

## Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atığının (Arıtma Çamuru) Tarımsal Alanlarda Kullanım Olanakları

Bariş Bülent AŞIK\*

A. Vahap KATKAT\*\*

### ÖZET

*Bu çalışmada; Penguen Gıda Sanayi A.Ş. Arıtma Tesisi Atıkları'ndan arıtma çamurunun kimi özellikleri ve tarımsal kullanım olanağı araştırılmıştır. Bu amaçla fabrikanın kampanya dönemi boyunca (21.6.2001-26.12.2001) arıtma tesisinden belli zamanlarda alınan arıtma çamuru örneklerinde pH, EC, kuru madde, organik madde, C:N oranı, kimi bitki besin elementi ve ağır metal içeriği belirlenmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında sera koşullarında yürütülen çalışmada arıtma çamuru (0-20-40-80-120-160 ton ha<sup>-1</sup>) düzeylerinde toprağa uygulanmış, mısır bitkisinin gelişim ve mineral element içeriği üzerine etkisi ile 30 gün inkübasyon süresi sonunda ekim öncesi ve hasat sonrasında toprak özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler belirlenmiştir.*

*Üretim periyodu boyunca alınan çamur örneklerinde yapılan analizler sonucu arıtma çamurunun bitki besin elementi içeriğinin yüksek olduğu ve belirlenen ağır metal içeriklerinin resmi gazetede yayımlanan "Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde belirtilen sınır değerleri aşmadığı belirlenmiştir. Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru; bitkinin mineral element içeriğini artırmış ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiştir. Arıtma çamuru ekim öncesi ve hasat sonrasında toprağın pH'sını düşürmüş, toprak tuzluluğu üzerine olumsuz etki yaparak EC'yi artırmıştır. Arıtma çamuru uygulaması ile birlikte toprağın başta organik*

---

\* Araş. Gör., U.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü.

\*\* Prof. Dr., U.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü.

madde içeriği olmak üzere,  $NH_4$ ,  $NO_3$ , alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg, Na ve alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve B içerikleri artmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Arıtma çamuru, toprak özellikleri, bitki besin elementi.

## ABSTRACT

### Possibilities of the Usage of Food Industry Treatment Waste (sludge) for Agricultural Area Purposes

*In this study, the facilities of agricultural usages of waste sludge that was provided from the Penguen Food Industry Foundation's wastewater treatment plants was researched. For this reason, some of the analysis such as pH, EC, dry matter, organic matter, C:N ratio, nutrient and heavy metal contents were done in the samples of waste sludge during the (21.6.2001-26.12.2001) production period. In addition to the research, in the consideration of the greenhouse work, sludge was added to the pots 0-20-40-80-120-160 tons  $ha^{-1}$  respectively before the planting. At the end of one month incubation period, the effects on changing the characteristics of soil before planting and after the harvesting of sludge and the growing and mineral matter content of corn plant was determined.*

*According to the results of analysis done in the sludge samples that was taken during the production period, the content of plant nutrient matter of sludge was high and its heavy metal contents were found below the critical levels according to the soil pollution control instructions which were published in official news. The sludge that was applied to the soil with increasing amounts, raised the mineral matter content of plant and affected the growing of plant positively. Sludge was decreased the pH of soil before planting and after harvest, increased EC by making the negative effects on soil salinity. With the application of sludge, organic matter content,  $NH_4$ ,  $NO_3$ , available P, changeable K, Ca, Mg, Na and available Fe, Cu, Mn, Zn and B contents were increased.*

**Key Words:** Treatment sludge, soil properties, plant nutrients.

## GİRİŞ

Günümüzde çevre bilincinin artmasıyla birlikte kurulması ve çalışması zorunlu hale gelen arıtma tesislerinde meydana gelen arıtma çamuru miktarı da artış göstermektedir. Arıtma çamuru; kendiliğinden çökelebilen katı maddeler ile biyolojik ve kimyasal işlemler sonucunda çökebilir ve yüzdürülebilir hale getirilen katı maddelerin atık sudan ayrılmasıyla meydana gelmektedir. Arıtma çamurları özellikleri endüstri çeşidine göre büyük

farklılıklar göstermektedir. Arıtma çamuru, meydana geldiği endüstriyel kuruluşun çeşidine göre içinde; organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, Fe, Cu, Al, Hg, Cd, As, Co, Pb, Cr, organik fosfor ve azot gibi maddeler içerebilmektedir (Taşatar 1997).

Son yıllarda araştırmacılar endüstriyel işletmelerden çıkan bu arıtma çamurlarının nitelikleri, değerlendirilebilme olanakları ve sorunları ile ilgili çalışmalara yönelmişlerdir. Arıtma tesisinde oluşan çamurlar, çeşitli kademelerde işlem gördükten sonra son uzaklaştırma yeri olarak toprağa verilebilir, çöplerle birlikte işlenebilir veya toprak ıslahında kullanılabilir. Atık suların niteliğinin ve atık suları arıtan tesislerin plan ve işletmelerinin çok farklı olması nedeniyle çamur özellikleri de çok değişkendir. Ayrıca çamura uygulanan işlemler de arıtma çamurunun niteliğini değiştirmektedir.

