Bursa domates çeşitlerinde %0, %4, %8, %12 dozlarında vermikompost uygulamış ve denemenin 40. gün sonunda domates bitkisindeki besin elementi içeriklerini analiz etmişlerdir. Bulunan değerler Campbell (2000) tarafından verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Yaptıkları değerlendirme de salçalık ve Bursa domates çeşitlerinde %0, %4, %8, %12 dozlarında vermikompost uygulamaları sonucunda Fe fazla düzeyde, Cu fazla düzeyde, Zn fazla düzeyde ve Mn fazla düzeyde bulunmuştur.

Maltaş ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada kırmızı baş lahana bitkisi için elde ettikleri mikro besin elementlerini kritik konsantrasyonları ile kıyasladıklarında Fe, Zn, Mn konsantrasyonları istatistiki açıdan önemli bulunmuş (sırasıyla $p < 0.01$, $p < 0.05$ ve $p < 0.05$) iken Cu konsantrasyonu değişimi

önemsiz bulunmuştur. Kontrol dışındaki tüm uygulamalarda bitki mikro elementlerinden Cu hariç; Fe: 30-200 mg kg^{-1} , Zn: 20-200 mg kg^{-1} ve Mn: 25-200 mg kg^{-1} beslenmesinin yeterli olduğunu belirlemişlerdir.

Ulukapı ve Şener (2018)'in yaptıkları çalışmada gübre uygulamalarının karnabahar bitkisinin besin elementi alımı üzerine olan etkisini belirlemek üzere yapılan analiz sonuçlarına göre tarla koşullarında yetiştirilen bitkilerin N alımı üzerine en iyi etkiyi yarasa gübresinin, Mn alımı üzerine ise solucan gübresi uygulamasının yaptığını belirtmişlerdir. Sera koşullarında en yüksek ortalama N, P, K ve Zn içeriği değerleri yarasa uygulamasından elde edilmiştir. Her iki yetiştirme koşulunda da organik sertifikalı gübrelerin; bitkilerin N, P, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu alımı yönünden kimyasal gübrelerle rekabet edebildiğini bu çalışmada tayin etmişlerdir.

Adiloğlu ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada farklı dört vermikompost dozlarının (%0, %3, %5 ve %7), salatalık (*Cucumis sativus* L.)

bitkisindeki metal konsantrasyonlarına etkisini araştırmışlardır. Vermikompost dozu artışına bağlı olarak salatalıklardaki Cr, Co, Cd, Ni ve Pb konsantrasyonlarında düşüş tespit etmişlerdir. Solucan gübresi uygulanan salatalık bitkilerinde Co, Cd, Ni ve Pb miktarları sırasıyla 7.66-2.09, 1.05-0.71, 47.93- 14.57 ve 15.68- 5.01 mg kg⁻¹ olarak değiştiği

tespit edilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre vermikompostun, bitki kalitesini korumak ve bitkideki ağır metal miktarını düşürmek amacı güden gübreleme programlarında kullanılabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda vermikompostun toprak verimliliğini sürdürülebilmek için de kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 5. Solucan gübre uygulamasının bitki mikro besin elementi ve potansiyel toksik ağır metal alımı üzerine etkisine ait ortalama değerler¹

