

Bisküvi ve Şekerleme Sanayii Arıtma Çamurunun Toprak Özelliklerine ve Mısır Bitkisinin Kimi Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkileri

Mesude ÜNAL* A. Vahap KATKAT**

ÖZET

Bu araştırma, Kocaeli İli'nde bulunan bisküvi ve şekerleme üretimi yapan bir fabrikanın arıtma çamurunun toprak özellikleri ve bitki yetiştirilmesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Bu amaçla, Kavakçılık Araştırma Enstitüsü Fidanlığı Rotasyon Alanı'ndan alınan toprağa sera koşullarında artan düzeylerde (0, 20, 40, 80 ve 160 t/ha) fabrika arıtma çamuru uygulanarak 30, 60 ve 90 günlük sürelerle inkübasyona bırakılmıştır. Her inkübasyon süresi sonunda toprağın kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş, sonuçlar istatistiki olarak karşılaştırılmıştır. Arıtma çamurunun bitkiye olan etkisini belirlemek amacıyla tesadüf blokları desenine göre dört yinelemeli (0, 20, 40, 80 ve 160 t/ha) sera denemesi kurulmuş ve mısır bitkisinin besin elementi içeriği araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamuru dozları arttıkça toprakta pH değeri düşmüş, EC değeri artmıştır. Dozların artmasıyla birlikte toprakta organik madde ve besin elementi içeriklerinde artışlar belirlenmiştir. Yine mısır bitkisinin besin elementi içeriklerinde de artışlar saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Arıtma çamuru, inkübasyon, besin elementi.

* Yrd. Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi Arslanbey MYO.

** Prof. Dr., Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü.

ABSTRACT

The Effects of Biscuit and Candy Factory Sludge on Soil Properties and Some Mineral Content of Maize

This research was carried out to determine the effects of the sludge which produces from biscuit and candy factory in Kocaeli on plant production and its soil properties.

For this purpose, the increasing level of factory sludge (0, 20, 40, 80 and 160 t/ha) has been applied to the soil samples which are taken from the plant rotation field of Poplar Research Institute and this sludge was left to incubation period for 30, 60, and 90 days of time. The some physical and chemical properties of the soil have been determined and the results have been compared statistically at the end of every incubation period. The four times reiterated indomized blocks testing type has been established in the greenhouse to determine the effects of the sludge to the plants and also the mineral content of maize plant has been researched.

According to the results when the level of sludge concentrations increased, pH of the soil decreased and EC of the soil increased. The increase of organic matter and mineral element contents has been observed due to increasing of sludge concentrations. Therefore, similar observations have been observed in the element content of the maize.

Key Words: Sludge, incubation, plant nutrients.

GİRİŞ

Günümüzde endüstrileşme yaygınlaştıkça ve nüfus arttıkça ortaya çıkan atıkların miktarları da her geçen gün artış göstermektedir. Bununla birlikte geniş çapta tarıma dayalı ekonomiye sahip ülkemizde tarımsal ürünleri işleyen fabrikalarda her yıl önemli miktarlarda atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar fabrikaların kullanım sahalarında büyük alanlar işgal ederek çalışma düzenini bozmakta, depolama sorunları yaratmakta ve ciddi çevre sorunlarına yol açmaktadır (Kütük ve ark. 2000).

Vasconcelos ve Cabral (1993), kağıt hamuru fabrikası çamurunun organik gübre olarak kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Bu materyalin önemli uygulama düzeylerini belirlemek için *Lupinus luteus L.* (sarı acı bakla) ile 2 yıl boyunca deneme yürütmüşlerdir. İlk yıl uygulamalarında 50 ton/ha'dan daha fazla çamurun ürünü verimsizleştirdiğini saptamışlardır. Fakat ikinci yıl bu etkinin tamamen yok olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak; kağıt hamuru çamurunun tarımsal alanda kullanılması için kontrol edilip, denetlenmesi gerektiğini bu şekilde toprak kirliliği problemlerinin meydana gelmeyeceğini belirtmişlerdir.

