



Research Article / Araştırma Makalesi
EVALUATION OF SEWAGE SLUDGE ON AGRICULTURAL LANDS

Gülser YALÇIN*, **Ramazan YAVUZ**, **Mevlüt YILMAZ**, **Kadriye TAŞPINAR**,
Özgür ATEŞ

Eskişehir Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak Yönetimi, ESKİŞEHİR

Received/Geliş: 31.08.2009 Revised/Düzeltilme: 13.09.2010 Accepted/Kabul: 18.10.2010

ABSTRACT

This research was carried out to determine the effects of sewage sludge applied into soil for some properties of soil and yield to crop rotation system of wheat+ sugar beet + corn. This study was desinged seven treatments and tree replications as fixed. Topics of application were A=no treatment , B= optimum chemical fertilizer, C= 1000 kg/da sewage sludge, D= 2000 kg/da sewage sludge , E= 3000 kg/da sewage sludge, F= 4000 kg /da sewage sludge and G=5000 kg/da sewage sludge. Soil samples were received before sowing and after harvest from each replications. Soil samples were analyzed for productivity and potential toxic metals.

As a result of analysis, potential toxic metals increased depend on amount of sewage sludge. However, potential toxic metals did not exceed the limits at control legislation of soil pollution.

Statistical analysis of yield to rotations plants show that topic of B and D, E, F are the same. Potential pullutions of sewage sludge are taken into consideration 2000 kg/da sewage sludge could be suggested for application.

Application of sewage sludge to agricultural lands have contributed to organic matter of soil. On the other hand, pollutant of sewage sludge should be taken into consideration for application to soil. For this reason, using sewage sludge into agricultural lands must be done with very strict controls. Soil buffering is not unlimited.

Keywords: Sewage sludge, wheat, sugar beet, corn, potential toxic metals.

ARITMA ÇAMURLARININ TARIM ALANLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu araştırma atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurunun buğday, şekerpancarı ve mısır münavebe sisteminde verime ve toprağın bazı kimyasal özelliklerine etkisini incelemek amacı ile yürütülmektedir.

Deneme yedi konulu üç tekerrürlü ve çakılı olarak kurulmuştur. Deneme konuları; A= kontrol, B= optimum gübre, C= 1000 kg/da arıtma çamuru, D= 2000 kg/da arıtma çamuru, E= 3000 kg/da arıtma çamuru, F= 4000 kg/da arıtma çamuru ve G= 5000 kg/da arıtma çamuru olarak kurulmuştur. Denemelerinin her parselinden toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde potansiyel toksik element analizleri yapılmıştır. Ekilen bitkilerin hasadından sonra yine her parselden toprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir.

Araştırmada, atılan atık miktarının artışı ile topraktaki potansiyel toksik element miktarı artmıştır. Ancak topraktaki potansiyel toksik element miktarı toprak kirliliği kontrol yönetmeliğindeki verilen sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür.

Münavebede yer alan bitkilerin verimleri incelendiğinde; optimum gübre uygulaması ile dekara 2, 3 ve 4 ton arıtma çamuru uygulamalarının istatistik olarak aynı gruba girmiştir. Arıtma çamurunun kirlileti yükü de göz önünde bulundurulduğunda optimum gübre ile istatistik açıdan aynı grupta yer alması nedeniyle dekara 2 ton arıtma çamuru uygulaması önerilebilir.

Arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanılması toprağın organik madde ihtiyacını karşılamak açısından olumlu etkileri olmaktadır. Ancak arıtma çamurunun kirlileti özelliği de dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu nedenle arıtma çamurunun tarım alanlarına uygulanması çok sıkı denetimler altında yapılması gerekmektedir. Toprağın tamponlama özelliği de ancak belirli bir noktaya kadardır.

Anahtar Sözcükler: Arıtma çamuru, buğday, şekerpancarı, mısır, potansiyel toksik element.

