

EVSEL NİTELİKLİ ARITMA ÇAMURLARININ BİTKİ BESİN DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE AZOT FORMLARININ ÖNEMİ

*F. Olcay TOPAÇ**
*Hüseyin S. BAŞKAYA**

Özet: Bu araştırmada, evsel nitelikli arıtma çamurlarının bitki besin düzeyleri incelenmiştir. Bu amaca yönelik olarak altı farklı kaynaktan alınan evsel nitelikli arıtma çamurlarında serbest+değişebilir potasyum, bitkiye yararlı fosfor, toplam azot ve farklı mikrobiyal ayrışma direncine (yarayışlılık derecesine) sahip önemli organik azot fraksiyonları belirlenmiştir. Elde edilen bulgular çamur örneklerinin azot içeriği (%3,5 ila %6,2) yönünden topraklara önemli gübre etkisi yapabileceğini göstermiştir. Öte yandan, incelenen çamurların araziye uygulanması ile potasyum ve fosfor içeriği bakımından toprağa küçük bir katkı sağlanabilecektir. Araştırma sonuçları, arıtma çamurlarının azotlu gübre değerinin değerlendirilmesi için sadece toplam azot içeriğinin belirlenmesinin yeterli kriter olmayacağını da ortaya koymaktadır. Kısa ve uzun vadede yararlı formlara dönüşebilecek organik azotu ifade eden hidroliz olabilir (HO) toplam organik azot konsantrasyonlarının çamurdan çamura farklılık gösterdiği ve bu fraksiyonun çamurdaki toplam azotun %66 ila %81'ini oluşturduğu tespit edilmiştir. İncelenen çamurlardaki HO organik azotu oluşturan fraksiyonlar, HO toplam organik azot içindeki oranları itibarıyla, "amid azotu > tanımlanmayan azot > α -amino azotu > heksozamin azotu" şeklinde sıralanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Arıtma Çamuru, Toplam Azot, Hidroliz Olabilir Organik Azot, Fosfor, Potasyum.

Importance of Nitrogen Forms in the Evaluation of Plant Nutrient Levels of Domestic Sludges

Abstract: In this research, the nutrient levels of wastewater sludges originated from domestic sources were investigated. For this purpose, free+exchangeable potassium, plant available phosphorus, total nitrogen and organic nitrogen fractions having different microbial degradation persistences were determined in six domestic wastewater sludge samples which were taken from different wastewater treatment plants. The results of the study showed that the examined sludges had apparent fertilizer capacities with respect to nitrogen content (3.5% to 6.2%). On the other hand, land application of examined sludges could make only a little contribution to soil with respect to phosphorus and potassium. The findings of the study also demonstrated that the determination of total nitrogen was not adequate for the evaluation of nitrogen fertilizer value of sludges in many circumstances. It was found that the hydrolysable total organic nitrogen concentrations were different for each sludge sample and the percentages of this fraction in total nitrogen varied between 66% to 81%. The magnitude of hydrolysable organic fractions was found to be as amide nitrogen > undefined nitrogen > α -amino nitrogen > heksozamine nitrogen with respect to ratios in hydrolysable total organic nitrogen.

Key Words: Wastewater Sludge, Total Nitrogen, Hydrolysable Organic Nitrogen, Phosphorus, Potassium.

1. GİRİŞ

Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurlar arıtmanın çeşitli kademelerinde işlem gördükten sonra uygun yöntemlerle bertaraf edilmelidirler. Çamur bertarafı konusunda uzun yıllardan beri çeşitli yöntemler denenmiş ve çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Bu yöntemler arasında arıtma çamurlarının toprağa verilerek bertarafı ekonomiye katkısı bakımından üzerinde önemle durulan bertaraf tekniklerinden birisidir. Ağır metal, patojen mikroorganizma ve sentetik organik kimyasalları içerebilmelerinden dolayı, arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda kullanılabilmesi kapsamında hijyenik ve çevresel

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

etkilerinin daima değerlendirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde 10 Aralık 2001 tarih ve 24609 sayılı resmi gazetede yayınlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nin üçüncü bölümü, ham çamur, işlenmiş arıtma çamuru ve kompostun toprakta kullanılmasına ilişkin sınırlamalar getirmektedir. Bu yönetmelikte kirletici limit değerleri ve atıksuların işlenmesi sonucu oluşan çamurların uzaklaştırma ve kullanım esaslarına yer verilmiştir (Anonim, 2001). Arıtma çamurlarının gerek toprak düzenleyici gerekse gübre olarak değerlendirilmesinde göz önünde tutulması gereken en önemli husus, toprakların doğal yapıları ve bitkisel üretime olumsuz etkilerde bulunmaması olmalıdır. Organik gübre ve toprak düzenleyici olarak uygun özellikler taşıyan yani ağır metal, patojen mikroorganizma ve sentetik organik kimyasal içerikleri bakımından çevresel bir risk oluşturmayan arıtma çamurlarının tarımda kullanılmaları ile hem çamur bertarafı gerçekleştirilmekte hem de tarımsal üretimde ekonomik kazanç sağlanabilmektedir (Towers ve Horne, 1997; Ayuso ve diğ. 1996).

