



Aritma Çamuru Uygulamalarının Topraktaki Bazı Mikro Besin Elementleri Üzerine Etkisi

Erhan GEZER^{1*}, Fatih KONUKCU¹, Aydın ADİLOĞLU², Ali Rıza DİNÇER³

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tekirdağ

³Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): egezer@nku.edu.tr

Özet

Bu çalışma, Trakya Bölgesi toprakları üzerine değişen miktarlarda (2, 4, 8 ton da⁻¹) arıtma çamuru uygulanması neticesinde, bazı mikro elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla bölgenin Tekirdağ ilinde gerçekleştirilmiştir. Mikro elementler, toprak bünyesinde eser miktarda bulunmasına rağmen eksiklik koşullarında büyük verim kayıplarına neden olmaktadır. Çalışma, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Topraklara arıtma çamuru uygulaması sonucunda yarayışlı bakır, demir ve çinko kapsamlarında artışlar gerçekleşmiş ve bu durum istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Arıtma çamuru uygulanan toprakların yarayışlı Fe kapsamı "orta" düzeyden "fazla" düzeye, yarayışlı Zn kapsamı "yetersiz" düzeyden "yeterli" düzeye yükselmiştir. Toprakların yarayışlı Mn kapsamında ise istatistiksel açıdan önemli ($p < 0.01$) kabul edilen bir azalma gözlenmiş ve topraktaki içeriği "yeterli" düzeyden "az" düzeyine gerilemiştir. Trakya Bölgesi toprakları üzerine arıtma çamuru uygulanmasının toprak mikro bitki besin element içeriklerini büyük ölçüde olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Bölgede yoğun tarım uygulamalarının devam ettiği göz önünde bulundurulduğunda, arıtma çamuru uygulamalarının tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması açısından oldukça önemli bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :27.11.2023

Kabul Tarihi :29.12.2023

Anahtar Kelimeler

Arıtma çamuru
mikro element
bakır
demir
mangan
çinko

Effect of Sewage Sludge Applications on Some Micronutrient Elements in Soil

Abstract

This study was carried out in Tekirdağ province to determine the effects of application of sewage sludge in varying amounts (2, 4, 8 tons da⁻¹) on some microelements (Cu, Fe, Mn and Zn) of the Thrace Regions soils. Although microelements are present in trace amounts in the soil, they cause major productivity losses under deficiency conditions. The study was carried out with 3 replications according to the randomized blocks divided plots experimental design. As a result of the application of sewage sludge to the soil, there was an increase in the content of available copper, iron and zinc, and this was found to be statistically significant ($p < 0.01$). The available Fe content of the soils to which sewage sludge was applied increased from "medium" level to "excess" level, and the available Zn content increased from "insufficient" level to "sufficient" level. A statistically significant ($p < 0.01$) decrease was observed in the available Mn content of the soil, and its content in the soil decreased from "sufficient" to "less" level. It has been observed that the application of sewage sludge on the soil of the Thrace Region has a positive effect on the soil micro-plant nutrient element contents. Considering that intensive agricultural practices continue in the region, it has become clear that sewage sludge applications are a very important method for the sustainability of agricultural activities.

Research Article

Article History

Received :27.11.2023

Accepted :29.12.2023

Keywords

Sewage sludge
micro nutrients
copper
iron
manganese
zinc

1. Giriş

Doğadaki tüm canlılar, gelişim süreçlerini tamamlayabilmeleri için pek çok besin elementine gereksinim duyarlar. Gereksinim duyulan besin maddelerinden bazıları (makro) yüksek düzeyde kullanılırken, bazıları (mikro) ise eser miktarda kullanılırlar. Sınırlı miktarda gereksinim duyulan bitki besin maddeleri belirli bir düzeyin altına düştüğünde gelişim yetersizliğine neden olurken belirli bir düzeyin üzerinde bulunmaları halinde toksik etki oluşturmaktadırlar (Ergene, 2010). Makro ve mikro besin elementleri bitki gelişimi ve büyümesinde göz ardı edilemeyecek derecede önemlidirler. Bu elementlerin bir kısmı bitkiler için yaşamsal açıdan önem arz ederken bir kısmı da gelişimlerinin daha iyi olabilmesi için gerekmektedir (Bolat ve ark., 2020). Bu nedenle mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından eser miktarda alınımı önemlerinin daha az olduğu anlamına gelmemelidir. Çünkü bitkilerin gelişimlerinde ve kalitesinde asgari makro besin elementleri kadar pay sahibidir (Bakırcıoğlu, 2009).

