

Geliş Tarihi : 17.07.2000

## Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması

K. Mesut ÇİMRİN<sup>(1)</sup>

Mehmet Ali BOZKURT<sup>(1)</sup>

İbrahim ERDAL<sup>(1)</sup>

**Özet:** Tarımda bitki fosfor ihtiyacının karşılanmasında fosfor kaynağı olarak, TSP (Triple Süper Fosfat) fosforu ile arıtma çamuru kombinasyonlarının mısır bitkisinin gelişimi ve bazı bitki besin maddelerine etkisini belirlemek amacı ile kireçli bir toprakta saksı denemesi yürütülmüştür. Arıtma çamuru ve TSP fosforu kombinasyonlarının fosfor kaynağı olarak kullanılması tanığa göre mısır bitkisinin, bitki kuru ağırlığı, toprak üstü aksam ağırlığı, bitkinin fosfor, çinko ve demir içeriğini önemli düzeyde artırmıştır. Uygulamalar bitki kök kuru ağırlığı ve bitki mangan içeriğini önemli olarak etkilemez iken bitki bakır içeriğini önemli olarak azaltmışlardır. Arıtma çamuru ve TSP kombinasyonları ve 80 ppm arıtma çamuru uygulamaları tanığa göre mısır bitkisinin fosfor içeriğini önemli olarak artırmalarına karşılık, kombinasyonlar içerisindeki arıtma çamuru miktarı arttıkça bitkinin fosfor içeriği azalmış, ancak bu azalma fosforun tümünün 80 ppm arıtma çamuru ile verildiği uygulamaya kadar kendi aralarında istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Arıtma çamuru bitkinin fosfor ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Arıtma çamuru, gübre, fosfor, mısır

### The Use of Municipal Sewage Sludge as Phosphorus Source in Agriculture

**Abstract:** This experiment was carried out to determine the effect of the combination of TSP (Triple Super Phosphate) phosphorus and sewage sludge on the growth and nutrient contents of corn (*Zea mays* L.) in the pots containing alkaline soil. The use of the combinations of sewage sludge and TSP phosphorus as phosphorus source increased total dry matter, vegetative weight, P and Zn and Fe contents of the plant in significant levels. The treatment had no effect on the root dry matter and Mn content, but significantly decreased Cu content of the plant. The combinations of sewage sludge and TSP phosphorus, and 80 ppm sewage sludge treatment significantly increased P content of corn when compared with control. On the other hand, the more amount of sewage sludge among combinations increased, the less content of P was found for the plant. However, this less amount among combinations (until 80 ppm sewage sludge treatment) was not significant. The sewage sludge can be used forth supplying some part of phosphorus needs of plant.

**Key words:** Sewage sludge, fertilizer, phosphorus, corn

### Giriş

Dünyadaki her fert eğitim ve bilinç düzeyi arttıkça, çevre kirliliği ve bununla ilgili sorunlara daha duyarlı hale gelmektedir. Günümüzde evsel ve endüstriyel atıkların çevreye verdiği zararın önlenmesi için arıtma tesislerinin yaygınlaştırılması ülkemiz için de bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu tesislerde arıtma sonucu açığa çıkan atıkların (arıtma çamuru) tekrar çevre kirliliği oluşturmaması ve bu atıkların içerdiği bitki besin elementlerinin değerlendirilmesi açısından toprağa verilmesine ilgi giderek artmaktadır. Bu atıklar uygun miktar ve şekillerde ekolojilere uygun olarak toprağa verilirse, ticari gübrelere alternatif veya destek olacakları düşünülmektedir.

Arıtma çamurunun içeriği bölgeden bölgeye ve arıtma biçimine bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle organik madde, azot ve fosforca zengin olduğu ve kontrollü olarak toprağa verilebileceği bir çok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Hakerlerler, 1980; Anaç ve ark. 1993; Kyle ve McClintock, 1995; Bozkurt ve ark.,2000; Arcak ve ark. 2000).