Arıtma çamurlarının topraklara verilebilmesi için sahip olmaları gereken özellikler üzerinde çok sayıda araştırma yürütülmüş olmakla birlikte uygulama sonuçlarını ciddi düzeyde etkileyebilecek bazı detay konularda henüz yeterince bilgi ortaya konulmadığı dikkati çekmektedir. Yapılan çalışmalar daha ziyade bitkiye yarayışlılık, amonyak volatilizasyonu ve nitrat sızması konularında etkili olan amonyum ve ürik asit gibi kolay yarayışlı formlar üzerinde odaklanmıştır (Unwin ve diğ., 1991; Adamsen ve Sabey, 1987). Arıtma çamurlarının toplam azot ve inorganik azot konsantrasyonlarının belirlenerek, bu değer üzerinden azotlu gübre değeri hakkında yorumda bulunmak çoğu kez yanıltıcı sonuçlar doğurmaktadır. Zira arıtma çamurlarında bulunan toplam azotun %50 ila %90'ı, bitkiye yarayışlılığı mineral formlara göre daha yavaş olan organik formdadır (USEPA, 1996). Organik azotu oluşturan formların bilinerek uzun ve kısa dönemde yarayışlı hale geçebilecek azot miktarının tahmin edilmesi, arıtma çamurlarının, nitrat sızması ve denitrifikasyon kayıplarına neden olmayacak oranlarda toprağa uygulanması açısından şüphesiz çok önemlidir.

Bu araştırma arıtma çamurlarının bitkisel üretime katkısı açısından önemli parametrelerden olan azot, fosfor ve potasyum değerlerinin irdelenmesine katkıda bulunmak amacıyla yürütülmüştür. Toplam azotu oluşturan ve farklı mikrobiyal ayrışma direncine (yarayışlılık derecesine) sahip önemli azot fraksiyonları (Hidrolyz olabilir-HO toplam azot, HO amid azotu, HO heksozamin azotu, HO α -amino azotu, HO tanımlanmamış azot, nitrat azotu ve amonyum azotu) evsel nitelikli altı arıtma çamurunda belirlenmiştir. Fosfor, potasyum ve azot fraksiyonlarına ait belirlenen konsantrasyonlar irdelenerek, analizi yapılan arıtma çamurlarının bitki besin düzeyleri tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Arıtma çamuru örnekleri altı farklı endüstriye ait atıksu arıtma tesislerinden temin edilmiştir. Örneklerden dördü (E1, E2, E3 ve E4) evsel nitelikli atıksuların aktif çamur sistemiyle arıtıldığı arıtma tesislerinden alınırken, iki tanesi (G1 ve G2) evsel nitelikli atıksuların ve sebze-meyve işleme sularının aktif çamur sistemiyle beraber arıtıldığı arıtma tesislerinden alınmıştır. Kimyasal yoğunlaştırmanın ardından filtreprese verilen son çökeltim çamurları, %22 ila %28 oranında katı madde içermektedir. Suyu alınmış çamur örnekleri polietilen torbalara konarak laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvar ortamında hava kurusu hale gelen örnekler ezilerek 2 mm'lik eleklerden elenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir.

2.2. Metot

Çamur örnekleri nötr 1N amonyum asetat çözeltisiyle ekstrakte edilmiş ve ekstraktlardaki serbest+değişebilir potasyum konsantrasyonu alev fotometresi ile ölçülmüştür (Knudsen ve diğ., 1982). Bitkiye yarayışlı fosfor konsantrasyonlarının belirlenmesi için örnekler 0,5M sodyum bikarbonat çözeltisiyle ekstrakte edilmiş ve ekstrakta geçen fosfor, askorbik asit metoduna göre belirlenmiştir (APHA, 1998). Amonyum ve nitrat azotu konsantrasyonlarının belirlenmesi için örnekler 2M KCl ile ekstrakte edilmiş, ekstraktlardaki konsantrasyonlar MgO ve Devarda alaşımı kullanmak suretiyle su buharı destilasyonu ve titrasyon yoluyla ölçülmüştür (Keeney ve Nelson, 1982). Örneklerin toplam azot içerikleri Kjeldahl yaş yakma yöntemiyle tayin edilmiştir (Bremner ve Mulvaney, 1982). Hidroliz olabilir toplam organik azotun belirlenmesi için örneklerin asit hidrolizleri geri akışlı soğutucu altında 6N HCl ile ve 12 saat süre ile yapılmıştır. Hidroliz Olabilir (HO) toplam N, HO amid (Amonyum) N,