Mikro elementlerin esas menşei toprağın kendisidir. Bu nedenle toprakların sahip olduğu özelliklerin, mikro besin maddelerinin toprakta çözünürlükleri ve yararlılığı üzerinde ne şekilde etki oluşturduğunun bilinmesi gerekmektedir. Toprakların tuzluluk oranı, asitlik durumu, organik madde ihtivasi, toprak bünyesi ve mikrobiyal faaliyetler vb. etmenler bu maddelerin bitkiler için yararlılık durumunu belirler (Foroughifar ve ark., 2013). Örneğin toprak bünyesindeki organik madde miktarı yükseldikçe toprak nem kaybı azalmış ve su tutma kapasitesi üzerinde olumlu etkiler gözlemlenmiştir (Kara ve Yakupoğlu, 2023). Mikro elementler, kullanılan mineral gübreler içinde bulunması, atıksu arıtma çamuru kullanımı, organik kökenli gübrelerin kullanımı gibi farklı insani faaliyetler sonucunda da toprakta teşekkül edebilirler (Bakırcıoğlu, 2009).

Toprak bünyesi içerisinde bitkisel gelişimin en iyi şekilde gerçekleşmesinde, toprağın fiziksel ve kimyasal niteliği oldukça önemli bir etmenddir. Bunun için toprağın bünyesine atık durumunda olan ve aynı zamanda yüksek

oranda organik materyaller içeren arıtma çamuru ve organik evsel veya tarımsal atıklardan besin maddelerinin geri dönüştürülmesi ile elde edilen kompost uygulanması, sahip oldukları bitki besin materyallerinin tekrar kullanılabilir hale gelmesi, toprağın şartlarını bitkiler için daha uygun hale getirmesi, çeşitli çevre sorunlarına neden olmadan yok edilmesi ve tarımsal devamlılığı sağlaması nedenleriyle son yıllarda en fazla kullanılan atık çamur bertaraf yöntemleridir (Bender ve ark., 1998; Uzun ve Bilgili, 2011; Bellitürk ve ark., 2023). Diğer taraftan, gerçekleştirilen bu işlem nedeniyle atık çamurların içeriğinde bulunması muhtemel ağır metaller (Mn, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Pb, Cd) toprağın bünyesine geçer ve zaman içerisinde topraktaki ağır metal içeriğindeki yükselme önemli bir tehlike oluşturmaktadır (Çimrin ve ark., 2000). Ayrıca arıtma işlemine tabi tutulan atık su türüne ve kullanılan arıtma yöntemine göre elde edilen arıtma çamurları değişen miktarlarda bitkiler için zehir etkisi oluşturan elementler, tuzlar, ağır metaller ve zararlı mikro canlıları bünyesinde barındırabilmektedir. Arıtma çamurlarının bu özelliği tarım yapılan alanlarda kullanılmasını sınırlandıran başlıca etkendir.