Toprak örnekleri	Cu	Zn	B	Mn	Mo	Ni	Pb	Cd	Co	Fe
	(ppm)									
1	9.640 ^b	19.876 ^b	21.352 ^b	93.299 ^a	2.611 ^b	3.023 ^a	0.229 ^a	0.089 ^b	0.429 ^a	1.25 ^f
2	9.537 ^b	22.696 ^a	31.971 ^a	98.097 ^a	3.454 ^a	1.807 ^c	0.193 ^{ab}	0.098 ^b	0.330 ^{ab}	1.704 ^e
3	12.169 ^a	19.042 ^c	19.612 ^c	55.897 ^b	3.777 ^a	2.562 ^b	0.185 ^b	0.186 ^a	0.292 ^{abc}	2.089 ^a
4	5.700 ^d	11.955 ^d	13.518 ^d	33.920 ^c	1.333 ^c	1.297 ^{de}	0.103 ^d	0.036 ^{de}	0.111 ^d	1.901 ^{bc}
5	7.271 ^d	9.045 ^e	12.242 ^{de}	20.910 ^e	1.613 ^c	1.219 ^{de}	0.192 ^{ab}	0.093 ^b	0.187 ^{bcd}	1.919 ^b
6	6.847 ^c	7.457 ^f	12.543 ^d	23.603 ^d	1.373 ^c	1.400 ^d	0.144 ^c	0.059 ^c	0.162 ^{cd}	1.862 ^{cd}
7	5.706 ^d	7.067 ^f	10.618 ^e	24.760 ^d	0.841 ^d	0.897 ^{ef}	0.064 ^{de}	0.051 ^{cd}	0.176 ^{cd}	2.098 ^a
8	4.239 ^e	4.047 ^{gh}	5.771 ^g	6.051 ^e	0.360 ^e	0.695 ^f	0.051 ^e	0.021 ^e	0.101 ^d	2.108 ^a
9	5.750 ^d	4.822 ^g	8.008 ^f	6.894 ^e	0.486 ^{de}	0.946 ^{ef}	0.046 ^e	0.030 ^e	0.310 ^{abc}	1.828 ^d
10	5.086 ^{de}	3.916 ^h	7.647 ^f	11.043 ^e	0.393 ^e	0.982 ^{ef}	0.035 ^e	0.032 ^e	0.242 ^{bcd}	2.082 ^a
Mean	7.195	10.992	14.328	37.447	1.634	1.483	0.124	0.070	0.234	1.884
LSD	0.866	0.81	1.664	6.286	0.34	0.401	0.039	0.017	0.153	0.045
F value	66.51***	609.18***	182.6***	233.87***	107.11***	29.05***	27.71***	70.51***	3.79***	274.09***
CV %	12.76	7.82	12.31	17.80	22.05	28.68	33.37	25.47	69.52	2.52
Solucan gübre	Cu	Zn	B	Mn	Mo	Ni	Pb	Cd	Co	Fe
	(ppm)									
0	7.916 ^a	12.194 ^a	14.637 ^a	43.065 ^a	1.754 ^a	1.505 ^a	0.105 ^b	0.061 ^b	0.227 ^a	1.892 ^a
1	6.905 ^b	11.334 ^b	14.208 ^a	33.255 ^b	1.645 ^{ab}	1.392 ^a	0.136 ^a	0.096 ^a	0.221 ^a	1.876 ^a
2	6.763 ^b	9.449 ^c	14.140 ^a	36.022 ^b	1.503 ^b	1.552 ^a	0.132 ^a	0.052 ^b	0.253 ^a	1.884 ^a
Ortalama	7.195	10.992	14.328	37.447	1.634	1.483	0.124	0.070	0.234	1.884
F Değeri	0.474	0.444	0.911	3.443	0.186	0.22	0.021	0.009	0.084	0.025
AÖF	14.07***	80.10***	0.70 ^{ns}	17.27***	3.67*	1.13 ^{ns}	5.09**	50.49***	0.34 ^{ns}	0.86 ^{ns}
VK (%)	12.76	7.82	12.31	17.80	22.05	28.68	33.37	25.47	69.52	2.52

¹ Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden önemli ölçüde (ns) farklı değildir. *** ile işaretlenen F değerleri *, **, ve *** 0.05, 0.01 ve 0.001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Çizelge 5'in incelenmesinden de görüleceği gibi, solucan gübre uygulamasının bütün mikro besin elementi alımı ve potansiyel toksik ağır metal alımına etkisi çok önemli bulunmuştur. Diğer taraftan solucan gübre uygulamasının bitki Mo alımı üzerindeki etkisi p<0.05 olasılık düzeyinde; bitki B, Ni, Pb, Co ve Fe alımı üzerinde p< 0.01 olasılık düzeyinde; bitki Cu, Zn, Mn ve Cd alımı üzerine p<0.001 olasılık düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Varyans analizi, toprak örnekleri ve vermikompost interaksiyonunda istatistik olarak tüm mikro besin elementleri üzerinde çok önemli fark göstermiştir (Çizelge 6). Ortalama değerlerin sonuçlarına göre; 1.044-15.580 ppm Cu, 3.134-27.150 ppm Zn, 4.724-42.470 ppm B, 0.623-128.300 ppm Mn, 0.246-4.493 ppm Mo, 0.599-3.232 ppm Ni, 0.027-0.345 ppm Pb, 0.016-0.302 ppm Cd, 0.099-0.698 ppm Co ve 1.117-2.217 ppm Fe bulunmuştur. İnteraksiyonların elde