Arıtma çamurları gelişmiş ülkelerde çeşitli işlemlerden geçirilip (kompostlama) olumsuz etkileri en az düzeye indirilerek yada kontrollü kullanımları sağlanarak tarımda gübre olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca atık su çamurları ayrıntılı bir şekilde analiz edilip içeriği belirlenmektedir (Sommer 1977, Pedreno ve ark. 1996, Soumare ve ark. 2002). Ülkemizde yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalarda ise iyi özellikler taşıyan söz konusu atıkların kullanılabilirliği ile ilgili olarak önemli bulgular elde edilmiştir (Anaç 1993, Kütük ve ark. 2000, Özgüven ve Katkat 2001, Ünal ve Katkat 2003). Atık su arıtma tesislerinden ortaya çıkan arıtma çamurlarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi düşünüldüğünde, bu çamurların öncelikle bitki besin elementi içeriği, tuzluluk, pH ve ağır metal içeriği bakımından detaylı araştırmalarının yapılması gerekmektedir. Ayrıca toprağa uygulandığında, toprak yapısına ve bitki gelişimi üzerine etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Toprağın biyolojik aktivitesi, fiziksel ve kimyasal etkinlik sınırları dikkate alınmalı, bu sınırlar asla zorlanmamalı ve aşılmamalıdır.

Penguen Gıda Sanayi A.Ş. arıtma tesisi çamurunun gıda özelliği olan ve insanlar tarafından tüketilen bir endüstri atığı olması nedeniyle genelde olumsuz özelliklerinin olmadığı, organik madde ve bitki besin elementleri açısından tarımda kullanılabilen bir materyal olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada Penguen Gıda Sanayi arıtma tesisi atık çamurunun tarımsal bazı özellikleri göz önüne alınarak tarımda kullanılabilme olanağı belirlenmeye çalışılmıştır.

## **MATERYAL ve YÖNTEM**

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru örnekleri Bursa-İzmir karayolu 22. km'sinde bulunan Penguen Gıda Sanayi A.Ş. Arıtma Tesisi'nden

alınmıştır. Fabrikanın arıtma tesisi 4000 m<sup>2</sup> alan üzerine kurulmuştur. Tesi-  
sin atık su kapasitesi 5500 m<sup>3</sup> gün<sup>-1</sup>'dir. Tesisten ortalama 15 ton ay<sup>-1</sup> ham  
arıtma çamuru çıkmaktadır. Arıtma tesisinin tipi tek kademeli biyolojik  
arıtmadır.

Arıtma çamuru örnekleri arıtım işlemleri sonrasında en son taşıyıcıya boşaltma esnasında çamur çıktığı sürece günlük olarak alınmış haftalık karma örnek haline getirilmiştir. Analizlerde kullanılacak temsili bir kısım atık 2 mm'lik elekten elendikten sonra fırında 65<sup>0</sup>C'de kurularak analizlerde kullanılmıştır. Arıtma çamurunda pH ve EC değeri Gabriels ve Verdonck (1992), organik madde Anonim (1978), kuru madde, toplam N, P ve katyonlar (Na, K, Ca ve Mg) Kacar (1990), organik C, amonyum, nitrat ve alınabilir fosfor Kacar (1994), toplam mikroelementler (Fe, Cu, Mn ve Zn) ve ağır metaller (Cd, Co, Ni, Pb ve Cr) yaş yakma (HNO<sub>3</sub>+HClO<sub>4</sub>) sonucu elde edilen çözeltide Slawin (1968)'e göre belirlenmiştir.

Sera denemesinde kullanılacak toprak örneği U.Ü. Görükle Kampüsü içinde yer alan Nilüfer serisinden verimlilik esasına göre 0-30 cm derinlikten alınmıştır (Aksoy ve ark.2001). Deneme toprağının kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951)'e göre ve tekstür sınıfı Soil Survey Manual (1951)'e göre değerlendirilmiştir. Ayrıca EC Richards (1954), pH, organik madde, kireç, toplam azot, katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyon içeriği, alınabilir fosfor Kacar (1994), tarla kapasitesi Alpaslan ve ark. (1998), alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn Lindsay ve Norwell (1978), alınabilir bor Wolf (1971)'e göre belirlenmiştir.

