



TOPRAĞA UYGULANAN ARITMA ÇAMURU, AHIR GÜBRESİ VE KARIŞIMLARININ, ÇİM BITKİSİNİN BAZI MAKRO-MİKRO BESİN ELEMENTLERİ VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Murat KÜÇÜKHEMEK¹

Kemal GÜR²

Refik UYANÖZ^{2,3}

¹KOSKİ Genel Müdürlüğü, Arıtma Tesisleri Dairesi Başkanlığı, Konya/Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Konya Türkiye

(Geliş Tarihi: 16.07.2007, Kabul Tarihi:02.06.2008)

ÖZET

Bu arazi çalışması, evsel karakterli arıtma çamurunun (AÇ), ahır gübresi (AG) ve AÇ+AG'nin üç farklı karışımlarının ($\frac{1}{4}AÇ+\frac{3}{4}AG$, $\frac{1}{2}AÇ+\frac{1}{2}AG$ ve $\frac{3}{4}AÇ+\frac{1}{4}AG$), çim bitkisinde bazı makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Zn, Cu, Mn, Pb, Cd) element içerikleri ile verim üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme, dört farklı oranda toprağa (0, 40, 80 ve 120 t/ha) organik materyal uygulaması yapılarak, iki yıl süreyle arazi koşullarında üç tekerrürlü olarak faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür.

Deneme sonunda, arıtma çamuru uygulamasının çim bitkisinin verim ve bazı besin elementleri içeriğini kontrol ve diğer organik materyal uygulamalarına göre artırdığı görülmüştür. Çim bitkisinin taze ağırlığı çamur uygulamasında ahır gübresine oranla 3.3 kez arttığı görülmüştür. Öte yandan 40 ve 80 ton ha⁻¹ uygulamalarında hem verim hem de besin kapsamı artmıştır.

Çamur uygulamaları çim bitkisinin N ve K içeriğini kontrol uygulamasına göre artırmıştır. Diğer taraftan bitkinin man gan muhtevası çamur uygulaması ile azalmış ve bu değişim istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. P, Ca, ve Mg bakımından da uygulamalar arasındaki fark önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Deneme sonunda sonuçlar, verim ve bazı besin elementleri içeriklerinin ahır gübresi uygulamasına göre, arıtma çamuru uygulamasında artışlar olduğunu göstermiştir. Diğer uygulamalarda ise çim bitkisinin taze ağırlığını önemli ölçüde artırmıştır. Benzer şekilde, çim bitkisinin bazı besin elementi muhtevası hektara 40 ve 80 ton uygulamaları ile artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ahır gübresi, Çim bitkisi, Bitki besin elementleri, Arıtma çamuru, Verim

THE EFFECT OF FARMYARD MANURE, MUNICIPAL SLUDGE AND THEIR MIXTURES ON SOME MACRO MICRO NUTRIENT CONTENTS AND YIELD OF PASTURE GRASS

ABSTRACT

This field experiment was conducted to determine the effects of municipal sludge (MS), farmyard manure (FM) and the mixture of "sewage sludge + farmyard manure" a ratio of $\frac{1}{4}MS + \frac{3}{4}FM$ (M_1), $\frac{1}{2}MS + \frac{1}{2}FM$ (M_2) and $\frac{3}{4}MS + \frac{1}{4}FM$ (M_3) on the yield some macro (N, P, K, Ca, Mg) and some micro (Zn, Mn, Cu, Pb, Cd) nutrient content of the pasture grass. These organic materials were incorporated into the soil at four different rates (0, 40, 80, and 120 kg ha⁻¹) with three replications as a factorial experimental design. The experiment was run for two years.

At the end of experiment, the results showed that the yield and some nutrient were increased by municipal sewage sludge (MS) in respect to control and other organic material applications. The fresh yield of pasture grass in municipal treatment increased 3.3 times compared to farmyard manure. Both yield and nutrient content of pasture grass increased at 40 ton ha⁻¹ and 80 ton ha⁻¹ applications.

It was determined that the sludge applications have increased grass fresh weight total N and K contents compared to control treatment. On the other hand, Mn contents of plants decreased with the sewage sludge applications as comparing to the control and these decreases were found significant differences ($p<0.01$). However, the P, Ca, and Mg contents of grass showed significant differences ($p<0.01$) among the applications.

At the end of the experiment, the results showed that the yield and some plant nutrients were increased by addition of municipal sludge (MS) compared to FM. Other applications were also increased the fresh yield significantly ($p<0.01$). Similarly, some plant nutrient contents of the pasture grass were also increased with the applications of 40 and 80 ton ha⁻¹.

Keywords: Farmyard manure, Grass plant, Plant nutrition, Sewage sludge, Yield

GİRİŞ

Ülkemizde mevcut atık su arıtma tesisi sayısı 140 civarında, biyolojik arıtma işlemi uygulanan atık su oranı % 10 düzeyinde, oluşan arıtma çamuru ise yıllık 2.38 milyon ton düzeyindedir. Önümüzdeki yıllarda atık su arıtma tesislerinin artmasına paralel olarak arıtma çamuru miktarında da büyük bir artış beklen-

mektedir (İşgenç ve Kınay 2005).

Aşı ve Katkat, 2004 'ün Taşater 1997' den bildir diğine göre, Arıtma çamuru meydana geldiği endüstriyel kuruluşun işlemiş olduğu materyalin çeşidine göre; organik bileşikler, asitler alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, Fe, Al, Hg, Cd, As, Co, Pb, Cr, organik fosfatlar ve azot gibi maddeler içerebilmektedir.

³Sorumlu Yazar: ruvanoz@selcuk.edu.tr

Aşık ve Katkat,(2004) Penguen Gıda Sanayi A.Ş Arıtma Tesisi Atıkları'ndan arıtma çamurunun kimi özellikleri ve tarımsal kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla fabrikanın kampanya dönemi boyunca arıtma çamuru özelliklerinde pH, EC; kuru madde, organik madde, C/N oranı, kimi bitki besin elementlerini ve bazı ağır metalleri belirlemişlerdir. Ayrıca toprağa 0-20-40-80-120-ve 160 ton ha⁻¹ düzeyinde uyguladıkları arıtma çamuru ile mısır yetiştirmişlerdir. Deneme sonunda artan miktarlarda uyguladıkları arıtma çamurunun bitkinin mineral içeriğini bitki gelişimini olumlu yönde etkilemiştir.

Uyanöz ve ark.(2004) tarafından yapılan bir sera çalışmasında, deneme materyali olarak çöp kompostu, mantar kompostu, tavuk gübresi ve arıtılmış kanalizasyon çamuru gibi organik materyaller kullanılarak buğday bitkisi yetiştirmişlerdir. Deneme sonunda, kullanılan organik materyallerin test bitkisinin mikro ve makro element kapsamını önemli ölçüde artırdıklarını tespit etmişlerdir.

Çimrin ve ark,(2000) yapmış oldukları saksı denemesinde, fosfor kaynağı olarak TSP (Triple Süper Fosfat) ile arıtma çamuru kombinasyonlarının mısır bitkisinin gelişimini ve bitkinin besin maddesi kapsamını belirlemişlerdir. Deneme sonunda arıtma çamuru ve TSP kombinasyonlarının fosfor kaynağı olarak kullanılması durumunda kontrole göre bitkinin kuru ağırlığı, toprak üstü aksam ağırlığı, bitkinin fosfor, çinko ve demir içeriğini önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır.