HO heksozamin N ve HO α -amino N analizleri Bremner (1965) ve Başkaya (1975) tarafından açıklanan yöntemlerle yürütülmüştür. Tüm analizler üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Aritma çamuru örneklerinde belirlenen potasyum, fosfor ve azot formlarına ilişkin konsantrasyon değerleri Tablo I'de verilmiştir.

Analizi yapılan çamur örneklerinde belirlenen serbest+değişebilir potasyum formuna ait konsantrasyon değerleri incelendiğinde E3 arıtma çamurunun 882 mg/kg kuru çamur konsantrasyonuyla en yüksek değeri gösterdiği görülmektedir. İncelenen arıtma çamurlarındaki en düşük potasyum konsantrasyonu ise 182 mg/kg kuru çamur ile E2 evsel arıtma çamurunda belirlenmiştir. Literatürde farklı arıtma çamurlarına ait tipik potasyum konsantrasyonlarının arıtma çamurunun orijinine bağlı olarak %0,20 ila %1,24 arasında değiştiği bildirilmiştir (Tchobanoglous ve Burton, 1991; Vesilind, 1979). Çalışmada incelenen çamur örneklerinde belirlenen potasyum değerleri (~%0,02 ila ~%0,08) genellikle bu sınırların altında yer almaktadır. Zira bu çalışmada arıtma çamurlarının bitki besin elementi düzeylerinin belirlenmesi amaçlandığından, çamurdaki toplam potasyum değil, bitkilere yararlılığı yüksek olan serbest ve değişebilir potasyum miktarları tayin edilmiştir. Potasyum bitkilere yararlılık durumlarına göre, mineraller şeklinde, fikse edilmiş ya da güç yararlanılabilir değişemez şekilde, değişebilir şekilde ve suda çözülmüş şekilde olmak üzere 4 grup altında toplanabilir. Bu dört grup potasyum arasında yavaş ve hızlı olmak üzere sürekli değişim ve dönüşüm gerçekleşir. Bitkiler potasyumu genelde, potasyum iyonu şeklinde toprak çözeltisinden alırlar. Genelde toprak ortamında toplam potasyumun %1'inden azı değişebilir potasyum şeklindedir (Ünal ve Başkaya, 1981).

Tablo I'deki yarıyıllı fosfor konsantrasyonlarına ait değerler incelendiğinde ise, G1 numaralı gıda endüstrisi kaynaklı arıtma çamurunun 810 mg/kg kuru çamur konsantrasyonuyla en yüksek değeri gösterdiği görülmektedir. Diğer çamurlardaki bitkiye yararlı fosfor konsantrasyonları 114 ila 245 mg/kg arasında değişmektedir. Doğal sularda ve atıksularda fosfor genellikle fosfatlar halinde bulunur. Bunlar orto fosfatlar, kondanse fosfatlar ve organik bağlı fosfatlardır. Bu fosfat formları, deterjanlar, zirai gübreler, insan dışkıları ve gıda atıkları gibi çeşitli kaynaklardan gelmektedir. Dolayısıyla atıksu arıtma tesislerinde atık olarak meydana gelen arıtma çamurlarında doğal olarak fazla miktarda fosforlu maddeler bulunmaktadır. Örneğin çürütülmüş çamurlarda yaklaşık %1 kadar toplam fosfor artığı kaldığı belirlenmiştir (Şengül ve Müezzinoğlu, 1997). Bu nedenle, arıtma çamurlarının fosfor açısından belli bir gübre değeri taşıdığı ortadadır.

Tablo I.

