



Tarım Bilimleri Dergisi

Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Aritma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Mısırın Gelişimi, Besin Elementi ve Ağır Metal İçerikleri ile Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri

Erol DEMİR^a, K. Mesut ÇİMRİN^b

^a Van Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü, Van, TÜRKİYE

^b Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kırşehir, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi — Bitkisel Üretim DOI: 10.1501/Tarimbil_0000001172

Sorumlu Yazar: K. Mesut ÇİMRİN, e-posta: mcimrin@hotmail.com, Tel: +90(386) 280 48 14

Geliş tarihi: 28 Haziran 2011, Düzeltmelerin gelişi: 07 Eylül 2011, Kabul: 14 Aralık 2011

ÖZET

Bu araştırmanın amacı; artan dozlarda arıtma çamuru (0, 10, 20 ve %30 AÇ) ve humik asit (0, 1000, 1500 ve 2000 ppm HA) uygulamalarının kireçli bir toprakta yetiştirilen mısırın (*Zea mays* L.) gelişimine, besin elementi ve ağır metal kapsamları ve hasattan sonra uygulamaların bazı toprak özelliklerine etkilerini belirlemektir. Artan dozlarda uygulanan arıtma çamuru, hasattan sonra deneme toprağının pH ve kireç içeriğinde azalmalara neden olurken, toprağın tuz, organik madde P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co içeriklerinde önemli artışlara neden olmuştur. AÇ dozları mısır bitkisinin kök ve kök üstü kısımlarının yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyunu önemli derecede artırmıştır. Artan AÇ ile mısır bitkisi kök P, K ve Zn, mısır kök üstü kısımlarında ise P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co içeriklerinde önemli artışlar saptanırken, kök Fe, Mn, Cd, Ni, Pb ve Co içeriklerinde önemli azalmalar saptanmıştır. Artan dozlardaki HA uygulamaları toprağın organik madde ve alınabilir P, Ca ve Mg içerikleri üzerinde önemli etkiye bulunurken, diğer toprak özelliklerine önemli bir etkisi saptanmamıştır. Mısır bitkisinin kök ve kök üstü kısımlarının yaş ve kuru ağırlıklarını ile bitki boyu HA'nın 1000 ppm'lik dozuna kadar artmış bu dozdan sonra önemli derecede azalmışlardır. HA uygulamaları ile mısırın kök mikro element içeriklerinde azalmalara neden olmasına rağmen bu durum istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve sonuç olarak, %20'lik AÇ ve 1000 ppm'lik HA dozlarının en uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Mısır; Arıtma çamuru; Humik asit; Verim; Ağır metal

Effects of Sewage Sludge and Humic Acid Applications on Yield, Nutrients and Heavy Metal Contents of Maize and Some Soil Properties

ARTICLE INFO

Research Article — Crop Production

Corresponding author: K. Mesut ÇİMRİN, e-mail: mcimrin@hotmail.com, Tel: +90(386) 280 48 14

Received: 28 June 2011, Received in revised form: 07 September 2011, Accepted: 14 December 2011

ABSTRACT

In this study, it was aimed to investigate the effects of different sewage sludge (0, 10, 20 and 30 %) and humic acid applications (0, 1000, 1500 and 2000 ppm) on growth, nutrient and heavy metal contents of maize (*Zea mays* L.) grown on a calcareous soil, and also some properties, nutrients and heavy metal contents of the soil remained after

harvest. The increasing concentrations of sewage sludge applications significantly decreased the pH and lime contents in soil after harvest, while salt contents, organic matter, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb and Co contents of soil after harvesting were increased. Sewage sludge doses caused significant increases in shoot and root dry or wet weights and plant height of corn. With increased sewage sludge applications, significant increases in P, K and Zn contents of root and P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb and Co contents of shoot were recorded, but Fe, Mn, Cd, Ni, Pb and Co contents were significantly decreased. The increasing concentrations of humic acid applications increased organic matter, P, Ca and Mg contents of soil, but did not significantly affect the other soil properties. Plant height, dry and wet weights of root and shoot were significantly increased up to 1000 ppm of humic acid application, but higher levels had no beneficial effects. Micro nutrients of root of maize were numerically decreased by applications of humic acid. As a result, application 20% of sewage sludge and 1000 ppm of humic acid for maize is the most appropriate levels.

Keywords: Maize; Sewage sludge; Humic acid; Yield; Heavy metal

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Günümüzde uygun özellikler taşıyan AÇ'nin tarım alanlarına uygulanması oldukça yaygındır (Çimrin et al 2000). Büyük kentlerde kanalizasyon sistemi ile toplanan kanalizasyon atıklarına özel işlemler uygulanmakta; organik ve mineral maddelerinden arıtılan su, filtre edilip klorlanarak derelere, akarsulara ve göllere bırakılmakta, geri kalan AÇ ise toprağı işlah edici materyal olarak kullanılmaktadır. Ancak, hastalık etmenlerini yapısında bulundurmasından dolayı birçok ülkede tarım topraklarında kullanılmasını engelleyen yasal düzenlemeler vardır (Williams et al 1980). Şehir atık sularının yerleşim alanlarından uzakta akarsu, deniz veya araziye verilmesi geçici bir çözüm olup su, toprak ve bitkilerden oluşan besin zincirinde ve artan konsantrasyonlarda kirliliğe neden olmaktadır. Arıtma çamurlarının kontrollü koşullarda tarım alanlarında uygulanmasıyla hem belediyelerin AÇ atıklarının depolama sorunu giderilmekte, hem de içeriğindeki bitki besin elementlerinin topraktaki doğal döngüye katılımları sağlanmaktadır. Yine, bu uygulamayla organik madde içeriğine bağlı olarak toprağın havalanma ve su tutma kapasitesi gibi fiziksel özelliklerinin iyileştiği bildirilen bulgular arasındadır (Pagliai & Guidi 1980). Öte yandan, söz konusu uygulama ile bazı ağır metaller (Mn, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Pb, Cd) toprağa eklenmekte ve uzun dönemde bu metallerin oranlarındaki yükselme önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Tarım topraklarına AÇ uygulaması, ticari gübrelemeye alternatif olarak veya en azından katkı sağlamak için

yapılmaktadır (Çimrin et al 2000). Yapılan çalışmalar arıtma çamuru uygulamalarının bitki büyümesinde olumlu etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Cohen et al 1979; Pedreno et al 1996; Çimrin et al 2000; Bozkurt & Çimrin 2003).

