

## TOPRAĞA UYGULANAN KENTSEL ARITMA ÇAMURUNUN DOMATES BİTKİSİNE ETKİSİ\* II. GELİŞME VE MEYVE ÖZELLİKLERİ İLE MEYVEDE MİNERAL İÇERİKLERİ

M. Kubilay ÖNAL<sup>1</sup> Bülent TOPCUOĞLU<sup>1</sup> Nuri ARI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniv. Teknik Bilimler MYO Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü Programı, Antalya

<sup>2</sup>Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü, Antalya

### Özet

Sera denemesinde iki yıl yinelemeli olarak toprağa uygulanan farklı kentsel arıtma çamurlarının domates bitkisinde kuru madde, meyve ürün miktarları ve bazı meyve kalite özellikleri ile mineral içerikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ile ilgili olarak her iki yıl domates bitkisinin kuru madde ve meyve ürün miktarları, ve meyvede N, P, K, Mg, Fe, içerikleri artmıştır. Arıtma çamurlarının niteliklerindeki farklılık, uygulandığı toprakta yetişen bitkilerin gelişme ve mineral içeriklerine yansımıştır. Arıtma çamurlarının yinelemeli uygulamalarında bitkide daha yüksek mineral içerikleri belirlenmiştir. Toprağa uygulanan çamurlar düşük düzeylerde bitki gelişimini olumlu etkilemiş, fakat yinelemeli uygulamalarda ve yüksek uygulama düzeylerinde, uygulanan çamur tipine bağlı olarak gelişimde duraklama ve fitotoksisite etkileri belirlenmiştir. Kentsel arıtma çamurunun sera toprağına yinelemeli uygulamalarının sonucu olarak, bitkide gözlenen fitotoksisite ve çamur etkilerinin farklılıkları üzerindeki bulgular arıtma çamurlarının tarımda güvenli geri kazanımı üzerindeki endişelere örnek teşkil etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arıtma Çamuru, Domates, Gelişme, Meyve Kalitesi, Mineral İçerikleri.

### Effects of The Soil Applications of Municipal Sewage Sludge on Tomato Plant II. Yield and Fruit Characteristics and Fruit Mineral Contents

### Abstract

In greenhouse experiment, the effects of different sewage sludges applied repeatedly to soil at different application rates for two years on tomato dry matter, fruit yield, fruit quality parameters and mineral contents of tomato plant were examined. Plant dry matter and fruit yield, mineral contents including N, P, K, Ca and Mg in fruits of tomato plant were increased by the increasing applications of sludge rates for each years. Differences of the characteristics of sludges were reflected to growth, yield and mineral contents of plants grown on sludge-applied soil. Mineral contents of tomato plant were higher in the second year by successive sludge applications. At low rates either of these sludges affected plant growth well, but depending on the sludge type, phytotoxicity and growth retard were determined by higher sludge application rates and successive sludge treatments. The findings on the effects of sludge differences, phytotoxicity and heavy metals accumulation in plant as a result of successive years applications of municipal sludge to greenhouse soil could be thought a noticeable examples for the safety reuse concerns of sludge in agriculture.

**Keywords:** Sewage sludge, tomato, growth, fruit quality, mineral contents

### 1. Giriş

Tarımda üretimin sürdürülebilirliği ve bitkiden yüksek verimliliğin elde edilmesinde toprak verimliliğinin korunması ve geliştirilmesi en önemli etmenler arasındadır. Örtü altı yetiştiricilikte toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin verim ve kalite üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Örtü altı yetiştiricilikte yoğun sulama, toprak işleme, kimyasal gübreleme, ilaç vb. uygulamaları ile toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri çoğu kez olumsuz etkilenmektedir. Yoğun tarım

sistemlerinde toprak verimliliğinin korunması ve geliştirilmesinde toprağa yeterince organik madde ilavesinin gereği kaçınılmazdır.

Çamur bertarafı atıksu idaresi maliyetinin daima önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Mevcut yöntemlerle bu sorun çözülemediği için, bu konuda yeni araştırmalar yapma zorunluluğu doğmuştur. Birçok ülkede geçmiş 20 yıldan uzun bir süredir belirli çamur bertarafı pratikleri (ör. okyanus deşarjları ve arazi dolguları gibi)

\*: Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.

üzerinde yasal sınırlamalar getirilmiş, buda arıtma çamurunun tarımsal kullanımının artan bir şekilde ekonomik bir alternatif bertaraf yolu görülmesine yol açmıştır. Bu güne kadar yapılan araştırmaların ortak bulgusu, çamurların bitki yetiştirmek bakımından ekonomik bir değer taşıdığı hususunda hiç bir kuşkunun bulunmamasıdır.