edilen en yüksek ortalama değerleri (1×2) uygulaması 128.300 ppm Mn, 3.232 ppm Ni ve 0.698 ppm Co; (2×1) uygulaması 27.150 ppm Zn ve 42.470 ppm B; (3×0) uygulaması 15.580 ppm Cu ve 4.493 ppm Mo; (3×1), (5×1) ve (8×1) uygulamaları 0.302 ppm Cd, 0.345 ppm Pb ve 2.217 ppm Fe ortalama değerleri elde edilmiştir. En düşük ortalama değerleri ise (1×0), (4×1), (8×0), (8×1), (8×2), (10×1) ve (10×2) interaksiyonlardan, (1.044 ppm Cu ve 1.117 ppm Fe), (0.099 ppm Co), (0.599 ppm Ni ve 0.016 ppm Cd), (4.724 ppm B), (0.246 ppm Mo), (0.027 ppm Pb) ve (3.134 ppm Zn ve 0.623 ppm Mn) sırasıyla elde edilmiştir. Çizelge 7'nin incelenmesinden de görüleceği gibi mikro element alımının bitki B alımında Zn ve Cu etkisi; Mn alımında B, Cu ve Zn'nun etkisi; Mo alımında Cu, Zn, B ve Mn etkisi; Ni alımında Cu, Zn, B, Mn ve Mo etkisi p<0.01 olasılık düzeyinde pozitif önemli bulunmuştur.

Fe alımında bütün mikro elementler ve potansiyel toksik elementlerin etkisi $p<0.01$ olasılık düzeyinde olumsuz önemli etkisi olmuştur. Pb, Cd ve Co alımında

tüm mikro elementler ve ağır metaller $p<0.01$ olasılık düzeyinde olumlu pozitif önemli etki göstermiştir.

Çizelge 6. Bitki Mikro besin elementleri (Cu, Zn, B, Mn, Mo, Ni, Pb, Cd, Co ve Fe) içerikleri üzerinde toprak ve solucan gübre etkileşimine ait ortalama değerler¹