O'Riordan ve ark. (1994), kentsel arıtma çamurunu meralara uygulayarak toprakta ve otlaklarda uzun dönemde ağır metallerin etkisini araştırmışlardır. Çamuru üç yıl süresince yüzeye 25, 50 ve 75 m³/ha/yıl uygulamışlardır. Sonuçta, otlaklarda yıllık ağır metal alınımının sırasıyla Cu için 0.04, Zn için 0.09 ve Pb için 0.02 mg/kg olduğunu bildirmişlerdir.

Baran ve ark. (1995), killi-tın bünyeli topraklar üzerine ilave edilen bira fabrikası atıklarının, topraklardaki kimi fiziksel ve kimyasal özellikler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bira fabrikası atığını 0, 10, 20, 40 ve 80 ton/ha olmak üzere topraklara ilave etmişlerdir. 30°C'nin altında kontrollü koşullarda 45 ve 90 gün boyunca inkübasyona bırakmışlardır. Atık çamur miktarı arttıkça, topraklardaki pH, NH₄⁺ ve EC değerinin arttığını belirtmişlerdir.

Mohammad ve Battikhi (1997), arıtma çamurunun kimi toprak özellikleri ve arpa bitkisi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Denemeyi tarla koşullarında, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 yinelemeli kurmuşlardır. Çamuru 0, 20, 40 ve 60 t/ha olarak uygulamışlardır. Toprağın 8, 15 ve 25 cm derinliklerinden örnekler alıp, analizler yapmışlardır. Sonuç olarak, çamur uygulamalarıyla toprak pH'sının azaldığı, EC ve organik madde miktarlarının arttığı yine alınabilir P, mikro besin elementleri ve ağır metallerin arttığını bildirmişlerdir. Buğday tanelerinde N, P, Fe, Zn ve Mn konsantrasyonlarının özellikle 40 ve 60 t/ha uygulamalarında önemli ölçüde arttığını saptamışlardır. Ağır metal konsantrasyonlarının dozlarla birlikte değişiminde düzenli bir ilişki belirlenmediğini bildirmişlerdir.

Ülkemizde 1983 yılında çıkan Çevre Kanunu, sanayi kuruluşları ve evsel atıksular için arıtma tesisi kurulmasını zorunlu hale getirmiştir. Kocaeli İli, Gebze ilçesinde bulunan bisküvi ve şekerleme üretimi yapan fabrikanın da arıtma tesisi olup, atıklarını arıtmakta ve çevreyi mümkün olduğu kadar kirletmemeye özen göstermektedir. Arıtma tesisinde aktif çamur sistemiyle biyolojik arıtım yapılmaktadır. Arıtma tesisi 100 m³/gün kapasitelidir. Bu çalışmanın amacı, gıda sanayi arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanılma olanağının ortaya konulmasıdır. Toprağa artan oranlarda verilen arıtma çamurunun topraktaki makro ve mikro besin elementi değişikliklerini saptamak, ayrıca mısır bitkisinin besin elementi içerikleri üzerine etkilerini araştırmaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada kullanılan toprak, Kocaeli ili Kavakçılık Araştırma Enstitüsü Fidanlığı Rotasyon Alanı'ndan 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Deneme topraklarının tekstür sınıfı (Bouyoucos 1951), toprak reaksiyonu (Grewelling ve Peech 1960), elektriksel iletkenliği (Soil Survey Staff 1951), kireç miktarı (Çağlar 1949), organik madde (Jackson 1962), toplam

azot (Bremner 1965), yarayışlı fosfor (Olsen ve ark. 1954), ayrıca toplam fosfor, potasyum, magnezyum, kükürt, demir, bakır, çinko, mangan, kadmiyum, toprak örneğinin HNO₃ + HClO₄ karışımı ile yaş yakılması sonucu elde edilen süzükte ICP aleti ile Munter ve Grande 1981'e göre belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge I'de verilmiştir.