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: gulseryalcin@esktopraksu.gov.tr, tel: (222) 237 57 00 / 115

1. GİRİŞ

Dünyada hızlı büyüme ve sanayileşmeye bağlı olarak çevre sorunları da giderek büyük boyutlara ulaşmaktadır. Yüzlerce yıl insanların doğayı etkilemeleri sonucunda kirlenme artarak devam etmektedir. Doğanın kirlenmesini yavaşlatmak için de atık su arıtma tesislerinin sayısı giderek artmaktadır. Bu tesislerde biriken arıtma çamurlarının çevreye zarar vermeden nasıl bertaraf edilecekleri sorun halinde görülmektedir. Arıtma çamurları için uzaklaştırma yöntemleri arasında; tarımda kullanım, depolama, yakma, kompostlama ile göl ve denize deşarj ilk akla gelen yöntemlerdir. Atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurları taşımış oldukları bitki besin maddeleri itibarıyla gübre kaynağı olarak tarım alanlarında değerlendirilebilir. Yaklaşık 30 yıldan fazla süren çalışmalarda bitkilerin beslenmesi ile ilgili olarak ticari gübrelemeye ciddi bir alternatif olabileceği düşünülen arıtma çamurlarının kullanılması konusunda yoğun bir talep bulunmaktadır. Hawai'de yılda yaklaşık 40.000 ton (kuru madde) arıtma çamuru ortaya çıktığını ve tarım alanlarına arıtma çamurlarının yıllık uygulama miktarının genellikle 0,5 - 7 ton (kuru madde)/da olduğunu belirtmiştir (1). Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus atıkların çevre kirliliğine yol açmadan kullanılmalarıdır. Konuyla ilgili birçok araştırmada arıtma çamuru uygulamasına bağlı olarak değişik tarımsal ürünlerde ürün artışı sağlandığı belirtilmektedir (2). Bu tür atıklar uygulamanın ilk yıllarında verim artışı sağlayabilirler. Ancak aynı zamanda muhtemel bir kirlilik ve potansiyel toksik element kaynağı olan bu atıkların, tarım alanlarına uygulanmasını takip eden yıllarda organik maddenin parçalanmasıyla serbest hale geçen bazı toksik elementlerin bitki ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkide bulunabilecekleri de gözden uzak tutulmamalıdır.

Her tesisten çıkan arıtma çamuru farklı özellikler gösterdiği gibi bunların farklı iklim ve toprak şartları altında verim üzerine etkileri ve kullanım imkânları da farklılık gösterebilir. Bu atıkların verim üzerindeki etkileri uygulanacak münavebe sistemine göre de değişir. Bu bakımdan her türlü atığın elde edildiği yörede farklı ekim nöbeti sistemlerinde denenerek en az uygulama ile en yüksek karlılığı sağlayan ekim nöbetinin belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmalar her yörenin atık su tesisinden alınan arıtma çamuru o yörenin ana bitkileri ile farklı ekim nöbetlerinde denemeye alınarak gübre değeri, bakiye etkileri ve toprak özellikleri üzerine etkileri incelenmektedir. Ankara Atık su Arıtma Tesisinden ortaya çıkan yaklaşık 400 ton/gün susuzlaştırılmış (Ortalama % 25 katı madde) arıtma çamurunun çevre kirliliğine ve halk sağlığına olabilecek etkileri tarımda kullanılma imkânları ve diğer alanlarda değerlendirilebilme koşulları araştırılmıştır. Tesis çevresinde arıtma çamurunun tahıl yetiştiriciliğinde 15 ton(kuru madde)/da ve bazı yerlerde çok daha fazla miktarda kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu bölgelerde yetiştirilen buğdayların tanelerinde yapılan PTE analiz sonuçlarına göre kadmiyum <0.03-<0.05 ppm, kurşunun 0.2-0.4 ppm, bakırın 5.1-12.5 ppm, nikelin 0.9-2.5 ppm, çinkonun 38.3-90.5 ppm ve kromun 0.2-0.6 ppm arasında değiştiği civarın ise her zaman 0.01 ppm'den düşük olduğu belirlenmiştir (3).