Arıtma çamurlarındaki bazı bitki besin elementi konsantrasyonlarına ilişkin ortalama değerler

PARAMETRE*	ARITMA ÇAMURU ÖRNEKLERİ					
	E1	E2	E3	E4	G1	G2
Potasyum (serbest+değişebilir)	602	182	882	205	815	209
Fosfor (bitkiye yararlı)	130	114	196	118	810	245
Toplam azot	52504	35162	62726	34515	62095	62133
Amonyum azotu	1564	287	1384	320	676	1187
Nitrat azotu	129	254	198	215	604	323
Hidroliz olabilir (HO) toplam organik azot	34520	24274	43538	28102	43104	47619
HO-amid azotu	16254	8910	16210	9900	15840	14872
HO-heksozamin azotu	1220	617	1364	972	3549	2677
HO- α amino asidi azotu	6669	7481	12411	6581	5050	9471
HO-tanımlanmamış azot	10377	7266	13553	10649	18665	20599

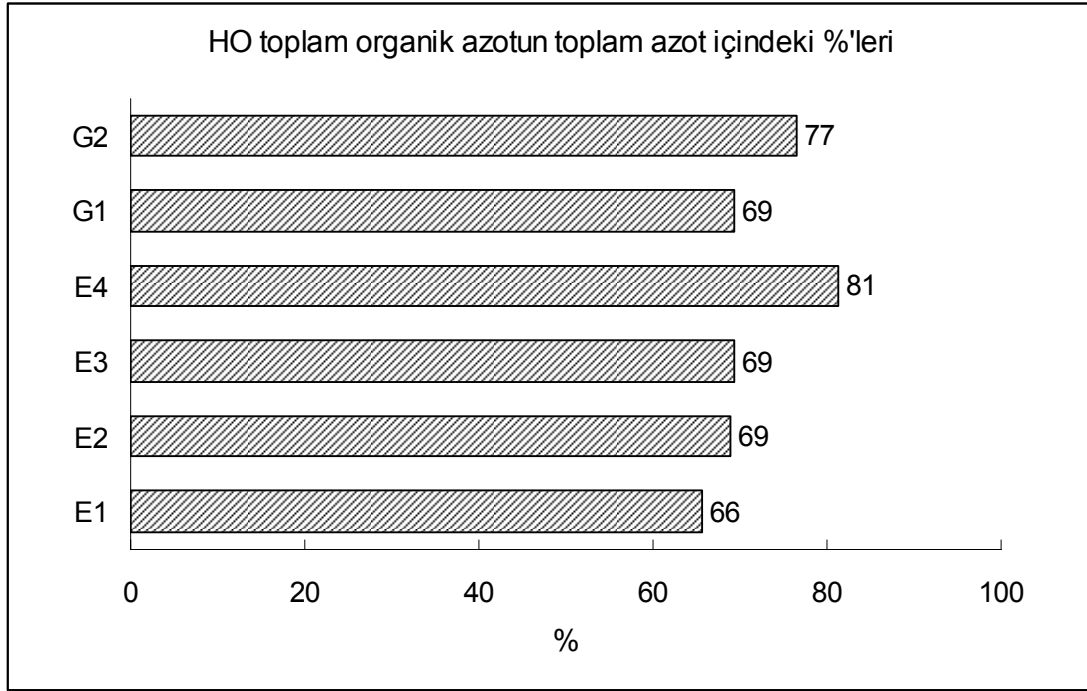
* mg/kg kuru çamur

Arıtma çamurlarının bitki besin elementi düzeylerinin belirlenerek çamurun gübre olarak kullanılabilirliğindeki potansiyelin araştırılmasında, kuşkusuz çamurdaki azot miktarı önemli rol oynamaktadır. Tablo I'den görüldüğü gibi analizi yapılan arıtma çamurlarında 34515 mg/kg kuru çamur (E4) ile 62726 mg/kg kuru çamur (E3) arasında değişen konsantrasyonlarda toplam azot belirlenmiştir. Çamur örneklerinde belirlenen bu konsantrasyonlar literatür değerleri ile de uyum göstermektedir (Adegbidi and Briggs, 2003; Navas et al., 1998; Taşatar, 1997). Analizi yapılan çamur örneklerinde yarayırlılığı yüksek amonyum azotu konsantrasyonu 287 ila 1564 mg/kg kuru çamur arasında değişirken, nitrat azotu konsantrasyonu 129 ila 604 mg/kg kuru çamur arasında değişmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi arıtma çamurlarında bulunan toplam azotun çok küçük bir kısmı yarayırlı yani bitkiler tarafından hemen kullanılabilir durumdadır. Çamur içeriğindeki azot büyük ölçüde organik kökenlidir. Bu nedenle, arıtma çamurlarının araziye uygulanması planlandığında, çamurun mineral azot içeriğinden çok mevcut organik azotun ne oranda mineralize olacağı önem kazanmaktadır. Çamurdaki organik azotun mineralizasyonunda mikrobiyal aktivite, toprak tekstürü, sıcaklık, yağış gibi pek çok faktör etkili olmakla birlikte (Serna ve Pomares, 1992; Hernandez ve diğ., 2002), arazi uygulamalarında, uzun vadede yararlanılabilir azot miktarının tahmininde kuvvetli asit ile hidroliz olabilme yüzdelilerinin bir kriter oluşturabileceği literatürden bilinmektedir (Higgins ve diğ., 2005; Xu ve diğ., 2003).