Birçok araştırmacı HA'in bitki büyümesi ve gelişimine olumlu etki yaptığını, düşük miktarlarda uygulandığında ise gelişimi pozitif yönde etkilediğini; bununla beraber çok miktarda uygulandığında etkisiz veya olumsuz oldukları anlaşılmıştır (Chen & Aviad 1990; Padem & Öcal 1999; Çimrin et al 2001). Araştırmacılar HA'in bitkilerde hücre zarının geçirgenliğini artırarak besin elementlerinin alınmasına yardımcı olduğunu ifade ederek (Valdrighi et al 1996); yapılarındaki hormon benzeri maddelerden dolayı bitki gelişmesine olumlu etki yaptığını bildirmişlerdir (Caseneva de Sanfilippo et al 1990). Bununla birlikte, arıtma çamurunu vererek topraktaki miktarları artan ağır metallerin HA ile etkileşime girmesi çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Humik maddeler, toprağın pH'sına göre değişmekle birlikte, metal katyonlarla kompleksler oluşturarak, bitkilerin besin maddesi, su vb. alımını etkileyebilmektedirler (Pujola et al 1992). Yonebayashi et al (1994), humik maddelerin şelatlama etkisinin yüksek pH değerlerinde daha belirgin olduğunu ve bu etkiyle topraktaki ağır metallerin alınmaz formlara dönüştüğünü saptayarak, humik maddelerin metalleri adsorbe gücünü $Cu > Fe > Zn > Mn$ şeklinde saptamışlardır.

Bu araştırmanın amacı, farklı dozlardaki AÇ ve HA'in toprağa verilmesiyle bitkide ve topraktaki

ortaya çıkabilecek farklılıkları belirleyerek, bitki gelişimi ile ağır metal toksisitesine karşı HA'nin etkisini incelemektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma 2009 yılında Van Belediyesi Park ve Bahçeler müdürlüğüne ait seralarda saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Van Belediyesi Park ve Bahçeler müdürlüğüne ait seralardan alınan toprak örneğine ilişkin, bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'in incelenmesinden de görüleceği üzere, kullanılan toprak kumlu-tınlı, kuvvetli alkalın, tuz bakımından fakir, yüksek düzeyde kireçli, organik madde içeriği düşük, Ca, P, K ve Mg yönünden yeterli, Zn, Cu ve Fe içerikleri yüksek, Mn miktarı düşük, Pb, Ni, Cd ve Co içerikleri ise normalin altında belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan arıtma çamuru Van belediyesi şehir kanalizasyonu arıtma tesislerinden alınmış olup, HA ve AÇ'nin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Denemede bitki materyali olarak Merit F1 mısır (*Zea mays* L.) çeşidi kullanılmıştır; ayrıca, arıtma çamuru ağırlık ilkesine göre 2 kg'lık saksılara %, %10, %20, %30 dozlarında, Agrolig ticari isimli, (polymeric polyhydroxy asit, %85 w/w) HA'nin 0, 1000, 1500 ve 2000 ppm dozlarından yararlanılmıştır (Çizelge 3).

AÇ ve HA uygulamaları ekimden 1 hafta önce saksılardaki toprağa karıştırılmıştır. Denemede tohumlar ekimden 24 saat önce suda ıslatılarak ve her saksıya 10 adet tohum ekilerek fide oluşumu sağlanmış ve sonra tüm saksılarda dört bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Deneme Mayıs ayından başlayarak 44 gün süreyle sürdürülmüştür. Hasattan sonra bitki kök ve kök üstü kısımları yıkanıp 65°C de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak, kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kurutulup öğütülen bitki örneklerinin bitki besin elementleri ve ağır metal analizleri Kacar (1984)'a göre belirlenmiştir.

Çalışma tam şansa bağlı bloklar deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Dört AÇ ve dört HA dozu olmak üzere 16 konu kombinasyonu olmak üzere toplam 48 saksıda

yürütülerek sonuçlar varyans analizine tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılık karşılaştırmaları Duncan testine göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Uygulamaların hasat sonrası fiziksel ve kimyasal bazı toprak özelliklerine etkileri

Arıtma çamuru (AÇ) ve humik asit (HA) uygulamalarının toprak pH'sı, toplam tuz, kireç ve organik madde içeriklerine etkileri ile bunlara ait istatistik değerlendirmeler Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4'ün incelenmesinden de görüleceği üzere AÇ uygulamaları toprağın pH, tuz ve organik madde içeriklerine etkileri önemli ($P<0.01$) iken, kireç içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Ayrıca ana faktör olarak HA uygulamaları ile AÇ×HA interaksyonu toprak organik madde içeriğine önemli etkide ($P<0.01$) bulunurken, pH, tuz ve kireç içeriklerine önemli etkide bulunmamıştır. Toprağa artan dozda yapılan AÇ uygulamaları ile doğrusal olarak toprak pH'ında önemli, kireç içeriğinde ise düzenli ancak önemsiz azalmalar gözlenmiştir. Çalışmada en yüksek ortalama pH değeri kontrol uygulamasından, en düşük pH değeri ise %30 AÇ uygulamasından sırasıyla 8.76 ve 7.72 şeklinde alınmış, organik madde ve tuz içeriklerinde ise artan arıtma çamuru dozlarına bağlı olarak önemli doğrusal artışlar ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda araştırmada, toprakların ortalama en yüksek tuz ve organik madde içerikleri, %30 AÇ uygulamasında sırasıyla, 1336 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve %7.71 olarak belirlenmiştir. Öte yandan, artan HA uygulamaları sadece toprak organik madde içeriklerinde önemli artışa yol açmıştır. Artan HA uygulamaları ile toprağın ortalama organik madde içerikleri en yüksek %30'luk AÇ uygulamasında, en düşük ise HA uygulamasının yapılmadığı parsellerden sırasıyla %5.28 ve %3.96 şeklinde belirlenmiştir. Ayrıca, arıtma çamurunun dozlarına bağlı olarak hasat ertesinde toprak pH'ında düşme gözlenmiştir. Bu durum, arıtma çamurunun pH'sının düşüklüğü ve toprakta mineralize olması sonucunda organik asitlerin açığa çıkışı şeklinde açıklanabilir. Öte yandan, AÇ dozlarına bağlı olarak toprağın tuz ve

Çizelge 1-Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri*Table 1-Some physical and chemical properties of the experimental soil*