Evsel nitelikli arıtma çamurları, genellikle bitki büyümesi için gerekli birçok besin maddesi içermesine rağmen gübre değeri; atığın kaynağı, arıtılmış suyun özelliği ve kullanılan çamur arıtma işlemlerine göre değişir. Bazı alanlarda, arıtma çamurları ile gübrelenmiş toprakta yetişmiş ürünlerin bitki dokularında yüksek konsantrasyonlarda ağır metallere rastlanmıştır (Filibeli, 2005).

Günümüzde pek çok ülkede, arıtma çamurlarının bir daha kullanılmamak üzere bertarafı yerine, yeniden kullanımı üzerinde durulmaktadır. Arıtma çamurunun yeniden kullanım olanakları arasında; tarım alanlarında, toprak ıslahında, yeşil alanlarda, ağaçlandırma ve orman alanlarında kullanımı sayılabilir. Örneğin ABD'de 1993 yılı itibariyle oluşan 5.4 milyon ton (kuru madde/yıl) arıtma çamurunun % 33'ü arazide kullanılmıştır. Bunun % 67'si tarım alanlarında, % 9'u yeşil alanlarda, % 9'u toprak ıslahında, % 3'ü orman alanlarında ve % 12'si ise torbalanarak satılmıştır (Anonim, 1994). Avrupa'da ise, 1993 yılında oluşan 7 milyon ton (KM) arıtma çamurunun % 37'si tarım alanlarında değerlendirilmiştir. Bu oran Danimarka, Fransa, İngiltere, Norveç, İsveç ve İspanya'da % 50 civarındadır (Steffen, 1995).

Arıtma çamurları, park ve bahçeler, futbol sahaları, otoyol kenarları, golf sahaları gibi alanların ilk tesis aşamasında kullanılacağı gibi, önceden tesis edilmiş

alanlarda da gübre uygulamaları yerine vejetasyonu geliştirmek amacıyla kullanılabilir. (2008)

Cuhna (1987) arıtma çamurunun çim bitkisinin mineral içeriği üzerindeki etkilerini araştırdığı bir çalışmada, dört yıllık bir arıtma çamuru uygulamasında çim bitkisinin N içeriğini % 2.3, P içeriğini % 0.39, K içeriğini % 3.2, Zn içeriğini 51 mg/kg, Cu içeriğini ise 9 mg/kg olarak tespit etmiştir. Tasi (2004), ahır gübresinin çim bitkisi üzerindeki etkilerini araştırdığı bir çalışmada, P içeriğini kontrolde % 0.21, ahır gübresinde % 0.32, K içeriğini kontrolde % 1.24, ahır gübresinde % 1.90, Cr içeriğini kontrolde 2.86 mg/kg, ahır gübresinde 3.16, Pb içeriğini kontrolde 3.72 mg/kg, ahır gübresinde ise 2.82 olarak tespit etmiştir.

Ülkemizde arıtma çamurlarının tarımda kullanımı, 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (TKKY) ile düzenlenmiştir (Anonim, 2005). Yönetmelikle evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atık suların arıtılması sonucu ortaya çıkan arıtma çamurlarının toprakta kullanımı ile ilgili bazı esaslar belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, arazi şartlarında toprağa uygulanan evsel arıtma çamuru, ahır gübresi ve bunların çeşitli oranlardaki karışımlarının iki yıl boyunca çim bitkisinin bazı makro ve mikro bitki besin elementleri içerikleri ile çim bitkisi verimi üzerine olan etkilerini araştırmaktır.

MATERYAL VE METOD

Tesadüf parselleri deneme deseninde üç tekerrürlü olarak toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve bunların üç farklı karışımları (¼AÇ + ¾AG, ½AÇ+½AG ve ¾AÇ+¼AG), 0/ kontrol, 40, 80 ve 120 ton/ha düzeylerinde birer kez uygulanmış ve çalışma iki yıl sürdürülmüştür.

Denemede kullanılan materyaller

Denemede kullanılan arıtma çamuru, Konya Başarakavak kasabası biyolojik atık su arıtma tesisinden temin edilmiştir. Atık su, azot ve fosfor gideriminin yapıldığı uzun havalandırma aktif çamur prosesine göre arıtılmakta, yine proses gereği çamur aerobik olarak stabilize olmaktadır. Tesise evsel ve bazı ahırlardan kaynaklanan atık su deşarjları yapılmakta, herhangi bir endüstriyel deşarj söz konusu değildir. Denemede test bitkisi olarak kullanılan çim bitkisi (Grass Seed Mixture 4M "Star" 0126827); % 40 *Lolium perenne*, % 30 *Festuca rubra rubra*, % 15 *Poa pratensis*, % 15 *Festuca rubra commutata* karışımından oluşmaktadır.

Denemenin kurulması

Araştırma Karatay Belediyesine ait atık su arıtma tesisi sahasında yapılmıştır. Denemede kullanılan organik materyaller, 2x2 m'lik 48 adet parselde toprağa 0-20 cm derinliğe belle karıştırılmış, tesviye yapıldıktan sonra, her parselde 60 g çim tohumu ekimi yapılmış ve çalışma süresince her parselde eşit miktarda su verilmiştir (Şekil 1-2). Deneme parsellerine herhangi bir temel gübrelenmesi yapılmamıştır Tarla

denemesinin kurulması ve hasatına ilişkin görüntüler şekil 1-2'de, deneme parcelinin uydudan görüntüsü ise şekil 3 de verilmiştir.

Toprak örneklerinde; tekstür hidrometre yöntemi ile (Bouyoucou, 1951); yarıyıllı fosfor sodyum bikarbonat yöntemiyle (Olsen ve ark., 1954); toprakta değişebilir K, Ca, Mg ve Na 1 N NH₄OAc ekstraksiyonu çözeltisinde (Bayraklı, 1987) ICP-AES cihazıyla ile; yarıyıllı Fe, Mn, Zn, Cu, Cr Ni, Cd ve Pb ise DTPA ekstraksiyonu ile (Lindsay ve Norwell, 1978), ICP-AES cihazında belirlenmiştir.

Toprak, arıtma çamuru ve ahır gübresi örneklerinde; pH Jackson (1958)'a göre, eriyebilir toplam tuz saturasyon çamurunda kondaktivimetre ile (Richard, 1954), kireç kalsimetrik olarak Allison ve Moodi, (1965)'e göre, organik madde modifiye edilmiş Walkley Black metodu ile (Houba et al., 1989), toplam azot Kjeldahl (Jackson, 1962) yöntemiyle yapılmıştır.

Arıtma çamuru ve ahır gübresi örneklerinde; toplam P, K, Ca, Mg, Fe, Na, Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb ve Cd, (Johnson ve Ulrich, 1959) yöntemine göre yaş yakma ile elde edilen çözeltelerde ICP-AES cihazıyla belirlenmiştir.

Deneme alanında, çim bitkilerinin biçim işleminde öncelikle, parsellerin 50 cm olan kenar tesiri alanının çimleri biçilmiş ve atılmıştır. Sonra, geriye kalan 1x1 m'lik çimlerin biçimi yapılmıştır (Şekil 2). Denemenin birinci yılında (2003) üç, ikinci yılında (2004) ise iki çim hasadının kimyasal analizleri yapılmıştır. Hasadı yapılan bitki örnekleri, saf su ile yıkanarak sabit ağırlığa gelinceye kadar 70 °C'de kurutulmuştur. Ögütülüp analize hazır hale getirilen çim bitkisi örneklerinde toplam P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Pb ve Cd içerikleri yaş yakma (Johnson ve Ulrich, 1959) ile oluşan süzük halindeki örneklerin ICP-AES'te okunmasıyla, toplam N (%) ise Jackson'a (1962) göre Kjeldahl metoduyla belirlenmiştir.