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için makro ve mikro bitki besin maddelerinin düzeyleri tespit edilerek, yeterli olmayan besin maddelerinin takviye edilmesi ve var ise sınırlandırıcı etmenlerin belirlenerek giderilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, kesintisiz bir şekilde tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve erozyon nedeniyle bünyesindeki bitki besin ve organik madde miktarının devamlı olarak azalma eğiliminde olduğu Trakya Bölgesi topraklarına arıtma çamuru tatbik edilmesi neticesinde toprakların bazı mikro besin elementlerinin ne şekilde etkileneceğini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışma, Tekirdağ Bölgesi'nin yoğun tarımsal uygulamalar yapılan Tekirdağ ili Karaevli köyündeki çiftçi arazisi üzerinde ve boyutları 4.2 x 6.0 m olan 60 adet parselde ve

toplam 3465 m²'lik deneme sahasında gerçekleştirilmiştir. Parsellere uygulanan arıtma çamuru İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ)'nden sağlanmıştır. Arıtma çamuru uygulaması gerçekleştirilmeden önce parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama analiz sonuçlarına göre tınlı bünyede ve pH değerinin hafif alkalın (7.55) karakterde

olduğu belirlenmiş olup, deneme arazisinde tuz içeriği, sodyum içeriği ve taban suyu yönünden herhangi bir problemin olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 1). Deneme bitkisi olarak 90-100 günlük gelişme süresine sahip olan Monsanto firmasının C955 mısır türü kullanılmıştır.

Tablo 1. Deneme alanının toprakları ile kullanılan arıtma çamuru örneklerinin analiz sonuçları

Parametre	Birim	Toprak	Arıtma Çamuru	Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik (7>pH>6)	
				Toprak	Arıtma Çamuru
pH		7.55	6.69		
Tekstür		Tın			
Tuz	µmhos cm ⁻¹	969	8160		
Kireç	%	7.80	-		
Organik Madde	%	1.45	69.52		
Yarayışlı Bakır (Cu)	mg kg ⁻¹	1.00	6.82		
Yarayışlı Demir (Fe)	mg kg ⁻¹	2.95	88.88		
Yarayışlı Mangan (Mn)	mg kg ⁻¹	42.39	28.73		
Yarayışlı Çinko (Zn)	mg kg ⁻¹	0.07	70.86		
Toplam Bakır (Cu)	mg kg ⁻¹	28.28	229.20	50	1000
Toplam Demir (Fe)	mg kg ⁻¹	1963	11640		
Toplam Çinko (Zn)	mg kg ⁻¹	39.97	804.10	150	2500

2.2. Yöntem

Çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi ve hacim ağırlığı analizleri Blake (1965)'e göre, solma noktası ve bünye sınıfı değerleri ise Benami ve Diskin (1965)'e göre belirlenmiştir. Toprakların pH (saturasyon), kireç (kalsimetrik), tekstür, doyunluk (saturasyon), organik madde (Walkey-Black), yarayışlı bakır, demir, mangan ve çinko (DTPA-ICP OES) içerikleri belirlenmiştir (Kacar 1995; Sağlam, 2012).

Birinci ürün olarak yetiştirilen buğday hasat edildikten sonra, tarım arazisi çalışma süresince sabit kalacak şekilde parsellere ayrılmıştır. Farklı 5 arıtma çamuru konusu belirlenmiş ve konular üç tekerrürlü olacak şekilde tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Yürütülen çalışmada yalnız ilk yıl arıtma

çamuru uygulanmış ve parsellere tatbik edilecek arıtma çamuru miktarı yaş ağırlık göz önünde tutularak tespit edilmiştir. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra (1 ay) ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar istatistiksel analizler ile değerlendirilmiştir (Düzgüneş, 1963; Yurtsever, 1984).

3. Bulgular ve Tartışma

Bakır elementi, topraktaki öbür mikro elementlere nazaran organik madde ile daha güçlü bileşikler oluşturmaktadır. Bu durum bakır elementinin toprak çözeltisi içerisindeki alınımı ve hareketi üzerinde oldukça etkilidir (Güneş ve ark., 2000). Bununla birlikte bakırın yarayışlılığı pH değerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Toprağın pH değeri 7 ve üzerinde ise bakırın yarayışlılığı azalma eğiliminde iken pH değeri 5 olduğunda