Uygulamalar	Cu	Zn	B	Mn	Mo	Ni	Pb	Cd	Co	Fe
	ppm									
1×0	1.044 ^{bc}	20.207 ^b	24.590 ^{cd}	72.360 ^{cd}	1.701 ^f	2.836 ^{abc}	0.239 ^{bcd}	0.060 ^{h-l}	0.254 ^{b-f}	1.117 ^q
1×1	8.628 ^{efg}	20.207 ^b	16.580 ^{ef}	79.237 ^{bc}	2.814 ^{de}	3.000 ^{ab}	0.191 ^{c-g}	0.111 ^{def}	0.335 ^{b-f}	1.193 ^q
1×2	9.850 ^{cde}	19.213 ^{bc}	22.887 ^d	128.300 ^a	3.318 ^{cd}	3.232 ^a	0.257 ^{bc}	0.097 ^{efg}	0.698 ^a	1.440 ^p
2×0	9.265 ^{def}	26.330 ^a	28.280 ^b	126.330 ^a	3.857 ^{bc}	1.676 ^{def}	0.155 ^{f-i}	0.065 ^{hij}	0.226 ^{c-f}	1.623 ^o
2×1	1.100 ^{bc}	27.150 ^a	42.470	81.777 ^{bc}	2.782 ^{de}	1.635 ^{ef}	0.223 ^{b-e}	0.173 ^b	0.503 ^{ab}	1.673 ^{no}
2×2	8.345 ^{fg}	14.607 ^e	25.163 ^{cd}	86.183 ^b	3.723 ^{bc}	2.110 ^{de}	0.200 ^{c-f}	0.055 ⁱ⁻ⁿ	0.260 ^{b-f}	1.817 ^{lm}
3×0	15.580 ^a	18.580 ^{cd}	17.047 ^{ef}	65.493 ^d	4.493 ^a	3.174 ^a	0.118 ^{h-l}	0.142 ^c	0.387 ^{b-e}	2.037 ^{fg}
3×1	9.115 ^{def}	19.043 ^{bc}	15.043 ^f	47.840 ^e	4.230 ^{ab}	2.148 ^{cde}	0.156 ^{e-i}	0.302 ^a	0.162 ^{def}	2.077 ^{c-f}
3×2	1.181 ^b	19.502 ^{bc}	26.747 ^{bc}	54.257 ^e	2.607 ^e	2.364 ^{bcd}	0.281 ^{ab}	0.114 ^{cde}	0.327 ^{b-f}	2.153 ^{abc}
4×0	5.632 ^{k-o}	17.289 ^d	18.405 ^e	51.483 ^e	1.549 ^{fg}	1.375 ^{gh}	0.140 ^{f-j}	0.056 ^{h-m}	0.125 ^{ef}	1.943 ^{hij}
4×1	4.823 ^{n-q}	10.549 ^f	11.503 ^g	25.450 ^{hi}	1.237 ^{fg}	1.102 ^{f-i}	0.092 ^{i-m}	0.026 ^{op}	0.099 ^f	1.900 ^{jk}
4×2	6.647 ^{h-l}	8.027 ^{hij}	10.644 ^g	26.827 ^{gh}	1.214 ^{fgh}	1.414 ^{fg}	0.079 ^{j-m}	0.025 ^{op}	0.108 ^f	1.860 ^{kl}
5×0	8.077 ^{fgh}	9.557 ^{fg}	11.067 ^g	25.367 ^{gh}	1.635 ^f	1.258 ^{f-i}	0.055 ^{lm}	0.085 ^{fgh}	0.230 ^{c-f}	2.050 ^{d-g}
5×1	6.541 ^{j-m}	8.599 ^{ghi}	10.727 ^g	19.733 ^{hij}	1.647 ^f	1.148 ^{f-i}	0.345 ^a	0.130 ^{cd}	0.178 ^{def}	1.983 ^{ghi}
5×2	7.197 ^{g-j}	8.987 ^{gh}	14.933 ^f	17.630 ^{hijk}	1.557 ^{fg}	1.251 ^{fghi}	0.176 ^{d-h}	0.065 ^{hij}	0.152 ^{def}	1.723 ⁿ
6×0	7.979 ^{f-i}	6.681 ^{jk}	10.142 ^{gh}	36.737 ^f	1.482 ^{fg}	1.567 ^{ef}	124 ^{g-k}	0.072 ^{ghi}	0.147 ^{def}	1.907 ^{ijk}
6×1	6.681 ^{h-l}	8.074 ^{hij}	17.150 ^{ef}	13.553 ^{i-l}	1.524 ^{fg}	1.410 ^{fg}	0.167 ^{e-h}	0.058 ^{h-m}	0.197 ^{def}	1.727 ⁿ
6×2	5.880 ^{j-n}	7.615 ^{hij}	10.338 ^{gh}	20.520 ^{hij}	1.113 ^{f-i}	1.224 ^{f-i}	0.140 ^{f-j}	0.049 ^{i-o}	0.142 ^{def}	1.953 ^{hij}
7×0	8.065 ^{fgh}	9.592 ^{fg}	16.970 ^{ef}	35.000 ^{fg}	1.176 ^{fgh}	1.034 ^{f-i}	0.081 ^{j-m}	0.054 ^{i-o}	0.281 ^{b-f}	2.047 ^{efg}
7×1	5.527 ^{k-o}	7.413 ^{ij}	9.226 ^{ghi}	27.803 ^{fgh}	0.970 ^{g-j}	0.819 ^{ghi}	0.054 ^{lm}	0.063 ^{h-k}	0.153 ^{def}	2.057 ^{d-g}
7×2	3.527 ^q	4.197 ^{lmn}	5.658 ^{jk}	11.477 ^{j-m}	0.376 ^k	0.838 ^{ghi}	0.059 ^{klm}	0.036 ^{k-p}	0.092 ^f	2.190 ^{ab}
8×0	4.209 ^{opq}	4.837 ^{lm}	5.500 ^{jk}	4.357 ^{lm}	0.503 ^{jk}	0.599 ⁱ	0.063 ^{klm}	0.016 ^p	0.080 ^f	2.150 ^{abc}
8×1	4.487 ^{n-q}	3.571 ^{mn}	4.724 ^{jk}	5.733 ^{lm}	0.330 ^k	0.822 ^{ghi}	0.054 ^{lm}	0.029 ^{m-p}	0.117 ^f	2.217 ^a
8×2	4.022 ^{pq}	3.733 ^{mn}	7.089 ^{ijk}	8.063 ^{klm}	0.246 ^k	0.664 ⁱ	0.038 ^m	0.018 ^p	0.105 ^f	1.957 ^{hij}
9×0	5.306 ^{klmnop}	3.629 ^{mn}	5.042 ^{jk}	7.460 ^{klm}	0.678 ^{ghij}	0.819 ^{ghi}	0.032 ^m	0.025 ^{op}	0.143 ^{def}	1.927 ^{hijk}
9×1	6.729 ^{h-k}	5.355 ^{kl}	7.714 ^{hij}	6.980 ^{klm}	0.519 ^{jk}	1.166 ^{f-i}	0.050 ^m	0.027 ^{nop}	0.299 ^{b-f}	1.810 ^{lm}
9×2	5.214 ^{l-p}	5.482 ^{kl}	11.267 ^g	6.243 ^{lm}	0.561 ^{ijk}	0.852 ^{ghi}	0.058 ^{klm}	0.037 ^{k-p}	0.488 ^{abc}	1.747 ^{mn}
10×0	4.603 ^{n-q}	5.234 ^l	9.327 ^{ghi}	6.060 ^{lm}	0.470 ^{jk}	0.708 ^{hi}	0.041 ^m	0.033 ^{l-p}	0.399 ^{bcd}	2.212 ^{b-e}
10×1	5.522 ^{k-o}	3.380 ⁿ	6.940 ^{ijk}	26.447 ^{fgh}	0.396 ^{jk}	0.664 ^l	0.027 ^m	0.038 ^{j-p}	0.166 ^{def}	2.213 ^{bcd}
10×2	5.134 ^{m-p}	3.134 ⁿ	6.674 ^{ijk}	0.623 ^m	0.313 ^k	1.574 ^{ef}	0.036 ^m	0.026 ^{op}	0.161 ^{def}	1.200 ^{gh}
Ortalama	7.195	10.992	14.328	37.447	1.634	1.483	0.124	0.070	0.234	1.88
F Değeri	1.500	1.403	2.881	10.888	0.589	0.695	0.068	0.029	0.266	0.075
AÖF	26.02 ^{***}	212.51 ^{***}	71.85 ^{***}	83.47 ^{***}	37.01 ^{***}	9.92 ^{***}	12.57 ^{***}	33.13 ^{***}	2.37 ^{**}	96.70 ^{**}
VK (%)	12.76	7.82	12.31	17.802	22.05	28.68	33.37	25.47	69.52	2.52