Denemede kullanılmak üzere bisküvi ve şekerleme üretimi yapan fabrikadan alınan arıtma çamurlarının bir bölümü laboratuvar analizlerinde kullanılmıştır. Arıtma çamurunun tartılarak taze ağırlığı belirlenmiş daha sonra kuru madde yüzdesini belirlemek üzere hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye değin kurutulmuş ve tartımları yapılmıştır. Elde edilen kuru örnekte fosfor, potasyum, magnezyum, kükürt, demir, bakır, çinko, mangan, kadmiyum analizleri HNO₃+HClO₄ karışımı ile yaş yakma sonucu elde edilen süzükte ICP aleti ile Munter ve Grande 1981'e göre yapılmıştır. Denemede kullanılan materyalde ayrıca reaksiyon (pH), elektriksel iletkenlik, kireç, organik madde, toplam azot, bitkiye yarayışlı fosfor miktarları da belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge II'de verilmiştir.

Çizelge I.
Denemede Kullanılan Toprağın Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Özellikler	Miktarlar
Tekstür sınıfı	Tın
Kil, %	24.20
Silt, %	36.80
Kum, %	39.00
pH	8.25
EC, mS/cm	0.21
Kireç, %CaCO ₃	2.39
Organik madde, %	1.47
Toplam azot (N), %	0.08
Bitkiye yarayışlı fosfor (P), mg/kg	7.16
HNO ₃ + HClO ₄ ile Yaş Yakılan Toprak Örneğinde Toplam Kimi Besin Elementleri, mg/kg	
Fosfor (P)	1200
Potasyum (K)	5000
Magnezyum (Mg)	3000
Kükürt (S)	300
HNO ₃ + HClO ₄ ile Yaş Yakılan Toprak Örneğinde Toplam Kimi Ağır Metaller, mg/kg	
Demir (Fe)	960.00
Bakır (Cu)	25.00
Çinko (Zn)	30.00
Mangan (Mn)	120.00
Kadmiyum (Cd)	0.90

Çizelge II.
Denemede Kullanılan Atık Maddenin Kimi Kimyasal Özellikleri

Özellikler	Miktarlar		
	1.Arıtma Çamuru	2.Arıtma Çamuru	3.Arıtma Çamuru
pH	6.14	6.42	5.84
EC, mS/cm	1.57	1.53	1.62
Kireç, %CaCO ₃	0.26	0.19	0.39
Organik madde, %	31.00	28.90	30.96
Toplam azot (N), %	2.62	2.63	2.46
Bitkiye yararılı fosfor (P), mg/kg	216.20	210.06	213.31
HNO ₃ + HClO ₄ ile Yaş Yakılan Atık Maddede Toplam Kimi Besin Elementleri, mg/kg			
Fosfor (P)	19500	17600	18500
Potasyum (K)	7200	7100	7300
Magnezyum (Mg)	1200	1300	1200
Kükürt (S)	500	500	500
HNO ₃ + HClO ₄ ile Yaş Yakılan Atık Maddede Toplam Kimi Ağır Metaller, mg/kg			
Demir (Fe)	2590.00	2580.00	2600.00
Bakır (Cu)	70.00	68.00	71.00
Çinko (Zn)	135.00	134.00	136.00
Mangan (Mn)	516.00	522.00	520.00
Kadmiyum (Cd)	6.00	6.10	6.10

Tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelemeli olarak düzenlenen denemede saksılara 4000 g toprak konulmuştur. Arıtma çamuru 0, 20, 40, 80 ve 160 t/ha olacak şekilde uygulanmış ve topraklar 30, 60 ve 90 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Arıtma çamuru uygulandıktan sonra saksılara tarla kapasitesi düzeyinde su verilmiş ve bu işlem deneme boyunca sürdürülmüştür. Her inkübasyon süresi sonunda saksılardan 1500 g toprak örneği alınmış ve reaksiyon (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, toplam azot, kireç, bitkiye yararılı fosfor ayrıca toprak örneğinin HNO₃+HClO₄ karışımı ile yaş yakılması sonucu elde edilen süzükte ICP aleti ile (Munter ve Grande 1981)'e göre toplam fosfor, potasyum, magnezyum, kükürt, demir, bakır, çinko, mangan, kadmiyum analizleri yapılmıştır.