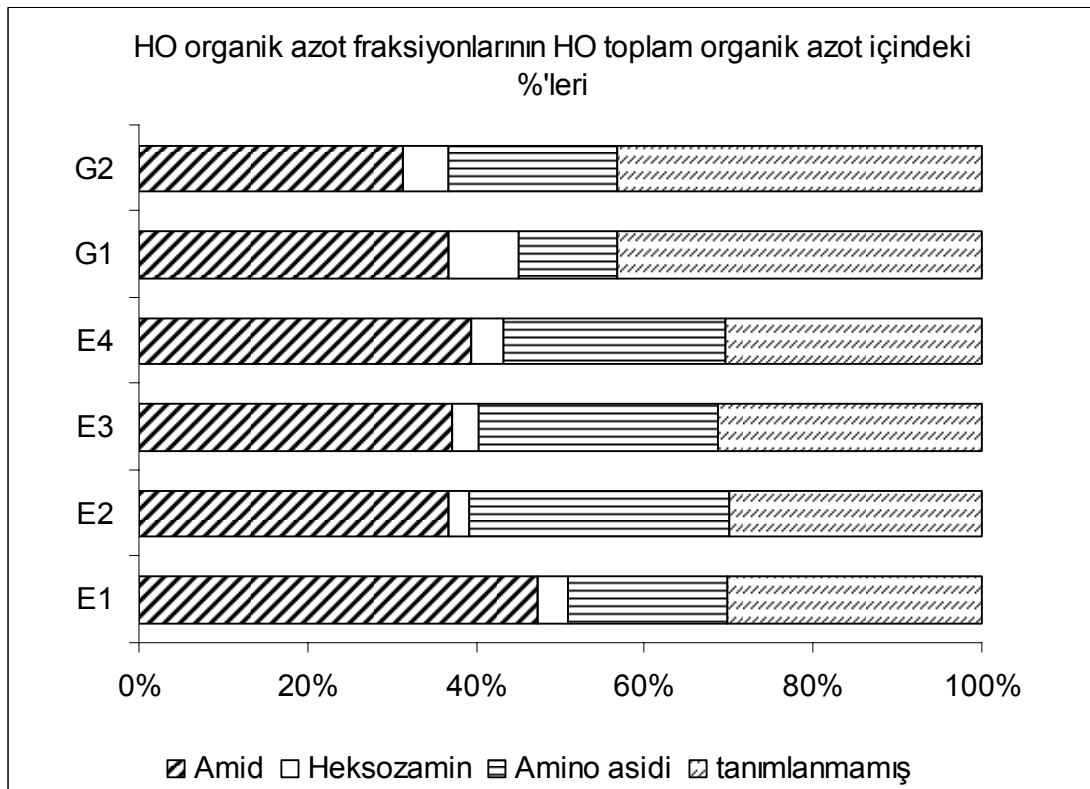
12 saat süren kuvvetli asit hidrolizi sonucunda hidroliz ekstraktına geçen azotun (HO-toplam organik azot), toplam azot içerisindeki yüzdelere bakıldığında, hidroliz olabilme yüzdelilerinin %66 ila %81 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 1). Birbirine yakın toplam azot konsantrasyonlarına sahip G1 (62095 mg/kg kuru çamur) ve G2 (62133 mg/kg kuru çamur) çamur örnekleri hidroliz olabilme yüzdeleri yönünden incelendiğinde, G1 çamurunun %69, G2 çamurunun ise %77 oranında hidroliz olabildiği görülmektedir. Yaklaşık %6,2 oranında toplam azot içeren bu çamur örneklerinden G2 çamurunun daha yüksek oranda hidroliz olabilmesi dikkat çekmektedir. Bu bulgu, teorik olarak, söz konusu çamurdaki azotun daha fazla kısmının uzun vadede de olsa kolay parçalanabilen ve toprakta yaşayan canlılara yarayırlı olabilecek formlara dönüşebileceği izlenimini vermektedir. Aynı durum E2 ve E4 no'lu çamurlarda da görülmektedir. Yaklaşık olarak %3,5 toplam azot içeren E2 no'lu örnek %69 oranında hidroliz olurken, yaklaşık aynı düzeyde azot içeren E4 no'lu örnek %81,4 oranında hidroliz olmakta ve diğer çamura nazaran daha yarayırlı olduğu dikkati çekmektedir. Toprak organik maddesinin kuvvetli asitlerle hidrolizi sonucunda da toplam azotun genellikle %60 ila %85 arasında hidroliz olabildiği literatürden bilinmektedir (Başkaya, 1987).