Arıtma çamurları gibi organik atıkların değerlendirilmesi düşünüldüğünde, makro ve mikro besin elementleri ve ağır metal içerikleri göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdir. Evsel nitelikli arıtma çamurları genellikle bitki büyümesi için gerekli besin maddeleri içermelerine rağmen, çamurun gübre değeri; atığın kaynağı, potansiyel toksik elementlerin (PTE) varlığı, atıksu özellikleri ve kullanılan arıtma proseslerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (4). Her yerde yapılan arıtma sonucu çıkan arıtma çamurunda değişiklikler bulunmaktadır. Bu nedenle 2006 – 2008 yılları arasında Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Atık su Arıtma Tesisinden alınan çamurunda bu araştırma yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Araştırma Alanı Özellikleri

Araştırma, Eskişehir-Ankara Devlet Karayolunun kuzeyinde, Eskişehir ili merkezine 8 km mesafede bulunan merkez istasyonunda yürütülmüştür. Araştırma alanı 39° 46' kuzey enlemi, 30° 36' doğu boylamında olup denizden yüksekliği 781 m'dir. Topraklar alüviyal büyük toprak grubundadır. Bu toprakların oluşumunda, Porsuk Çayı'nın ve yan derelerin taşıdığı sedimentasyonun yanında yüzey akışla oluşan sedimentasyonun da önemi büyüktür. Deneme yeri toprakları alüviyal topraklar olup genellikle derinlikte ağır bünyeli ve az kireçlidir (5). Eskişehir ili İç Batı Anadolu iklimi etkisi altındadır. Yıllık ortalama sıcaklık 10.7°C'dir. İlk don tarihi 18 Ekim, son don tarihi ise 20 Nisan'dır. En düşük sıcaklık -26,0 °C'dir. Yıllık yağış miktarı 338,7 mm ve buharlaşma miktarı 975,7 mm'dir. Yıllık ortalama nispi nem % 62,1'dir (6).

2.2. Araştırma Materyalinin Özellikleri

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Atık su Arıtma Tesisi'nden temin edilmiştir. Tesisin palet çıkışından kamyonlara doldurulan arıtma çamuru, temizlenmiş ve silindire sıkıştırılmış alana 10-20 cm kalınlıkta serilerek kurutulmuştur. Kurutulan arıtma çamuru kuru madde ağırlığı üzerinden hesaplanarak parsellere uygulanmıştır. Arıtma çamurunda, fiziksel analizlerden kuru madde ve yanma kaybı (TKKY, 2005), kimyasal analizlerden, pH, EC, toplam azot, fosfor, potasyum, ağır metallere toplam Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb (7) analizleri yapılmıştır. Kurutulmuş arıtma çamuru örneklerindeki bazı analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kurutulmuş Arıtma Çamuru örneklerinde bazı analiz sonuçları

| Katı mad. (%) | pH | Yanma Kaybı (%) | Fekal koli* (EMS/100g) | C/N | İletkenlik 25 °C dS/m |
|---------------|-----|-----------------|------------------------|------|-----------------------|
| 63,73 | 6,4 | 67,26 | 1,1x10 ⁵ | 8,36 | 3,45 |

*Halk Sağlığı laboratuvarında yapılmıştır.

| Toplam | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| N (%) | P (%) | K (%) | Fe ppm | Mn ppm | Cu ppm | Zn ppm | Cd ppm | Cr ppm | Ni ppm | Pb ppm |
| 3,76 | 0,87 | 0,35 | 4953 | 163 | 224 | 1150 | 5,17 | 230 | 183 | 58,7 |

2.3. Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Özelliği

Bezostaya 1; Ekmeklik buğday çeşididir, kılçıksız, beyaz başaklı, 90-100cm boyunda, sert kırmızı, iri daneli, yatmaya, pasa, tane dökmeye dayanıklıdır. Orta erkenci, kaliteli ve verimli bir çeşittir.

Şeker pancarı çeşidi; N tipi olan bu çeşit, monogerm bir çeşit olup, Orta Anadolu'da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Mısır çeşidi; Denemede TTM 813 mısır çeşidi kullanılmıştır. Ortalama bitki boyu 210-240 cm, sarı at dişi dane yapısında, erkenci tek melez bir mısır çeşidi olup olum müddeti 105-110 gündür.