yarayışlılığının maksimum olduğu bildirilmiştir (Günel ve Erdem, 2015). Çalışma öncesinde alınan toprak örneği analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı bakır miktarı 1 mg kg^{-1} , atıksu arıtma çamurunda 6.82 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Literatür çalışmaları incelendiğinde tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlarda bakır içeriği $1-50 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri aralığında değişiklik göstermektedir (Kacar ve Katkat, 2007). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı bakır içerikleri $1.213-2.787 \text{ mg kg}^{-1}$, ikinci yılında $1.562-3.167 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında olduğu Tablo 2’de görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde $p<0.01$

seviyesinde önemli bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde yarayışlı bakır içeriğinin yükseldiği görülmektedir. Farklı bir çalışmada ülke topraklarının genel yapısını belirlemek için alınan toplam 1511 toprak örnekleri üzerinde yapılan analizler sonucunda ülke topraklarının bakır içeriğinin, alt sınır değeri olan 0.2 mg kg^{-1} ’dan yüksek olduğu tespit edilmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1999). Atıksu arıtma çamurlarının içeriğinde bulunabilecek çeşitli zararlı elementlerin belirlenmesi amacıyla Ankara Atıksu Arıtma Tesisinden temin edilen çamurlar üzerinde yürütülen 10 aylık bir çalışma sonucunda ise arıtma çamurlarının bakır içeriğinin $171-363 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Bilgin ve ark., 2002).

Tablo 2. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı bakır içerikleri

Yarayışlı Bakır (mg kg^{-1})		S0	S1	S2	S3
D0	1. Yıl	0.960	1.016	1.242	0.974
	2. Yıl	1.558	1.561	1.465	1.309
D1	1. Yıl	2.297	1.767	1.423	1.213
	2. Yıl	2.324	2.152	1.806	1.588
D2	1. Yıl	4.334	1.443	1.905	2.787
	2. Yıl	3.167	1.562	2.449	2.516
D3	1. Yıl	1.750	2.035	2.559	1.383
	2. Yıl	2.991	1.881	2.501	2.800
D4	1. Yıl	1.156	0.949	1.066	14.620
	2. Yıl	1.547	1.413	1.602	1.741

Toprak bünyesi içerisinde toplam demir seviyesinin yüksek olmasına rağmen bitkilerin var olan demir elementinden yararlanma oranının düşük olduğu ifade edilmiştir (Kacar ve Katkat, 2007). Topraklarımızın yaklaşık olarak % 27’sinde yarayışlı demir miktarı 4.5 mg kg^{-1} ’dan daha az olması sebebi ile bitkiler için demir noksanlığı çekme riskinin oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Eyüpoğlu, 1998). Demir içeriği 0.2 mg kg^{-1} dan düşük topraklar “az”, $0.2-4.5 \text{ mg kg}^{-1}$ seviyesinde olan topraklar “orta” ve 4.5 mg kg^{-1} seviyesinden yüksek olan topraklar “fazla” olarak tanımlanmaktadır (Koca ve ark., 2019). Deneme öncesinde alınan toprak örneği analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan

yarayışlı demir miktarı 2.95 mg kg^{-1} , atıksu arıtma çamurunda 88.88 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı demir içerikleri $6.362-24.81 \text{ mg kg}^{-1}$, ikinci yılında $7.718-17.03 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında olduğu Tablo 3’te görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar incelendiğinde yarayışlı demir içeriğinin atık çamurun etkisi ile yükselme eğiliminde olduğu ve literatür verileri doğrultusunda topraktaki konsantrasyonunun “fazla” düzeyine geldiği

görülmektedir. Bu durum üzerinde asidik toprakların kireçli topraklara göre daha yüksek miktarda çözünebilir demir içerebilme özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Güneş ve ark., 2013). Çalışmamıza benzer şekilde, kireçli bir toprağa uygulanan humik asit ve kentsel arıtma çamurunun mısırın bitki besin maddesi içeriğini ne şekilde etkilediğini

belirlemek için yürütülen çalışmada, atıksu arıtma çamuru uygulamalarının tek başına ve humik madde ile beraber uygulanmasının alınabilir demir içeriğini kontrol örneğine göre arttırdığı belirtilmiştir (Bozkurt ve ark., 2000).