HO azot fraksiyonlarının HO toplam organik N içerisindeki dağılımları ise Şekil 2'de görülmektedir. Analizi yapılan çamur örneklerindeki amid N fraksiyonunun HO toplam organik azot içindeki yüzdeleri %31 ila %47 arasında değişmektedir. Asid amidler (asparagin ve glutamin)den hidroliz esnasında ayrılan $-NH_2$ grupları ile serbest ve değişebilir NH_4^+ iyonlarından oluşan bu fraksiyonun yüksek bulunması azot yarayırlılığı bakımından olumlu bir bulgudur (Başkaya, 1987). Bu çalışmada hidroliz ekstraktına geçen serbest ve değişebilir NH_4^+ iyonlarına ait konsantrasyon değerleri toplam değerden çıkarılmış ve organik kökenli Amid-N konsantrasyonu esas alınmıştır.

Heksozamin azotu fraksiyonu gerek konsantrasyon, gerekse HO-toplam organik azot içerisindeki oranları itibarıyla, analizi yapılan 6 örnekte genellikle en küçük değerleri göstermektedir (Tablo I, Şekil 2). Arıtma çamurlarındaki heksozamin azotu konsantrasyonları HO toplam organik azotun %2,5 ila %8,2'sini oluşturmaktadır. Amino şekeri azotu da denenen heksozamin azotu toprak organik maddesi içinde de oldukça düşük (%5-12) oranlarda bulunmakta olup, bu fraksiyonun temel kaynağı glikozamin (kitin molekülünün yapı taşı) ve galaktozamin bileşikleridir. Amino şekerleri topraktaki farklı mikroorganizmalardan kaynaklanırlar ve topraktaki toplam organik maddeye olan mikrobiyal katkıyı ifade eden bir indikatör olarak değerlendirilebilirler (Zhang ve diğ., 1998; Solomon ve diğ., 2001). Heksozamin azotu fraksiyonunun küçük ama canlılara kolay yarayırlı olabilen bir fraksiyon olduğu bilinmektedir (Başkaya, 1987).



Şekil 1:
Arıtma çamurlarında belirlenen HO toplam organik azot yüzdeleri



Şekil 2:
Arıtma çamurlarındaki HO organik azot fraksiyonlarının dağılımı

α -amino azotu fraksiyonu büyük ölçüde proteinlere bağlı olan α -amino asitlerden oluşmaktadır. Bu fraksiyon toprak organik maddesinde toplam azotun en önemli ve en yüksek kısmını oluşturmaktadır. Topraktaki organik azotun yaklaşık olarak yarısını amino asit ve amino şekeri fraksiyonları oluşturmaktadır (Stevenson, 1986; Mengel, 1996). Analizi yapılan çamur örneklerinde ise gerek konsantrasyon, gerek HO toplam organik N içindeki yüzdeleri, gerekse toplam azot içindeki yüzdeleri itibarıyla genellikle üçüncü sırada yer almaktadır. Arıtma çamurlarındaki α -amino azotu konsantrasyonları HO toplam organik azotun %12 ila %31'ini oluşturmaktadır. Uzun dönem gübre uygulamasının topraktaki organik azot fraksiyonlarına etkilerinin incelendiği bir çalışmada en kolay mineralize olan organik azot bileşiklerinin amonyak azotu ve amino azotu olduğu bildirilmiştir (Qing ve diğ., 2004).

Hidroliz ekstraktı içinde belirlenen fraksiyonlardan daha önce sözü edilenler içerisinde yer almayan organik azot formlarının toplam konsantrasyonu, farktan hesaplanarak bulunmuş ve bu toplam HO tanımlanmayan azot olarak adlandırılmıştır. Bu fraksiyonu oluşturan bileşiklerin önemli bir bölümü α formunda olmayan amino asitlerdir (Baskaya, 1987). Çamur örneklerinde belirlenen tanımlanmayan N konsantrasyonları, HO toplam organik N içindeki yüzdeleri ve toplam azot içindeki yüzdeleri itibarıyla genellikle birinci ve ikinci sırada yer almaktadır.