Şekil 1. Arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının toprağa uygulanması



Şekil 2. Çim bitkisi hasadı



Şekil 3. Deneme parsellerinin uydudan görünümü

Yapılan analizler

İstatistiksel analizler

Araştırma sonuçları, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme deseni kullanılarak varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiştir. Esas etkilerin karşılaştırılmalarında ve ikili-üçlü interaksyonların önemli olduğu durumlarda alt grup ortalamalarının karşılaştırılmalarında “Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi” kullanılmıştır. Verilerin analizinde “Minitab ve MSTAT C” paket bilgisayar programları kullanılmıştır (Düzgüneş ve ark. 1984).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Toprak, arıtma çamuru ve ahır gübresinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Denemede çim bitkisinin bazı makro ve mikro besin elementleri alınmasına etkisini belirlemek için, kullanılan toprak, arıtma çamuru ve ahır gübresi örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış ve Tablo 1’de verilmiştir.

Killi bünyeye sahip olan toprağın; pH açısından hafif alkalın reaksiyonlu (pH 7-8), tuzluluk oranı az ($< 2 \text{ EC} \times 10^3$), kireç oranı fazla (% 15-25), organik madde miktarı çok az ($< 1 \%$), toplam N içeriği düşük, yarayışlı P içeriği düşük ($< 10 \text{ mg/kg}$), yarayışlı K içeriği orta derecede (150-250 mg/kg), Ca içeriği yüksek ($> 2000 \text{ mg/kg}$), Mg içeriği orta ($> 60 \text{ mg/kg}$), Mn içeriği fazla ($> 1.0 \text{ mg/kg}$), Zn içeriği yetersiz ($< 0.5 \text{ mg/kg}$) ve Cu içeriği yeterli ($> 0.6 \text{ ppm}$) olarak tespit edilmiştir (Marx ve ark., 1996). Toprak örneklerinde tespit edilen ağır metal miktarlarının TTKY (Anonim 2005), sınır değerlerinin oldukça altında olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Arıtma çamurunun ahır gübresine oranla, organik madde miktarı, toplam N, P, Fe, Zn, Cu ve Cd içerikleri açısından daha yüksek, buna karşın toplam K, Mg, Cu ve Pb içerikleri açısından ise daha düşük olduğu görülmüştür (Tablo 1).

Uygulamaların Çim Bitkisinin Bazı Makro Besin Elementleri Kapsamı Üzerine Etkisi

Arazi şartlarında toprağa artan miktarda uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve bunların üç farklı karışımının çim bitkisinin N, P, K, Ca ve Mg içerikleri üzerine etkisine ait sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Çim bitkisinin toplam azot (N) içeriği

Arıtma çamuru uygulamalarının çim bitkisinin toplam azot içeriğini en fazla artıran uygulamalar olduğu, bu artışların kontrol ve ahır gübresi uygulamalarına göre istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.05$) tespit edilmiştir (Tablo 2).

Ahır gübresi uygulamalarının arıtma çamuru ve kontrole göre; çim bitkisi toplam azot içeriğini düşürdüğü, ancak ahır gübresi ile kontrol arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Karışım uygulamalarında ise, kontrol ve ahır gübresine göre; $\frac{1}{2}\text{AÇ} + \frac{1}{2}\text{AG}$ 120 t/ha düzeyi ile, $\frac{3}{4}\text{AÇ} + \frac{1}{4}\text{AG}$ 80 ve 120 t/ha düzeylerinin, çim bitkisi azot içeriğini artırmada istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) etkide bulunduğu görülmüştür.

Çalışmada çim bitkisinde en yüksek azot içeriği % 2.86 ile arıtma çamurunun 120 t/ha düzeyinde, en düşük azot içeriği ise % 1.93 ile ahır gübresinin 40 t/ha düzeyinde elde edilmiştir. Uygulamalar ve uygulama dozu ortalaması dikkate alındığında, çim bitkisi toplam azot miktarı sıralaması; arıtma çamuru $> \frac{3}{4}\text{AÇ} + \frac{1}{4}\text{AG} > \frac{1}{2}\text{AÇ} + \frac{1}{2}\text{AG} > \frac{1}{4}\text{AÇ} + \frac{3}{4}\text{AG} > \text{kontrol} > \text{ahır gübresi}$ şeklinde gerçekleşmiştir. Kontrol parsellerinden elde edilen çim bitkisinin azot miktarının ahır gübresi uygulamalarından elde edilen azot miktarından yüksek olmasını kontrol parsellerinden elde edilen verimlerin düşük olması ve buna bağlı olarak da konsantrasyon farkından kaynaklandığını söyleyebiliriz.

Çim bitkisinin toplam fosfor (P) içeriği

Çim bitkisinde fosfor içeriğinin, kontrol uygulamasına (% 0.36) göre tüm uygulama düzeylerinde (% 0.43-0.54) arttığı, ancak kontrol, arıtma çamuru, ahır gübresi ve her üç karışım uygulama düzeylerinde elde edilen çim bitkisi fosfor içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. (Tablo 2).

Çalışmada çim bitkisinde en yüksek fosfor içeriği % 0.54 ile arıtma çamuru 120 t/ha düzeyinde, en düşük fosfor içeriği ise % 0.36 ile kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Uygulamalara göre çim bitkisi fosfor miktarı sıralaması; arıtma çamuru = $\frac{3}{4}A\dot{C} + \frac{1}{4}AG >$ ahır gübresi $> \frac{1}{2}A\dot{C} + \frac{1}{2}AG = \frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG >$ kontrol şeklinde gerçekleşmiştir.

Çim bitkisinin toplam potasyum (K) içeriği

Arıtma çamuru uygulamalarının çim bitkisinin toplam potasyum içeriğini en fazla artıran uygulamalar olduğu, bu artışların kontrol ve ahır gübresi (40 ve 80 t/da) uygulamalarına göre istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.05$) tespit edilmiştir (Tablo 2).

Ahır gübresi uygulamalarının kontrole göre, çim bitkisi potasyum içeriğini artırdığı, 120 t/da düzeyindeki artış istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.01$) görülmüştür.

Karışım uygulamalarında ise kontrole göre, $\frac{3}{4}A\dot{C} + \frac{1}{4}AG$ uygulama düzeyleri ile $\frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG$ ve $\frac{1}{2}A\dot{C} + \frac{1}{2}AG$ uygulamalarının 80 ve 120 t/ha düzeylerinin potasyum içeriğini artırmada istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) etkide buldukları görülmüştür.

Çalışmada çim bitkisinde en yüksek potasyum içeriği % 3.86 ile arıtma çamurunun 120 t/ha düzeyinde, en düşük potasyum içeriği ise % 3.07 ile kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Uygulamalara göre çim bitkisi potasyum miktarı sıralaması; arıtma çamuru = $\frac{3}{4}A\dot{C} + \frac{1}{4}AG > \frac{1}{2}A\dot{C} + \frac{1}{2}AG > \frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG >$ ahır gübresi $>$ kontrol şeklinde olmuştur.

Çim bitkisinin toplam kalsiyum (Ca) içeriği

Arıtma çamurunun kontrole göre, çim bitkisi kalsiyum içeriğinde artışa neden olduğu, ancak bu artış istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Arıtma çamuru ile ahır gübresi arasındaki kalsiyum içeriğindeki farklar da istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Tablo 2).

Ahır gübresinin kontrole göre çim bitkisi kalsiyum içeriğinde artışa neden olduğu, ancak bu artışın sadece 120 t/da düzeyinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmüştür.