Arıtma çamurunun mısır bitkisine olan etkisini görmek amacıyla ikinci sera denemesi kurulmuştur. Tesadüf blokları deneme desenine göre dört yinelemeli olarak kurulan sera denemesinde toprağa artan dozlarda 0, 20, 40, 80 ve 160 t/ha olacak şekilde arıtma çamuru uygulanmış, 90 gün bekletildikten sonra her bir saksıya 50 mg/kg N, 50 mg/kg P, 50 mg/kg K verilerek mısır tohumu ekilmiştir. Kırk sekizinci günün sonunda yapraklarda sararmalar meydana geldiği için bitkiler hasat edilmiştir. Taze ağırlıkları

belirlenen örnekler bir kez musluk suyu iki kez de saf ile yıkanarak kurutma dolabında 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye değin kurutulmuştur. Öğütülüp analize hazır hale getirilen bitki örneklerinde Kacar (1972), tarafından bildirildiği şekilde kalsiyum, sodyum, demir, bakır, çinko ve mangan belirlenmesi için HNO₃ + HClO₄ (4:1) karışımı ile yaş yakılmıştır.

Deneme sonuçlarının istatistikî analizleri TARİST paket programı ile yapılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Deneme toprağı tın bünyeli ve hafif alkali tepkimelidir (Kellog, 1952). Toprağın kireç miktarı fazla, organik madde miktarı azdır (Moltay 1979, Ünal ve Başkaya 1981). Toplam azotça yoksun ve yarayışlı fosforca ortadır (Loue 1968, Olsen ve Dean 1965). Toprağın bakır, çinko ve kadmiyum miktarı 2872 sayılı Çevre Kanununa dayandırılarak hazırlanan 14.03.1991 tarihli Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğı'nin toprakta müsaade edilen maksimum ağır metal içeriklerinden oldukça düşüktür. Yönetmelikte bakır için 1200 mg/kg, çinko için 3000 mg/kg, kadmiyum için 20 mg/kg sınır değerleri verilmektedir (Anonim 1991).

Farklı atık madde miktarları ve inkübasyon sürelerinin toprakların pH, EC, organik madde, toplam azot, kireç ve yarayışlı fosfor içerikleri değerlerinde meydana gelen değışimler Çizelge III'te verilmiştir. Çizelge III'ün incelenmesinden de anlaşılacağı gibi arıtma çamuru dozları arttıkça toprağın pH'sında düşme görölmektedir. En yüksek pH değeri kontrol, en düşük pH değeri ise 160 t/ha uygulamasından elde edilmiştir. İnkübasyon sürelerine bağılı olarak en düşük pH değeri 6.90 ile 90. günde elde edilmiştir. İnkübasyon süresine bağılı olarak düşmeyi arıtma çamurunun mineralizasyonu ile açıklayabiliriz.

Çizelge III'ün incelenmesinden de anlaşılacağı gibi toprağın EC değeri artan atık madde miktarları ve inkübasyon sürelerine paralel olarak artmıştır. En düşük EC değeri 30. günde 0.270 mS/cm ile kontrol uygulamasından, en yüksek EC değeri ise 90. günde 0.380 mS/cm ile 160 t/ha uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağın organik madde değeri artan atık madde miktarlarına bağılı olarak artış göstermiştir. Bunun nedeni atık maddenin organik madde içeriğinin %30.96 gibi yüksek değerde olmasından kaynaklanabilir. Yapılan benzer çalışmalarda toprağın organik madde içeriğinin atık madde miktarlarının artmasıyla birlikte fazlaştığı bildirilmiştir (Vasconcelos ve Cabral 1993, Mohammad ve Battikhi 1997). Toprağın organik madde içeriğı 60. gün inkübasyon süresi sonunda artmış, 90. gün inkübasyon süresi sonunda ise mineralizasyona bağılı olarak azalmıştır.

Toprağın toplam azot değerini incelediğimizde, artan atık madde miktarı ile birlikte, toplam azot içeriği artmıştır. İnkübasyon süresine bağlı olarak toplam azot içeriğinde fazla bir değişim belirlenmemiştir. Erdem (2000)'de benzer sonuçlar elde etmiştir.