Ancak, atık çamur bitki besin elementlerine ek olarak ağır metal gibi potansiyel zararlı bileşenlerde içermektedir.

Buna ek olarak, organik maddece zengin arıtma çamurunun toprağa verildiğinde hızlanan mikrobiyolojik aktiviteden dolayı kök bölgesi pH'sını düşürerek ağır metallerin çözünürlüğünün arttığı da düşünülebilir. Ancak pH' sı yüksek ve kireç kapsamı fazla olan ülkemiz topraklarında durum biraz daha ümit vericidir. Benzer olarak Little ve ark. (1991) asit karakterli topraklarda (pH: 4.4-5.5) yetiştirilen mısır bitkisinin gelişmesi ve içeriğine, kireçle stabilize edilmiş ve kimyasal olarak fikse edilmiş arıtma çamuru uygulamalarının etkisini belirlemek için yaptıkları sera çalışmasında, toprak pH'sını 6.5'e yükseltmek için artan oranlarda kireç uygulamışlardır. Araştırmacılar, kireçle stabilize edilmiş ve kimyasal olarak fikse edilmiş arıtma çamuruna % 100 oranında kireç katıldığında maksimum bitki gelişiminin görüldüğünü ve katılan kireç miktarının daha da artırılması durumunda bitki gelişiminde azalma ve Zn noksanlığının ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Bir başka deyişle, topraklarımızın pH'larının ve kireç miktarlarının yüksek olması ağır metal toksitesinin azalmasında etkili olabilir.

<sup>(1)</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 65080, VAN

Konu ile ilgili olarak; Kırımhan ve ark., (1983) Erzurum'da kentsel atık sular ile sulanan topraklarda yetiştirilen lahanada bitkisinde ağır metal birikimini incelemişler, Fe, Mn, Zn ve Cu gibi metallerin toprak ve bitkide biriktiği ancak bu miktarların toksik sınırların altında olduğunu bildirmişlerdir. Mısır bitkisinin üretiminde arıtma çamurunu azot ve fosfor kaynağı olarak kullanan Mays ve Giordano (1988), verimde bir azalmanın ve aşırı metal birikiminin görülmediğini rapor etmişlerdir. Berthet ve Ark., (1989), arıtma çamuru uygulamasına bağlı olarak toprak ve bitkilerde ağır metal (Cd, Pb, Cu, Zn) birikiminin düşük olduğunu ve bu durumun muhtemelen ağır metallerin biyoyararlılığının düşük olmasından kaynaklandığını işaret etmişlerdir. Reed ve ark., (1991) tarım topraklarına uygulanan arıtma çamurunun ticari gübrelere alternatif olarak kullanım potansiyelini belirlemek için yaptıkları araştırmada; arıtma çamuru ilavesiyle toprağın Cu ve bitkinin Zn içeriğinde hafif bir artış olduğu ve arıtma çamurunun tarımsal alanlara uygulanmasının belirlenen toksik sınır değerleri aşmadan mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Menelik ve ark., (1991) kışlık buğdayın azotlu gübre ihtiyacını kimyasal gübre ve arıtma çamuru vererek karşılamışlar, arıtma çamuru uygulamasının buğday verimini ve buğday tanesinin N, P, Zn ve Cu içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Buğday bitkisi ile yapmış olduğu saksı denemelerinde El-Dawwey (1993), artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkinin kuru madde ağırlığını ve N, P, K alımını arttırdığını vurgulamışlardır. Navarro Pedreno ve ark., (1996), kireçli topraklara arıtma çamuru ve badem artığı uygulamışlardır. Arıtma çamuru uygulaması toprağın N, P, Fe, Cu ve Zn içeriklerinin ve bu toprakta yetiştirilen domates bitkisinin verimini arttığını belirtmişlerdir. Lombi ve Gerzabek (1998), saksılarda arıtma çamuru ilavesi ile kolza bitkisi yetiştirmişler ve bitkilerde herhangi bir ağır metal içeriği belirlemediklerini, sadece Zn alımının hafifçe arttığını bildirmişlerdir.