Çalışmada yürütülen sera denemesinde; plastik saksılara kuru ağırlık esasına göre 3 kg toprak tartılmış ve arıtma çamuru ekimden 30 gün önce 0, 20, 40, 80, 120 ve 160 ton ha<sup>-1</sup> düzeylerinde karıştırılmış. Temel gübrelemeden sonra (100 mg kg<sup>-1</sup> N, 80 mg kg<sup>-1</sup> P ve 100 mg kg<sup>-1</sup> K) saksılara 6 adet mısır tohumu ekilmiş ve çıkış sonrası seyreltme yapılarak her saksıda 3'er adet bitki bırakılmıştır. İki ay gelişim periyodu sonunda bitkiler hasat edilmiş, kurutma dolabında 65<sup>0</sup>C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları tartılmıştır. Kurutulup öğütülen bitki örneklerinde toplam azot, fosfor, katyonlar ve mikroelementler Kacar (1972)'e göre belirlenmiştir.

Denemede, ekimden önce ve hasattan sonra saksılardan toprak örnekleri alınarak yukarıda belirtilen toprak analizleri yapılmıştır. Bu şekilde ekim öncesinde toprağa uygulanan arıtma çamurunun belli ölçüde mineralizasyonu sağlanmış ve bu süre içinde toprakta meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Çalışma sonucu elde edilen veriler istatistiksel olarak Tarist paket programı yardımı ile değerlendirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Bir üretim periyodu boyunca (21.6.2001-26.12.2001) belli zamanlarda alınan karma örneklerin kimi tarımsal özellikleri Çizelge 1’de ve ağır metal ve bitki besin elementleri içeriği ise Çizelge 2’de verilmiştir. Arıtma çamurunun topraktaki bitki besin elementlerinin yararışlılığı üzerine etkisinde önemli bir parametre olan pH açısından hafif asit özellikte olduğu, örnekleme zamanına bağlı olarak pH’nın 6.01-6.78 arasında değiştiği görülmektedir. Toprağa uygulanan arıtma çamurunun elektriksel iletkenliği; toprağın tuz içeriği ve toprağa uygulanabilecek çamur miktarı üzerine önemli etkiye sahiptir. İncelenen arıtma çamurunun EC değeri zamana bağlı olarak 2.72-6.69 mmhos  $cm^{-1}$  arasında değişmektedir. Zamana bağlı olarak EC değerindeki düşme tesisinin çalışma durumuna ve işlenen ürüne bağlı olabilir. Arıtma çamurunda % kuru maddenin 13.48-21.20, organik maddenin %54.89-79.72 ve C:N oranının ise 6.04-7.96 değerleri arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle toprağa uygulanan organik kökenli atıkların C:N oranları organik gübre değerinin bir göstergesi olarak ele alınmaktadır. Çalışmada, arıtma çamurunun N içeriği %4.86-5.91, P içeriği %0.81-1.15 arasında belirlenmiştir. Arıtma çamurunun toplam K, Ca, Mg ve Na içeriği incelendiğinde; potasyum %0.44-0.75, kalsiyum %1.76-3.79, magnezyum %0.38-0.60 ve sodyum %0.19-0.34 değerleri arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Arıtma çamurunun toplam demir miktarı bir üretim periyodu boyunca alınan örneklerde %0.40-1.46, bakır miktarı 70-109  $mg\ kg^{-1}$ , mangan 112-610  $mg\ kg^{-1}$  ve çinko miktarı ise 505-757  $mg\ kg^{-1}$ , kadmiyum 0.61-1.19  $mg\ kg^{-1}$ , krom 54-113  $mg\ kg^{-1}$ , kurşun 9.25-20.75  $mg\ kg^{-1}$ , nikel 79-164  $mg\ kg^{-1}$ , kobalt 3.50-10.25  $mg\ kg^{-1}$  arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Araştırmada incelenen arıtma çamurunun kompost olarak toprakta kullanılması düşünüldüğünde; EC dışında pH, organik madde, C:N oranı ve bitki besin elementi açısından kullanılabilceği düşünülebilir. İncelenen arıtma çamurunun tarımsal kullanım açısından toprağa uygulanması düşünüldüğünde, 10.12.2001 tarihli resmi gazetede yayımlanan “Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nde bildirilen toprakta kullanılabilcek arıtma çamurlarında izin verilen maksimum ağır metal sınır değerler ile karşılaştırıldığında analizi yapılan bakır, çinko, kadmiyum, krom, kurşun, nikel ve kobalt içeriği bakımından sınır değerleri aşmadığı belirlenmiştir.

Arıtma çamuru, incelenen özellikler açısından; arıtma çamurlarının kimyasal bileşimi ve gübre olarak değerlendirilme potansiyellerini inceleyen Sommer (1977) tarafından bildirilen aerobik arıtma çamurları için verilen sınır değerler ile uygunluk göstermektedir. Ayrıca araştırmacı, arıtma çamurlarının içerdikleri organik madde, azot, fosfor, potasyum ve diğer besin elementleri nedeniyle tarımsal olarak toprağa uygulanma imkanına sahip olduğunu belirtmiştir.