Karışım uygulamalarında ise, kontrole göre sadece $\frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG$ uygulama düzeylerinin kalsiyum içeriğindeki artış etkileri istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Çalışmada çim bitkisinde en yüksek kalsiyum içeriği 7666 mg/kg ile $\frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG$ 80 t/ha düzeyinde, en düşük kalsiyum içeriği ise 6249 mg/kg ile $\frac{1}{2}A\dot{C} + \frac{1}{2}AG$ 120 t/ha düzeyinde elde edilmiştir. Uygulamalara göre çim bitkisi kalsiyum içeriği sıralaması; $\frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG >$ ahır gübresi $>$ arıtma çamuru $> > \frac{1}{2}A\dot{C} + \frac{1}{2}AG > \frac{3}{4}A\dot{C} + \frac{1}{4}AG >$ kontrol şeklinde olmuştur.

Çim bitkisinin toplam magnezyum (Mg) içeriği

Arıtma çamurunun kontrole göre, çim bitkisi magnezyum içeriğinde artışa neden olduğu ve bu artış istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.01$) görülmüştür. Arıtma çamuru ile ahır gübresi arasındaki mag-

nezyum içeriği farklılıkları önemli bulunmamıştır (Tablo 2).

Ahır gübresinin kontrole göre, çim bitkisi magnezyum içeriğinde artışa neden olduğu, bu artışların 80 ve 120 t/da düzeylerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmüştür.

Karışım uygulamalarında ise, kontrole göre tüm karışım düzeylerinin ($\frac{1}{2}A\dot{C} + \frac{1}{2}AG$ 120 t/da hariç) magnezyum içeriğindeki artıcı etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Çalışmada çim bitkisinde en yüksek magnezyum içeriği 4260 mg/kg ile $\frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG$ 40 t/ha düzeyinde, en düşük magnezyum içeriği ise 3571 mg/kg ile kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Uygulamalara göre çim bitkisi kalsiyum içeriği sıralaması; $\frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG >$ arıtma çamuru $>$ ahır gübresi $> \frac{3}{4}A\dot{C} + \frac{1}{4}AG > \frac{1}{2}A\dot{C} + \frac{1}{2}AG >$ kontrol şeklinde olmuştur.

Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli magnezyum içeriğinin (2000-6000 mg/kg), bu çalışmada kontrol dahil tüm uygulama düzeylerinde 3571-4260 mg/kg aralığı ile sağlandığı görülmüştür.

Normal şartlar altında, tüm bitki dokularında % 0.2-1.2 arasında magnezyum bulunmaktadır. Çim bitkileri çok fazla miktarda magnezyuma ihtiyaç göstermez. Magnezyum eksikliği de nadiren görülür (Açıkgöz, 1994). Cuhna (1987), dört yıllık bir arıtma çamuru uygulamasında çim bitkisinde magnezyum içeriğini 2600 mg/kg olarak tespit etmiştir. Tasi (2004), çim bitkisi üzerinde yaptığı bir çalışmada; kontrol uygulamasında magnezyum içeriğini 1132 mg/kg, ahır gübresi uygulamasında ise 1240 mg/kg olarak tespit etmiştir.

Uygulamaların Çim Bitkisinin Bazı Mikro Besin Elementleri ile Ağır Metal İçerikler Üzerine Etkisi

Arazi şartlarında toprağa artan miktarda uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve bunların üç farklı karışımının çim bitkisi Mn, Zn, Cu, Pb ve Cd içerikleri üzerine etkisine ait sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

Çim bitkisinin toplam mangan (Mn) içeriği

Arıtma çamurunun kontrole göre, çim bitkisi mangan içeriğinde düşüşe neden olduğu, ahır gübresinin ise kontrole göre artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Kontrol, arıtma çamuru, ahır gübresi ve her üç karışımında elde edilen çim bitkisi mangan içerikleri arasındaki farkların önemli olmadığı görülmüştür.

Karışımlarda; en yüksek mangan içerikleri (249-270 mg/kg) arıtma çamurunun en az ($\frac{1}{4}$), ahır gübresinin en fazla ($\frac{3}{4}$) kullanıldığı $\frac{1}{4}A\dot{C} + \frac{3}{4}AG$ uygulamalarda, en düşük mangan içerikleri (233-244 mg/kg) ise arıtma çamurunun en fazla ($\frac{3}{4}$), ahır gübresinin en az ($\frac{1}{4}$) kullanıldığı $\frac{3}{4}A\dot{C} + \frac{1}{4}AG$ uygulamalarında tespit edilmiştir. Bu durum, ahır gübresi mangan içeriğinin (278 mg/kg) arıtma çamuruna göre (200 mg/kg) daha yüksek olması ile açıklanabilir.

Çalışmada, çim bitkisinde en yüksek mangan içeriği 290 mg/kg ile ahır gübresi 120 t/ha düzeyinde, en düşük mangan içeriği ise 206 mg/kg ile arıtma çamuru 120 t/ha düzeyinde elde edilmiştir. Uygulamalara göre

çim bitkisi mangan içeriği sıralaması; ahır gübresi > kontrol = $\frac{1}{4}A\dot{C}+\frac{3}{4}AG > \frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG > \frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG >$ arıtma çamuru şeklinde olmuştur.

Tablo 1. Toprak, arıtma çamuru ve ahır gübresinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Toprak*	Toprak*	Özellikler	Arıtma Çamuru*	Sommer, 1977**	TKKY Sınır Değer***	Ahır Gübresi*
pH	7.77	7.77	pH	6.48			7.92
ECx10 ³ (dS/m)	1.29	1.29	ECx10 ³ (dS/m)	5.52			8.22
CaCO ₃ (%)	19.24	19.24	CaCO ₃ (%)	7.06			9.88
Organik madde (%)	0.35	0.35	Organik madde (%)	50.7			39.2
NH ₄ -N (%)	0.01	0.01	NH ₄ -N (%)	3.69			2.33
NO ₃ -N (%)	0.03	0.03	NO ₃ -N (%)	0.77			0.24
Toplam N (%)	0.04	0.04	Toplam N (%)	4.46	0.5-7.6		2.57
Alınabilir P (%)	0.0005	0.0005	Toplam P (%)	1.06	1.1-5.5		0.55
Alınabilir K (%)	0.02	0.02	Toplam K (%)	1.15	0.08-1.10		3.18
Alınabilir Ca (mg/kg)	4700	4700	Toplam Ca (mg/kg)	70600	6000-135000		6.95
Alınabilir Mg (mg/kg)	60	60	Toplam Mg (mg/kg)	7500	300-30700		0.97
Alınabilir Fe (mg/kg)	7.4	7.4	Toplam Fe (mg/kg)	17700	1000-40000		1.29
Alınabilir Mn (mg/kg)	21.4	21.4	Toplam Mn (mg/kg)	200	55-1120		278
Alınabilir Zn (mg/kg)	0.21	0.21	Toplam Zn (mg/kg)	331.2	108-14900	4000	93.2
Alınabilir Cu (mg/kg)	1.51	1.51	Toplam Cu (mg/kg)	59.1	85-2900	1750	23.5
Alınabilir Pb (mg/kg)	0.33	0.33	Toplam Pb (mg/kg)	1.29	13-15000	1200	1.48
Alınabilir Cd (mg/kg)	0.017	0.017	Toplam Cd (mg/kg)	1.10	5-2170	40	0.45