2.4. Araştırma Metodu

Araştırma yedi konulu üç tekerrürlü, çakılı ve üç münavebe sistemi ile 3 yıl yürütülmüştür. Münavebeler: 1. Birinci münavebe; Buğday + Mısır + Şekerpancarı, 2. İkinci münavebe; Şeker Pancarı + Buğday + Mısır, 3. Üçüncü münavebe; Mısır + Şeker Pancarı + Buğday'dır. Konular; A= kontrol, B= optimum gübre (toprak analizine göre gübreleme rehberinde ekilecek bitki için önerilen gübre miktarı), C= 1000 kg/da arıtma çamuru, D= 2000 kg/da arıtma çamuru, E= 3000 kg/da arıtma çamuru, F= 4000 kg/da arıtma çamuru ve G= 5000 kg/da arıtma çamuru olarak kurulmuştur.

2.5. Toprak Analizleri

Arıtma çamuru uygulaması yapılmadan önce ve her hasattan sonra parsellerden 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri paslanmaz çelik kürek ile alınmıştır. Laboratuara getirilen toprak örnekleri, 2 mm'lik plastik elekten geçirilmiştir. Elenen toprak örnekleri analizleri yapılmak üzere plastik kaplarda muhafaza edilmiştir. Toplam Potansiyel Toksik Element (Cu, Zn, Ni, Cd, Cr, Pb) analizleri ise, TSE ISO/DIS 11047 (1995)'e göre toprak örneği kral suyu ile yaş yakma uygulanmış, elde edilen ekstraktlarda Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde okunmuştur.

2.6. Analiz ve Değerlendirme

Hasattan sonrası alınan verimlere varyans analizi uygulanmıştır. Duncan testi uygulanarak konular arasında karşılaştırmalar yapılmıştır (8). Toprakta yapılan potansiyel toksik element analizleri standart değerlerle karşılaştırılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Arıtma Çamurunun Buğday Verimine Etkisi

Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Atık su Arıtma Tesisi'nden çıkan arıtma çamuru, farklı seviyelerde parsellere uygulanmıştır.

Çizelge 2. Buğday dane verimlerine uygulanan duncan testi sonuçları

| Deneme Konuları | Verimler (kg/da) | | |
|-----------------|------------------|----------|---------|
| | 2006 | 2007* | 2008 |
| A (kontrol) | 533,0 d | 201,5 b | 327,1 c |
| B (opt. Güb.) | 619,7 ab | 340,7 a | 554,8 a |
| C (1000 kg/da) | 531,1 d | 268,6 ab | 437,1 b |
| D (2000 kg/da) | 616,6 abc | 306,5 a | 446,6 b |
| E (3000 kg/da) | 590,4 abcd | 301,6 a | 543,7 a |
| F (4000 kg/da) | 622,7 a | 326,6 a | 568,1 a |
| G (5000 kg/da) | 583,0 abcd | 301,0 a | 553,1 a |

*2007 yılının oldukça kurak bir yıl olması nedeni ile verimde düşmeler görülmüştür.

Çakılı olarak yürütülen bu araştırma Arıtma çamuru uygulamasının buğday dane verimine etkisi istatistiki açıdan % 1 hata düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Buğday dane verimlerine uygulanan duncan testi sonuçları çizelge 2'de verilmiştir. Arıtma çamuru uygulamalarının verime olan etkileri incelendiğinde, 3 yılda en yüksek verimi dekara 4 ton arıtma çamuru uygulaması vermiştir. Ancak optimum gübre dozu ile dekara 2 ton uygulaması da

istatistiki açıdan (a, ab, abc, abcd) aynı grup içinde olduğu için ve arıtma çamurunun potansiyel toksik element yükü düşünülerek dekara 2 ton uygulaması önerilebilir. Bafra Ovasında buğday + lahana + domates münavebesi için geçerli olmak üzere arıtma çamuru tarla ziraatında kullanılacağı zaman, bitkilerin agronomik verilerine göre dekara 2 ton verilmesi önerilebilmektedir. Bu miktardan fazla arıtma çamuru verildiğinde ise verimde önemli düşüşler meydana gelmektedir (9).

3.2. Arıtma Çamurunun Şekerpancarı Verimine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamalarının şekerpancarı verimlerine olan etkisi incelendiğinde 1. yıl optimum gübre en yüksek verimi vermiştir. 2. yıl dekara 4 ton arıtma çamuru, 3. yıl 5 ton arıtma çamuru en yüksek verimi vermiştir çizelge 3'de görülmektedir. Yapılan istatistiki değerlendirme sonucu (a, ab, abc) optimum gübre uygulanan alan ile dekara 2 ton uygulaması aynı gruba girdiği için arıtma çamurunun kirlilik yükü de göz önünde bulundurularak 2 ton arıtma çamuru şekerpancarı ile başlayan münavebede önerilebilir.