**Çizelge I.**  
**Penguen Gıda Sanayi Arıtma Tesisinden değişik zamanlarda alınan**  
**karma atık çamurun kimi özellikleri**

Örnekleme dönemi (2001)	pH	EC, mmhos cm <sup>-1</sup>	Kuru mad. %	O.M.* %	Org C* %	C:N
21.06.01	6.33	5.46	19.71	64.62	37.48	6.46
29.06.01	6.17	6.69	19.20	63.81	37.01	6.79
17.07.01	6.78	3.68	18.88	65.90	38.23	6.81
24.07.01	6.69	3.80	18.81	66.67	38.67	7.96
06.08.01	6.70	3.53	21.20	60.61	35.16	7.19
13.08.01	6.36	4.39	16.16	65.30	37.88	7.71
21.08.01	6.10	3.66	15.09	54.89	31.84	6.04
27.08.01	6.64	3.49	15.19	65.19	37.81	7.24
04.09.01	6.41	2.96	15.81	75.94	44.05	7.85
11.09.01	6.04	3.37	15.76	75.00	43.50	7.84
18.09.01	6.01	3.42	14.88	74.89	43.44	7.87
28.11.01	6.44	2.93	15.14	76.35	44.29	7.53
22.12.01	6.50	2.92	15.42	77.01	44.67	7.70
26.12.01	6.52	2.72	13.48	79.72	46.24	7.82

\* Kuru madde esasına göre belirlenmiştir.

**Çizelge II.**  
**Penguen Gıda Sanayi Arıtma Tesisinin atık çamurunun bitki besin ele-**  
**mentleri ve ağır metal içeriği**

Örnekleme dönemi	%							mg kg <sup>-1</sup>							
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	Cd	Cr	Pb	Ni	Co
21.06.01	5.80	1.12	0.54	2.77	0.61	0.20	1.39	101	526	685	0.76	101	16	149	10.3
29.06.01	5.45	1.01	0.54	2.88	0.60	0.21	1.46	100	610	685	0.70	94	9	164	8.5
17.07.01	5.61	0.98	0.51	2.67	0.55	0.23	1.37	97	454	697	0.63	78	14	143	5.5
24.07.01	4.86	0.90	0.54	2.25	0.55	0.25	1.30	101	436	709	0.67	113	15	138	8.5
06.08.01	4.89	0.84	0.53	1.99	0.49	0.33	1.04	106	382	709	0.62	105	16	129	6.5
13.08.01	4.91	0.81	0.57	2.28	0.44	0.29	1.19	105	418	745	0.62	104	11	126	4.5
21.08.01	5.27	0.92	0.51	2.17	0.50	0.27	1.08	109	412	757	0.61	85	15	139	5.3
27.08.01	5.22	0.88	0.49	3.60	0.46	0.21	1.11	105	364	739	1.05	108	13	123	4.5
04.09.01	5.61	1.05	0.75	1.76	0.45	0.22	0.42	73	115	505	0.93	56	10	99	3.5
11.09.01	5.55	1.07	0.74	1.80	0.46	0.19	0.40	77	127	547	0.97	71	12	95	6.0
18.09.01	5.52	1.15	0.72	1.55	0.41	0.20	0.88	73	129	517	1.19	69	13	104	5.3
28.11.01	5.88	1.03	0.44	2.77	0.39	0.30	0.42	72	112	559	0.64	64	21	96	3.5
22.12.01	5.80	1.01	0.53	3.58	0.38	0.33	0.44	79	176	565	0.71	54	17	79	3.8
26.12.01	5.91	0.93	0.52	3.79	0.38	0.34	0.42	70	177	559	0.71	74	20	85	4.8
Sommer 1977**	0.5-7.6	1.1-5.5	0.08-1.10	0.6-13.5	0.03-1.10	0.03-3.07	0.1-4.0	85-2900	55-1120	108-14900	5-2170	10-13600	13-15000	2-1700	
Anonim 2001*								1750		4000	40	1200	1200	400	

\*\* Sommer, L.E. Chemical Composition of Sewage Sludges and Analysis of Their Potential as Fertilizers. J. Environ. Quality, 6: 225-239, 1977.

\* Anonim. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 24609. 2001.

Soumare ve ark. (2002), bu tür organik atıkların değerlendirilmesi düşünüldüğünde tarımsal değerinin (makro ve mikro element içeriği) ve ağır metal içeriğinin göz önünde bulundurulması gereken parametreler olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar tarafından organik atıkların orijinine göre besin elementi içeriğinin de değişiklik gösterdiği bildirmiştir.