* Üç numunenin analiz ortalaması; ** (Sommer, 1977); *** (Anonim, 2005), mg/kg

Tablo 2. Uygulamaların çim bitkisi N, P, K, Ca ve Mg içerikleri üzerine etkisi

Uygulamalar	Doz (t/ha)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Kontrol	0	2.10 ^{de}	0.36	3.07 ^d	6456 ^{de}	3571 ^d
Arıtma çamuru	40	2.44 ^{bc}	0.47	3.65 ^{ab}	6844 ^{bcde}	4039 ^{abc}
	80	2.55 ^b	0.48	3.66 ^{ab}	7056 ^{abcd}	3891 ^{bc}
	120	2.86 ^a	0.50	3.85 ^a	7155 ^{abcd}	4012 ^{abc}
Ortalama	80	2.61	0.46	3.72	7018	3980
Ahır gübresi	40	1.93 ^e	0.43	3.10 ^d	6753 ^{bcde}	3756 ^{cd}
	80	2.02 ^{de}	0.49	3.22 ^d	6873 ^{bcde}	4003 ^{abc}
	120	2.03 ^{de}	0.54	3.52 ^{bc}	7521 ^{ab}	4155 ^{ab}
Ortalama	80	1.99	0.35	3.28	7049	3971
$\frac{1}{4}A\dot{C}+\frac{3}{4}AG$	40	2.10 ^{de}	0.46	3.19 ^d	7496 ^{ab}	4260 ^a
	80	2.18 ^{de}	0.50	3.49 ^{bc}	7666 ^a	4244 ^a
	120	2.15 ^{de}	0.48	3.58 ^{abc}	7244 ^{abc}	4112 ^{ab}
Ortalama	80	2.14	0.48	3.42	7468	4205
$\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$	40	1.99 ^{de}	0.46	3.31 ^{cd}	7214 ^{abcd}	3891 ^{bc}
	80	2.12 ^{de}	0.49	3.57 ^{abc}	6957 ^{abcde}	3898 ^{bc}
	120	2.54 ^b	0.50	3.69 ^{ab}	6249 ^e	3812 ^{cd}
Ortalama	80	2.21	0.48	3.52	6806	3867
$\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$	40	2.22 ^{cd}	0.49	3.52 ^{bc}	7119 ^{abcd}	4045 ^{abc}
	80	2.57 ^b	0.52	3.86 ^a	6449 ^{cde}	3916 ^{bc}
	120	2.61 ^b	0.50	3.79 ^{ab}	6692 ^{cde}	3863 ^{bc}
Ortalama	80	2.46	0.50	3.72	6753	3941
LSD		0.2360*	öd	0.2780*	655.1**	245.8**

* : Değerler üç tekrarlanmanın ortalamasıdır; * : p<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir; ** : p<0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir; a, b, c, d, e, f: Aynı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark önemli değildir; öd: İstatistiksel olarak önemli değildir.

Çim bitkisinin toplam çinko (Zn) içeriği

Arıtma çamurunun kontrol ve ahır gübresine göre, çim bitkisinin toplam çinko içeriğini en fazla artıran uygulamalar olduğu, arıtma çamurunun 80 ve 120 t/ha düzeylerinde tespit edilen artışların kontrol ve ahır gübresine göre istatistiksel olarak önemli olduğu (p<0.01) tespit edilmiştir (Tablo 3).

Ahır gübresinin 80 ve 120 t/ha düzeylerinde elde edilen çinko içeriklerinin kontrole göre artış gösterdiği ve bu artışların önemli olduğu (p<0.01) görülmüştür.

Karışım uygulamalarında ise; $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ düzeylerinin çim bitkisi çinko içeriğini kontrole göre en fazla artıran uygulamalar olduğu, her üç karışım uygulamalarının kontrole göre çinko içeriğini artırmada önemli (p<0.01) olduğu görülmüştür.

Çalışmada, çim bitkisinde en yüksek çinko içeriği 34.3 mg/kg ile arıtma çamuru 120 t/ha düzeyinde, en düşük çinko içeriği ise 19.2 mg/kg ile kontrolde elde edilmiştir. Uygulamalara göre çim bitkisi çinko içeriği sıralaması; arıtma çamuru > 3/4AÇ+1/4AG > 1/2AÇ+1/2AG > 1/4AÇ+3/4AG > ahır gübresi > kontrol şeklinde olmuştur.

Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli çinko içeriğine (22-30 ppm) göre; kontrol (19.2 mg/kg) ve ahır gübresinin 40 t/ha düzeyinde (21.8 mg/kg) çinko eksikliği, diğer uygulamalarda ise çinko içeriklerinin yeterli düzeyde (24.9-34.3 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu çim bitkisi çinko de-

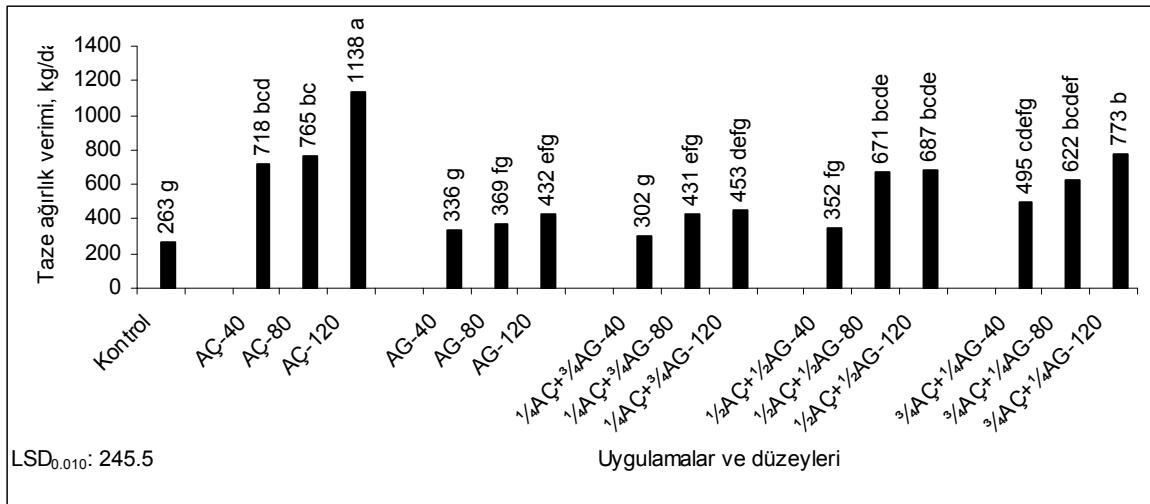
ğerlerinin, Bennett (1996) tarafından bildirilen bitkiler için çinko toksik sınır değerinin (>400 mg/kg) oldukça altında olduğu görülmüştür.

Çim bitkisi çinko değerlerinin benzer çalışma sonuçlarına paralel olduğu görülmüştür. Nyamangara ve Mzezewa (1999), arıtma çamuru uygulanan bir toprakta yetişen çim bitkisinde çinko içeriğini kontrolde 35 mg/kg, arıtma çamuru uygulamasında ise 114 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Madyiwa ve ark. (2002), arıtma çamuru uygulanmış bir toprakta yetişen çim bitkisinde çinko içeriğini 22-210 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Tablo 3. Uygulamaların çim bitkisi Mn, Zn, Cu, Pb ve Cd içerikleri üzerine etkisi ^x (mg/kg)