Tekstür sınıfı	Kumlu-tın	Yarayışlı Fe, ppm	10.7
pH (1:2.5 su)	8.71	Yarayışlı Zn, ppm	2.80
Tuz, µs/cm	146.0	Yarayışlı Cu, ppm	1.20
Kireç, %	15.0	Yarayışlı Mn, ppm	0.70
Organik madde, %	0.68	Çözünebilir Pb, ppm	0.03
Yar. Fosfor, ppm	10.80	Çözünebilir Ni, ppm	0.53
Değ. K, ppm	150	Çözünebilir Cd, ppm	0.03
Değ. Ca, ppm	3386	Çözünebilir Co, ppm	0.16
Değ. Mg, ppm	134		

Çizelge 2-Deneme kullanılan arıtma çamuru ve humik asitin bazı kimyasal özellikleri*Table 2-Some chemical properties of sewage sludge and humic acid used in the experiment*

<i>Aritma çamuru özellikleri</i>		<i>Humik asit özellikleri</i>	
pH (1:2.5)	7.40	pH (1:2.5)	3.5
Organik madde, %	29.4	Organik madde, %	86
Tuz, µs/cm	1746	Yarayışlı P, ppm	44
Yarayışlı P, ppm	69.35	Yarayışlı K, ppm	900
Yarayışlı K, ppm	1600	Yarayışlı Ca, %	3.0
Yarayışlı Ca, %	1.23	Yarayışlı Mg, %	0.57
Yarayışlı Mg, %	0.15	Toplam Fe, ppm	8800
Yarayışlı Fe, ppm	6.3	Toplam Zn, ppm	23
Yarayışlı Zn, ppm	0.06	Toplam Mn, ppm	200
Yarayışlı Cu, ppm	22.3	Toplam Cu, ppm	29
Yarayışlı Mn, ppm	20.4		
Çözünebilir Pb, ppm	18.6		
Çözünebilir Ni, ppm	17.3		
Çözünebilir Cd, ppm	0.53		
Çözünebilir Co, ppm	0.05		

Çizelge 3-Deneme uygulamaları*Table 3-Treatments of experiment*

<i>Uygulamalar</i>		<i>Uygulama açıklaması</i>
Aritma çamuru (AÇ), %	Humik asit (HA), ppm	
	0	% 100 Toprak
0	1000	% 100 Toprak +1000 ppm humik asit
	1500	% 100 Toprak +1500 ppm humik asit
	2000	% 100 Toprak +2000 ppm humik asit
	0	% 90 Toprak + % 10 arıtma çamuru - % 10 AÇ
10	1000	% 90 Toprak + % 10 arıtma çamuru +1000 ppm humik asit
	1500	% 90 Toprak+ % 10 arıtma çamuru +1500 ppm humik asit
	2000	% 90 Toprak + % 10 arıtma çamuru +2000 ppm humik asit
	0	% 80 Toprak + % 20 arıtma çamuru - % 20 AÇ
20	1000	% 80 Toprak + % 20 arıtma çamuru +1000 ppm humik asit
	1500	% 80 Toprak + % 20 arıtma çamuru +1500 ppm humik asit
	2000	% 80 Toprak + % 20 arıtma çamuru +2000 ppm humik asit
	0	% 70 Toprak + % 30 arıtma çamuru - % 30 AÇ
30	1000	% 70 Toprak + % 30 arıtma çamuru +1000 ppm humik asit
	1500	%70 Toprak + % 30 arıtma çamuru +1500 ppm humik asit
	2000	%70 Toprak + % 30 arıtma çamuru +2000 ppm humik asit

Çizelge 4-Aritma çamuru ve humik asit uygulamalarının toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde içeriklerine etkisi

Table 4-Influence of sewage sludge and humic acid applications on soil pH, salt, lime and organic matter contents

Uygulamalar	pH	Tuz, $\mu S cm^{-1}$	Kireç, %	Organik madde, %
AÇ, %				
0	8.76 a	124 d	16.17	0.68 d
10	8.29 b	347 c	15.25	3.63 c
20	7.91 c	878 b	15.16	5.67 b
30	7.72 d	1336 a	14.37	7.71 a
HA, ppm				
0	8.13	666	15.65	3.96 c
1000	8.17	712	15.58	3.98 c
1500	8.22	660	14.71	4.48 b
2000	8.16	646	15.01	5.28 a
StDev	0.14	98.7		0.24
P değerleri				
AÇ	<0.0001	<0.0001	0.1095	<0.0001
HA	0.4725	0.4128	0.4783	<0.0001
AÇ×HA	0.9414	0.3343	0.8874	<0.0001

AÇ: Arıtma Çamuru, HA: Humik Asit

StDev: Pooled standard deviation

^{a-d}: Aynı faktöre ait aynı kolonda farklı harfe sahip ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)

organik madde içeriklerinde artışın görülmesi, arıtma çamurunun tuz ve organik madde içeriklerinin oransal olarak fazlalığı ile ilintili olabilir. AÇ uygulaması ile toprağın pH'sında düşüş, tuz ve organik madde kapsamındaki artış farklı çalışmalarda da belirtilmiştir (Pinamonti et al 1997; Lopez-Mosquera et al 2000; Aşık & Katkat 2004; Mantovi et al 2005).

AÇ uygulamaları toprağın alınabilir P, Ca, Fe, Zn ve Cu ($P < 0.01$), Mg ($P < 0.01$) ve Mn ($P < 0.05$) içeriğine önemli düzeyde etkilerken, K içeriğine etkisi ise önemli bulunmamıştır. HA uygulamaları topraktaki alınabilir P ve Mg ($P < 0.05$), Ca ($P < 0.01$) içeriğine önemli düzeyde etkilerken, K, Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerine önemli bir etki yaratmamıştır. Uygulamaların toprağın alınabilir P içeriğine interaksyon etkisi önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 5).

Toprağa artan oranlarda uygulanan AÇ dozlarına bağlı olarak, toprakta bitkilerce alınabilir P, Ca, Mg, Zn ve Cu içeriklerinde doğrusal artışlar saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda toprağa AÇ uygulamaları ile alınabilir P içeriğinin (Gaynor & Halstead 1976;

Mantovi et al 2005); P ile birlikte Ca, Mg, Fe, Mn ve Zn içeriklerinin arttığı (Lopez-Mosquera et al 2000) saptanmıştır. Diğer bir çalışmada ise sadece toprağın fosfor içeriğinin arttığı ancak, K, Ca ve Mg içeriklerinde önemli bir artışın olmadığını belirtmiştir (Pinamonti et al 1997). Bu durum kullanılan arıtma çamurunun kimyasal özellikleri ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Denemede, artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun, alınabilir Fe ve Mn içeriğinde artış oluşturmaya karşılık, toprağın Fe içeriklerinde %30'luk, Mn içeriklerinde ise %20'lik AÇ uygulamalarında düşme eğilimi görülmüştür (Çizelge 5). Farklı çalışmalarda arıtma çamuru ilavesi ile toprakların ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerinin arttığını bildirilmiştir (Pedrano et al 1996; Pinamonti et al 1997; Yakupoğlu & Özdemir 2007).