¹ Aynı harfle işaretlenenler birbirinden farklı değildir. ** ve *** ile işaretlenen F değerleri 0.01 ve 0.001 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Çizelge 7. Mikro bitki besin elementleri ve potansiyel toksik ağır metaller arasındaki korelasyon

	Toprak örnek	Solucan gübre	Cu	Zn	B	Mn	Mo	Ni	Pb	Cd	Co
Solucan gübre	0.000										
Cu	-0.678**	-0.170									
Zn	-0.877**	-0.157	0.742**								
B	-0.745**	-0.024	0.666**	0.878**							
Mn	-0.822**	-0.082	0.661**	0.868**	0.763**						
Mo	-0.801**	-0.080	0.790**	0.820**	0.669**	0.786**					
Ni	-0.724**	0.023	0.725**	0.676**	0.530**	0.697**	0.693**				
Pb	-0.696**	0.125	0.511**	0.605**	0.609**	0.556**	0.551**	0.500**			
Cd	-0.525**	-0.059	0.571**	0.601**	0.437**	0.409**	0.682**	0.420**	0.473**		
Co	-0.233*	0.055	0.390**	0.356**	0.428**	0.391**	0.324**	0.382**	0.257*	0.224*	
Fe	0.584**	-0.013	-0.337**	-0.525**	-0.487**	-0.565**	-0.330**	-0.545**	-0.438**	-0.075	-0.293**