Bu araştırmada, fosforlu gübrelere alternatif olarak arıtma çamurunun kullanılması ve arıtma çamurunun mısır bitkisinin toplam bitki kuru ağırlığı ile bitki besin elementleri içeriğine etkisinin belirlenmesine çalışılmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Araştırma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi serasında saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Her saksıda dört adet Arifiye hibrit mısır çeşidi altı hafta süre ile yetiştirilmiştir. Deneme 1 kg toprak içeren saksılarda dört tekrarlamalı olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Denemede kullanılan toprak ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi kanalizasyon arıtma tesisinden alınan arıtma çamuruna ait bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprak ve arıtma çamuruna ilişkin bazı özellikler

Deneme Toprağı		Arıtma Çamuru	
Özellikler		Özellikler	
Tekstür	Siltli kil		
Organik Madde,%	0.81	Org. Mad.%	25.0
Kireç, %	10.40	pH (1:1 Su)	6.06
pH (1:1 Su)	8.05	Toplam N, %	1.30
Tuz, %	0.028	Toplam P, %	0.59
Değişebilir K, ppm	507.0	Toplam K, %	0.41
Yarayışlı P, ppm	6.0	Yarayışlı P, ppm	563.0
Yarayışlı Fe, ppm	2.29	Toplam Fe, %	1.86
Yarayışlı Zn, ppm	0.53	Toplam Zn, %	0.19
Yarayışlı Cu, ppm	4.15	Toplam Cu, ppm	74.0
Yarayışlı Mn, ppm	4.94	Toplam Mn, ppm	402.0

Çalışmada yetiştirilen mısır bitkisinin azot ve potasyum gereksiniminin karşılanması için her saksıya temel gübreleme olarak iki defada 100'er ppm azot ve bir defada 40 ppm potasyum verilmiştir. Bitkinin fosfor gereksiniminin 80 ppm olduğu düşünülerek, bu fosforun bir kısmı triple süper fosfat gübresi (TSP) ile bir kısmı ise arıtma çamuru ile karşılanmıştır. Arıtma çamurundaki yarayışlı fosfor Bray ve Kurtz (1945)'e göre yapılmış ve 563 ppm fosfor bulunmuştur. Buna göre denemede uygulananlar şu şekilde olmuştur:

1. % 100 toprak (Tanık)
2. 20 ppm P (arıtma çamuru fosforu) + 60 ppm P (TSP fosforu)
3. 40 ppm P (arıtma çamuru fosforu) + 40 ppm P (TSP fosforu)
4. 60 ppm P (arıtma çamuru fosforu) + 20 ppm P (TSP fosforu)
5. 80 ppm P (arıtma çamuru fosforu)
6. 80 ppm P (TSP fosforu)

İlk uygulamada gübre uygulanmamış, ikinci uygulamada 20 ppm fosfor içeren arıtma çamuru ve 60 ppm fosfor içeren triple süper fosfat gübresi, üçüncü uygulamada 40 ppm fosfor içeren arıtma çamuru ve 40 ppm fosfor içeren triple süper fosfat gübresi, dördüncü uygulamada saksılara 60 ppm fosfor içeren arıtma çamuru ve 20 ppm fosfor içeren triple süper fosfat gübresi, beşinci uygulamada bitkinin tüm ihtiyacı olan 80 ppm fosfor arıtma çamuru ve altıncı uygulamada bitkinin tüm ihtiyacı olan 80 ppm fosfor triple süper fosfat gübresi olarak verilmiştir. Havada kuru hale getirilen toprak ile arıtma çamuru her saksı için ayrı ayrı tartılarak karıştırılmıştır.