Tablo 3. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı demir içerikleri

Yarayışlı Demir (mg kg ⁻¹)		S0	S1	S2	S3
D0	1. Yıl	6.406	5.177	10.840	6.148
	2. Yıl	9.990	8.019	10.060	7.610
D1	1. Yıl	10.810	8.750	9.880	8.120
	2. Yıl	12.380	8.853	7.718	10.240
D2	1. Yıl	20.580	9.821	15.090	16.120
	2. Yıl	14.140	10.870	14.490	17.030
D3	1. Yıl	7.957	13.360	24.810	6.362
	2. Yıl	10.070	11.830	13.910	12.640
D4	1. Yıl	8.030	5.104	8.134	14.620
	2. Yıl	10.400	7.693	10.810	16.240

Toprakta mutlak bulunması gereken elementler içerisinde yer alan manganın (Gezgin, 2003) toprak çözeltisi içerisinde toplam 20 ile 3000 mg kg⁻¹ değerleri aralığında bulunurken (FAO, 1990) ülkemiz toprakları için alınabilir mangan miktarı ortalama 18,29 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Sönmez ve ark., 2018). Mangan yeterince bulunmaz veya gereğinden fazla bulunur ise bitki gelişimi, verimi ve kalitesi yönünden göz ardı edilemeyecek seviyede kayıplara neden olmakta hatta bitkilerin ölümüyle de sonuçlanabilmektedir (Gezgin, 2003). Toprak çözeltisi içerisinde yarayışlı Mn miktarı 4 mg kg⁻¹'dan az olduğunda “çok az”, 4-14 mg kg⁻¹ aralığında olduğunda “az”, 14-50 mg kg⁻¹ aralığında olduğunda “yeter”, 50-170 mg kg⁻¹ aralığında olduğunda “fazla” ve 170 mg kg⁻¹'dan yüksek olduğunda “çok fazla” olarak tanımlanmaktadır (FAO, 1990). Toprak örnekleri analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı mangan miktarı 42.39 mg kg⁻¹, atıksu arıtma çamurunda 28.73 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı mangan içerikleri 7.734–63.89 mg kg⁻¹, ikinci yılında

7.274–14.46 mg kg⁻¹ değerleri arasında olduğu Tablo 4'te görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Tablodan da görüldüğü üzere toprakların yarayışlı mangan kapsamalarında değişiklikler gözlemlenmiş ve deneme öncesinde “yeter” düzeyde iken arıtma çamuru uygulamasından sonra ikinci yılın sonunda yapılan analizler sonucunda azaldığı ve “az” seviyesine geldiği gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebinin, arıtma çamurlarının sahip olduğu yüksek organik madde miktarı olduğu düşünülmektedir. Toprak çözeltisi içerisinde mangan elementinin absorbe edilmesi üzerinde etkili olan etmenler; organik madde açısından zengin, kireç oranı yüksek ve alkaline özelliğine sahip, drenajı iyi olmayan ve kumlu yapıya sahip topraklar olarak ifade edilmiştir (Kacar ve Katkat, 1999). Arıtma çamurları gibi organik madde açısından zengin materyallerin toprağa uygulanması neticesinde toprağın pH'sı düşer (Garzon ve ark., 2011), bu nedenle organik madde tarafından soğurulan mangan miktarında artış gerçekleşir ve böylece toprakta yarayışlı mangan içeriğinde azalma meydana gelir (Allard ve ark., 2017). Literatür çalışmaları içerisinde çalışmamızda elde

edilen sonuçlarla uyumlu olmayan sonuçlara da ulaşılmıştır. Kentsel atıklardan elde edilen kompost, toprakların mangan içeriğini arttırıcı etkide bulunurken gereğinden fazla

uygulanması halinde ise bitkiler tarafından alınamayacak hale geldiği bildirilmiştir (Hargreaves ve ark., 2008).