*ve **. Korelasyon 0.05 ve 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

Sonuç

Kompost uygulamasının toprak kaynaklı hastalıkların baskılanması ve toprak tuzluluğunun (EC) yok edilmesi gibi diğer tarımsal faydaları da vardır. Yapılan bir çalışmaya göre, toprağa kompost uygulanması sonucunda ortalama kök hastalığının domateste %82'den %18'e ve kırmızıbiberde ise %98'den %26'ya düştüğü tespit edilmiştir. Kompostlaşma, çevre kirliliğinin önüne geçmeyi hedefleyen bir tarım sistemidir. Ülkemiz için çok eski bir geçmişe sahip olmayan solucan gübre ile çevre kirliliğinin önüne geçmeyi, kimyasal gübre kullanım oranının azaltılmasını hedeflenmektedir.

Vermikompost, organik bir katı atık yönetim stratejisi olarak giderek popüler hale gelmektedir. Bunun dışında vermikompost çayının (vermikompost ekstresi, özütü) da belirli bitki hastalıklarını baskılaması, bitki gelişmesi ve mineral içeriği üzerindeki etkisi üzerine de çok sayıda çalışma rapor edilmiştir (Kusum ve ark., 2020; Pant, 2009; Manyuchi ve ark., 2013). Bununla birlikte, vermikompost çayının verim ve beslenme kalitesi üzerindeki etkisini araştırmak için nispeten az çalışma yapılmıştır (Pant, 2009).

Mikro besinlerin bitki gelişimi ve sağlığında birçok karmaşık rol oynadığı bilinmektedir. Mikro besinler, daha yüksek verim üreten ve hasat kalitesini artıran mahsullerin güçlü ve istikrarlı büyümesini teşvik eder

ve bir bitkinin genetik potansiyelini en üst düzeye çıkarır.

Mısır bitkisinin bakır içeriği 3.527-14.25 ppm, çinko içeriği 3.134-23.66 ppm, bor içeriği 4.391-30.14 ppm, mangan 0-128.30 ppm ve molibden içeriği 0.246-4.493 ppm'dir. Nikel içeriği 0.599-5.566 ppm, kurşun içeriği 0.027-1.123 ppm, kadmiyum içeriği 0.021-0.118 ppm ve kobalt içeriği 0.056-0.488 ppm arasında değişmekte olup toksik seviyede değildir. Solucan gübre uygulamasının bütün mikro besin elementi alımı ve potansiyel toksik ağır metal alımına etkisi çok önemli bulunmuştur.

Bu araştırma çalışmasında solucan gübre uygulamasının bitki mikro element ve potansiyel toksik ağır metaller arasında bazı interaksiyonlar antagonistik, sinerjistik etkileri de tespit edilmiştir. Klasik tanıma göre "besinler arasındaki etkileşimler, bir besinin teminini başka bir besinin emilimini, dağılımını veya işlevini etkilediğinde meydana gelir. Bu nedenle, besin kaynağına bağlı olarak besinler arasındaki etkileşimler ya eksiklikleri ya da toksisiteleri indükleyebilir ve büyüme tepkisini değiştirebilir". Bitkilerin mineral besin maddeleri arasında spesifik olduğu kadar spesifik olmayan birçok etkileşim vardır. Herhangi bir mineral besin içeriği eksiklik aralığına yakın olduğunda, iki mineral besin arasındaki etkileşimlerin önemi artar. Spesifik etkileşimler, örneğin hücresel düzeyde besinler arasındaki rekabet veya bir besinin bir başkasıyla yer

değiştirmesi de kritik toksisite içeriklerinin değerlendirilmesinde önemlidir (Krupa ve ark., 2002) Bu araştırma çalışılması ile verilmek istenilen mesaj, öncelikle kullanılan solucan gübrenin bütün analizleri dikkatle yapılmalıdır. Nitekim organik madde içeriği ile toprağa kazandırılan besin elementleri ve olası toprak özelliklerini iyileştirme etkisi kısa vadede olumlu gelişmelerle verim artışı sağlasa da uzun vadede örneğin bu çalışmada olduğu gibi kullanılan solucan gübrenin tuz içeriği kümülatif olarak toprak tuzluluğunu artırabileceği de gözden kaçırılmamalıdır.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların katkı beyanı