Arıtma çamurları yaklaşık olarak kuru madde de % 50-70 oranında organik madde ve önemli derecede bitki besinleri içerdiklerinden son yıllarda dikkate değer bir sıra dışı toprak organik maddesi ve organik gübre kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Arıtma çamurunun bitki besin değerinin ahır gübresi ve organik komposta benzer olduğu (Tabatabai ve Frankerberger, 1979; Sommers, 1997) ve bitkilerin gelişimi için gerekli tüm elementleri içerdiği (Linden ve ark., 1983) bildirilmiştir. Uzun yıllar işlenen topraklarda Zn ve Cu gibi iz elementlerin sık sık eksikliğinin ortaya çıkabileceği (Martens ve Westermann, 1991) ve arıtma çamuru uygulamalarının bu metallerin eksikliğini gidermede yardımcı olabileceği (Logan ve Chaney, 1983) bildirilmiştir. N ve P için arıtma çamuru agronomik oranlarda uygulandığında gerekli diğer besin elementlerinin çoğunun (potasyumun istisnasıyla) bitkinin ihtiyacını yeterince karşılayabileceği (Chaney, 1990) bildirilmiştir.

Arıtma çamurunda bitki gereksinmesini karşılamak üzere formüle edilen ticaret gübrelere benzemeyen şekilde bitki besin içerikleri kontrol dışı bulunmaktadır. Bu nedenle bir besinin gereksinmesini karşılamak için agronomik miktarlarda uygulanan arıtma çamuru diğer besinlerin düzeylerinin fazla yada eksik olmasına neden olabilmektedir (Anonymous, 1996). Ayrıca arıtma çamurunda, arıtma sistemine gelen atık suyun özelliklerine ve arıtma sisteminin prosesine bağlı olarak sistemden çıkan çamurun yüksek tuz, pH, ağır metal ve toksik maddeler vb. içerebilmesi ve bu materyalin uygulandığı bir çok toprakta ağır metal birikimine rastlanması, bu zengin organik madde kaynağının kullanımında sınırlayıcı unsurlar olarak değerlendirilmektedir

Birçok patojen ve kirletici içeren arıtma çamurunun kullanımına artan ilgi ve teşvik, bu geri kazanım pratiklerinin çevresel sonuçları ve potansiyel sağlık tehlikesi üzerinde artan bir sosyal endişe yaratmaktadır. Göreceli olarak yüksek düzeylerde ağır metal içeren arıtma çamurunun büyük miktarlarda üretimi, bu materyalin yeni ekolojik problemlere yol açmaksızın güvenli bertarafı için çözüm gereksinimini artırmaktadır.

Kanalizasyondan yararlanan nüfusun artışı, endüstrileşmenin yaygınlaşması ve daha fazla sayıda atıksu arıtma tesislerinin hizmete girmesiyle daha da artacağı beklenen arıtma çamurunun en ekonomik bertaraf yöntemi olarak görülen tarımda kullanım seçeneğinin getireceği olumlu ve olumsuz etkilerinin toprak verimliliği ve halk sağlığı bakımından iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada bitkiye etkisi yönünden; iki farklı bölgenin arıtma tesisinden alınan ve toprağa uygulanan ihtimar edilmiş kentsel arıtma çamurunun domates bitkisinde gelişim, bazı meyvesel özellikler ve meyvedeki bazı bitki besin maddeleri içerikleri ile sonraki yetiştirme dönemlerinde birikim etkileri incelenmiştir.

### **3. Materyal Ve Yöntem**

Sera denemesinde toprağa değişik miktarlarda uygulanan kentsel arıtma çamurunun 2 yıl toprağa yinelemeli uygulamalarında domates bitkisinde vejetatif kuru madde ve meyve ürün miktarı ve bazı kalite öğeleri ile meyvelerinde N, P, K, Ca, Mg ve Na içerikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Deneme plastik örtülü serada gerçekleştirilmiş ve domates bitkisi 15 kg mutlak kuru toprak alan plastik saksılarda yetiştirilmiştir.

Denemede Antalya merkez ilçe topraklarının çoğunluğunu oluşturan Akdeniz kuşağı toprak grubunda yer alan 'Kırmızı Akdeniz Toprağı' bakir alandan alınarak kullanılmıştır. Toprak örneği 0-20 cm' den alındıktan sonra 2 mm'den elenerek hava kuru halde denemede kullanılmıştır.