Tablo 4. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı mangan içerikleri

Yarayışlı Mangan (mg kg ⁻¹)		S0	S1	S2	S3
D0	1. Yıl	8.504	7.226	13.460	7.709
	2. Yıl	7.802	10.170	9.615	7.101
D1	1. Yıl	14.750	17.740	14.640	7.734
	2. Yıl	11.650	7.274	8.235	8.353
D2	1. Yıl	52.640	22.340	26.220	63.890
	2. Yıl	10.970	11.560	12.000	14.050
D3	1. Yıl	15.240	13.770	58.580	11.120
	2. Yıl	12.110	10.970	14.460	13.890
D4	1. Yıl	11.230	8.477	17.420	21.150
	2. Yıl	15.650	10.000	8.213	18.760

Alınabilir çinko değeri 0.7-2.4 mg kg⁻¹ arasında olan topraklar “yeterli” düzeyde kabul edilirken 0.5 mg kg⁻¹ ‘dan daha az olan topraklar “yetersiz” topraklar olarak kabul edilmektedir (FAO, 1990). Toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı çinko üzerinde toprak pH’sı etkili olmaktadır ve pH değerinin artışı ile birlikte toprağın yarayışlı çinko kapsamı düşmektedir (Loue, 1986). Toprak örneği analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı çinko miktarı 0.07 mg kg⁻¹, atıksu arıtma çamurunda 3.47 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı çinko içerikleri 0.921–7.302 mg kg⁻¹, ikinci yılında 0.572–3.181 mg kg⁻¹

değerleri arasında olduğu Tablo 5’te görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çalışmamızda arıtma çamuru uygulaması sonrasında yarayışlı çinko içerikleri yükselmiştir. Çalışmanın ikinci yılında toprak yarayışlı çinko içeriği çalışma öncesine göre yüksek iken, çalışmanın ilk yılında elde edilen değerlerle kıyaslandığında ise ilk yıla göre bir azalma gözlemlenmiştir. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde benzer şekilde artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın çözünebilir ve alınabilir çinko miktarlarında artış olduğu belirtilmiştir (Demir, 2010; Özyazıcı ve ark., 2012).

Tablo 5. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı çinko içerikleri

Yarayışlı Çinko (mg kg ⁻¹)		S0	S1	S2	S3
D0	1. Yıl	0.366	0.229	0.414	0.318
	2. Yıl	0.442	0.276	0.302	0.271
D1	1. Yıl	2.634	1.745	0.977	0.921
	2. Yıl	1.106	1.894	0.699	0.593
D2	1. Yıl	7.302	1.361	1.112	3.666
	2. Yıl	3.031	0.572	1.569	1.880
D3	1. Yıl	1.603	3.060	2.427	1.417
	2. Yıl	3.181	0.868	1.997	2.382
D4	1. Yıl	0.329	0.700	0.526	0.739
	2. Yıl	0.420	0.420	0.435	0.540

4. Sonuçlar

Uzun yıllar boyunca aralıksız işlenmesi, düşük organik madde içeriği ve yoğun olarak erozyona maruz kalmış yorgun Trakya topraklarının özelliklerini iyileştirmek amacıyla İSKİ'den temin edilen atıksu arıtma çamurlarının değişik miktarlarda araziye uygulanması sonucunda bazı toprak mikro besin elementlerinde (Cu, Fe, Mn ve Zn) gözlemlenen farklılıklar değerlendirilmiştir.