Uygulamalar	Doz (t/ha)	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd
Kontrol	0	260	19.2 ^f	7.2	0.14 ^e	öd
Arıtma çamuru	40	223	29.6 ^{bc}	10.3	0.41 ^{cde}	öd
	80	210	34.0 ^a	9.5	0.41 ^{cde}	öd
	120	206	34.3 ^a	10.5	0.77 ^{abc}	öd
Ahır gübresi	40	277	21.8 ^{ef}	8.7	0.50 ^{cde}	öd
	80	269	26.0 ^{cde}	7.3	1.13 ^a	öd
	120	290	28.3 ^{cd}	9.1	0.91 ^{abc}	öd
1/4AÇ+3/4AG	40	260	24.9 ^{de}	8.9	0.57 ^{bcde}	öd
	80	249	27.2 ^{cd}	8.5	1.06 ^{ab}	öd
	120	270	27.5 ^{cd}	9.4	0.80 ^{abc}	öd
1/2AÇ+1/2AG	40	256	25.5 ^{cde}	7.7	0.62 ^{abcde}	öd
	80	221	25.9 ^{cde}	8.4	0.17 ^{de}	öd
	120	218	29.6 ^{bc}	9.6	0.45 ^{cde}	öd
3/4AÇ+1/4AG	40	244	29.0 ^{cd}	9.5	0.52 ^{cde}	öd
	80	233	28.6 ^{cd}	9.3	0.71 ^{abcd}	öd
	120	235	33.4 ^{ab}	10.1	0.41 ^{cde}	öd
LSD _{0.01}		öd	3.929	öd	0.4733	

^x: Değerler üç tekrarlanmanın ortalamasıdır; *: p<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir; **: p<0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir; a, b, c, d, e, f: Aynı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark önemli değildir; öd: İstatistiksel olarak önemli değildir; nd: Tespit edilemedi



Şekil 4. Uygulama düzeylerine göre çim bitkisi taze ağırlık verimi

Çim bitkisinin toplam bakır (Cu) içeriği

Arıtma çamuru kontrole göre, çim bitkisinde bakır içeriğini artırmış, ancak kontrol, arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarda elde edilen çim bitkisi bakır

içerikleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 3).

Çalışmada, çim bitkisinde en yüksek bakır içeriği 10.5 mg/kg ile arıtma çamuru 120 t/ha düzeyinde, en düşük bakır içeriği ise 7.2 mg/kg ile kontrolde elde

edilmiştir. Uygulamalara göre çim bitkisi bakır içeriği sıralaması; arıtma çamuru > $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ > $\frac{1}{4}A\dot{C}+\frac{3}{4}AG$ > $\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$ > ahır gübresi > kontrol şeklinde olmuştur.

Çim bitkisinin toplam kurşun (Pb) içeriği

Arıtma çamurunun kontrole göre, çim bitkisinin kurşun içeriğini artırdığı, bu artışın 120 t/ha düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.01$) tespit edilmiştir (Tablo 3). Arıtma çamuru ile ahır gübresinde elde edilen çim bitkisi kurşun içerikleri arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur.

Ahır gübresinin kontrole göre, çim bitkisinin kurşun içeriğini artırdığı, bu artışın 80 ve 120 t/ha düzeylerinde istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.01$) görülmüştür.

Karışım uygulamalarının kontrole göre çim bitkisi kurşun içeriklerini artırdığı ve bu artışların istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu görülmüştür.

Çalışmada, çim bitkisinde en yüksek kurşun içeriği 1.13 mg/kg ile ahır gübresi 80 t/ha düzeyinde, en düşük kurşun içeriği ise 0.14 mg/kg ile kontrolde elde edilmiştir. Uygulamalara göre çim bitkisi kurşun içeriği sıralaması; ahır gübresi > $\frac{1}{4}A\dot{C}+\frac{3}{4}AG$ > $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ > arıtma çamuru > $\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$ > kontrol şeklinde olmuştur.

Çim bitkisinin toplam kadmiyum (Cd) içeriği

Deneme parsellerinden alınan çim bitkisi örneklerinde kadmiyum içeriği, ölçülemeyecek kadar az olduğu için belirlenememiştir.

Uygulamaların Çim Bitkisi Verimi Üzerine Etkisi

Arıtma çamurunun kontrol ve ahır gübresine göre, çim bitkisi taze ağırlık verimini en fazla artıran uygulama olduğu ve bu artışların istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.01$) görülmüştür (Şekil 1).

Ahır gübresinin kontrole göre, çim bitkisi verimini artırdığı görülmüş, ancak bu artış önemsiz bulunmuştur.

Karışımların ise kontrole göre çim bitkisi veriminin artırdığı ve bu artışların $\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$ ve $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ 80 ve 120 t/da düzeylerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu görülmüştür.

İki yıllık verilere göre, çim bitkisi taze ağırlık veriminin kontrole göre, arıtma çamurunda 3.32 kat, ahır gübresinin 1.44 kat, $\frac{1}{4}A\dot{C}+\frac{3}{4}AG$ uygulamasında 1.50 kat, $\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$ uygulamasının 2.17 kat ve $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ uygulamasında ise 2.40 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Arıtma çamurunun ahır gübresine göre çim bitkisi verimini 2.30 kat daha fazla artırdığı görülmüştür. İki yıllık verilere göre çim bitkisi verimi sıralaması; arıtma çamuru > $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ > $\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$ > $\frac{1}{4}A\dot{C}+\frac{3}{4}AG$ > ahır gübresi > kontrol şeklinde olmuştur.

Bilgin ve ark. (2003), kentsel arıtma çamurunu kullandıkları bir denemede; kontrolde 134 kg/da, 2 ve

4 ton/da arıtma çamuru uygulamalarında sırasıyla 359 ve 380 kg/da buğday verimi elde etmişlerdir. Chatha ve ark. (2002), çalışmalarında kontrol, 2.5 ton/da arıtma çamuru ve 2.5 ton/da ahır gübresi uygulanan toprakta yetiştirdikleri buğdayda elde edilen verimleri sırasıyla 155.6, 226.7 ve 175.6 kg/da olarak bulmuşlardır.

TARTIŞMA

Denemede kullanılan arıtma çamurunda; pH hafif asit reaksiyonlu, tuzluluk oranı yüksek, organik madde miktarı çok yüksek, N, P ve K içerikleri ise orta seviyede tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen iki yıllık ortalama değerlere göre, sadece arıtma çamurunun 120 ton/ha düzeyinde uygulanan parsellerden Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli azot miktarının (% 2.75 -3.5)) % 2.86 değeri ile sağlandığı görülmüştür (Tablo 2). Diğer uygulamalarda azot içeriğinin yeterli düzeyin altında oluşu, 2. yılda toprağa herhangi bir organik madde ilavesi yapılmamış olmasıyla ve arıtma çamurunun C/N düşük olması ile açıklanabilir. Öte yandan, çim bitkisi toplam azot değerlerinin, Hall ve Miller (1974) ile Cuhna (1987) nin, arıtma çamuru ile yapmış oldukları çalışmalardan elde ettikleri sonuçlara (% 2.94-4.24 ve % 2.3) benzerlik göstermektedir. İki yıllık deneme sonunda çim bitkisinin fosfor içeriği ortalama % 0.36-0.56 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerden, Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli fosfor içeriğinin (% 0.1-0.4) sağlandığı anlaşılmaktadır (Tablo 2). Çim bitkilerinin kullandığı fosfor miktarı azot ve potasyumdan daha azdır. Vejetatif gelişme dönemlerinde bitkilerin optimum fosfor içerikleri genelde % 0.3-0.5 arasında değişir. (Açıkgöz, 1994). Bu çalışmada elde edilen çim bitkisi fosfor değerlerinin benzer çalışma sonuçlarına paralel olduğu görülmüştür. Cuhna (1987) dört yıllık bir arıtma çamuru uygulamasında çim bitkisinde fosfor içeriğini % 0.39 olarak tespit etmiştir. Tasi (2004) çim bitkisi üzerinde yaptığı bir çalışmada, kontrol uygulamasında çim bitkisinde fosfor içeriğini % 0.21, ahır gübresi uygulamasında ise % 0.32 olarak belirlemiştir. Diğer taraftan deneme sonunda çim bitkisinin K kapsamının yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Nitekim, Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli potasyum içeriğinin (% 1.0-2.50), bu çalışmada kontrol dahil tüm uygulama düzeylerinde % 3.07-3.86 aralığı ile sağlandığı görülmüştür (Tablo 2). Cuhna (1987), dört yıllık bir arıtma çamuru uygulamasında çim bitkisinde potasyum içeriğini % 3.2 olarak tespit etmiştir. Tasi (2004), çim bitkisi üzerinde yaptığı bir çalışmada ise, kontrol uygulamasında potasyum içeriğini % 1.24, ahır gübresi uygulamasında ise % 1.90 olarak belirlemiştir.