Denemede kullanılan arıtma çamurları için materyal olarak; arıtma tesisine giren

atıksu karakteristikleri farklı olan ve arıtma çamurunun özellikleri yönünden farklılık gösteren iki ayrı bölgedeki arıtma ünitesinden:

1. *Akdeniz Çamuru*: Akdeniz Üniversitesi Arıtma Tesisinden (Akdeniz üniversitesi kampüs alanındaki tüm hizmet binaları, Üniversite personel mutfağı, lojmanlar, hastane binaları, öğrenci yurtları ve laboratuvarlardan gelen atıksuları arıtmaktadır) ve

2. *Gatab Çamuru*: GATAB Altyapı A.Ş. Arıtma Tesisinden (Antalya-Kemer ilçesinin tüm belediye sınırları içindeki konutlar, işyerleri ve turizm tesislerinden gelen atık suları arıtmaktadır) yaz mevsiminde (Haziran) alınmıştır.

Taze arıtma çamuru alındıktan sonra, 3 ay süre ile açıkta ihtimar edilmiş, havada kurutulmuş ve 2 mm'den elenerek toprağa uygulanmışlardır.

Deneme toprağında ve arıtma çamuru örneklerinde tekstür hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1951); pH (1:2.5 sulandırılmış örnekte) pH metre ile (Grewelling ve Peech, 1960); iletkenlik, saturasyon çamurunda E.C. metre ile (Hızalan ve Ünal, 1966); CaCO<sub>3</sub>, kalsimetre ile (Çağlar, 1949); organik madde, Walkley-Black yaş yakma yöntemiyle (Jackson, 1962); toplam azot Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965); yarayışlı fosfor, NaHCO<sub>3</sub> ekstraksiyonu ile

(Olsen ve ark., 1954); değişebilir K, Ca, Mg 1 N nötr amonyum asetat ekstraksiyonu ile (Pratt, 1965); yarayışlı Fe, Cu, Zn, Mn, DTPA ekstraksiyonu ile (Lindsay ve Norwell, 1978) belirlenmiştir.

Denemede kullanılan organik materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Toprak analizlerinde deneme toprağının killi-tın bünyeli, düşük düzeyde tuzlu, hafif alkalın reaksiyonlu, az kireçli, organik madde miktarı orta derecede, yarayışlı P yeter düzeyde, değişebilir K ve Ca yüksek, Mg yeter düzeyde, ekstrakte edilebilir Zn, Mn ve Cu düzeylerinin yüksek, Fe düzeyinin düşük olduğu saptanmıştır.

Denemede kullanılan arıtma çamurlarından Akdeniz çamurunun hafif asit reaksiyonlu, orta düzeyde kireçli, az tuzlu olduğu, Gatab çamurunun hafif alkalın reaksiyonlu, çok az kireçli, ve çok tuzlu olduğu belirlenmiştir. Her iki çamur örneğinde organik madde, değişebilir K, Ca, Mg, Na ekstrakte edilebilir Zn, Fe, Mn, Cu içeriklerinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Yarayışlı P, değişebilir K, Mg, Na, ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Cu içerikleri Gatab çamurunda daha yüksek iken değişebilir Ca ve ekstrakte edilebilir Zn içerikleri Akdeniz çamurunda daha yüksek belirlenmiştir.

Çizelge 1. Deneme Toprağının ve Arıtma Çamurlarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Ölçütler	Deneme Toprağı	Akdeniz Çamuru	Gatab Çamuru
Tekstür	Killi tın	-	-
pH, (1:2 w/v)	7,8	6,1	7,6
CaCO <sub>3</sub> , %	3,4	10,5	1,6
E.C. , µS/cm	300	1659	4590
Organik Madde, %	2,5	44	58
Toplam N, %	0,148	3,24	4,66
Yarayışlı Fosfor (NaHCO <sub>3</sub> ekst.), µg g <sup>-1</sup>	11	200	597
Değişebilir Potasyum (1 N NH <sub>4</sub> Ac ekst.), µg g <sup>-1</sup>	282	700	2700
Değişebilir Kalsiyum (1 N NH <sub>4</sub> Ac ekst. ), µg g <sup>-1</sup>	2251	1750	800
Değişebilir Magnezyum (1 N NH <sub>4</sub> Ac ekst), µg g <sup>-1</sup>	403	550	1850
Değişebilir Sodyum (1 N NH <sub>4</sub> Ac ekst), µg g <sup>-1</sup>	315	588	674
Çinko (DTPA Ekstrakte Edilebilir), µg g <sup>-1</sup>	3,2	910	554
Demir (DTPA Ekstrakte Edilebilir), µg g <sup>-1</sup>	0,54	14,6	56,4
Mangan (DTPA Ekstrakte Edilebilir), µg g <sup>-1</sup>	7,6	26,6	73
Bakır (DTPA Ekstrakte Edilebilir), µg g <sup>-1</sup>	0,82	4,04	4,84

Arıtma çamuru Çizelge 2'de verilen miktarlarda hava kuru olarak mutlak kuru ağırlık esasına göre saksılara uygulanarak toprakla karıştırılmış, toplam ağırlık 15 kg'na tamamlanmıştır.