TD; Toprak örneklerinin alınması analize hazırlanması, solucan gübre uygulama ve sera denemesini takip, hasat, bitki analize hazırlık, bitki analizleri, yorumlama, makale yazımına katkı. **NY;** Toprak fiziksel (tekstür) ve kimyasal analizleri (pH, kireç, organik madde, toplam azot, fosfor, mikro elementler, bitki analize hazırlık, bitki azot ve fosfor analizleri yorumlama, makale yazımına katkı. **KUP;** Sera denemesi takip, makale rapor etme katkı.

Kaynaklar

- Adiloğlu, A., Eryılmaz, A. F., Adiloğlu, S., & Solmaz, Y. (2015). *Akuakültür atığı ve solucan gübresi uygulamalarının salata (Lactuca sativa L. var. crispa) bitkisinin verim, bazı bitki besin elementi içeriği ile bazı agronomik özellikleri üzerine etkisi.* (Proje sonuç raporu). Namık Kemal Üniversitesi Araştırma Projesi, No: 00.24.AR.15.11.
- Adiloğlu, S., Bellitürk, K., Solmaz, Y., Zahmaciođlu, A., Kocabaş, A., & Adiloğlu, A. (2017). Effects of the various doses of vermicompost implementation on some heavy metal contents (Cr, Co, Cd, Ni, Pb) of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Eurasian Journal of Forest Science*, 5(1), 9-34.
- Ali, M., Griffiths, A. J., Williams, K. P., & Jones, D. L. (2007). Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology*, 43, 316-319.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., & Metzger, J. D. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bio Resource Technology*, 93, 139-144.
- Atalay, İ. Z. (1994). *Türkiye Vejetasyon Coğrafyası.* Ege Üniversitesi Basımevi Bornova-İzmir.

- Bellitürk, K. (2016). Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermicompost teknolojisi. (7. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 12-15 Ekim 2016) *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 1-5 (Özel Sayı).
- Demiralay, İ. (1993). *Toprak Fiziksel Analizleri.* Atatürk Üni. Yayınları No: 143, 90-95.s, Erzurum.
- Büyükkılıç, F. & Adiloğlu, A. (2016). *Vermikompost gübrelemesinin ayçiçeği (helianthus annuus l.) bitkisinin verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisi.* Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi).
- Campbell, C.R. (2000). Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the united states. Tomato, Greenhouse.
- Dönmez, Y. (1984). *Umumi klimatoloji ve iklim çalışmaları.* İstanbul Üniversitesi Yayınları: No: 2506. Cođrafya Enstitüsü Yayın No: 102, İstanbul.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., & Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II).* Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, 381 s, Ankara.
- Edwards, C. A. (1995). Commercial and environmental potential of vermicomposting. *BioCycle*, 62-63.
- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms.* 3rd. Ed. Chapman and Hall, New York.
- Eleroğlu, H., & Korkmaz, K. (2016). Farklı organik gübrelerin tohumluk patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 4(7), 566-578.
- FAO, (1990). *Micronutrient. Assessment at the Country Leaves an İnternational Study.* FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Follet, R. H. (1969). *Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado soils.* Ph. D. Dissertation. Colorado State University.
- Gee, G. W., & Hortage, K. H. (1986). *Particle- size analysis. Methods of soil analysis.* Part 1. Physical and Minerological Methods Second Edition. Agronomy No: 9. 2. Edition 383-441 p.
- Jackson, M. L. (1962). *Soil chemical analysis.* Prentice-Hall. Inc. Cliffs, USA.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki analizleri.* Ankara Üniversitesi. Nobel yayınevi, Ankara.
- Kacar, B., & A. İnal. (2010). *Bitki analizleri.* Nobel Yayınevi, Ankara.
- Karaçal, İ., & Tüfekçi, Ş. (2010). Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi. *Ziraat mühendisliği vii. teknik kongresi*, 257-268, 11-15 Ocak, Ankara.
- Karnez, E., Güldođan, Ö., Ercan, N., Korkmaz, K., & Aysan, Y. (2021). Domateste bakteriyel benek hastalığının