Atık madde miktarı arttıkça, toprağın kireç miktarı azalmaktadır. Bu sonuç atık maddenin %0.39 gibi az oranda kireç içermesinden kaynaklanabilir. En düşük kireç içeriği 160 t/ha uygulamasından, en yüksek kireç içeriği ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Atık madde miktarının artışıyla birlikte, toprağın yarayışlı fosfor içeriği de artmıştır. En düşük değer 30. günde 7.14 mg/kg ile kontrol, en yüksek değer ise 60. günde 31.95 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından elde edilmiştir. Bu durum atık maddenin fazla miktarda fosfor içermesiyle açıklanabilir.

Çizelge III.
Farklı İnkübasyon Sürelerinde Atık Madde Miktarlarının Toprağın pH, EC, Organik Madde, Toplam Azot, Kireç ve Yarayışlı Fosfor Değerleri Üzerine Etkileri

İnkübasyon Süresi	Uygulama Dozu (t/ha)	pH	EC (mS/cm)	Organik Madde (%)	Toplam N (%)	Kireç (CaCO ₃) %	Yarayışlı P (mg/kg)
30	0	7.94	0.270	1.65	0.08	2.19	7.14
	20	7.76	0.275	1.85	0.12	2.10	11.50
	40	7.62	0.280	2.05	0.15	1.92	13.40
	80	7.50	0.287	2.48	0.18	1.74	20.05
	160	7.28	0.305	2.86	0.24	1.56	31.89
60	0	7.84	0.282	1.67	0.08	2.12	7.16
	20	7.68	0.286	1.96	0.12	1.81	11.20
	40	7.52	0.290	2.25	0.16	1.70	12.80
	80	7.41	0.300	2.76	0.20	1.61	19.00
	160	7.12	0.350	3.01	0.25	1.41	31.95
90	0	7.72	0.291	1.60	0.08	2.01	7.25
	20	7.59	0.292	1.80	0.12	1.71	11.30
	40	7.45	0.312	2.02	0.17	1.65	13.25
	80	7.34	0.330	2.35	0.20	1.61	19.10
	160	6.90	0.380	2.70	0.26	1.50	31.70

Farklı inkübasyon sürelerinde atık madde miktarlarının toprağın kimi besin elementleri üzerine etkileri Çizelge IV'de verilmiştir.

Artan atık madde miktarlarına bağlı olarak toprakta fosfor, potasyum, magnezyum ve kükürt içeriği de artmıştır. Bu sonuçlar, atık maddenin yüksek oranlarda fosfor, potasyum, magnezyum ve kükürt içermesiyle açıklanabilir. İnkübasyon süreleriyle toprağın potasyum, magnezyum ve

kükürt içeriğinde önemli değişimler olmamıştır. Ancak fosfor miktarı 30.güne göre 60. ve 90. günde artış göstermiştir.

Atık madde miktarı arttıkça topraktaki ağır metallerin miktarı da artmıştır. Bu artışlar atık maddenin topraktan daha fazla miktarda ağır metal içermesiyle açıklanabilir. Atık madde uygulanan toprağın ortalama değerler olarak, en düşük demir içeriği 960 mg/kg ile kontrol, en yüksek demir içeriği ise 1009 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından, en düşük bakır içeriği 25 mg/kg ile kontrol, en yüksek bakır içeriği ise 29 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından, en düşük çinko 30 mg/kg ile kontrol, en yüksek çinko içeriği ise 36 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından, en düşük mangan içeriği 120 mg/kg ile kontrol, en yüksek mangan içeriği ise 142 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından, en düşük kadmiyum içeriği 0.96 mg/kg ile kontrol, en yüksek kadmiyum içeriği ise 1.08 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda topraklara ilave edilen atık çamur miktarı arttıkça ağır metal içeriğinin de arttığı belirlenmiştir (Fiskell ve ark. 1990, Zenhas ve ark. 2000).