Çizelge 2. Arıtma Çamuru Uygulama Düzey ve Miktarları.

Çamur Uygulama Düzeyleri	Uygulama Miktarı, g/saksı
0 (Kontrol)	0
1	75
2	150
3	300
4	600
5	1200

Tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak serada saksılar düzenlenmiştir. Denemede her bir saksıya bir adet sağlıklı hibrid domates fidesi (Target F1) bahar yetiştirme döneminde şaşırtılmış, denemede saksıdaki topraklar tarla kapasitesinde sulanarak, sera koşullarına uygun yetiştirme ve düzenli fenolojik gözlemler yapılmıştır. Domates bitkileri 6. meyve salkımı aşamasına kadar yetiştirilmiş, bu sürede domates bitkilerinden elde olunan meyveler hasad edilerek miktarı belirlenmiştir. Denemede bitkilerden analiz için meyvelerden 3. salkımdaki olgunlaşmış meyvelerden örnekleme yapılmıştır. Hasad edilen meyvelerin ağırlıkları kaydedilmiş, 4 cm'den daha küçük çapta olanları iskarta olarak ayrılarak, pazarlanabilir meyve ve toplam meyve miktarları belirlenmiştir. Hasad sonunda saksıdaki domates bitkilerinin gövde ve yaprakları toplanarak 65 °C' de fırında kurutulmuş ve vejetatif kuru madde miktarları belirlenmiştir. Analiz için alınan yaprak ve meyve örnekleri usulüne uygun olarak yıkanıp, 65 °C' de fırında kurutulduktan sonra öğütülmüş ve sonraki analizler için muhafaza edilmiştir.

Arıtma çamurunun bitki gelişimi ve ürün miktarı ile yapraktaki ve meyvedeki bitki besin maddeleri içeriklerinin birikimi üzerine sonraki yetiştirme dönemlerinde yineleme etkilerinin incelenmesi bakımından aynı saksılardaki toprağa bir sonraki yıl aynı yetiştirme döneminde deneme deseninde belirtilen düzeylerde ilave çamur

uygulanarak, deneme ikinci dönem bitkilerinde yinelenmiş, sonuçlar birlikte toplu olarak değerlendirilmiştir.

Pazarlanabilir taze meyve örneklerinde; titrasyon asitliği Saper ve Phillips (1977)'e göre, sertlik Penetrometre ile (Bayraktar, 1970), 'suda çözünebilir kuru madde' el refraktometresi ile (Anonim, 1974) belirlenmiştir.

Kurutulmuş meyve örneklerinde toplam N Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965); HNO<sub>3</sub>+HClO<sub>4</sub> karışımı ile yaş yakılmış bitki (yaprak ve meyve) örneklerinde, toplam P molibdofosforik sarı renk yöntemi ile, toplam K, Na alev fotometresi ile (Kacar, 1972), toplam Ca, Mg atomik absorpsiyon spektrometresi ile (Anonymous, 1973) belirlenmiştir.

Elde olunan verilerde varyans ve LSD analizleri MSTAT bilgisayar programında yapılmıştır.

#### 4. Bulgular

Toprağa I. ve II. yıl uygulanan arıtma çamurlarının domates bitkisinin vejetatif kuru madde, meyve ürün miktarları ve bazı meyve kalite özelliklerine ilişkin bulgular Çizelge 3'de, ve meyvede mineral içeriğine ilişkin bulgular Çizelge 4'de sunulmuştur. İlgili çizelgelerde, uygulanan çamur düzeylerinin etkilerine ilişkin varyans ve LSD analizleri ile çamur farklılığının ve yineleme (yıl) varyasyonunun etkilerine ilişkin varyans analizleri de verilmiştir.