Altı haftalık vejetasyon dönemi sonunda hasat edilen bitki örnekleri, saf su ile yıkanarak sabit ağırlığa gelinceye kadar 70 °C' de kurutulmuştur. Daha sonra bu örneklerde toprak üstü organ ve kök kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Öğütülen ve kuru yakma yapılan bitki (toprak üstü organ) örneklerinde, fosfor sarı renk yöntemine göre, spektrometre

ile demir, mangan, bakır ve çinko konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresiyle ölçülmüştür (Kacar, 1984).

Deneme toprağında bünye Bouyoucous hidrometresi ile (Bouyoucous, 1951), eriyebilir toplam tuz saturasyon çamurunda kondaktivimetre ile Richard (1954)'e göre pH Jackson (1958)'a, kireç kalsimetrik olarak Allison ve Moodi (1965)'e göre, organik madde modifiye edilmiş Walkley Black metodu ile (Walkley 1947), alınabilir fosfor sodyum bikarbonat yöntemiyle (Olsen ve ark., 1954), değişebilir potasyum (Knudsen ve ark., 1982), yarayışlı Fe, Mn, Zn ve Cu Lindsay ve Norvell (1978)'e göre DTPA ile çalkalanarak yapılmıştır.

Aritma çamurunda toplam azot Kjeldahl, organik madde modifiye edilmiş Walkley Black, toplam P, K, Fe, Mn, Zn ve Cu yaş yakmayla elde edilen çözeltilerde atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile (Khan ve Frankland 1983), yarayışlı fosfor Bray ve Kurtz (1945)'a göre Kacar (1994)'in aktardığına yöntemle belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarının varyans analizi ve ortalamalar arasındaki karşılaştırmalar Duncan testi Costat istatistiksel paket programı ile belirlenmiş, sonuçlar Düzgüneş ve ark. (1987)'nin bildirdiği şekilde değerlendirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Aritma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılmasının mısır bitkisinin toplam bitki kuru ağırlığı, toprak üstü organ kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığına etkisi Çizelge 2'de verilmiştir. Fosfor kaynağı olarak arıtma çamurunun kullanılmasında, mısır bitkisinin toplam kuru ağırlığı fosfor verilmeyen tanık parselde en düşük (5.61 g/saksı) olurken, en yüksek toplam kuru ağırlık fosforun 60 ppm'lik kısmının arıtma çamuru ve 20 ppm'lik kısmının TSP gübresi olarak verildiği (9.89 g/saksı) uygulamadan elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda tanığa göre bütün uygulamalar toplam bitki kuru ağırlığını çok önemli düzeyde ( $P<0.001$ ) artırmıştır (Çizelge 2). Duncan testi sonuçlarına göre tanık farklı bir grubu, bütün fosforun 80 ppm TSP gübresi olarak verilen uygulama bir başka grubu oluşturur iken tüm arıtma çamurunun eklendiği uygulamalar farklı bir grubu oluşturmuştur.

Mısır bitkisinin toprak üstü aksam ağırlığına uygulamaların etkisi, toplam bitki kuru ağırlığına benzer şekilde istatistiki olarak çok önemli düzeyde ( $P<0.001$ ) önemli bulunmuştur. Bitki toprak üstü aksam kuru ağırlığı en düşük tanıkta 3.06 g/saksı olarak belirlenirken, en yüksek fosforun 60 ppm'lik kısmının arıtma çamuru ve 20 ppm'lik kısmının TSP gübresi olarak verildiği uygulamada 7.04 g/saksı olarak belirlenmiştir. Yapılan Duncan

karşılaştırmasına göre toplam bitki kuru ağırlığındaki sonuçlara benzer olarak arıtma çamurunun ilave edildiği tüm uygulamalar bir grubu oluştururken tanık ve fosforun sadece TSP gübresi olarak verildiği uygulamalar farklı grupları oluşturmuştur.