Çizelge IV.
Farklı İnkübasyon Sürelerinde Atık Madde Miktarlarının Toprağın Kimi Besin Elementleri Üzerine Etkileri

İnkübasyon Süresi	Uygulama Dozu (t/ha)	HNO ₃ + HClO ₄ Yaş Yakılması ile Belirlenen Elementler (mg/kg)								
		P	K	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	Cd
30	0	1247	5096	3520	295	961	25	31	121	0.96
	20	1361	5161	3550	298	965	26	32	130	0.97
	40	1451	5201	3700	299	970	27	33	133	0.99
	80	1566	5290	3930	307	991	27	34	137	1.01
	160	1692	5324	4110	315	1007	29	35	140	1.08
60	0	1249	5094	3420	296	960	25	30	120	0.95
	20	1364	5162	3560	298	966	26	33	131	0.97
	40	1457	5206	3730	301	970	27	33	134	0.99
	80	1571	5290	3910	305	993	27	34	137	1.03
	160	1695	5320	4140	317	1007	29	35	141	1.08
90	0	1250	5096	3520	297	962	24	31	120	0.96
	20	1367	5162	3580	298	966	26	32	131	0.97
	40	1454	5205	3750	301	971	27	33	133	1.00
	80	1572	5286	3900	306	993	28	34	137	1.04
	160	1695	5328	4120	318	1009	29	36	142	1.08

Atık maddenin uygulandığı toprakta toplam azot, fosfor, çinko, demir gibi önemli bitki besin elementleri içerikleri 30. ve 60. güne nazaran 90. günde daha fazla bulunmuştur. Arıtma çamurlarının koku problemlerini ortadan kaldırmak amacıyla çamurla toprağın belli bir süre karıştırılarak bekletilmesi daha uygun olacaktır.

Atık maddenin bitkiye olan etkisini belirlemek amacıyla yürütülen sera denemesinde artan miktarlarda uygulanan atık maddenin mısır bitkisinin kimi bitki besin elementi düzeyi üzerine etkisi Çizelge V’de verilmiştir.

Çizelge V.
Atık Maddenin Mısır Bitkisinin Kimi Bitki Besin Elementi Düzeyi Üzerine Etkisi

Uygulama (t/ha)	Bitki Besin Elementi Düzeyi					
	Ca (%)	Na (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)
0	0.54 c	120 b	110	7.50 b	25.30 c	46.20 ab
20	0.61 bc	115 b	121	7.70 b	44.30 b	45.70 ab
40	0.57 c	122 b	112	8.20 ab	49.50 b	49.20 a
80	0.68 b	130 ab	118	8.50 ab	59.80 a	45.20 ab
160	0.79 a	140 a	111	9.00 a	67.30 a	43.20 b

Çizelge V’in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere en yüksek kalsiyum içeriği %0.79 ile 160 t/ha uygulamasından, en düşük içerik ise %0.54 ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Jones ve ark. (1991), tarafından bildirilen sınır değerlere göre (%0.30-0.70) mısır bitkisindeki kalsiyum miktarı yeter düzeydedir.

Çizelge V’de sodyum içeriğini incelediğimizde en yüksek sodyum içeriği 140 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından, en düşük sodyum içeriği ise 115 mg/kg ile 20 t/ha uygulamasından elde edilmiştir.

Atık maddenin, mısır bitkisinin demir içeriğine ilişkin değerler Çizelge V’de verilmiştir. Çizelge V incelendiğinde atık madde miktarı arttıkça kontrole göre demir miktarındaki artış az olmuştur. İstatistiki olarak artan atık madde miktarının mısır bitkisindeki demir içeriği üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Jones ve ark (1991), tarafından bildirilen sınır değerlere göre (50-250 mg/kg) mısır bitkisindeki demir miktarı yeter düzeydedir.

Bakır içeriğine ilişkin en yüksek değer 9.00 mg/kg ile 160 t/ha uygulamasından, en düşük değer ise 7.50 mg/kg ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Jones ve ark. (1991), tarafından bildirilen sınır değerlere göre (5-20 mg/kg) mısır bitkisindeki bakır miktarı yeter düzeydedir.