Çim bitkisinde kalsiyum içeriği, büyük ölçüde çim bitkisi çeşidine ve zamana bağlı olarak değişmektedir (Bennett 1996). Kalsiyum, bitki dokularında azot ve potasyumdan sonra en fazla bulunan (% 0.2-3.0) bitki besin maddesidir. Genel olarak bazik ve nötral yapı-

daki topraklarda ve bol kalsiyum bulunan alanlarda noksanlığına pek rastlanmaz. Buna karşılık kaba yapılı ve yıkanmış topraklarda kalsiyum eksikliği görülür (Açıkgöz 1994). Cuhna (1987), dört yıllık bir arıtma çamuru uygulamasında çim bitkisinde kalsiyum içeriğini; 6200 mg/kg olarak tespit etmiştir. Tasi (2004), çim bitkisi üzerinde yaptığı bir çalışmada; kontrol uygulamasında kalsiyum içeriğini 4453 mg/kg, ahır gübresi uygulamasında ise 3470 mg/kg olarak belirlemiştir. Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli kalsiyum içeriğinin (5000-12000 mg/kg), bu çalışmada kontrol dahil tüm uygulama düzeylerinde 6449-7521 mg/kg aralığı ile sağlandığı görülmüştür (Tablo 2).

Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli magnezyum içeriğinin (2000-6000 mg/kg), bu çalışmada kontrol dahil tüm uygulama düzeylerinde 3571-4260 mg/kg aralığı ile sağlandığı görülmüştür. Tüm bitki dokularında normal şartlar altında % 0.2-1.2 arasında magnezyum bulunur. Çim bitkileri çok fazla miktarda magnezyuma ihtiyaç göstermez. Magnezyum eksikliği de nadiren görülür (Açıkgöz, 1994). Cuhna (1987), dört yıllık bir arıtma çamuru uygulamasında çim bitkisinde magnezyum içeriğini 2600 mg/kg olarak tespit etmiştir. Tasi (2004), çim bitkisi üzerinde yaptığı bir çalışmada; kontrol uygulamasında magnezyum içeriğini 1132 mg/kg, ahır gübresi uygulamasında ise 1240 mg/kg olarak tespit etmiştir.

Deneme sonunda çim bitkisinin Mn,Zn ve Cu kapsamaları yeterli seviyede ve toksik seviyelerin altındadır. Nitekim, Bennett (1996) tarafından bildirilen bitkiler için yeterli mangan içeriğinin (20-300 ppm), bu çalışmada kontrol dahil tüm uygulama düzeylerinde 206-290 mg/kg aralığı ile sağlandığı ve bu değerlerin bitkiler için bildirilen mangan toksik değerinin (>300 ppm) altında kaldığı görülmüştür.

Öte yandan, Çim bitkisinin Zn içeriği ise, Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisinde yeterli çinko içeriğine (22-30 ppm) göre; kontrol (19.2 mg/kg) ve ahır gübresinin 40 t/ha düzeyinde (21.8 mg/kg) çinko eksikliği, diğer uygulamalarda ise çinko içeriklerinin yeterli düzeyde (24.9-34.3 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen değerlerinin, Bennett (1996) tarafından bildirilen bitkiler için çinko toksik sınır değerinin (>400 mg/kg) oldukça altında olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, elde edilen bu sonuçlar Cuhna (1987), Nyamangara ve Mzezewa (1999), ve Madyiwa ve ark. (2002) arıtma çamuru uygulamasından elde ettikleri sonuçlara benzer olarak bulunmuştur.

Jones (1980) tarafından bildirilen çim bitkisi için yeterli bakır içeriğinin (5-20 ppm), bu çalışmada kontrol dahil tüm uygulama düzeylerinde 7.2-10.5 mg/kg aralığı ile sağlandığı ve bu değerlerin bitkiler için bakır toksik değerinin (>20 ppm) altında kaldığı görülmüştür. Elde edilen çim bitkisi bakır değerlerinin benzer çalışma sonuçlarına paralel olduğu görülmüştür. Cuhna (1987), dört yıllık bir arıtma çamuru uygu-

lamasında çim bitkisinde bakır içeriğini 9 mg /kg olarak tespit etmiştir. Madyiwa ve ark. (2002), arıtma çamuru uygulanmış toprakta yetişen çim bitkisinde bakır içeriğini 34-45 mg/kg olarak tespit etmişlerdir

Elde edilen çim bitkisi kurşun değerlerinin benzer çalışma sonuçlarına paralel olduğu görülmüştür. Madyiwa ve ark. (2002), arıtma çamurlarının uygulandığı bir toprakta yetişen çim bitkilerinde kurşun içeriğini 1.0-1.5 mg/kg tespit etmişlerdir. Chimbari ve ark. (2001), atıksu ile sulanan çim bitkilerinde kurşun içeriğini 0.5-1.5 mg/kg değerleri arasında, ortalama ise 1.07 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Elde edilen çim bitkisi kurşun değerlerinin benzer çalışma sonuçlarına paralel olduğu görülmüştür. Madyiwa ve ark. (2002), arıtma çamurlarının uygulandığı bir toprakta yetişen çim bitkilerinde kurşun içeriğini 1.0-1.5 mg/kg tespit etmişlerdir. Chimbari ve ark. (2001), atıksu ile sulanan çim bitkilerinde kurşun içeriğini 0.5-1.5 mg/kg değerleri arasında, ortalama olarak ise 1.07 mg/kg tespit etmişlerdir.

Elde edilen iki yıllık sonuçlara göre; arıtma çamurunun kontrole kıyasla çim bitkisinin ortalama olarak N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu ve Pb içeriklerini artırdığı, N, K, Mg ve Zn içeriklerindeki artışların ise istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan arıtma çamurunun kontrole göre çim bitkisi Mn içeriğinde düşüşe neden olduğu görülmüştür. Arıtma çamurunun ahır gübresine kıyasla, çim bitkisi N, K, Zn ve Cu içeriklerini artırdığı, N, K ve Zn içeriklerindeki artışların ise önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmüştür. Bu durum, çim bitkileri için arıtma çamurunun ahır gübresine kıyasla N, K ve Zn açısından daha verimli bir organik materyal olabileceğini ortaya koymaktadır. Buna karşın arıtma çamurunun ahır gübresine göre çim bitkisi Mn içeriğinde düşüşe neden olduğu görülmüştür. Bu durum arıtma çamuruna göre ahır gübresindeki yüksek Mn içeriği ile açıklanabilir.

Arıtma çamuru ve ahır gübresi uygulamalarıyla elde edilen çim bitkisi P, Ca ve Mg içerikleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Çim bitkisi Cd içerikleri ise, ölçülemeyecek kadar az olduğu için yapılan analizlerde belirlenmemiştir.