Çalışma kapsamında yürütülen sera denemesinde kullanılan arıtma çamuru ve toprak örneğinde yapılan analizler ve sonuçları Çizelge 3’de, artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin besin elementleri içeriği üzerine etkisi ile dozlara bağlı olarak meydana getirdiği farklılıklar LSD testi ile gruplandırılarak sonuçları Çizelge 4 ve Çizelge 5’de verilmiştir. Arıtma çamuru denemede kullanılan mısır bitkisinin gelişimini önemli düzeyde artırmıştır. Arıtma çamurunun 160 ton ha<sup>-1</sup> uygulama dozuna rağmen bitki gelişiminde herhangi bir olumsuzluğa rastlanmamıştır. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun bitki gelişimi ve besin elementi içeriğinde meydana getirdiği artışın, kullanılan arıtma çamurunun kimyasal özelliklerinden ve toprakta meydana getirmiş olduğu değişimlerden kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir. Pedreno ve ark. (1996), Navas ve ark. (1998), Ramachandran ve D’Souza (1998), Johanson ve ark. (1999), Kütük ve ark. (2000), Tolay ve ark. (2000), Vieira (2001), Lopez-Mosquera ve ark. (2002) ve Ünal ve Katkat (2003) çeşitli kaynaklardan oluşan arıtma çamurları ve atık materyallerin bitki gelişimi üzerine olumlu etkiye sahip olduklarını belirtmişlerdir.

**Çizelge III.**  
**Sera denemesinde kullanılan toprak ve arıtma çamurunun kimi özellikleri**

Toprak analizleri		Arıtma çamuru analizleri	
Özellik	Miktar	Özellik	Miktar
Tekstür sınıfı	Killi Tın, CL	pH	6.64
Kil, %	31.51	EC, mmhos cm <sup>-1</sup>	3.49
Silt, %	35.85	Organik madde, %	65.19
Kum, %	32.64	Organik karbon (C), %	37.81
pH	8.14	C:N oranı	7.24
EC, mmhos cm <sup>-1</sup>	0.272	Kuru madde, %	15.19
Organik madde, %	1.80	Toplam N, %	5.22
Tarla kapasitesi, %	21.24	Amonyum (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), mg kg <sup>-1</sup>	308
Toplam N, %	0.178	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), mg kg <sup>-1</sup>	609
Alınabilir P, mg kg <sup>-1</sup>	11.17	Alınabilir P, mg kg <sup>-1</sup>	261
K.D.K, meq 100 g <sup>-1</sup>	24.98	Toplam P, %	0.88
Değişebilir Na, me 100 g <sup>-1</sup>	0.49	Toplam Na, %	0.205
Değişebilir K, me 100 g <sup>-1</sup>	0.34	Toplam K, %	0.487
Değişebilir Ca, me 100 g <sup>-1</sup>	20.88	Toplam Ca, %	3.60
Değişebilir Mg, me 100 g <sup>-1</sup>	3.27	Toplam Mg, %	0.458
Alınabilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	15.84	Toplam Fe, mg kg <sup>-1</sup>	11 100
Alınabilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	3.73	Toplam Cu, mg kg <sup>-1</sup>	105
Alınabilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	5.50	Toplam Mn, mg kg <sup>-1</sup>	364
Alınabilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	3.53	Toplam Zn, mg kg <sup>-1</sup>	739
Alınabilir B, mg kg <sup>-1</sup>	0.46		

**Çizelge IV.**  
**Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi**

Uyg. t ha <sup>-1</sup>	Bitki gelişimi g s <sup>-1</sup>	
	Yaş ağı.	Kuru ağı.
Kontrol	59.86	5.83 b**
20	61.98	5.96 b
40	108.06	9.76 a
80	111.18	9.92 a
120	111.91	10.21 a
160	118.63	10.77 a

\*\* Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p<0.01 düzeyinde önemlidir

**Çizelge V.**  
**Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin besin elementi içeriği üzerine etkisi**

Uyg. t ha <sup>-1</sup>	Bitki besin elementi, mg kg <sup>-1</sup>									
	N, %	P	K, %	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
Kont	2.14c**	1863 c**	3.19 c*	6153 d**	4297 c*	167 c**	58 b*	5.5 c**	42 b**	24 c**
20	2.21 c	1898 c	3.36 bc	6460 cd	4229 c	183 bc	58 b	5.5 c	37 b	23 c
40	2.76 b	2619 b	4.23 ab	7507 bc	4943 ab	203 bc	62 ab	7.5 cb	47 ab	33 c
80	2.93 b	2885 b	4.30 a	7777 ab	4637 bc	263 ab	64 ab	7.5 abc	47 ab	37 bc
120	3.39 a	3677 a	4.03 a	8723 a	5266 a	337 a	66 a	9.5 a	56 a	51 ab
160	3.53 a	3796 a	4.40 a	8830 a	4909 ab	350 a	68 a	8.5 ab	54 a	65 a

\* Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p<0.05 düzeyinde önemlidir

\*\* Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p<0.01 düzeyinde önemlidir

Çalışma kapsamında artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprak özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla inkübasyon süresi sonunda, ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın kimi özellikleri üzerine etkileri de belirlenmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın pH, EC, organik madde (Çizelge 6), amonyum, nitrat, alınabilir fosfor (Çizelge 7), değişebilir katyonlar (Çizelge 8) ve alınabilir mikroelement (Çizelge 9) içeriği üzerine etkileri ile dozlara bağlı olarak meydana getirdiği farklılıklar LSD testi ile gruplandırılmıştır.