Arıtma çamurlarındaki toplam azot, organik azot formları, fosfor, potasyum gibi besin elementlerinin incelenmesi, gübre olarak kullanım potansiyelinin ortaya konması için şüphesiz tek başına yeterli olmayacaktır. Çalışmada kullanılan arıtma çamurlarının evsel ve gıda endüstrisi kökenli olmaları normal şartlarda ağır metal ve organik kimyasal içerikleri açısından çevresel bir risk oluşturmayaacağı izlenimini verse de, çamurlardaki kirlenici konsantrasyonlarının belirlenmesi öncelik taşımaktadır. Ayrıca sözkonusu çamurların belli seviyede patojen mikroorganizma içerebilecekleri unutulmamalıdır. Tarım alanlarına verilmesi düşünülen arıtma çamurlarındaki patojenlerin kurutma, kireç stabilizasyonu, ısıtma işlemi, çürütme gibi proseslerle azaltılması hijyenik açıdan büyük önem taşımaktadır. Kirlenici konsantrasyonları açısından uygun özellikler taşıyan bitki besin elementlerince zengin arıtma çamurlarının gübre olarak kullanımında, toprağın tekstürel yapısı, geçirgenliği, bölgenin drenaj özellikleri, arazinin yer altı sularına olan uzaklığı gibi diğer pek çok faktör de göz önünde bulundurulmalıdır (USEPA, 1983).

4. SONUÇLAR

Evsel nitelikli gıda endüstrisi ve evsel arıtma çamurlarındaki bazı bitki besin elementi düzeylerinin belirlendiği araştırmaya ilişkin sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

1. Çalışma kapsamında incelenen arıtma çamurlarındaki serbest+değişebilir potasyum ve yarıyıllı fosfor konsantrasyonları sırasıyla %0,02-%0,08 ve %0,01-%0,08 arasında değişmektedir. Bu çamurların toprağa verilmesi halinde bitkisel üretime küçük de olsa bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir.
2. %3.4 ila %6.2 arasında toplam azot içeren gıda endüstrisi ve evsel arıtma çamurlarının belirgin bir azotlu gübre değeri taşıdığı tespit edilmiştir.
3. Çamur örneklerinin toplam azot ve organik azot fraksiyonları yönünden analizlenmesi neticesinde, arıtma çamurunun azotlu gübre değerinin belirlenmesinde toplam azot içeriğinin yalnız başına bir kriter olamayacağı açıkça görülmüştür.
4. Kısa ve uzun vadede yarıyıllı formlara dönüşebilecek organik azotu ifade eden HO toplam organik azot konsantrasyonları çamurdan çamura farklılık göstermektedir. Evsel nitelikli gıda endüstrisi ve evsel arıtma çamurlarındaki HO toplam organik azot fraksiyonu toplam azotun %66 ila %81'ini oluşturmaktadır. Diğer bir ifadeyle, arıtma çamuru toprağa uygulandığında, çamurdaki toplam azotun %19 ila %34'ü bitkiler tarafından uzun süre kullanılmayacak, muhtemelen ham humus formunda toprakta kalacaktır.
5. Çalışma sonuçları arıtma çamurlarındaki hidroliz olabilir organik azot fraksiyonlarının dağılımının da genel olarak benzer olduğunu göstermiştir. İncelenen çamurlarda %31 ila %47 değerleriyle amid azotu en yüksek orandaki fraksiyonu oluştururken, %2,5 ila %8,2 değerleriyle heksozamin azotu en düşük orandaki fraksiyonu oluşturmaktadır. Evsel nitelikli gıda endüstrisi ve evsel arıtma çamurlarındaki organik azot fraksiyonları, HO toplam organik azot içindeki oranları itibarıyla, "amid azotu > tanımlanmayan azot > α -amino azotu > heksozamin azotu" şeklinde sıralanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Adamsen, F. J. ve Sabey, B. R. (1987) Ammonia volatilization from liquid digested sewage sludge as affected by placement in the soil, *Soil Science Society of America Journal*, 51,1080–1082.
2. Adegbi, H. G. ve Briggs, R. D. (2003) Nitrogen mineralization of sewage sludge and composted poultry manure applied to willow in a greenhouse experiment, *Biomass and Bioenergy*, 25, 665-673.
3. Anonim (2001) *Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, 10 Aralık 2001 tarih ve 24609 sayılı Resmi Gazete.
4. APHA (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Water Work Association and Water Environment Federation, 20th ed., American Public Health Association, Washington, DC.
5. Ayuso, M., Hernández, T., García, C. ve Pascual, J. A. (1996) Biochemical and chemical structural characterization of different organic materials used as manures, *Bioresource Technology*, 57, 201–207.
6. Başkaya, H. S. (1975) Untersuchungen über die organischen stoffe in türkischen teeböden sowie deutschen basalt und lockerbraunerden, *Göttinger Bodenkundliche Berichte*, 37, 1-182.
7. Başkaya, H. S. (1987) Topraktaki organik azot bileşikleri, belirlenmeleri ve bitkilere yararlılıkları, *Doğa TU Kim. D.*, 11(1), 8-21.
8. Bremner, J. M. (1965) Organic forms of nitrogen, *Methods of Soil Analysis*, Part 2: Chemical and Microbiological Properties (ed. Black, C. A.), Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, 1238-1255.
9. Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. (1982) Nitrogen-total, *Methods of Soil Analysis*, Part 2: Chemical and Microbiological Properties (ed. Page, A. L.), SSSA Book Series No 9, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, 595-622.
10. Hernández, T., Moral, R., Pérez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Pérez-Murcia, M. D. ve García, C. (2002) Nitrogen mineralisation potential in calcareous soils amended with sewage sludge, *Bioresource Technology*, 83, 213-219.
11. Higgins, S. F., Coyne, M. S., Shearer, S. A. ve Crutchfield, J. D. (2005) Determining nitrogen fractions in swine slurry, *Bioresource Technology*, 96, 1081-1088.
12. Keeney, D. R. ve Nelson, D.W. (1982) Nitrogen-inorganic forms, *Methods of Soil Analysis*, Part 2: Chemical and Microbiological Properties (ed. Page, A. L.), SSSA Book Series No 9, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, 643-693.
13. Knudsen, D., Peterson, G. A. ve Pratt, P. F. (1982) Lithium, Sodium and Potassium, *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Chemical and Microbiological Properties (ed. Page, A. L.), SSSA Book Series No 9, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, 225-245.
14. Mengel, K. (1996) Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops, *Plant and Soil*, 181, 83-93.
15. Navas, A., Bermudez, F. ve Machin, J. (1998) Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols, *Geoderma*, 87, 123-135.
16. Qing, L. S., Xiu, L. S., An, S. M. ve Yong, G. D. (2004) Effects of long term application of fertilizers on soil organic nitrogen components and microbial biomass nitrogen in semiarid farmland ecological system, *Scientia Agricultura Sinica*, 37(6), 859-864.
17. Serna, M. D. ve Pomares, F. (1992) Nitrogen mineralization of sludge-amended soil, *Bioresource Technology*, 39, 285-290.
18. Solomon, D., Lehmann, J. ve Zech, W. (2001) Land use effects on amino sugar signature of chromic Luvisol in the semi-arid part of northern Tanzania, *Biology and Fertility of Soils*, 33, 33-44.
19. Stevenson, F. J. (1986) *Cycles of Soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulphur and Micronutrients*, Wiley, New York.
20. Şengül, F. ve Müezzinoğlu, A. (1997) *Çevre Kimyası*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:228, İzmir.
21. Taşatar, B., *Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri*, A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 1997.
22. Tchobanoglous, G. ve Burton, F. L. (1991) *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, Metcalf and Eddy Inc., USA.
23. Towers, W. ve Horne, P. (1997) Sewage sludge recycling to agricultural land: Environmental scientist's perspective, *Journal of the Institution of Water and Environment Management*, 11, 126-132.