Bu çalışma ile arıtma çamurunun kontrol ve ahır gübresine göre, çim bitkisi üzerinde hem bazı makro ve mikro besin elementleri (N, K, Zn ve Cu) açısından, hem de bitki verimi açısından olumlu etkilerde bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, arıtma çamurunun artan uygulama düzeylerine (40-120 t/ha) rağmen çim bitkisi ağır metal düzeylerinde kısa vadede bir olumsuzluk göstermeyeceği söylenebilir. Nitekim kontrol uygulamasında çim bitkisinde görülen çinko eksikliğinin, arıtma çamurunun tüm düzeylerinde (40, 80 ve 120 t/ha) giderildiği görülmüştür. Ayrıca Cuhna (1987), Chatha ve ark. (2002), Tasi (2004) ve Bilgin ve ark. (2003), gibi birçok araştırmacı da, arıtma çamurunun bitki besin maddeleri ve bitki gelişimi üzerine olumlu etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Arıtma çamurunun, kontrol ve ahır gübresine kıyasla çim bitkisi verimini artırdığı ve bu artışların istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.01$) tespit edilmiştir. Yine $\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$ 80 ve 120 t/ha ile $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ 120 t/ha düzeylerinin kontrol ve ahır gübresine göre çim bitkisi verimini artırmada önemli ($p<0.01$) etkide buldukları görülmüştür.

Sonuç olarak, evsel karakterli arıtma çamurlarının organik madde ve besin içeriği açısından olumlu etkileri nedeniyle, ahır gübresine alternatif olarak veya ahır gübresi ile $\frac{1}{2}A\dot{C}+\frac{1}{2}AG$ veya $\frac{3}{4}A\dot{C}+\frac{1}{4}AG$ oranlarında karıştırılarak yeşil alanlarda veya rekreasyon alanlarında ve verimsiz topraklarda fiziksel ıslah amaçlı ve bitkiler için gübre olarak kullanılabilirliği önerilmektedir. Ancak sürdürülebilir toprak ve bitki verimi açısından, arıtma çamurlarının (evsel arıtma çamuru da olsa) özellikle tarım alanlarında yinelemeli ve uzun süreli uygulamalarında ağır metal yönünden toprak ve bitki üzerindeki etkileri araştırılarak dikkatli kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim.,1994.Land Application of Biosolids. Process Design Manual U.S. EPA Cincinnati, Ohio.
- Anonim., 2005.Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, 31.05.2005-25831.
- Açıkgöz, E. 1994. Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. Çevre Peyzaj Mimarlığı Yay. No: 4, Bursa.
- Allison, L.E. ve Moodie C.D., 1965. Carbonate. In: Methods of Soil Analysis, Part I, (ed C.A. Black), pp. 1379-1396. A. Soc. of Ag., Madison, WI. Wisconsin, USA
- Aşık,B.B ve Katkat,V.,2007.Gıda sanayi arıtma tesisi atığının (arıtma çamuru) tarımsal alanlarda kullanım olanakları. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg. 18(2):59-71.
- Bayraklı.,1987.Toprak ve Bitki Analizleri. 19 Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 17, Samsun.
- Bennett,W.F.,1996. Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota.
- Bilgin,N.,Eyüboğlu, H., Üstün, H. ve Tomul, F.,2003.İkinci kademe arıtım yapan kentsel nitelikli atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Bouyoucos,G.J.,1951,Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43: 434-438.
- Chatha, T.H.,Hayat, R. and Latif, I.,2002. Influence of sewage sludge and organic manures application on wheat yield and metal availability. Asian Journal of Plant Sciences, Vol. 1, (2) : 79-81.
- Chiary,M.,Madyiwa,S.,Musesengwa,R.,2001.Pollution implications of disposing wastewater in pasture lands: a focus on heavy metals. 2nd WARFSA/Water Net Symposium: Integrated Water Resources Management: Theory, Practise, Cases; Cape Town.
- Çimrin,M.K.,Bozkur,A.M.,Erdal.İ.,2000.Kentsel arıtma çamurunun tarımda fosfor kaynağı olarak kullanılması.Yüzüncü Yıl Üniv.Zir.Fak.Tarım Bilimleri Derg.10 (1):85-90.
- Cuhna, T.J.,1987.Salt and trace minerals for livestock, poultry and other animals. Salt institute, 206 N. Washington St., Alexandria, VA 22314.
- Düzgünes, O., Kesici, T., Kavuncu, O.ve Gürbüz, F.,1984. Araştırma ve Deneme Metotları, A. Ü. Ziraat Fak. Yayın No: 1021, Ders Kitabı No: 295, Ankara.
- Filibeli,A.,2005.Arıtma Çamurlarının İşlenmesi. D.E.Ü.Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi. İzmir. Sayfa: 222.
- Hall, J.R. and Miller, R.W.1974.Effect of phosphorus, season and method of sampling on foliar analysis of Kentucky bluegrass. Pages: 155-171. 1973 Proc. Int. Turfgrass Res. Conf. 2nd. E.C. Roberts, ed. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, WI.
- Houba, V.J.G.,Van der Lee, J.J., Navozomsky,I.and Walinga I.,1989.Soil and Plant Analysis, Part 5, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- İşgenç, M.F. ve Kınay, E.H., 2005. Türkiye’de arıtma çamurları. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu-AÇS2005 Bildiriler Kitabı, s: 519- 528, İzmir.
- Jackson, M.,1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs,New Jersey.
- Jackson, M. L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. 183. New York.
- Johnson, C.M. and Ulrich, A. 1959.Analytical methods for use in plant analysis. II. California Agri. Exp. Sta. Bull., 766.
- Jones, J.R., 1980. Turf Analysis. Golf Course Manage. 48(1):29-32.
- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe Mn and Cu. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 421-428.
- Madyiwa, S., Chimbari, M., Nyamangara, J., Bangira, C., 2002. Phyto-Extraction Capacity of *Cynodon nlemfuensis* (Star Grass) at Artificially Elevated Concentrations of Pb and Cd in Sandy Soils under Greenhouse conditions. 3rd WaterNet/Warfsa Symposium “Water Demand Management for Sustainable Development”, Dar es Salam.
- Marx, E.S., J. Hart and R.G. Stevens. 1996, reprinted 1997.Soil test interpretation guide, EC 1478 (Oregon State University, Corvallis, OR).
- Nyamangara, J. and Mzezewa, J. 1999. The effect of long term sewage sludge application on Zn, Cu, Ni and Pb levels in a clay loam soil under pasture

- grass in Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73, 199-204.
- Olsen, S.V., Cole, F.S. Watanable and Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Dept. of Agr. Cir. 939. Washington, D.C.
- Richard, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. Handbook: 60, U.S. Dept. of Agriculture
- Sommer, L.E. 1977. Chemical Composition of Sewage Sludges and Analysis of Their Potential as Fertilizers. *J. Environ. Quality*, 6: 225-239.
- Steffen, H., 1995. Evsel Atık su Nitelikli Arıtma Tesisleri Atıklarının İşlenmesine Ait Tasarılar. Su ve Atık sular Ekonomisi Sempozyumu, Ankara.
- Tasi, J. 2004. Macroelement, microelement and heavy metal content of grass species and dicotyledons. EGF Luzern, Svájc. Proceedings Volume 9. Szerk. Lüscher A., B. Jeangros, W. Kesler, O. Huguenin, M. Lobsiger, N. Millar, D. Suter. 1002-1005.
- Uyanöz, R., Çetin, Ü., Karaarslan, E. 2004. Çeşitli organik materyallerin buğday bitkisinin mineral madde alımı üzerine etkisi. *Selcuk Üniv. Zir. Fak. Derg.* 18(34):20-27.