Arıtma çamurunun dozlarına bağlı olarak toprağın pH'sının düştüğü görülmektedir. Toprak pH'sındaki düşüş arıtma çamurunun mineralizasyonuna bağlı olarak ortaya çıkan organik asitlerle ilgili olabilir (Kütük ve ark. 2000). Toprak tuzluluğunun bir göstergesi olarak EC değeri



kontrol uygulamasında 256.5  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$  iken 160 ton  $\text{ha}^{-1}$  uygulamasında 685.5  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Toprak EC'sindeki artış ise arıtma çamurunun nisbeten yüksek EC'si ile ilgilidir. Arıtma çamuru yüksek organik madde içeriğinden dolayı toprağın organik madde içeriğini kontrol uygulamasına göre artan dozlara bağlı olarak yükseltmiştir. Sommer (1977), arıtma çamurlarının yüksek organik madde içeriklerinden dolayı özellikle toprakların başlıca sorunlarından olan organik madde azlığının çözümü yönünde kullanılabileceğini bildirmiştir.

#### Çizelge VI.

**Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın pH, EC, organik madde içeriği üzerine etkisi**

Uyg t ha <sup>-1</sup>	pH			EC, $\mu\text{mhos cm}^{-1}$			O.M., %		
	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.
Kont	8.28Aa**	8.08Ab	8.18A	273Da	240Db	256.5D**	1.76Da	1.71Ba	1.735D**
20	8.31Aa	8.03ABb	8.17A	285Da	317Db	300.7D	1.86CDa	1.79ABa	1.827CD
40	8.14Ba	8.00ABb	8.07B	357CDa	298Db	327.5D	1.98BCa	1.85ABa	1.915CB
80	8.06Ca	7.82Cb	7.94C	429BCa	443Cb	436.3C	2.08Ba	1.92Aa	2.000B
120	8.04Ca	7.78Cb	7.91C	507Aba	568Bb	537.5B	2.76Aa	1.92Ab	2.340A
160	7.92Da	7.64Db	7.78D	607A a	765Ab	685.8A	2.60Aa	1.99Ab	2.298A
Ort	8.12A**	7.89B		409.6B	438.5A**		2.175A**	1.863B	

E.Ö. Ekim öncesi, H.S. Hasat sonrası

\* Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar  $p < 0.05$  düzeyinde önemlidir

\*\* Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar  $p < 0.01$  düzeyinde önemlidir

- Büyük harfler düşey karşılaştırma

- Küçük harfler yatay karşılaştırma

#### Çizelge VII.

**Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir fosfor, amonyum ve nitrat içeriği üzerine etkisi**

Uyg t ha <sup>-1</sup>	Alınabilir P, $\text{mg kg}^{-1}$			$\text{NH}_4$ , $\text{mg kg}^{-1}$			$\text{NO}_3$ , $\text{mg kg}^{-1}$		
	E. Ö	H. S.	Ort.	E.Ö.	H.S.	Ort.	E.Ö.	H.S.	Ort.
Kont	9	18	14 D**	28 Aa	30 Ca	29 B**	11 Ca	17 Da	14 E**
20	12	20	16 D	38 BCa	33 CBa	36 B	12 Ca	61 CDa	36.5 DE
40	17	22	19.5 C	52 ABa	37 ABCb	44 A	50 BCa	86 Ca	68 CD
80	19	26	22.5 C	56 Aa	41 ABb	49 A	50 BCa	147 Bb	98.5 BC
120	26	33	29.5 B	47 ABCa	39 ABCa	43 A	89 ABa	166 Bb	127.5 B
160	30	37	33.5 A	43 BCa	46 Aa	45 A	138 Aa	299 Ab	218.5 A
Ort	18.8B	26.0 A**		44.0 A**	37.6 B		58.3 B	129.3 A**	

Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Na, K, Ca, Mg ve alınabilir P içeriğini kontrol uygulamasına göre önemli düzeyde artırmıştır. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrole göre toprağın yarayışlı Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriği de artan arıtma çamuru dozlarına bağlı olarak önemli düzeylerde artmıştır. Arıtma çamuru uygulamalarına bağlı olarak meydana gelen bu artışlar arıtma çamurunun bitki besin elementi içeriği ile birlikte, mineralizasyona ve topraktaki pH değişimine bağlı olarak açıklanabilir.