Çizelge 3. Şekerpancarı verimlerine uygulanan duncan testi sonuçları

| Deneme Konuları | Verimler (kg/da) | | |
|-----------------|------------------|-----------|----------|
| | 2006 | 2007 | 2008 |
| A (kontrol) | 7358,0 bcde | 7055,6 b | 754,2 c |
| B (opt. Güb.) | 8123,5 a | 8771,6 a | 998,5 a |
| C (1000 kg/da) | 7395,1 bcde | 7938,3 ab | 827,6 bc |
| D (2000 kg/da) | 7401,2 bcd | 8574,1 a | 928,1 ab |
| E (3000 kg/da) | 7679,0 abc | 8851,9 a | 944,2 ab |
| F (4000 kg/da) | 7746,9 ab | 8932,1 a | 1013,3 a |
| G (5000 kg/da) | 6672,8 f | 7518,5 ab | 1043,6 a |

3.3. Arıtma Çamurunun Mısır Verimine Etkisi

Arıtma çamuru uygulamalarının mısır verimlerine olan etkisi incelendiğinde; 1., 2. yıl en yüksek verimi 4 ton arıtma çamuru, 3. yıl 5 ton arıtma çamuru en yüksek verimi vermiştir çizelge 4'de değerler görülmektedir.

Çizelge 4. Mısır dane verimlerine uygulanan duncan testi sonuçları

| Deneme Konuları | Verimler (kg/da) | | |
|-----------------|------------------|-----------|----------|
| | 2006 | 2007* | 2008 |
| A (kontrol) | 922,2 f | 275,8 c | 754,2 c |
| B (opt. Güb.) | 1125,5 ab | 373,8 ab | 998,5 a |
| C (1000 kg/da) | 1091,9 abcde | 312,5 abc | 827,6 bc |
| D (2000 kg/da) | 1093,2 abcd | 301,6 bc | 928,1 ab |
| E (3000 kg/da) | 1103,1 abc | 315,8 abc | 944,2 ab |
| F (4000 kg/da) | 1133,5 a | 393,0 a | 1013,3 a |
| G (5000 kg/da) | 983,1 f | 324,2 abc | 1043,6 a |

*2007 yılının oldukça kurak bir yıl olması nedeni ile verimde düşmeler görülmüştür.

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucu optimum gübre uygulanan alan ile dekara 2 ton uygulaması (a, ab, abc, abcd) aynı gruba girdiği için arıtma çamurunun kirlilik yüküde göz önünde bulundurularak 2 ton arıtma çamuru mısır ile başlayan münavebede önerilebilir. Benzer bir çalışmada da yakın sonuçlar elde edilmiştir. Atık çamurların tarım alanlarında (kuru tarım, kışlık buğday) uygulama oranlarının neler olabileceğini konusunu araştırmışlardır. Araştırmacılar kuru

koşullarda, kışık buğday – nadas amenajman sisteminde 3 ton acre⁻¹ (741,3 kg da⁻¹) atık çamurun maksimum emniyet düzeyi olduğunu ve bu dozun yüksek uygulama oranlarında gözlenen ağır metal birikmesi ve nitrat kirliliği sorunları olmaksızın bitkilere N, P sağladığını ve ayrıca buğdayda tanenin protein miktarını olumlu etkilediğini de belirtmişlerdir (10).

3.4. Arıtma Çamuru Uygulamalarının Toprağın Potansiyel Toksik Elementlere Etkisi:

Her üç münavebe sisteminde Arıtma çamuru uygulamalarının, potansiyel toksik element yönünden toprağa olan etkisi değerlendirildiğinde;

Çizelge 5. Topraktaki ağır metal sınır değerleri

| Ağır metal | pH<6 mg/kg fırın kuru toprak | pH>6 mg/kg fırın kuru toprak |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Kurşun | 50** | 300** |
| Kadmiyum | 1** | 3** |
| Krom | 100** | 100** |
| Bakır* | 50** | 140** |
| Nikel* | 30** | 75** |
| Çinko* | 150** | 300** |

* pH değeri 7'den büyük ise Bakanlık sınır değerleri % 50'ye kadar artırılabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Topraktaki bakır, çinko, kadmiyum, nikel, krom ve kurşun miktarı atılan atık miktarı ile artış göstermektedir. Bakır değerlerinin 27,90 – 36,46 ppm arasında değişmektedir. Topraktaki çinko değerleri 37,94 – 67,17 ppm arasındadır (çizelge 6, 7, 8).