Mısır ve farklı bitkilerle yapılan bir çok çalışmalarda araştırmacılar, değişik doz ve miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitkilerin kuru madde ağırlıklarını arttırdığını bildirmişlerdir (El-Dawwey, 1993; Lombi ve Gerzabek, 1998; Bellamy ve ark., 1995; Bozkurt ve ark., 2000). Uygulamaların bitki kök kuru ağırlığına etkisi istatistik olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 2). Değişik oranlarda arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak uygulanmasının bitkinin kuru ağırlığını, tüm fosforun (80 ppm) TSP gübresi olarak verilmesine kıyasla daha fazla artırması, arıtma çamurunun fosfor kapsamına ek olarak diğer besin maddelerini de içermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Aritma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılmasının mısır bitkisinin fosfor, demir, bakır, çinko ve mangan içeriğine etkisi Çizelge 3'de verilmiştir. Arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılması ile bitkinin fosfor içeriği tanıkta % 0.034 olarak en düşük bulunurken, % 0.51 ile fosforun 80 ppm TSP gübresi olarak verildiği uygulamada en yüksek elde edilmiştir. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre uygulamaların bitki fosfor içeriğine etkisi çok önemli düzeyde ( $P<0.001$ ) farklı bulunmuştur. Duncan karşılaştırma testi sonuçlarına göre, tanık bir grubu, 80 ppm TSP ve AÇ uygulamaları ayrı grupları oluştururken, değişik dozlardaki arıtma çamuru ve TSP fosforu kombinasyonlarının tümü farklı bir grubu oluşturmuştur. Bir başka anlatımla tanığa göre bütün uygulamalarda bitkinin fosfor içeriğinin artırmasına karşılık, arıtma çamuru ve TSP fosforu karışımı uygulamalarında, arıtma çamurunun miktarı arttıkça bitkinin fosfor içeriği azalmıştır. Bu azalma fosforun 80 ppm'inin tümünün arıtma çamuru ile karşılandığı uygulamada en üst düzeye çıkmış ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu durum arıtma çamurunun içerdiği fosfor fikse eden bir kısım yapılardan kaynaklanabileceği veya Wallace ve Wallace (1994)'in bildirdiği gibi arıtma çamurunun bitki yapraklarında toksite görülmemesine rağmen köklere zarar verdiği savı ile açıklanabilir. Benzer olarak Lambert ve Weidensaul (1991), arıtma çamurunun fosfor fikse eden ajanları içerdiklerini bildirerek yapmış oldukları çalışmada, arıtma çamuru ile birlikte uyguladıkları gübre fosforunun (mono kalsiyum fosfat) bitkiye yarayışlılığını ve bitkinin fosfor alımını azalttığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 2. Arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılmasının mısır bitkisinin toplam bitki kuru ağırlığı, toprak üstü organ ve kök kuru ağırlığına etkisi<sup>X</sup>

Uygulamalar	Top.Bitki Kuru Ağırlığı (g/saksı)	Toprak Üstü Aksam Kuru Ağırlığı (g/saksı)	Kök Kuru Ağırlığı (g/saksı)
% 100 Toprak (Tanık)	5.61 c	3.06 c	2.55
20 ppm P (AÇ)+60 ppm P (TSP)	9.76 a	7.01 a	2.75
40 ppm P (AÇ)+40 ppm P (TSP)	9.40 a	6.69 a	2.71
60 ppm P (AÇ)+20 ppm P (TSP)	9.89 a	7.04 a	2.85
80 ppm P (AÇ)	9.60 a	6.91 a	2.69
80 ppm P (TSP)	7.47 b	5.08 b	2.39
F değerleri	22.28***	38.46***	0.41 öd

X: Değerler dört tekrarlanmanın ortalamasıdır.

a, b, c : Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) değildir.

\*\*\* ile gösterilen F değerleri  $P < 0.001$  düzeyinde istatistik olarak önemlidir.

öd ile gösterilen F değeri istatistik olarak önemsizdir.