**Çizelge VIII.**

**Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın değişebilir katyonlar içeriği üzerine etkisi**

Uyg t ha <sup>-1</sup>	Na, meq 100g <sup>-1</sup>			K, meq 100g <sup>-1</sup>			Ca, meq 100g <sup>-1</sup>			Mg, meq 100g <sup>-1</sup>		
	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.
Kontrol	0.63Da*	0.55Cb	0.59D	0.41Ca	0.33Aa	0.39C	21.57	22.09	22.50B	3.31	3.41	3.36
20	0.67Da	0.55Cb	0.61D	0.44Ca	0.36Ab	0.40BC	23.32	24.97	24.15A	3.62	3.40	3.50
40	0.68Da	0.53Cb	0.60D	0.51Ba	0.33Ab	0.42AB	23.07	24.28	23.67A	3.40	3.25	3.32
80	0.79Ca	0.61Bb	0.70C	0.51Ba	0.34Ab	0.43AB	23.28	24.54	23.91A	3.44	3.48	3.46
120	0.85Ba	0.66ABb	0.76B	0.53ABa	0.33Ab	0.43AB	23.24	25.40	24.32A	3.44	3.45	3.45
160	0.92Aa	0.71Ab	0.81A	0.57Aa	0.34Ab	0.45A	23.82	24.47	24.15A	3.41	3.48	3.44
Ort.	0.754A	0.601B		0.492A	0.344B		23.05B	24.51A		3.433	3.412	

**Çizelge IX.**

**Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun ekim öncesi ve hasat sonrası toprağın alınabilir mikroelement içeriği üzerine etkisi**

Uyg t ha <sup>-1</sup>	Fe, mg kg <sup>-1</sup>			Cu, mg kg <sup>-1</sup>			Mn, mg kg <sup>-1</sup>			Zn, mg kg <sup>-1</sup>			B, mg kg <sup>-1</sup>		
	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.	E. Ö	H. S.	Ort.
Kontrol	19.0	17.3	18.2 E**	3.0 Ca	3.0 Ba	3.0 D**	5.0	4.7	4.8 C**	2.8	2.7	2.7F**	0.4 E	0.5	0.5 E**
20	20.1	23.2	21.7 CD	3.2 Ca	3.4 Ab	3.3 BC	5.5	4.8	5.2 BC	3.7	3.4	3.5E	0.5 DE	0.5	0.5 DE
40	18.9	21.7	20.3 DE	3.1 Ca	3.3 Ab	3.2 C	5.3	4.6	4.9 C	4.9	4.1	4.5D	0.6 D	0.5	0.5 D
80	22.3	26.2	24.3 BC	3.2 BCa	3.4 Aa	3.3 BC	5.3	5.0	5.2 BC	5.6	5.8	5.7C	0.6 C	0.6	0.6 C
120	26.1	27.0	26.6 AB	3.4 ABa	3.5 Aa	3.4 AB	6.0	5.3	5.6 AB	7.4	7.5	7.4B	0.7 B	0.7	0.7 B
160	28.8	26.8	27.8 A	3.5 Aa	3.4 Aa	3.5 A	6.4	5.2	5.8 A	8.7	8.4	8.6A	0.9 A	0.8	0.8 A
Ort	22.5	23.7		3.25 A*	3.32B		5.6 A**	4.9 B		5.5	5.3		0.62A*	0.60B	

Johanson ve ark. (1999), arıtma çamurunun toprakların alınabilir P, K, Ca, Mg içeriklerini artırdığını, arıtma çamurunun toprak için bitki besin elementi ve organik madde kaynağı olabileceğini belirtmişlerdir. Yine benzer sonuçlar Pedreno ve ark. (1996), Taşatar (1997), Navas ve ark. (1998), Moreno ve ark. (1999), Özgüven ve Katkat (2001) ve Lopez-Mosquera ve ark. (2002), Ünal ve Katkat (2003) tarafından da bildirilmiştir.

Aritma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımı için; çamurun uygulanma miktarı, çamurun özellikleri, uygulanan toprağın özellikleri, uygulanan topraktaki tuzluluk ve ağır metal içeriklerindeki değişimler, yetiştirilmesi düşünülen bitki çeşidi, yeraltı suyunda meydana gelmesi muhtemel kirlilik ihtimali gibi durumlar göz önüne tutulmalıdır.