24. Unwin, R. J., Shepherd, M. A. ve Smith, K. A. (1991) Controls on manure and sludge applications to limit nitrate leaching. Does the evidence justify the restrictions which are being proposed?, *Treatment and Use of Sewage Sludge and Liquid Agricultural Wastes* (ed. L'Hermite, P.), Elsevier Applied Science, London, 261-270.
25. USEPA (1983) *Process Design Manual, Land Application of Municipal Sludge*. U.S. Environmental Protection Agency, Center for Environmental Research Information, 625/1-83-016. Cincinnati, Ohio.
26. USEPA (1996) *Land Application of Biosolids, Process Design Manual*, U.S. Environmental Protection Agency. Center for Environmental Research Information, 625/1-96-011, Cincinnati, Ohio.
27. Ünal, H. ve Başkaya, H. S. (1981) *Toprak Kimyası*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 759, Ankara.
28. Vesilind, P. A. (1979) *Treatment and Disposal of Wastewater Sludges*, Ann Arbor Sciences, Michigan, USA.
29. Xu, Y. C., Shen, Q. R. ve Ran, W. (2003) Content and distribution of forms of organic N in soil and particle size fractions after long term fertilization, *Chemosphere*, 50(6), 739-745.
30. Zhang, X., Amelung, W., Yuan, Y. ve Zech, W. (1998) Amino sugar signatures of particle size fractions in soils of the native prairie as affected by climate, *Soil Science*, 163, 220-229.

Makale 10.12.2007 tarihinde alınmış, 14.01.2008 tarihinde düzeltilmiş, 15.01.2008 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: F. O. Topa (olcaytopac@uludag.edu.tr).