Uygulamaların bitki çinko içeriğine etkisi istatistik olarak çok önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuştur. Bitki çinko içeriği en düşük 80 ppm TSP fosforu uygulamasında (28.0 ppm), daha sonra ise tanıkta (34.0 ppm) bulunmuştur. Duncan testine göre, toprağa sadece 80 ppm TSP fosforu verildiğinde bitkinin çinko içeriği tanıktan farklı olmadığı gibi daha düşük miktarda bulunması TSP fosforunun bitki gelişimini artırmasından kaynaklanan seyrelme etkisine bağlanabilir. Tanığa göre artan arıtma çamuru uygulamalarının tümü bitkinin çinko içeriğini artırmıştır. Çeşitli araştırmacılar benzer olarak yapılan çalışmalarda bulgularımızı destekler sonuçlar bildirmişlerdir ( Berthet, 1989; Reed ve ark., 1991; Menelik ve ark., 1991; Lombi ve Gerzabek, 1998).

Arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılmasının bitkinin demir ve bakır içeriğine etkisi sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde önemli bulunurken, mangan içerisine etkisi istatistik olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Bitkinin demir içerikleri fosforun 80 ppm arıtma çamuru olarak uygulandığında en düşük bulunmuştur. Farklı arıtma çamuru oranlarında bitkinin demir içeriklerinde bir dalgalanma görülmüştür. Uygulamalara göre bitkinin bakır içeriği tanığa göre tüm uygulamalarda azalmış ancak bitki için yeterli sınırdadır.

bulunmuştur (Jones Jr. ve Ark., 1991). Menelik ve Ark., (1991)'nın buğday bitkisi ile yaptıkları tarla denemelerinde, arıtma çamuru uygulamasının tanede çinko ve bakır içeriğini artırdığı ve mangan çinko ve bakır kapsamalarının arıtma çamuru uygulanan alkalın reaksiyonlu topraklarda daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılmasının hasattan sonra toprakta kalan yarayışlı fosfor miktarına etkisi Çizelge 4'te verilmiştir. Yapılan varyans analizine göre toprakta kalan yarayışlı fosfor miktarını tanığa göre tüm uygulamalar önemli ölçüde ( $P < 0.001$ ) artırmıştır.

Arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılması ile yetiştirilen mısır bitkisinin bazı bitki besin elementleri içerikleri benzer gelişme döneminde mısır bitkisinde bulunabilecek kritik düzeylerle karşılaştırıldığında, fosfor içeriğinin 80 ppm TSP fosforu verilen uygulamada yeterli seviyede iken diğer tüm uygulamalarda noksanlık-yeter sınırında bulunmuştur. Bitki çinko ve bakır içerikleri bütün uygulamalarda yeterli ve fazla iken demir ve mangan içerikleri yeterli düzeyde bulunmuştur (Jones jr. ve ark., 1991).

Çizelge 3. Arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılmasının mısır bitkisinin P, Zn, Fe,Cu ve Mn içeriğine etkisi<sup>X</sup>

Uygulamalar	P (%)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)
% 100 Toprak (Tanık)	0.034 d	34.0 d	97.7 c	39.5 a	139.3
20 ppm P (AÇ)+60 ppm P (TSP)	0.28 b	80.9 c	193.6 ab	19.0 b	106.6
40 ppm P (AÇ)+40 ppm P (TSP)	0.26 b	138.3 ab	168.9 ab	21.7 b	138.4
60 ppm P (AÇ)+20 ppm P (TSP)	0.25 b	150.5 a	230.5 a	19.7 b	147.8
80 ppm P (AÇ)	0.19 c	124.3 b	91.8 c	20.4 b	156.0
80 ppm P (TSP)	0.51 a	28.0 d	150.8 bc	29.2 ab	161.5
F değerleri	100.6***	60.3***	6.0**	2.78*	0.67öd

X: Değerler dört tekrarlanmanın ortalamasıdır.

a, b, c, d : Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli ( $P < 0.05$ ) değildir.