Sonuç olarak ülkemizde ortaya çıkan bu tür organik kökenli iyi özellikler taşıyan atıkların başta organik gübreleme olmak üzere değişik amaçlar için kullanılabilmesi yönünde çalışmaların yapılması gerekmektedir. Toprak yapısının iyileştirilmesi, verimliliğin sağlanması amacıyla özellikle bu tür organik materyallerin bu alanda kullanılmasının önemli bir alternatif yaratabileceği akıldan çıkartılmamalı ve çevre açısından olumlu katkıların sağlanabileceği göz önünde tutulmalıdır. Çalışma sonucunda; toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerine etki açısından 4 ton da<sup>-1</sup> uygulamasının belirtilen konulara bağlı olarak en uygun doz olduğu söylenebilir. Ancak, arıtma tesisi atıklarının toprağa uygulanmasında; öncelikle toprağın pH, tuz içeriği ve ağır metal içeriğindeki değişimlerin sürekli toprak analizleri ile kontrol edilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anaç, D. 1993. İzmir Şehri Çöp Gübresi'nin Kimi Bitki Besin Elementi ve Ağır Metal İçerikleri. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Raporu, Proje No: 011, İzmir, 39 s.
- Aksoy, E., M.S. Dirim, Z. Tümsavaş ve G.Özsoy. 2001. Uludağ Üniversitesi Kampüs Alanı Topraklarının Oluşu, Önemli Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Sınıflandırılması. Uludağ Üniversitesi Araştırma Fonu Proje No: 98/32, Bursa, 117 s.
- Alpaslan M., A.Güneş ve A. İnal. 1998. Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1502, Ders Kitabı: 455, 437 s.
- Anonim. 1978. DIN 11542. Torf für Fartenbau und Landwirtschaft.
- Anonim. 2001. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 24609.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recablrination of the hidrometer for marking mechanical analysis of soil. Agronomy Journal, 43: 434-437.
- Gabriels, R. and O, Verdonck. 1992. Referans methods for analysis of compost. Composting and Compost Quality Assurance Criteria, p. 173-183.
- Johanson, M., B. Stenberg and L. Torstensson. 1999. Microbiological and chemical changes in two arable soils after long-term sludge amendments. Bio. Fertil. Soils, 30: 160-167.

- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 453, Uygulama Kılavuzu: 155, 646 s.
- Kacar, B. 1990. Gübre Analizleri. İGSAŞ İstanbul Gübre Sanayi A.Ş., Ankara Üniversitesi Basımevi, 249 s.
- Kacar, B. 1994. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, 705 s.
- Kütük, C., G. Çaycı, A. Baran ve O. Başkan. 2000. Bira Fabrikası Atıklarının Tarımsal Amaçlı Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi Kesin Raporu, 98-11-10-01, 35 s.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norwell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Soc. Am. J., pp: 421-428.
- Lopez-Mosquera, M.E., C. Moiron and S. Seoane. 2002. Change in chemical properties of an acid soil after application of dairy sludge. Invest. Agro. Prod. Prot. Veg. Vol. 17 (1): 78-86.
- Moreno, J.L., T. Hernandez and C. Garcia. 1999. Effects of a cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil. Biol. Fertil. Soils. 28: 230-237.
- Navas, A., F. Bermudez and J. Machin. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. Geoderma. 87: 123-135.
- Özgülven, N.Ç ve A.V. Katkat. 2001. Mis Süt Sanayi Arıtma Tesisi Atığının Tarımda Kullanılma Olanakları. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 15, s. 139-149.
- Pedreno, N.J., I. Gomez, R. Moral and J. Mataix. 1996. Improving the agricultural value of a semi-arid soil by addition of sewage sludge and almond residue, Agriculture Ecosystems and Environment, 58: 115-119.
- Ramachandran, V. and T.J. D'Souza. 1998. Plant Uptake of Cadmium, Zinc and Manganese in Soils Amended with Sewage Sludge and City Compost. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 61: 347-354.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. Agriculture Handbook. No:60, 160 p.
- Soil Survey Manual. 1951. U.S. Department of Agriculture Handbook. No: 18, Grout Print Office Washington D.C. 209 p.

- Sommer, L.E. 1977. Chemical Composition of Sewage Sludges and Analysis of Their Potential as Fertilizers. *J. Environ. Quality*, 6: 225-239.
- Soumare, M., A. Demeyer, F.M.G. Tack and M.G. Verloo. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology*, 81: 97-101.
- Slawin, W. 1968. Atomic absorption spektroskopy. Interscience Publishers NY-London-Sydney.
- Taşatar, B. 1997. Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, 81 s.
- Tolay, U., Y.Yavuzşevik, M. Tolay ve N. Söğüt. 2000. Atık Çamurların Bitki Üretiminde Kullanılması Üzerine Araştırmalar. TÜBİTAK Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 24 (6): 705-712.
- Ünal, M. ve A.V. Katkat. 2003. Bisküvi ve Şekerleme Sanayii Arıtma Çamurunun Toprak özelliklerine ve Mısır Bitkisinin Kimi Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (1): 107-118.
- Vieira, R.F. 2001. Sewage sludge effects on soybean growth and nitrogen fixation. *Biol. Fertil. Soils*. 34: 196-200.
- Wolf, B. 1971. The determination of Boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2 (5): 363-374.