##### 4.1. Arıtma Çamurlarının Uygulama Düzeylerinin Domates Bitkisine Etkileri

###### 4.1.1. Akdeniz Çamurunun Etkisi

Toprağa uygulanan arıtma çamurlarının uygulama düzeyleri her iki yıl domates bitkisinin toplam vejetatif kuru madde miktarı, toplam meyve ürün miktarı, pazarlanabilir meyve ürün miktarı ve I. yıl için meyve eti sertliği üzerine önemli etki yapmıştır (Çizelge 3). Meyvede N, P, K içerikleri üzerine her iki yıl, Mg içerikleri üzerine I. yıl etkili olmuştur (Çizelge 4).

Domates bitkisinde, toprağa artan

miktarlarda arıtma çamuru uygulamalarıyla ilgili olarak; toplam vejetatif kuru madde, toplam meyve ürün miktarı, pazarlanabilir meyve ürün miktarı artmış, I. yıl meyve eti sertliği azalmıştır (Çizelge 3). Toprağa artan miktarlarda uygulanan çamur uygulamalarıyla ilgili olarak her iki yıl domates meyvesinde N, P içerikleri artış göstermiş, K içeriği azalmış, I. yıl Mg içeriği azalmıştır (Çizelge 4).

#### 4.1.2. Gatab Çamurunun Etkisi

Toprağa uygulanan arıtma çamurlarının uygulama düzeyleri her iki yıl; domates bitkisinin toplam vejetatif kuru madde, toplam ve pazarlanabilir meyve ürün miktarları üzerine önemli etki yapmıştır (Çizelge 3). Meyvede N, P, K, Mg içerikleri üzerine her iki yıl önemli etki yaparken, Ca içeriği üzerine I. yıl önemli etki yapmıştır (Çizelge 4).

Toprağa uygulanan arıtma çamurlarının uygulama düzeyleriyle ilgili olarak her iki yıl; domates bitkisinin toplam vejetatif kuru madde, toplam meyve ürün miktarı ve pazarlanabilir meyve ürün miktarı artmıştır (Çizelge 3). Her iki yıl meyvede N, P, artarken K azalmış, II. yıl Mg içeriği artmıştır.

Çamur uygulamalarının 5. düzeyinde II. yıl domates bitkileri bütün yinelemelerde gelişmemiş ve ürün alınamamıştır.

#### 4.2. Domates Bitkisinde İncelenen Ölçütler Üzerine Toprağa Farklı Arıtma Çamuru Uygulamalarının Etkisi

Toprağa uygulanan Akdeniz ve Gatab çamurlarının her iki yıl domates bitkisinin toplam vejetatif kuru madde miktarı, meyvede K ve Mg içerikleri üzerine; I. yıl toplam meyve ürün miktarı ve pazarlanabilir meyve ürün miktarı, II. yıl, meyvede titrasyon asitliği üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 3, Çizelge 4).

Toprağa Gatab çamuru uygulamalarında her iki yıl yetişen domates bitkisinin toplam vejetatif kuru madde miktarı, toplam meyve ürün miktarı, meyvede K ve Mg içerikleri toprağa Akdeniz çamuru uygulamalarının oluşturduğu etkiden daha yüksek saptanmıştır. I. yıl toplam meyve ürün

miktarı, pazarlanabilir meyve ürün miktarı ve II. yıl meyvede titrasyon asitliği, Gatab çamuru uygulamalarında daha yüksek belirlenmiştir.

#### 4.3. Toprağa Uygulanan Arıtma Çamurlarının II. Yıl Yinelemeli Uygulamalarının Domates Bitkisinde İncelenen Ölçütler Üzerine Etkisi

##### 4.3.1. Akdeniz Çamurunun Etkisi

Akdeniz çamurunun II. yıl toprağa yinelemeli uygulamalarının domates bitkisinde toplam vejetatif kuru madde miktarı, toplam meyve ürün miktarı, pazarlanabilir meyve ürün miktarı, meyvede N, K, Mg içerikleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 3, Çizelge 4).

II. yıl yinelemeli çamur uygulamalarında; toplam vejetatif kuru madde, toplam meyve ürün miktarı, pazarlanabilir meyve ürün miktarı daha az elde olunurken, meyvede N, Mg içerikleri daha yüksek K içeriği daha düşük belirlenmiştir.

##### 4.3.2. Gatab Çamurunun Etkisi

Gatab çamurunun II. yıl toprağa yinelemeli uygulamaları domates bitkisinde toplam vejetatif kuru madde miktarı, toplam meyve ürün miktarı, pazarlanabilir meyve ürün miktarı, meyvede K, Mg içerikleri üzerine önemli etki yapmıştır (Çizelge 3, Çizelge 4).