Artan dozlardaki HA uygulamalarında ise toprağın alınabilir P içeriğinde doğrusal bir artış olurken, K, Ca ve Mg içeriklerinde kontrole göre tüm uygulamalarda artışlar olmasına rağmen, 2000 ppm'lik HA dozunda azalmalar saptanmıştır (Çizelge 5). Toprağa HA uygulanması ile toprağın

Çizelge 5-Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının toprağın P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu (ppm) içeriklerine etkisi*Table 5-Influence of sewage sludge and humic acid applications on soil P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu (ppm) contents*

Uyg.	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
<i>ppm</i>								
AC, %								
0	12.46 d	1464.9	8027.7 c	1300.1 b	16.89 c	28.68 b	1.29 c	2.10 b
10	29.55 c	1514.3	8647.3 bc	1321.1 b	60.92 b	109.75 a	22.05 b	3.47 b
20	36.47 b	1458.9	9460.9 b	1333.3 b	93.08 a	98.75 a	27.70 a	6.35 a
30	43.38 a	1492.2	10749.4 a	1421.8 a	89.12 ab	70.65 ab	29.08 a	7.42 a
HA, ppm								
0	27.84 b	1460.2	8584.1 b	1317.8 b	56.45	80.85	19.73	4.65
1000	30.05 ab	1484.1	8659.4 b	1398.7 a	56.31	66.29	19.76	5.33
1500	30.75 ab	1516.0	10528.9 a	1362.6 ab	70.06	88.02	20.55	5.24
2000	33.22 a	1469.9	9112.9 b	1297.1 b	77.19	72.67	20.07	4.12
StDev	4.41	97.97	1231.3	75.57	36.66	59.14	1.67	3.13
P değerleri								
AC	<0.0001	0.4932	0.0001	0.0024	<0.0001	0.0103	<0.0001	<0.0001
HA	0.0446	0.5369	0.0017	0.0115	0.4236	0.8190	0.6055	0.2549
AC×HA	0.0409	0.7728	0.1488	0.1509	0.9612	0.8768	0.8785	0.3534

AC: Arıtma Çamuru, HA: Humik Asit

StDev: Pooled standard deviation

^{a-d}: Aynı faktöre ait aynı kolonda farklı harfe sahip ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)

alınabilir P miktarının arttığı birçok araştırıcı tarafından bildirilmiştir (Bermudes et al 1993; Beneddetti et al 1996; Erdal et al 2000). AC ve HA uygulamalarının toprakta çözünebilir Cd, Ni, Pb ve Co içerikleri üzerine etkisine ait ortalamalar ve istatistik analiz sonuçları Çizelge 6'de verilmiştir. AC uygulamaları toprakta çözünebilir Cd, Ni ve Pb ($P < 0.01$) ve Co ($P < 0.01$) içeriğini etkilemiştir. AC uygulamalarının topraktaki ağır metallerden Cd ve Pb içeriklerinde arıtma çamuru artışlarına bağlı olarak paralel şekilde arttığı; Ni ve Co içerikleri ise %20'lik AC'ye kadar arttığı ve en yüksek doz olan %30'luk AC'de ise azalmanın olduğu görülmektedir (Çizelge 6). Benzeri şekilde ve birçok çalışmada, AC ilavesiyle toprakların ekstrakte edilebilir ağır metal içeriklerinde artışın olduğu saptanmıştır (Bragato et al 1997; Krebs et al 1998; Baveye et al 1999; Delgado Arroyo et al 2002).

Ülkemizde evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelikte arıtma çamuru uygulanan pH'sı 7 ve üzeri topraklarda; Pb'da 100 ppm, Cd'da 1.5 ppm,

Cu'da 100 ppm, Ni'de 70 ppm ve Zn'da 200 ppm'i aşamayacağı bildirilmiştir (TÇV 2010). Yönetmelikteki sınır değerlerine bakıldığında, çalışmada arıtma çamuru dozları ile toprakta ağır metaller için toksisite sınırlarına ulaşılmamıştır.

3.2. Uygulamaların mısırın verim ve verim öğelerine etkileri

AC ve HA uygulamalarının mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) kök, toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyuna etkileri Çizelge 7'de verilmiştir. AC uygulamaları ile denemede incelenen verim öğeleri bakımından mısır bitkisinin bütün özellikleri ($P < 0.01$); HA uygulamalarının mısır bitkisinin toprak üstü kuru ağırlık hariç, tüm özellikleri ve AC ve HA uygulamalarının mısırdaki kök yaş ağırlığı üzerine interaksiyon etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

AC'nin tüm dozları mısır bitkisi kök, toprak üstü yaş, kuru ağırlıkları ve bitki boylarını arttırırken, kontrole göre kök yaş ve kuru ağırlıklarda % 10'luk; bitki boyu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlıklarda ise %20'lik AC

Çizelge 6-Aritma çamuru ve humik asit uygulamalarının toprağın Cd, Ni, Pb ve Co (ppm) içeriklerine etkisi*Table 6-Influence of sewage sludge and humic acid applications on soil Cd, Ni, Pb and Co (ppm) contents*

Uygulamalar	Cd	Ni	Pb	Co
	<i>ppm</i>			
AC, %				
0	0.03 d	1.19 b	0.76 d	0.59 b
10	0.09 c	3.01 a	2.07 c	2.16 a
20	0.16 b	3.49 a	3.38 b	2.20 a
30	0.21 a	3.32 a	4.48 a	1.41 ab
HA, ppm				
0	0.13	2.77	2.45	1.64
1000	0.12	2.59	2.66	1.29
1500	0.12	2.96	2.96	1.86
2000	0.12	2.69	2.64	1.56
StDev	0.02	1.18	0.64	1.24
P değerleri				
AC	<0.0001	0.0001	<0.0001	0.0096
HA	0.3890	0.8870	0.3000	0.7253
AC×HA	0.5064	0.8431	0.7961	0.8962

AC: Aritma Çamuru, HA: Humik Asit

StDev: Pooled standard deviation

a-d: Aynı faktöre ait aynı kolonda farklı harfe sahip ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)**Çizelge 7-Aritma çamuru ve humik asit uygulamaların mısırın kök ve toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyuna etkileri***Table 7-Influence of sewage sludge and humic acid applications on plant height, weight of fresh and dry of root and shoot in corn plant*