Çizelge 6. Birinci münavebe denemesi, uygulama öncesi ve 3. bakiye yılı toprak örneklerinin potansiyel toksik element analiz sonuçları

| Konular | Cu ppm | | Zn ppm | | Cd ppm | | Ni ppm | | Cr ppm | | Pb ppm | |
|----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı |
| A (kontrol) | 32,81 | 32,36 | 45,25 | 41,15 | 0,95 | 1,01 | 248,38 | 243,37 | 74,61 | 78,73 | 30,75 | 31,48 |
| B(opt. Güb.) | 31,59 | 30,30 | 44,33 | 42,23 | 1,01 | 1,35 | 239,50 | 235,99 | 83,00 | 93,84 | 32,33 | 32,15 |
| C (1000 kg/da) | 31,42 | 30,75 | 47,54 | 52,71 | 0,92 | 1,35 | 245,59 | 243,77 | 76,69 | 87,83 | 32,46 | 30,15 |
| D (2000 kg/da) | 31,23 | 30,19 | 44,40 | 51,15 | 1,08 | 1,88 | 238,46 | 233,56 | 80,96 | 105,75 | 30,79 | 33,83 |
| E (3000 kg/da) | 31,48 | 31,56 | 46,88 | 67,17 | 1,01 | 1,65 | 235,69 | 232,04 | 87,83 | 104,79 | 32,84 | 34,94 |
| F (4000 kg/da) | 32,04 | 33,04 | 45,00 | 52,81 | 1,11 | 2,06 | 248,73 | 253,33 | 87,25 | 103,60 | 31,50 | 33,19 |
| G (5000 kg/da) | 32,55 | 32,61 | 46,63 | 58,06 | 1,03 | 1,92 | 239,83 | 246,34 | 89,63 | 100,37 | 34,13 | 36,96 |

Tarım topraklarına uygulanan arıtma çamurunun ticari gübrelere alternatif olarak kullanım potansiyelini belirlemek için yaptıkları araştırmada; arıtma çamuru ilavesiyle toprağın Cu ve bitkinin Zn içeriğinde hafif bir artış olduğu ve arıtma çamurunun tarımsal alanlara uygulanmasının belirlenen toksik sınır değerleri aşmadan mümkün olabileceğini belirtmişlerdir

(11). Yapılan çalışmada da bakır ve çinko miktarı topraklarda arıtma çamuru uygulamaları ile artmış ancak TKKY sınır değerleri aşan değer bulunmamaktadır.

Münavebelerdeki topraktaki kadmiyum değerleri 0,83 ile 2,06 arasında değişmektedir. Topraklarda kadmiyum değerleri Toprak kirliliği kontrol yönetmeliğinin sınır değerleri arasındadır. Arıtma çamuru uygulanan topraklarda metallerin biyo alınabilirliği üzerinde çalışan araştırmacılar metallerin önemli miktarda toprakta alınabilir formda kaldığını rapor etmişlerdir. Bu araştırmacıların bir kısmı, metal alınabilirliğinin üst üste çamur uygulaması ile artış gösterdiğini belirtmişlerdir (12).

Çizelge 7. İkinci münavebe denemesi uygulama öncesi ve 3. bakiye yılı toprak örneklerinin Potansiyel toksik element analiz sonuçları