Mikro besin elementlerinin yararlılık durumları üzerinde toprağın organik madde içeriği ve pH değeri önemli bir etkiye sahiptir. Çalışmamızda arıtma çamurlarının uygulanması neticesinde toprakların organik madde içeriği yükselirken pH değerinde azalma meydana gelmiştir (Gezer ve ark., 2023). Çalışma öncesinde toprağın yarayışlı bakır içeriği 1 mg kg⁻¹ iken arıtma çamuru uygulaması yapıldıktan sonra yarayışlı bakır içeriği ikinci yılın sonunda 1.562–3.167 mg kg⁻¹ seviyesine yükselmiştir. Demir eksikliği oluşma riskinin yüksek olduğu ülke topraklarına nazaran, çalışmanın yürütüldüğü tarım arazisi topraklarının yarayışlı demir miktarı deneme öncesinde 2.95 mg kg⁻¹ seviyesinde (“orta”) iken çalışmanın ikinci yılı sonunda 7.718–17.03 mg kg⁻¹ (“fazla”) olarak belirlenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği toprakların, arıtma çamuru uygulandıktan sonra asidik duruma geçmesinin yarayışlı demir içeriğinin artması üzerinde etkili olduğu kanısına varılmıştır. Bir diğer önemli mikro besin elementi olan mangan, literatür bilgileri doğrultusunda deneme öncesinde yeterli (42.39 mg kg⁻¹) düzeydedir. Ancak arıtma çamuru uygulandıktan sonra yarayışlı mangan kapsamalarının azalma eğiliminde olduğu ve bu durumun arıtma çamurlarının sahip olduğu yüksek organik madde miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneme öncesinde toprağın yarayışlı çinko içeriği analiz sonuçlarında 0.07 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiş ve “yetersiz” düzeyde olduğu görülmüştür. Arıtma çamuru uygulaması gerçekleştirildikten sonra yarayışlı çinko içeriğinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun toprağın pH değerinin azalması ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yoğun tarımsal faaliyetler neticesinde bitki besin elementi açısından fakir duruma düşen Trakya toprakları üzerine arıtma çamuru uygulanması, toprakların bazı mikro bitki besin elementleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Bölgede yoğun tarım uygulamalarının devam ettiği düşünüldüğünde topraklara arıtma çamurlarının uygulanması tarımın sürdürülebilir olması açısından oldukça önemli bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Araştırmayı maddi olarak destekleyen TÜBİTAK Bilimsel Araştırma Kurumuna (Proje No: 108O324) teşekkür ederiz.

Açıklama

Bu makale birinci yazarın “İkinci Ürün Silajlık Mısır Üretiminde İSKİ Atıksu Arıtma Çamuru Kullanımının Toprak Özellikleri, Bitki Gelişimi ve Su Kullanımına Etkisi” başlıklı TÜBİTAK projesi (108O324) ve aynı zamanda doktora çalışmasının bir bölümünden yararlanılmak suretiyle güncellenerek hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Allard, S., Gutierrez, L., Fontaine, C., Croué, J.P., Gallard, H., 2017. Organic matter interactions with natural manganese oxide and synthetic birnessite. *Science of The Total Environment*, 583: 487-495.
- Bakırcıoğlu, D., 2009. Toprakta makro ve mikro element tayini. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

- Bellitürk, K., Fang, L., Görres, J.H., 2023. Effect of post-production vermicompost and thermophilic compost blending on nutrient availability. *Waste Management*, 155: 146-152.
- Benami, A., Diskin, M.H., 1965. Design of Sprinkling Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication 23. Technicon. Israel Institute of Tecnology, Haifa, Israel.
- Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M., Tarakçıoğlu, C., 1998. Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *International Symposium On Arid Region Soil*, Menemen, İzmir, s.506-510.
- Bilgin, N., Eyüpoğlu, H., Üstün, H., 2002. Biyoatıkların (Arıtma Çamurlarının) Arazide kullanımı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Blake, G.R., 1965. Bulk Density. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. Chapter 30.
- Bolat, İ., Kara, Ö., Tunay, M., 2020. Göknaarkayın karışık meşçeresi altındaki ölü örtü örneklerinde mikrobiyal biyokütle C (Cmic), N (Nmic) ve P (Pmic)'un mevsimsel değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(3): 1-1.
- Bozkurt, M.A., Yılmaz, İ., Çimrin, K.M., 2000. Kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 105-110.
- Çimrin, M.K., Bozkurt, M.A., Erdal, İ., 2000. Kentsel arıtma çamurunun tarımda fosfor kaynağı olarak kullanılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1): 85-90.
- Demir, E., 2010. Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın verim, besin elementi ve ağır metal içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Düzgüneş, O., 1963. İstatistik Prensipleri ve Metotları. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- Ergene, A., 2010. İz elementlerin bitki, hayvan ve insan hayatı bakımından önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara.
- Eyüpoğlu, F., Korucu, N., Talaz, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikro elementler Bakımından Genel Durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Ankara.
- FAO, 1990. Micronutrient Assessment at the Country Level. FAO Soil Bulletin, Published by FAO, Roma.
- Foroughifar, H., Jafarzadeh, A.A., Torabi, H., Pakpour, A., Miransari, M., 2013. Using geostatistics and geographic information system techniques to characterize spatial variability of soil properties, including micronutrients. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(8): 1273-1281.
- Garzón, E., González-Andrés, F., García-Martínez, V.M., De Paz, J.M., 2011. Mineralization and nutrient release of an organic fertilizer made by flour, meat, and crop residues in two vineyard soils with different pH levels. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(13): 1485-1496.
- Gezer, E., Konukcu, F., Adiloğlu, A., Dinçer, A.R., 2023. Mısır bitkisinin ikinci ürün ve silajlık olarak yetiştirilmesinde kullanılan arıtma çamurunun topraktaki makro besin elementleri üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4): 798-808.
- Gezgin, S., 2003. Buğdayın gübrelenmesi. *Konya Ticaret Borsası Dergisi*, 6(4): 22-27.