Gatab çamuru uygulamalarında yetişen domates bitkisinin vejetatif kuru madde miktarı, toplam ve pazarlanabilir meyve ürün miktarları II. yıl azalmıştır. II. yıl çamur uygulamalarının 5. düzeyinde bütün yinelemelerde ürün alınamamıştır. II yıl çamur uygulamalarında meyvede K içeriği azalırken, Mg içeriği artmıştır.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Önceki çalışmalarda elde olunan bir çok bulgular toprağa kentsel arıtma çamuru yada arıtma çamuru içerikli materyal uygulamalarının domates bitkisinde gelişme ve ürün miktarını artırdığı yönündedir

Çizelge 3. Toprağa Uygulanan Arıtma Çamurunun Domates Bitkisinin Vejetatif Kuru Madde ve Ürün Miktarı ile Meyvesinde Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri.

Çamur	Düzy	Toplam Vejetatif Kuru Madde, g		Toplam Meyve Miktarı, g		Pazarlanabilir Meyve Miktarı, g		Sertlik, lb/cm <sup>2</sup>		Suda Çözünebilir Kuru Madde, g		Titrasyon Asitliği, %	
		I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl
Akdeniz	0	20 <sup>1</sup> e	7,4 e	354 c	203 b	199 d	151 e	10,3 a	8,5	4,50	4,8	0,60	0,62
	1	32 d	15,5 d	748 bc	381 b	567 c	370 d	7,5 b	7,8	4,63	4,8	0,50	0,49
	2	42 cd	21,3 cd	920 abc	397 b	729 c	369 d	7,8 b	7,1	5,50	5,1	0,47	0,46
	3	53 bc	23,3 c	1016 abc	592 b	769 c	542 c	8,9 ab	8,8	5,13	5,3	0,50	0,49
	4	64 b	37,8 b	1355 ab	697 ab	1041 b	604 b	8,0 b	8,2	5,50	5,0	0,54	0,54
	5	76 a	87,0 a	1702 a	1361 a	1363 a	962 a	7,9 b	7,6	5,25	5,1	0,49	0,49
Anova	Yıl	**		**		**		ÖD		ÖD		ÖD	
	Düzy	**	**	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
LSD, % 5		11,26	7,6	952	677	208	150	1,6	-	-	-	-	-
Gatab	0	15 c	12,8 d	351 b	250 ab	304 c	234 cd	8,5	8,4	5,12	5,0	0,60	0,59
	1	56 b	31,5 c	1358 ab	677 ab	1086 b	467 bc	7,8	7,9	5,50	5,3	0,51	0,49
	2	69 ab	41,8 b	1952 ab	888 a	1705 a	784 ab	7,1	7,7	6,50	6,3	0,61	0,59
	3	76 ab	45,0 ab	1846 ab	1046 a	1628 a	978 a	8,8	9,0	5,50	5,4	0,67	0,69
	4	78 ab	46,3 a	2325 a	868 a	2003 a	536 bc	8,1	8,1	5,75	6,0	0,58	0,57
	5	97 a	- <sup>2</sup>	2333 ab	-	1900 a	-	7,6	-	5,65	-	0,56	-
Anova	Yıl	**		**		**		ÖD		ÖD		ÖD	
	Düzy	*	**	*	*	*	**	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
LSD, % 5		28,3	3,8	1947	821	431	342	-	-	-	-	-	0,05
Anova Çamur		**	*	**	ÖD	**	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	*

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01, ÖD: Önemli Değil, <sup>1</sup> Değerler dört yinelemenin ortalamasıdır, <sup>2</sup> Ürün alınmadı

Çizelge 4. Toprağa Uygulanan Arıtma Çamurunun Domates Meyvesinin Mineral Madde İçerikleri Üzerine Etkileri.