\*, \*\* ve \*\*\* ile gösterilen F değerleri sırasıyla  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ,  $P < 0.001$  düzeyinde istatistik olarak önemlidir.

öd ile gösterilen F değeri istatistik olarak önemli değildir.

Çizelge 4. Arıtma çamurunun fosfor kaynağı olarak kullanılmasının hasattan sonra toprakta kalan yarayışlı fosfor miktarına etkisi<sup>X</sup>

Uygulamalar	P (ppm)
% 100 Toprak (Tanık)	5.52 c
20 ppm P (AÇ)+60 ppm P (TSP)	37.47 b
40 ppm P (AÇ)+40 ppm P (TSP)	49.10 a
60 ppm P (AÇ)+20 ppm P (TSP)	51.60 a
80 ppm P (AÇ)	54.47 a
80 ppm P (TSP)	28.00 b
F değerleri	29.96***

X: Değerler dört tekrarlanmanın ortalamasıdır.

a, b, c : Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli (P<0.05) değildir.

\*\*\* ile gösterilen F değeri P<0.001 düzeyinde istatistik olarak önemlidir.

### Sonuç

Arıtma çamuru ve TSP fosforu kombinasyonlarının fosfor kaynağı olarak kullanılması tanığa göre mısır bitkisinin, bitki kuru ağırlığı, toprak üstü aksam ağırlığı, bitkinin çinko ve demir içeriğini önemli düzeyde artırmıştır. Uygulamalar bitki kök kuru ağırlığı ve bitki mangan içeriğini önemli olarak etkilemez iken arıtma çamuru uygulamaları bitkinin bakır içeriğini önemli olarak azaltmıştır.

Arıtma çamuru ve TSP kombinasyonları ve 80 ppm arıtma çamuru uygulamaları tanığa göre mısır bitkisinin fosfor içeriğini önemli olarak artırmalarına karşılık, kombinasyonlar içerisindeki arıtma çamuru miktarı arttıkça bitkinin fosfor içeriği azalmış, ancak bu azalma fosforun tümünün 80 ppm arıtma çamuru ile verildiği uygulamaya kadar kendi aralarında istatistik olarak önemsiz bulunmuştur.

Arıtma çamuru ile bitkinin fosfor ihtiyacının tümüyle karşılanması açısından tam bir başarı sağlanamazken, Fe ve Zn miktarlarının artırılmasında önemli katkılar sağlanabilir.

### Kaynaklar

- Allison, L.E. and C.D. Moodie, 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy* :1379-1400. *Am. Soc. of Agron., Inc., Madison*, Wisconsin, USA.
- Anaç, D. A., H. Hakerlerler ve M.E. İrget, 1993. Yağ fabrikası arıtma tesisi atıklarının zeytinliklerde organik gübre olarak kullanılması. *E.Ü.Z.F.Derg.*, 30 (3): 25-32.
- Arcak, S., C. Türkmen, A. Karaca ve E. Erdoğan, 2000. A Study on potential agricultural use of sewage sludge of Ankara wastewater treatment plant. *Proceeding of International Symposium on Desertification*, 13-17 June 2000, Konya.
- Bellamy, K.L., C. Chang and R.A. Cline, 1995. Paper sludge utilization in agriculture and container nursery