Uygulamalar	Kök, g bitki ⁻¹		Toprak üstü aksam, g bitki ⁻¹		Bitki boyu, cm bitki ⁻¹
	Yaş ağırlık	Kuru ağırlık	Yaş ağırlık	Kuru ağırlık	
AC, %					
0	0.30 b	0.11 c	1.52 b	0.30 b	26.09 c
10	1.16 a	0.33 a	9.04 a	1.62 a	47.68 b
20	1.10 a	0.31 ab	10.55 a	1.96 a	56.59 a
30	0.97 a	0.23 b	9.03 a	1.61 a	47.52 b
HA, ppm					
0	0.78 ab	0.22 bc	7.40 ab	1.45 ab	47.82 a
1000	0.99 ab	0.28 ab	8.89 a	1.61 a	48.11 a
1500	1.06 a	0.31 a	7.83 ab	1.31 ab	42.17 ab
2000	0.70 b	0.19 c	6.02 b	1.11 b	39.78 b
StDev	0.33	0.10	2.39	0.46	7.15
P değerleri					
AC	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
HA	0.0368	0.0232	0.0474	0.0677	0.0157
AC×HA	0.0224	0.1021	0.0509	0.1173	0.1416

AC: Aritma Çamuru, HA: Humik Asit

StDev: Pooled standard deviation

a-c: Aynı faktöre ait aynı kolonda farklı harfe sahip ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)

uygulamalarından sonra azalan miktarlarda artışlara yol açmıştır. Yine, mısır bitkisinin kök ve toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyu değerleri en düşük kontrol parsellerinden; en yüksek kök yaş ve kuru ağırlıkları %10'luk, toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyu ise %20'lik AÇ'den elde edilmiştir. Belirli dozlardan sonra AÇ'nun bitki gelişmesini olumsuz etkilemesi, tarımda bu tür materyaller kullanılırken gerek çevresel gerekse sağlık gerekse yetiştiricilik açısından son derece dikkatli davranılmasının gerektiğini göstermektedir. Yapılan birçok çalışmalarda araştırmacılar değişik doz ve miktarlarda uygulanan artıma çamurunun, bitkilerde yaş ve kuru ağırlık değerlerini artırdığını ancak belirli dozlardan sonra olumsuz etkilerin de ortaya çıktığını göstermiştir (Çimrin et al 2000; Qasim et al 2001).

HA uygulamaları ile mısır bitkisinin kök yaş ve kuru ağırlık ortalamaları 1500 ppm'e, toprak üstü yaş kuru ağırlıkları ile bitki boyu ise 1000 ppm'e kadar doğrusal artarken ancak daha sonra azalma eğilimine girmiştir. Nitekim, HA uygulamaları ile en düşük ortalama değer kök, toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyu için 2000 ppm dozdan; en yüksek ortalama değer toprak altı yaş kök ve kuru ağırlıkları için 1500 ppm ve toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyu 1000 ppm'den alınmıştır (Çizelge 7). Benzer olarak yapılan birçok çalışmada, düşük dozdaki HA uygulamalarının bitki yaş ve kuru ağırlığı ile bitki boyunu artırıcı etki yaptığı bildirilmektedir (Senesi et al 1990; Wang 1995; Lobartini et al 1998; Erdal et al 2000; Ulukan 2008).

AÇ'nun mısır bitkisi kök P, K, Ca içerikleri ile toprak üstü aksamında K ve Mg içeriklerine ($P<0.01$), kök Mg içeriğine ($P<0.05$), toprak üstü aksamı P ve Ca içeriğine ($P<0.01$) önemli etkileri saptanmıştır. HA uygulamaları da sadece mısırın kök fosfor içeriğine ($P<0.05$), toprak üstü aksam P ve K içeriklerinde ($P<0.01$), Ca içeriğinde ($P<0.05$) ve Mg içeriğinde ($P<0.01$) önemli etkilerde bulunmuştur. Bunların yanında AÇ×HA interaksyonun mısır bitkisinin Mg içeriği üzerinde önemli etkisi saptanmıştır (Çizelge 8). AÇ uygulamalarının mısır bitkisi kök P içeriğine

etkisine bakıldığında artan AÇ dozlarına bağlı olarak arttığı en düşük değer kontrolde %0.24, en yüksek değer ise %0.39 ile %30'luk AÇ uygulamasında olduğu görülmektedir. Mısır bitkisi kök potasyum içeriklerine bakıldığında AÇ dozlarının artması potasyum içeriğinde artışa neden olduğu, %8.93 ile %20'lik AÇ uygulamasında en yüksek, %1.53 ile %10'luk AÇ uygulamasında en düşük olduğu görülmüştür. AÇ dozlarının artması ile kök kalsiyum içeriğinde değişimler olmuş, %0.96 ile %10'luk AÇ uygulamasında en düşük, %1.64 ile %30'luk AÇ uygulamasında en yüksek ortalama ile kalsiyum içerikleri saptanmıştır. Artan AÇ uygulamaları kontrole göre mısır kök magnezyum içeriğini azaltmıştır. Çizelge 8'den görüldüğü gibi AÇ uygulamalarıyla mısırın toprak üstü aksamı makro elementler içeriğinin hepsinde doğrusal artışlar belirlenirken, HA uygulamalarının artan dozuna bağlı olarak bitki makro element içeriklerinin tümünde azalmalar olduğu görülmüştür. Gravnaska (1994), AÇ ile yaptığı çalışmada bitkinin P ve K içeriğinin arttığını bildirirken, Ca içeriğinin ise uygulamalara bağlı olarak azaldığını, Mg içeriğinin ise kontrole göre fazla bir fark göstermediğini belirtmiştir. Bozkurt et al (2000a), yaptıkları çalışmada AÇ'nun artan dozlarına bağlı olarak arpa (*Hordeum vulgare*) bitkisinin P içeriğinin artmasına karşılık K, Ca ve Mg içeriğindeki değişimlerin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Bozkurt et al (2000b), AÇ ve HA uygulamasının mısır bitkisinin P, Ca ve Mg içeriğini artırmışken, K içeriğinde ise önemli bir değişim yaratmadığını bildirmişlerdir. HA uygulamalarının mısır bitkisi kök K, Ca ve Mg içeriklerine etkisinin önemli olmadığı, sadece kök P içeriğinde HA dozlarının artmasıyla azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 8).