Çamur	Düzy	N, %		P, %		K, %		Ca, %		Mg, %		Na, mg kg <sup>-1</sup>	
		I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	I. Yıl	I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl	I. Yıl	II. Yıl
Akdeniz	0	1,38 <sup>1</sup> e	1,58d	0,22c	0,34b	4,00d	214	214	0,022	0,14bc	0,16	214	201
	1	1,73c	1,70cd	0,36b	0,54a	4,76a	318	318	0,018	0,21a	0,27	318	480
	2	1,40de	1,80cd	0,41ab	0,55a	4,18b	156	156	0,020	0,15b	0,25	156	216
	3	1,42d	2,10bc	0,43ab	0,52a	4,12bc	441	441	0,019	0,14c	0,25	441	201
	4	1,95b	2,20b	0,46ab	0,53a	3,99d	466	466	0,017	0,14c	0,22	466	660
	5	2,20a	3,10a	0,49a	0,55a	4,04cd	307	307	0,019	0,13c	0,22	307	401
Anova	Yıl	**		ÖD		**		ÖD		**		ÖD	
	Düzy	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD	ÖD	**	ÖD	ÖD	ÖD
LSD, % 5		0,03	0,46	0,104	0,105	0,099	0,33	-	-	0,015	-	-	-
Gatab	0	1,38d	1,38d	0,21e	0,42d	3,94a	381	381	0,019	0,13a	0,16d	381	166
	1	1,95c	2,20c	0,41d	0,51b	3,59bc	416	416	0,017	0,12ab	0,27a	416	380
	2	2,40b	2,40b	0,44c	0,47c	3,52c	447	447	0,022	0,11ab	0,25b	447	371
	3	2,43b	3,20a	0,50b	0,50bc	3,64b	201	201	0,019	0,11ab	0,25b	201	515
	4	2,53a	3,30a	0,54ab	0,57a	3,57bc	214	214	0,015	0,10b	0,22c	214	410
	5	2,50a	- <sup>2</sup>	0,57a	-	3,32d	380	380	-	0,11ab	-	380	- <sup>2</sup>
Anova	Yıl	ÖD		ÖD		**		ÖD		*		ÖD	
	Düzy	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD	ÖD	**	**	ÖD	ÖD
LSD, % 5		0,06	0,10	0,036	0,042	0,09	0,11	-	-	0,025	0,020	-	-
Anova Çamur		**	ÖD	**	ÖD	**	**	ÖD	ÖD	**	**	Öd	ÖD

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01, ÖD: Önemli Değil, <sup>1</sup> Değerler dört yinelemenin ortalamasıdır, <sup>2</sup> Ürün alınmadı.

(Navarro-Pedrenov e ark., 1996; Kalembasa, 1996; Pedreno ve ark., 1996; Perez-Espinoso ve ark., 1999; Topcuoğlu ve ark. 2001).

Arıtma çamurunun bitki besin değeri bir çok araştırmacı tarafından incelenmiş ve besin bileşiminin ahır gübresi ve kompost gibi tarım alanlarına rutin olarak uygulanan organik atık esaslı toprak düzenleyicilere benzer olduğu belirlenmiştir (Sommers, 1997). Yüksek bitkilerin gelişimi için bütün mutlak gerekli elementleri içeren arıtma çamurunda N ve P en bol bulunan temel bitki besin maddeleridir (Anonymous, 1996). Bu konuda arıtma çamuru N ve P besini için agronomik miktarlarda uygulandığında K'un olası istisnasıyla mutlak gerekli diğer besinlerin çoğunu genellikle ürünün ihtiyacını karşılayabilecek miktarda sağlayacağı bildirilmiştir (Chaney, 1990). Çizelge 1'in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi her iki çamur örneğinde mutlak gerekli bitki besin maddelerinin yüksek olduğu görülmektedir. Diğer yandan arıtma çamuru uygulanmayan kontrol işleminde yetişen domates bitkilerinin vejetatif kuru madde ve meyve ürün miktarlarının düşük olduğu ve iyi gelişemedikleri görülmektedir. Bu yöndeki bulgular, arıtma çamurunun bitki beslenmesine önemli ölçüde katkı sağlayacağı görüşünü desteklemektedir. Uygulama düzeyi etkisi bakımından Gatab çamurunda 5. düzeyde kuru madde elde olunamamasının, bu çamurun Akdeniz çamuruna göre daha yüksek tuz ve mineral madde içeriğine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 1).

Arıtma çamurlarının toprağa artan uygulamalarıyla domates bitkisinin meyvelerinde mineral içerikleri çoğunlukla artmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda (Miller ve ark., 1995; Kadunc ve ark., 1994; Paulraj ve Ramulu, 1994; Tirmizi ve ark., 1996. Gomez ve ark., 1993; Navarro-Pedreno ve ark., 1996; Pinemonti ve ark., 1997) domates ve diğer test bitkilerine uygulanan arıtma çamurunun bitkide mineral madde içeriğini artırdığını belirlemişlerdir.

Denemede kullanılan arıtma çamurlarının içeriklerindeki farklılıklar domates bitkisinin gelişme, ürün miktarı ve mineral içeriklerine yansımıştır. Çizelge 1'de

Gatab çamurunun Ca ve Zn içerikleri dışında diğer özellikler yönünden Akdeniz çamurundan daha yüksek ölçüm değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Çizelge 3 ve Çizelge 4'ün incelenmesinden de anlaşılacağı gibi Gatab çamuru uygulamalarında yetişen bitkilerde daha fazla vejetatif kuru madde ve meyve ürün miktarı, meyvelerinde daha yüksek N, P, K, Ca, Mg, Mn içerikleri saptanmıştır.