- Günel, E., Erdem, H., 2015. Suluova ve merzifon ovaları topraklarının yarayışlı demir, bakır, çinko ve mangan konsantrasyonlarının mesafeye bağlı değişimi. *Toprak Su Dergisi*, 4(2): 1-13.
- Günes, A., Alpaslan, M., Inal, A., 2013. Plant Nutrition and Fertilization, (3rd Ed.), Ankara University Faculty of Agriculture Publications: Ankara.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., 2000. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1514, Ankara.
- Hargreaves, J.C., Adl, M.S., Warmon, T.R., 2008. A Review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 123: 1-14.
- Kacar, B., Katkat, V., 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 144, Bursa.
- Kacar, B., Katkat, V., 2007. Bitki Besleme. Nobel Yayınevi.
- Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III-ToprakAnalizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakıf Yayınları No: 3, Ankara.
- Kara, Z., Yakupoğlu, T., 2023. Toprak düzenleyici olarak kullanılan bazı organik madde kaynaklarının nem kapsamındaki zamana bağlı değişimler. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 95-104.
- Koca, Y.K., Derin, A., Adiloğlu, S., 2019. Jeostatistiksel modelleme ile Edirne ili uzunköprü ilçesi topraklarının bazı mikro element düzeylerinin haritalanması. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 6(3): 328-338.
- Loue, A., 1986. Les Oligo-Éléments en Agriculture. Agri - Nathan International, 43 Rue du CheminVert, 75011 Paris.
- Özyazıcı, M.A., Özyazıcı, G., Bayraklı, B., 2012. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın ekstrakte edilebilir demir, bakır, çinko ve mangan kapsamı üzerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 1(2): 110-118.
- Sağlam, M.T., 2012. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri (5. Baskı). Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:2, Tekirdağ.
- Sönmez, B., Özbahçe, A., Akgül, S., Keçeci, M., 2018. Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması. Proje Sonuç Raporu (TAGEM/TSKAD/11/A13/P03). Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Uzun, P., Bilgili, U., 2011. Arıtma çamurlarının tarımda kullanım olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2): 135-146.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar. T.C. Tarım Orman Ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Atıf Şekli

Gezer, E., Konukcu, F., Adiloğlu, A., Dinçer, A.R., 2024. Arıtma Çamuru Uygulamalarının Topraktaki Bazı Mikro Besin Elementleri Üzerine Etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 197-205.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10837821>.

To Cite

Gezer, E., Konukcu, F., Adiloğlu, A., Dinçer, A.R., 2024. Effect of Sewage Sludge Applications on Some Micronutrient Elements in Soil. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 197-205.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10837821>.