AÇ uygulamalarının mısır bitkisi kök mikro besin elementlerinden Cu hariç, Fe, Mn ve Zn içeriğine etkisi önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Mısır kök mikro element içeriğine HA uygulamalarının etkisi önemsiz bulunurken, AÇ×HA interaksyonunun sadece Fe ve Cu içerikleri üzerine etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 9). Artan AÇ uygulamaları

Çizelge 8-Aritma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin kök ve toprak üstü aksam P, K, Ca ve Mg içeriklerine etkileri*Table 8-Influence of sewage sludge and humic acid applications on P, K, Ca and Mg (%) contents of root and shoot in corn plant*

Uygulamalar	Kök				Toprak üstü aksam			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
AÇ, %	%							
0	0.24 c	1.71 b	1.27 b	0.57 a	0.23 b	1.73 d	0.72 c	0.44 c
10	0.27 bc	1.53 b	0.96 c	0.46 c	0.28 a	2.13 c	0.79 bc	0.47 bc
20	0.32 b	8.93 a	1.15 bc	0.48 bc	0.29 a	2.58 b	0.88 ab	0.52 b
30	0.39 a	8.55 a	1.64 a	0.55 ab	0.31 a	3.39 a	0.95 a	0.65 a
HA, ppm								
0	0.36 a	1.37	1.29	0.57	0.34 a	2.83 a	0.94 a	0.59 a
1000	0.28 b	1.29	1.15	0.47	0.26 bc	2.31 b	0.79 b	0.48 b
1500	0.26 b	1.20	1.25	0.52	0.28 b	2.36 b	0.86 ab	0.51 b
2000	0.29 b	1.13	1.32	0.52	0.24 c	2.33 b	0.76 b	0.51 b
StDev	0.07	0.28	0.38	0.10	0.05	0.23	0.15	0.07
P değerleri								
AÇ	0.0002	<0.0001	0.0007	0.0242	0.0079	<0.0001	0.0056	<0.0001
HA	0.0119	0.1663	0.7363	0.0730	<0.0001	<0.0001	0.0403	0.0025
AÇ×HA	0.9599	0.1974	0.4881	0.0278	0.9959	0.7314	0.9599	0.9093

AÇ: Aritma Çamuru, HA: Humik Asit

StDev: Pooled standard deviation

^{a-d}: Aynı faktöre ait aynı kolonda farklı harfe sahip ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)**Çizelge 9-Aritma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin kök ve toprak üstü aksam Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerine etkileri***Table 9-Influence of sewage sludge and humic acid applications on Fe, Mn, Zn and Cu (ppm) contents of root and shoot in corn plant*

Uygulamalar	Kök				Kök üstü aksam			
	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu
AÇ, %	ppm							
0	2226.83a	87.66 a	45.42 c	16.63	70.58 c	45.58 c	21.25 c	4.22 c
10	1360.83b	65.75 b	95.92 b	14.17	87.17 c	65.33 b	32.75 c	5.15 c
20	1248.50b	42.92 c	124.00b	10.84	127.17 b	73.50 b	60.92 b	6.46 b
30	1061.16b	44.00 c	258.08a	15.55	168.33 a	98.75 a	90.08 a	7.93 a
HA, ppm								
0	1743.66	67.66	149.66	17.62	114.66	68.42	50.16	6.17
1000	1282.42	55.42	128.33	11.99	105.83	79.00	49.00	6.31
1500	1466.82	58.92	131.75	13.39	118.66	68.50	47.33	5.40
2000	1404.42	58.33	113.66	14.20	114.08	67.25	58.50	5.88
StDev	525.66	20.09	35.69	6.67	28.70	16.75	25.15	1.31
P değerleri								
AÇ	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.186	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
HA	0.1977	0.4879	0.1264	0.223	0.7382	0.2944	0.7062	0.3503
AÇ×HA	0.0162	0.2027	0.4885	0.048	0.6986	0.2641	0.9811	0.9378

AÇ: Aritma Çamuru, HA: Humik Asit

StDev: Pooled standard deviation

^{a-c}: Aynı faktöre ait aynı kolonda farklı harfe sahip ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)

ile kök Fe ve Mn içeriklerinde AÇ dozu arttıkça azalmalar gözlenirken kökteki çinko içeriğinde doğrusal bir artış bulunmuştur. Benzer olarak, Yürük & Bozkurt (2006) yaptıkları çalışmada, (0, 10, 20 ve %40)' lık AÇ uygulamalarının fasulye (*Phaseolus vulgaris*) ve nohut (*Cicer arietinum*) bitkilerinde doz artışı ile orantılı olarak bitkilerin köklerinde Mn, Zn ve Cu içeriklerinde artış olduğunu, Fe içeriklerinde ise düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

AÇ uygulamaları mısır bitkisi kök ağır metal içeriklerinden Ni hariç, Cd ve Co ($P<0.001$) ve Pb ($P<0.01$) üzerinde önemli etkiler yaratmıştır. HA uygulamalarının da mısır kök Cd ($P<0.05$), Ni, Pb ve Co ($P<0.01$) içeriğine etkisi önemli bulunmuştur. AÇ×HA interaksiyonunun, kök Ni ve Co içeriklerine ($P<0.05$) etkisi önemli bulunmuştur. (Çizelge 10). Artan dozlardaki AÇ uygulamalarının mısır kök ağır metal içeriğine etkisi, artan arıtma çamuru dozlarına paralel olarak azalmıştır. HA uygulamalarının artması ile Ni ve Co içeriğinde azalma, Cd ve Pb içeriğinde ise artma olduğu belirlenmiştir. Ortiz & Alcaniz

(2006) artan arıtma çamuru uygulamalarının Zn ve Cr kök içeriğine etkisinin önemli olduğunu, Pb, Ni, Cd ve Cu içeriğine etkisinin ise önemli olmadığını belirtmişler. Yürük & Bozkurt (2006), 0, 10, 20, %40 oranlarındaki AÇ uygulamalarının fasulye ve nohut bitkilerinde AÇ uygulamalarının doz artışı ile orantılı olarak bitkilerin köklerinde ağır metal birikiminin arttığını belirtmişlerdir.