- mücadelesinde vermicompost uygulamasının etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 726-735.
- Korkmaz, K., Ergin, M. N., Akgun, M., & Saltali, K. (2021). The influence of humic deposit (gyttja) application on some selected soil properties and yield-quality of hazelnut in acid conditions. *Agrochimica*, 65(3), 279-293.
- Krupa, Z., Siedlecka, A., Skórzynska-Polit, E., & Maksymiec, W. (2002). *Heavy metal interactions with plant nutrients*. In Physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants. Springer, Dordrecht.
- Kusum, A., Jha, S., Prasad, S. S., & Singh, S. P. (2020). Micronutrient Availability as Influenced by Household Waste based Vermicompost Application in Calcareous Soil of Bihar during Rice Growth Period. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(2), 960-966.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sciences*. 42,421-428.
- Lindsay, W. L., & Norwell, W. A. (1969). Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America, Proceedings*. 33, 49-54.
- Maltaş, A. Ş., Tavalı, İ. E., Uz, İ., & Kaplan, M. (2017). Kırmızı baş lahana (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra) yetiştiriciliğinde vermicompost uygulaması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2), 155-161.
- Manyuchi, M. M., Phiri, A. & Mured, P. (2013). Effect of vermicompost, vermiwash and application time on soil micronutrients. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2(5), 2249 – 8958.
- Nath, G. & Singh, K. (2011). Role of vermicompost as biofertilizer for the productivity of cauliflower (*Brassica oleracea*) and biopesticides against nematode (*Meloidogyne incognita*). *World Applied Sciences Journal*, 12(10), 1676-1684.
- Nelson, D. W. & Sommers, L. E. (1982). *Organic matter. Methods of soil analysis part2*. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition 574-579 p.
- Nelson, R. E. (1982). *Carbonate and gypsum. Methods of soil analysis Part2*. Chemical and microbiological properties second edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition 191-197 p.
- Pant, A. P., Radovich, T. J., Hue, N. V., Talcott, S. T., & Krenek, K. A. (2009). Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(14), 2383-2392.
- Peyvast, G., Olfati, J. A., Madeni, S., & Forghani, A. (2007). Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6(1), 132-135.
- Rhoades, J. D. (1982). *Exchangeable cations. Methods of soil analysis part2*. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition 159-164 p.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. Us Salinity Laboratory, Usda, Handbook, 60.
- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K., & Patil, R. T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). *Bioresource Technology*, 99, 8507-8511.
- Solmaz, R., Salcı, A., Yüksel, H., Doğrubuş, M. & Kardaş, G. (2017). International journal of hydrogen energy. Volume 42, Issue 4, 26 January 2017, Pages 2464-2475. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.07.221>.
- Tavalı, İ. E., Maltaş, A. Ş., Uz, İ., & Kaplan, M. (2014). Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. Botrytis) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine vermicompostun etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 115-120.
- Ulukapı, K. & S. Şener, 2018. Farklı organik gübrelerin tarla ve örtüaltı koşullarında yetiştirilen karnabaharın bitki gelişimi ve verim parametreleri üzerine etkisi. *Selcuk J. Agr. Food Sci.* 32(3):510515, Doi:10.15316/SJAFS.2018. 130.
- Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1974). *Türkiye gübre ve gübreleme rehberi*. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Teknik Yayınlar Serisi, No.28. Ankara.
- Wolf, B. (1971). The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2, 363-374
- Yıldız, M., Gürkan, M.O., Turgut, C., Kaya, Ü., & Ünal, G. (2005). Tarımsal savaşımında kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları, *VI. Teknik Tarım Kongresi*, Ankara.
- Yıldız, N., 2012. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Eser ofset matbaacılık, ISBN 978-605-62759-0-6, 1-477, Erzurum.
- Yurtsever, N. (1974). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılan olsen metodunun kalibrasyonu ve buğday bitkisine verilecek ekonomik gübre miktarları üzerinde bir araştırma*. Köy. İşleri Bakanlığı, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, No: 49, 1-63.