Kontrole göre artan arıtma çamuru miktarı ile birlikte mısır bitkisindeki çinko miktarı da artmıştır. Jones ve ark. (1991), tarafından bildirilen sınır değerlere göre (20-60 mg/kg) mısır bitkisindeki çinko değeri yeter düzeydedir.

Mangan içeriği incelendiğinde en yüksek değer 49.20 mg/kg ile 40 t/ha uygulamasından en düşük değer ise 43.20 mg/kg ile 160 t/ha uygula-

masından elde edilmiştir. Jones ve ark. (1991), tarafından bildirilen sınır değerlere göre (20-300 mg/kg) mısır bitkisindeki mangan miktarı yeter düzeydedir.

Kontrolde göre, Ca, Na, Fe, Cu, Zn gibi besin elementlerinin içerikleri artan arıtma çamuru miktarıyla artmıştır. Arıtma çamuru miktarının artmasıyla özellikle Cu ve Zn değerlerinde önemli artışlar olmuştur. Aitken ve Cummins (1998) ve Hernandez ve ark. (1991) kontrolde göre arıtma çamuru uygulanmış toprakların bakır ve çinko içeriğinin fazla miktarlarda arttığını bildirmişlerdir. Ca, Na, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin kontrolde göre arıtma çamuru uygulamasıyla birlikte artan değerleri istatistiki olarak da anlamlı bulunmuştur. Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamurunun mısır bitkisinin Ca ve Zn içeriği üzerine etkileri istatistiki olarak %0.1 düzeyinde önemlidir. Yine Na, Cu ve Mn içeriği üzerine etkileri ise istatistiki olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre, artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamuru içerdiği tuzlar nedeniyle toprak tuzluluğunu arttırmıştır. Bu nedenle toprak tuzluluğunun sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir. Çalışmada artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru toprağın pH'sında düşüşe neden olmuştur. Ayrıca arıtma çamuru toprağın organik madde miktarı ile kimi makro ve mikro bitki besin elementlerini arttırmıştır. Organik madde ve bitki besin elementleri düşük olan topraklara, toprak tuzluluğu kontrol edilmek koşuluyla arıtma çamuru uygulamaları önerilebilir. Analizleri yapılamayan çeşitli bakteri ve virüs gibi patojenlerin azalması için toprak ve çamurun bitki ekiminden önce bir süre bekletilmesi uygun olacaktır. Araştırma sonuçları gözönüne alınarak çamurun çok kompleks bir yapıda olması dolayısıyla içerisinde bulunacak zararlı patojenler ile organik bileşikler de dikkate alındığında ürün yetiştirmek için 90 günlük inkübasyon süresinin uygun olacağı söylenebilir.

Artan miktarlarda toprağa uygulanan arıtma çamuru denemede ele alınan mısır bitkisinin kimi mineral madde içeriklerini kontrolde göre arttırmıştır. Arıtma çamurunun yıllarca toprakta kullanılabileceği gözönüne alınarak, yıllık birikimlerinin fazla olmasını engellemek amacıyla sürekli toprak analizleri yapılarak düşük dozlarda kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

AITKEN, M.N. ve D.I. CUMMINS. 1998. The Effect of Long - Term Annual Sewage Sludge Applications on the Heavy Metal Content of Soils and Plants. Healty and Environmental Aspects, Scottish Agricultural College, Scotland s. 424 - 436.