Artan AÇ uygulamaları mısır bitkisi kök üstü aksamı Fe, Cu, Zn ve Cu içerikleri üzerinde önemli ($P<0.01$) etkiler yaratmış ve artan AÇ dozlarına bağlı olarak en yüksek değerler % 30 AÇ uygulamalarında görülmüştür (Çizelge 9). Benzer olarak, Pinamonti et al (1997), Bozkurt et al (2000a), Bozkurt et al (2000b) ve Çimrin et al (2001), artan dozlarda AÇ uygulamaları ile bitkinin mikro element miktarlarının arttığını bildirmişlerdir. AÇ uygulamaları (Çizelge 10), iz element içeriğine benzer olarak, kök üstü aksamı Co ($P<0.05$), Cd, Ni ve Pb ($P<0.01$) içerikleri üzerinde önemli etkiler yaratarak, artırıcı etkide ($P<0.05$) bulunmuştur. HA uygulamaları da Cd, Ni ve Pb ($P<0.01$) ve Co ($P<0.01$) içeriklerinde

Çizelge 10-Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin kök ve toprak üstü aksam Cd, Ni, Pb ve Co içeriklerine etkileri

Table 10-Influence of sewage sludge and humic acid applications on Cd, Ni, Pb and Co (ppm) contents of root and shoot in corn plant

Uygulamalar	Kök				Kök üstü aksam			
	Cd	Ni	Pb	Co	Cd	Ni	Pb	Co
AÇ, %	ppm							
0	0.70 a	8.33	5.19 a	3.36 a	0.09 b	1.48 b	1.11 c	0.64 c
10	0.29 b	7.21	4.51 ab	2.13 b	0.32 a	1.66 b	1.41 bc	0.74 bc
20	0.25 b	7.19	3.97 b	1.67 bc	0.13 b	1.90 b	1.76 b	0.84 ab
30	0.29 b	6.55	3.85 b	1.47 c	0.24 ab	2.99 a	2.39 a	0.94 a
HA, ppm								
0	0.32 ab	9.79 a	3.86 b	2.76 a	0.22 a	3.04 a	0.79 c	0.84 a
1000	0.22 b	7.25 b	3.87 b	2.29 ab	0.18 a	1.96 b	1.43 b	0.88 a
1500	0.47 a	6.75 b	4.80 a	1.87 b	0.20 a	1.36 b	1.99 a	0.55 b
2000	0.52 a	5.58 b	4.99 a	1.71 b	0.08 b	1.68 b	2.45 a	0.89 a
StDev	0.26	2.44	0.82	0.75		0.69	0.61	0.23
P değerleri								
AÇ	0.0005	0.3702	0.0014	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001	0.0167
HA	0.0308	0.0024	0.0017	0.0087	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0020
AÇ×HA	0.1094	0.0363	0.8637	0.0108	0.0013	0.0013	0.0822	0.7610

AÇ: Arıtma Çamuru, HA: Humik Asit

StDev: Pooled standard deviation

^{a-c}: Aynı faktöre ait aynı kolonda farklı harfe sahip ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P\leq 0.05$)

önemli etkide bulunmuştur. Kök üstü aksam Cd ve Ni içeriği üzerine AÇ×HA uygulamalarının interaksiyon etkisi önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Mısır bitkisi kök üstü aksamdaki ağır metallere Cd içerikleri kontrolde en düşük iken %10 AÇ uygulaması ile en yüksek değere çıkarken, artan arıtma çamuru uygulamalarıyla azalmış, ancak kontrol grubuna göre yine de yüksek kalmıştır. Kök üstü aksamdaki Ni, Pb ve Co içerikleri artan AÇ dozlarına bağlı olarak linear artmıştır. HA uygulamaları ise kök üstü aksam Pb içeriğini artan dozlara paralel olarak artırırken, Cd ve Ni içeriği üzerinde düşürücü etkide bulunmuştur. Konuyla ilgili çalışmalara bakıldığında, Bozkurt et al (2000a), AÇ ve HA ilavesi ile mısırın Co, Ni, Cr ve Cd içeriklerinde HA uygulanmamasına göre belirgin olmayan bir azalış saptamışlardır. Bununla birlikte, Bozkurt et al (2000b) AÇ uygulamasının arpa Co, Ni, Cr ve Cd içeriğinde önemli bir değişim yaratmadığını bildirmişlerdir.

4. Sonuçlar

Sonuç olarak, bitki kök üstü aksamı yaş ve kuru ağırlığına göre en uygun AÇ uygulama dozunun %20, HA için ise 1000 ppm'lik dozun olduğu görülmüştür. Toprağa uygulanan HA'nın daha üst dozları (1500 ve 2000 ppm) söz konusu verim öğelerinde azalmaya yol açmıştır. Belirli dozlardan sonra AÇ'nun bitki gelişmesini olumsuz yönde etkilemesi, tarımda kullanılırken dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir. Ağır metal toksisitesi nedeniyle arıtma çamuru kullanımı riskli olmakla beraber, bu çalışmada kullanılan Van şehri arıtma çamuru için elde edildiği döneme ait böyle bir toksisite sorununun söz konusu olmadığı görülmekle birlikte, AÇ'nun ağır metal içeriği yanında sürekli uygulanmaları durumunda, birikme etkisi nedeniyle toksik etki yaratabileceği gözden uzak tutulmamalıdır. Bu araştırmanın sonuçları, AÇ uygulamasına bağlı bitkilerde karşılaşılabilecek ağır metal toksisitesinin engellenmesi üzerine, yüksek katyon değişim kapasitesi ve kilyet yapıcı özelliğinden dolayı HA uygulamasının etkisinin bütünüyle olmasa dahi kısmi olduğunu göstermiştir.

Kaynaklar

- Aşık B B & Katkat A V (2004). Gıda sanayi arıtma tesisi atığının (arıtma çamuru) tarımsal alanlarda kullanım olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **18**(2): 59-71
- Aydeniz A (1985). Toprak Amenajmanı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 928, Ders Kitabı No: 263, Ankara
- Baveye P, McBride M B, Bouldin D, Hinesly T & Dahdoh M S A (1999). Mass balance and distribution of sludge-borne trace elements in a silt loam soil following long-term application of sewage sludge. *The Science of the Total Environment* **227**:13-28
- Benedetti A, Figliolia A, Izza C, Canali S & Rossi G (1996). Some thoughts on the physiological effects of humic acids: interactions with mineral fertilisers. *Agrochimica* **40**(5-6): 229-240
- Bermudes D, Juarez M, Sanches-Andreu J & Jordo J D (1993). The role of the EDDHA and humic acids on the solubility of soil phosphorus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **24**(7&8): 673-678
- Bozkurt M A & Çimrin K M (2003). The effects of sewage sludge applications on nutrients and heavy metal concentration in a calcareous soil. *Fresenius Environmental Bulletin* **12**(11): 1354-1360
- Bozkurt M A, Yılmaz İ & Çimrin K M (2000a). Kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılması. *Tarım Bilimleri Dergisi* **7**(1): 105-110
- Bozkurt M A, Erdal İ, Çimrin K M, Karaca S & Sağlam M (2000b). Kentsel arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin elementi içeriği ve ağır metal kapsamına etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* **6**(4): 35-43
- Bragato G, Leita L, Figliolia A & De Nobil M (1997). Effects of sewage sludge pre-treatment on microbial biomass and bioavailability of heavy metals. *Soil and Tillage Research* **49**:129-134
- Caseneva de Sanfilippo E, Argüello J A, Abdala G, & Orioli G A (1990). Content of auxin, inhibitor and gibberellin-like substances in humic acids. *Biologia Plantarum* **32**: 346-351
- Chen Y & Aviad T (1990). Effect of Humic Substances on Plant Growth. In Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, pp. 161-189
- Cohen D, Webber B & Bryant M D (1979). Land