| Konular | Cu ppm | | Zn ppm | | Cd ppm | | Ni ppm | | Cr ppm | | Pb ppm | |
|----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı |
| A (kontrol) | 31,98 | 32,56 | 40,63 | 42,61 | 1,04 | 1,11 | 220,71 | 228,73 | 86,04 | 92,00 | 27,73 | 29,75 |
| B (opt. Güb.) | 32,54 | 34,31 | 41,19 | 45,86 | 0,92 | 1,42 | 230,67 | 238,46 | 84,04 | 89,15 | 32,00 | 34,17 |
| C (1000 kg/da) | 31,42 | 32,98 | 42,63 | 49,12 | 1,01 | 1,18 | 229,06 | 246,98 | 88,00 | 92,69 | 31,84 | 38,85 |
| D (2000 kg/da) | 33,00 | 35,08 | 43,75 | 50,83 | 0,87 | 1,33 | 232,98 | 251,29 | 90,00 | 94,46 | 33,25 | 37,54 |
| E (3000 kg/da) | 27,90 | 34,52 | 43,56 | 48,52 | 0,90 | 1,55 | 233,50 | 256,00 | 94,88 | 92,71 | 33,17 | 32,79 |
| F (4000 kg/da) | 33,35 | 36,46 | 41,38 | 49,10 | 0,83 | 1,23 | 229,84 | 254,69 | 83,52 | 104,29 | 34,11 | 38,25 |
| G (5000 kg/da) | 29,69 | 34,19 | 44,63 | 51,15 | 0,94 | 1,48 | 234,96 | 252,52 | 86,44 | 99,36 | 31,30 | 37,33 |

Topraklardaki Nikel değerlerinin 220,71 – 256,00 ppm arasında değiştiği görülmektedir (çizelge 6, 7, 8). Ancak topraklardaki nikel miktarı toprak kirliliği kontrol yönetmeliğinde verilen sınır değerlerin üzerindedir. Atılan atık miktarı ile bunun bir ilgisinin olmadığı ve Türkiye topraklarını oluşturan ana materyalde nikelin bulunması nedeni ile bu değer yüksek çıktığı söylenebilir. Bu nedenle yönetmelik de ki bu değer gözden geçirilebilir.

Her üç münavebede değerler incelendiğinde Topraktaki Krom değerleri 74,61 – 117,75 ppm arasındadır. Topraktaki kurşun değerleri 27,73 ile 42,89 arasında değişmektedir (çizelge 6, 7, 8). Topraklarda kurşun ve krom değerleri arıtma çamurunun artışı ile artmış ancak değerler TKKY sınır değerleri arasında yer almıştır. Kentsel arıtma çamurunun domates bitkisinin besin maddeleri ve ağır metal içeriğine etkisini belirlemek amacıyla sera koşullarındaki çalışmalarında; arıtma çamurlarının 0, 75, 150, 300, 600 ve 1200 g/saksı miktarları, hava kuru olarak mutlak kuru ağırlık esasına göre saksılara uygulanarak toprakla karıştırılmıştır.

Çizelge 8. Üçüncü münavebe denemesi; uygulama öncesi ve 3. bakiye yılı toprak örneklerinin Potansiyel toksik elment analiz sonuçları

| Konular | Cu ppm | | Zn ppm | | Cd ppm | | Ni ppm | | Cr ppm | | Pb ppm | |
|----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı | Uyg. öncesi | 3. bak. yılı |
| A (kontrol) | 30,77 | 30,73 | 41,38 | 42,17 | 0,92 | 1,01 | 239,84 | 235,75 | 91,67 | 95,32 | 34,59 | 35,33 |
| B (opt. Güb.) | 29,96 | 29,43 | 40,92 | 42,28 | 1,01 | 1,22 | 245,00 | 241,08 | 91,55 | 101,58 | 31,88 | 32,89 |
| C (1000 kg/da) | 28,15 | 33,11 | 37,94 | 43,83 | 0,99 | 1,02 | 233,54 | 245,83 | 93,33 | 107,90 | 33,96 | 36,61 |
| D (2000 kg/da) | 29,29 | 34,20 | 40,34 | 48,61 | 0,99 | 1,33 | 237,04 | 233,38 | 84,13 | 117,70 | 34,50 | 41,78 |
| E (3000 kg/da) | 32,33 | 32,79 | 41,13 | 51,11 | 0,83 | 1,17 | 240,29 | 251,08 | 102,34 | 110,40 | 30,42 | 40,89 |
| F (4000 kg/da) | 29,88 | 34,99 | 42,17 | 66,39 | 1,05 | 1,13 | 241,67 | 239,58 | 97,71 | 112,87 | 33,61 | 42,89 |
| G (5000 kg/da) | 28,15 | 36,12 | 44,00 | 60,94 | 1,09 | 1,19 | 245,00 | 248,08 | 94,34 | 116,40 | 34,84 | 42,67 |