- ANONİM, 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı. 20814, Ankara, s. 1 - 19.
- BARAN, A., G. ÇAYCI ve A. İNAL. 1995. Farklı Tarımsal Atıkların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1(2 - 3): 169 - 172.
- BOUYOUCOS, G.J. 1951. A Recalibration of Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soil. Agronomy Journal, 43: 434 - 437.
- BREMNER, J.M. 1965. Total Nitrogen. "C.A. Black (Editör), Methods of Soil Analysis Part II. American Society of Agronomy Inc. Publisher" Wisconsin, USA, s. 1149 - 1178.
- ÇAĞLAR, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Yayınları No: 10, Ankara.
- ERDEM, N. 2000. Bira Fabrikası Atık Çamurunun Asit Karakterli Bir Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış). 49 s.
- FISKELL, J.G.A., D.G. NEARY ve N.B. COMERFORD. 1990. Slash Pine and Understory Interception of Micronutrients Mineralized From Sewage Sludge Applied to A Sandy, Acidic Forest Soil. Forest Ecology and Management, 37: (3) 27 - 36.
- GREWELLING, T. ve M. PEECH. 1960. Chemical Soil Tests. Cornell. Üniv. Agr. Expt. Sta. Bull., 960s.
- HERNANDEZ, T., J.I. MORENO ve F. COSTA. 1991. Influence of Sewage Sludge Application on Crop Yields and heavy Metal Availability. Soil Science Plant Nutrition, 37(2): 201 - 210.
- JACKSON, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs. Inc., Newyork, 183s.
- JONES, J.R., J.B., B. WOLF ve H.A. MILLS. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro – Macro Publishing, Inc., USA, s. 1 - 213.
- KACAR, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki Analizleri. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları No: 453, Uygulama Kılavuzu: 155, A.Ü.Basımevi, Ankara, 646 s.
- KELLOG, C.E. 1952. Our Garden Soils. Tha Macmillan Company, Newyork, 92s.
- KÜTÜK, C., G. ÇAYCI, 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, Ankara, 35s.

- LOUE, A. 1968. 'Diagnostic Petiolarie de Prospection' Etudes sur la Nutrition et le Fertilisation Potasiques de la Vigne. Socie'te Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, 31 - 41.
- MOHAMMAD, A.M. ve A.M. BATTIKHI. 1997. Effect of Sewage Sludge on Some Soil Properties and Barley Plant in Muwagar Area. Agricultural Sciences, 24(2): 204 - 216.
- MOLTAY, İ. 1979. Bursa Bölgesinde Yetiştirilen J.H. Hale Çeşidi Şeftalilerin Besin Elementi İçeriği, Bu Elementlerin Mevsime ve Konum Yerlerine Göre Değişimi Üzerinde Araştırmalar. Uzmanlık Tezi, Yalova Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü.
- MUNTER, R.C. ve R.A. GRANDE. 1981. Plant Tissue and Soil Extract Analyses by ICP. "R.M. Barnes (Editör), Developments in Atomic Plasma Spectrochemical Analysis", Heyden, London, s. 653 - 672.
- OLSEN, S.R., C.V. COLE, F.S. WATANABE ve H.C. DEAN. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Dept. of Agr. Cir. 939, Washington D.C.
- OLSEN, S.R. ve L.A. DEAN. 1965. Phosphorus. "C.A. Black (Editör), Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Inc. Publisher Madison", Wisconsin, USA, s. 1035 - 1049.
- O'RIORDAN, E.G., V. A. DODD ve G.A. FLEMING. 1994. Spreading a Low - Metal Sludge on Grassland: Effects on Soil and Herbage Heavy Metal Concentrations. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 33(1): 61 - 69.
- SOIL SURVEY STAFF. 1951. Soil Survey Manual. Agricultural Research Administration United States Department of Agriculture. Handbook, 18:340 - 377.
- ÜNAL, H. ve H.S. BAŞKAYA. 1981. Toprak Kimyası. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 759, Ders Kitabı, Ankara, 218s.
- VASCONCELOS, E. ve F. CABRAL. 1993. Use and Environmental Implications of Pulp - Mill Sludge as an Organic Fertilizer. Environmental Pollution, 80: 159 - 162.
- ZENHAS, J.M., B.F. SALTAO, M.I. MARTINS, A.J. VICTORIA, M.R. GUSMAO ve M. H. DOMINGUES. 2000. Effect of Application of Sewage Sludge and Pulp-Mill Sludge from Waste Water Treatment on Plants Nutrition and Soil Fertility. Plant Nutrition for the Next Millenium Nutrients, yield, Quality and the Environment (Abstracts), Corio, Egypt, s. 144 - 145.