- culture. *Journal of Environmental Quality*, 24 (6): 1074-1082.
- Berthet, B., J.C. Amiard, C.A.Triquet, C. Maillet, C. Metayer, J.L. Bahec, M. Letard and J. Pelletier, 1989. Fate of metals linked with sewage sludge or municipal refuses used as improvements in market gardening. *Wat. Sci. Tech.*, 21(12): 1917-1920.
- Bouyoucos, G.D., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the soil. *Agronomy J.*, 43: 434-438.
- Bozkurt, M.A., İ. Erdal, K.M. Çimrin, S. Karaca ve M. Sağlam, 2000. Kentsel arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinde besin elementi ve ağır metal kapsamına etkisi. *A.Ü. Tarım Bilimleri Derg.*, (Baskıda).
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz, 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Düzgüneş, O., T. Kesici, O. Kavuncu ve F. Gürbüz, 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ankara, 381s.
- El Dawwey, G.M., 1993. Effectiveness of sewage sludges and basic slag wheat plants grown in sandy calcareous and loamy soils. Assuit *Journal of Agricultural Sciences*, 24: 171-184.
- Hakerlerler, H., 1980. Kentsel atıkların gübre olarak değerlendirilmeleri. *E.Ü.Z.F.Derg.*, 17:3, 113-131.
- Jones, J.B., Jr.B. Wolf, and H.A. Mills, 1991. *Plant Analysis Handbook*. pp: 1-213. Micro-Macro Publishing, Inc. USA.
- Kacar, B., 1984. *Bitki Besleme Uygulama Klavuzu*. Ankara Üniv. Z.F. Yayınları: 900. Uygulama Klavuzları: 214.
- Kacar, B., 1994. *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Toprak Analizleri*. A.Ü.Z.F. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara, 705s.
- Kırımhan, S., M.T. Sağlam ve S. Karakaplan, 1983. Erzurum'da kentsel atık sular ile sulanan tarım topraklarında kimyasal kirlenme II. Toprakta ve bitkide ağır metal birikimi. *Atatürk Ü.Z.F.Derg.* 14:3-2,13-22.
- Khan, K.D. and B. Frankland, 1983. Chemical forms of Cd and Pb in some contaminated soils. *Environmental Pollution*, 6: 15-31.
- Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt, 1982. Lithium, sodium and potassium. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy Monograph no. 9 (2 nd ed.) ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA.
- Kyle, M.A. and S.A. McClintock, 1995. The availability of phosphorus in municipal wastewater sludge as a function of the phosphorus removal process and sludge treatment method. *Water Environment Research*, 67:3, 282-289.

- Lambert, D.H. and T.C. Weidensaul, 1991. Element uptake by mycorrhizal soybean from sewage-sludge-treated soil. *Soil Sci. Am. J.* 55: 393-398.
- Lindsay, W.L. and W.N. Norvel, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42: 421-428.
- Little, D.A., R.B. Reneau and D.C. Martens, 1991. Lime stabilized and chemically fixed sewage sludge as lime amendents. *Bioresource Technology*, 37:1, 93-102.
- Lombi, E. and M.H. Gerzabek, 1998. Determination of mobile heavy metal fraction in soil: Results of a pot experiment with sewage sludge. *Communications in Soil Sci. and Plant Analysis*. 29:17-18, 2545-2556.
- Mays, D.A. and P.M. Giordano, 1988. Benefits from land application of municipal sewage sludge. Circular Z-238. Tennessee Valley Authority, National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, AL.
- Menelik, G., R.B. Reneau, Jr., D.C. Martens and T.W. Simpson, 1991. Yield and elemental composition of wheat grain as influenced by source and rate of nitrogen. *Journal of Plant Nutrition*, 14:2, 205-217.
- Navarro Pedreno, J., I. Gomez, R. Moral and J. Mataix, 1996. Improving the agricultural value of a semiarid soil by addition of sewage sludge and almond residue. *Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol. 58:2-3, 115-119.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US. *Dept. Of Agric. Cric.* 939.
- Reed, B.E., P.E. Carriere and M.R. Matsumoto, 1991. Applying sludge on agricultural land. *Biocycle*, 32:7, 58-60.
- Richard, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. Handbook: 60, U.S. Dept. Of Agriculture
- Wallace, A. and G.A. Wallace, 1994. A possible flaw in epa's 1993 new sludge rule due to heavy metal interactions. *Communications in Soil Sci. and Plant Analysis*, 25:1-2, 129-135.
- Walkley, A., 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituent. *Soil. Sci.* 63: 251-263.