Araştırma sonuçlarına göre; toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ile domates yaprağının N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Ni ve Cd içeriklerinin arttığı, arıtma çamurlarının yinelenmeli uygulamalarında bitkide daha yüksek mineral içerikleri belirlendiği, toprağa düşük düzeylerde uygulanan çamurların bitki gelişimini olumlu etkilediği, bildirilmektedir (13). Bu çalışmada da yapılan araştırma ile benzer sonuçlar göstermektedir.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanılması toprağın organik madde ihtiyacını karşılamak açısından olumlu etkileri olmaktadır. Ancak arıtma çamurunun kirletici özelliği de dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu nedenle arıtma çamurunun tarım alanlarına uygulanması çok sıkı denetimler altında yapılması gerekmektedir. Arıtma çamurları gelişmiş ülkelerde de ayrıntılı bir şekilde analiz edilip içeriği belirlenmekte ve çeşitli işlemlerden geçirilip olumsuz etkileri en az düzeye indirilerek ya da kontrollü kullanımları sağlanarak tarımda gübre olarak değerlendirilmektedir (14). Arıtma çamurları dikkatli ve kontrollü olarak tarım alanlarında kullanılması gerekmektedir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Hue, N.V., (1995). Land Appliication of Biosoilds. . Univ. of Hawaii Nup: (internet)http://www.Agrss. Snerman. Hawaii. Edu. /Staff/Hue/Sludge/Html. (accessed, september 13, 2005).
- [2] Utsching, J.M., Barbarick, K.A., Westfall, D.G., Follett, R.H., and McBride, T.M. 1986. Evaluating crop response liquid sludge vs. Nitrogen fertilizer. Biocycle., 30-33.
- [3] Bilgin, N., Eyüpoğlu, H., Üstün, H., (2002). Biyokatıların Arazide Kullanımı. ASKİ Gn.Md. Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı-KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü Ortak Yayını.
- [4] Soumare, M., Demeyer, A., Tack, F.M.G. and Verloo, M.G. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. Bioresource Technology, 81:97-101.
- [5] Khgm, 2001. Eskişehir İli Arazi Varlığı, T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Raporu: 26, Ankara.
- [6] Kheae,2002. Eskişehir İli çok yıllık iklim verileri. Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü, Eskişehir

- [7] Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. A. Ü. Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3. s: 705 Ankara.
- [8] Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hiz. Genel. Müd. Yay., Genel Yay. No: 121, Ankara, 623 s.
- [9] Özyazıcı, M.A., Bayraklı, B., Özdemir, O., Özyazıcı, G., Alpay, S., 2008. İkinci Kademe Arıtılmış Kentsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisinden Elde Edilen arıtma çamurunun Bafra Ovası Tarımında Kullanılma Olanakları, Toprak ve Su Kaynakları SAMSUN Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, yayın no: TAGEM-BB-TOPRAKSU-2008/60. SAMSUN.
- [10] Lerch, R.N.; Barbarick, K.A.; Westfall, D.G., Follett, R.H., McBride, T.M., and Owen. W.F. 1990. Sustainable rates of sewage sludge for Dryland Winter Wheat production I. Soil nitrogen and heavy metals. J. Prod. Agric. Nitrogen and Heavy Metals. J. Prod. Agr. 3(1): 60-65.
- [11] Reed, B.E., Carriere, P.E., Matsumoto, M.R., (1991). Applying Sludge on Agricultural Land. Biocycle, 32:7, 58-60.
- [12] Chang, A.C., Page, A.L. and Bingham, F.T. 1982. Heavy metal absorption by winter wheat following termination of cropland sludge applications. J. Environ. Qual., 11: 705-708.
- [13] Topcuoğlu, B., Önal, M.K., Arı, N., (2003). Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi, I. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1),87-96.
- [14] Pedreno, J.N., Gomez, I., Moral, R., Mataix, J., (1996). Improving the Agricultural Value of a Semi-Arid Soil by Addition of Sewage Sludge and Almond Residue, Agriculture, Ecosystems and Environment, 58, 115-119.