- Application of Chemical Sewage Sludge-Lysimeter Studies. In: Alexandre D, Ott H (Eds), *First European Symposium Treatment and Use of Sewage Sludge Proceedings* 13-15 February, Cadarache, 108-138
- Çimrin K M, Bozkurt M A & Erdal İ (2000). Kentsel arıtma çamurunun tarımda fosfor kaynağı olarak kullanılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi* **10**(1): 85-90
- Çimrin K M, Karaca S & Bozkurt M A (2001). Mısır bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine humik asit ve N P K uygulamalarının etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* **7**(2): 95-100
- Delgado Arroyo M M, Porcel Cots M Á, Míralles De Imperial Hornedo R, Beltrán Rodríguez E M, Beríngola Beríngola L & Martín Sánchez J V (2002). Sewage sludge compost fertilizer effect on maize yield and soil heavy metal concentration. Departamento de Medio Ambiente, INIA. Apdo.8111. 28080, 147-150
- Erdal İ, Bozkurt M A & Çimrin K M (2000). Kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) gelişimi ve fosfor alımı üzerine humik asit ve fosfor uygulamalarının etkisi. *Turkish Journal Agriculture and Forestry* **24**(6): 663-668
- Gaynor J D & Halstead R L (1976). Chemical and plant extractability of metals and plant growth on soils amended with sludge. *Canadian Journal of Soil Science* **56**: 1-8
- Grahnaska S M (1994). Determination of the effect of the sludge from waste water treatment station near Sofia-city fertilizer N. *Pousarov Institue of Soil Science and Agro-Ecology* 1080.
- Kacar B (1984). Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900, Uygulama Kılavuzu:214, Ankara.
- Krebs R, Gupta S K, Furrer G & Schulin R (1998). Solubility and plant uptake of metals with and without liming of sludge-amended soils. *Journal of Environmental Quality* **27**:18-23
- Lobartini J C, Orioli G A & Tan K H (1998). Characteristics of soil humic acid fractions separated by ultrafiltration. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **28**(9&10): 787-796
- Lopez-Mosquera M E, Moiron C & Carral E (2000). Use of dairy-industry sludge as fertilizer for grassland in northwest Spain: heavy metal levels in the soil and plants. *Resource Conservation and Recycling* **30**:95-109
- Mantovi P, Baldoni G & Toderi G (2005). Reuse of liquid, dewatered, and composted sewage sludge on agricultural land: effects of long-term application on soil and crop. *Water Research* **39**(2-3): 289-296
- Ortiz O & Alcaniz J M (2006). Bioaccumulation of heavy metals in *Dactylis glomerata* L. growing in a calcareous soil amended with sewage sludge. *Bioresource Technology* **97**: 545-552.
- Padem H & Öcal A (1999). Effect of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. *Acta Horticulturae* **487**:159-164
- Pagliai M & Guidi G (1980). Porosity and pore size distribution in a field test following sludge and compost application. in: *Proceedings of the Second European Symposium on Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge* 21-23 October,Vienna, 545-552
- Pedreno N J, Gomez J, Moral M R & Mataix L, 1996. Improving the agricultural value of semiarid soil by addition of sewage sludge and almond residue. *Agriculture, Ecosystem & Environment* **58**(2-3):1-6
- Pinamonti F, Stringari G & Zari G (1997). The use of compost: it's effects on heavy metal levels in soil and plants. *Resources, Conversation and Recycling* **21**: 129-141
- Pujola M, Sana J, Senesi N & Miano T M (1992). Effects of organic fertilizer on functional groups of humic acid in soil. humic substances in the global environment and implications on human health: *Proceedings of the 6th International Meeting of the International Humic Substances Society*, 695-700, 20-25 September.
- Qasim M N, Javed H & Subhan M (2001) Effect of sewage sludge on the growth of maize crop. *Online Journal of Biological Sciences* **1**(2): 52-54
- Senesi N, Loffredo E & Padonava G (1990). Effects of humic acid. herbicide interactions on the growth of *Pisum sativum* in nutrient solution. *Plant and Soil* **127**: 41-47
- TÇV (2010). Evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik: [http://www.cevre.org.tr/Tcm/Yonetmelikler/Evsel ve Kentsel Arıtma Camurlarının Toprakta Kullanilmasina Dair Yonetmelik.htm](http://www.cevre.org.tr/Tcm/Yonetmelikler/Evsel%20ve%20Kentsel%20Arıtma%20Çamurlarının%20Toprakta%20Kullanılmasına%20Dair%20Yonetmelik.htm)
- Ulukan H (2008). Tarla bitkileri tarımında humik asit uygulaması. *KSU Journal of Science and Engineering* **11**(2): 119-128
- Valdrighi M M, Pera A, Agnolucci M, Frassinetti S, Lunardi D & Vallini G (1996). Effects of composts derived humic acids on vegetable biomass production soil system: A Comparative Study.

- Agriculture, Ecosystems and Environment* **58**(2-3): 133-144
- Wang X J (1995). The effects of humic acid on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil Use and Management* **11**(2): 99-102
- Williams D E J., Vlamis A H & Corey J E (1980). Trace element accumulation movement and distribution in the soil profile from massive applications of sewage sludge. *Soil Science* **129**: 119-132
- Yakupoğlu T & Özdemir N (2007). Erozyona uğramış topraklara uygulanan arıtma çamuru ve çay endüstrisi atığının toprakların mikro element içeriklerine etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **22**(2): 207-213
- Yonebayashi K, Okazaki M, Pechayapisit J, Vijarnsom P, Zahari A B & Kyuma K (1994). Distribution of heavy metals among different bonding forms in tropical peat soils. *Soil Science and Plant Nutrition* **40**(3):425-434
- Yürük A & Bozkurt M A (2006). Heavy metal accumulation in different organs of plants grown under high sewage sludge doses. *Fresenius Environmental Bulletin* **15**(2): 107-112