İkinci yıl toprağa yinelemeli uygulanan arıtma çamurları domates bitkisinin vejetatif kuru madde ve meyve ürün miktarları ile mineral içeriklerinde, değişkenliği çamur niteliğe bağlı olarak önemli etkiler yapmıştır. Genel olarak II. yıl yetiştirilen domates bitkilerinde vejetatif kuru madde ve meyve ürün miktarları azalmış, ancak meyvede mineral içerikleri artmıştır. Bu konuda Gomez ve ark.(1993) domates bitkisine II. yetiştirme döneminde yinelemeli olarak uygulanan arıtma çamurunun N, P, K, Ca, Mg, içeriklerini artırdığını; Villarroel ve ark. (1993) toprağa sekiz yıl süre ile arıtma çamuru uygulanması sonucu bitkide P içeriğinin birkaç katı arttığını bildirmişlerdir.

Denemede domates bitkilerinin, destekleyici gübre vb. kimyasal uygulanmayan ve tarımda kullanılmayan doğal bakir araziden alınan toprakta yetiştirilmesi, çamur uygulamalarının etkilerini kıyaslama bakımından kontrol işlemi olarak alınmıştır. Bu yüzden besin gereksinimi yüksek olan hibrid domates çeşidinin yetişmesi için doğal sistemdeki deneme toprağının besin sağlama kapasitesinin temel gübreleme uygulanmaksızın yeterli olamayacağı düşünülmektedir. Öte yandan zengin mineral içeriğine sahip olan arıtma çamurlarının toprağa II. yıl yinelemeli olarak uygulanması, bitkinin en çok tükettiği besin maddelerinin göreceli olarak azalması bakımından besin maddeleri dengesizliğinin ortaya çıkmış olması muhtemel görülmektedir.

Arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanımında elde olunan deneysel bulgular genelde besin içeriği ve organik özellikleri bakımından yararlı etkilerinin bulunduğu ancak uzun süreli uygulamalarında risklerinin göz ardı edilemeyeceği



yönündedir. Arıtma çamurlarının zengin organik madde ve mineral içeriği ile bitki beslenmesine ve toprak verimliliğine önemli katkı sağlayacağı düşüncesine, içerdiği yüksek tuz ve ağır metaller gölge düşürmektedir. Arıtma çamuru içeriğinin kaynağına bağlı değişkenliği, tarımsal geri kazanım değerlendirmesinde önemle dikkate alınmalıdır. Yinelemeli uygulamalarında toprakta ve bitkide tuz, mineral maddeler ve daha önemlisi ağır metal birikimleri, sürdürülebilir toprak idaresi ve tarımda güvenli geri kazanımı üzerindeki endişelere örnek teşkil etmekte ve sera tarımında kullanımının riskli olduğu görülmektedir.

Bu gün halen tesis işletmecileri tarafından arıtma çamurlarının tarımsal kullanımı en ekonomik bertaraf yolu olarak görünmektedir. Arıtma çamurunun ülkemizde kullanımı, ülkemizin çok sınırlı bölgelerinde olsa da giderek yaygınlaşmaktadır. Bu konuda yeterli eğitim programları düzenlenmeden arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda kullanılmasına yönelik olabilecek özendirici uygulamaların (ücretsiz dağıtım, uygulama sahasına kadar ücretsiz nakliye, olumlu yöndeki deneysel bulguların örnek gösterilmesi, vb.) kontrol altına alınması, arıtma çamurunu kullanan tarım üreticilerinin çamur kullanımına ilişkin ilgili yönetmelik standartları üzerinde eğitilmesine yönelik programların düzenlenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

#### Kaynaklar

- Anonim, 1974. Domates Salçası (TS 1598). Türk Standartları Enstitüsü yayını, Ankara.
- Anonymous, 1973. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin Elmer Catalog, Norwalk, Connecticut, U.S.A.
- Anonymous, 1996. The use of reclaimed water and sludge in food crop production. Environmental Pollution Agency. National research council. National Academy Press, Washington, D.C.
- Bayraktar, K. 1970. Sebze Yetiştirme. E.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları, No. 169, İzmir.
- Bouyoucos, G.D. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Bremner, J.M. 1965. Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. In Ed. C.A. Black, American Society of Agronomy, Inc. Pub. Agron Series, No. 9., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Chaney, R.L. 1990. Twenty years of land application research. *Biocycle*, september 54-59.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 10, Ankara.
- Deska, J. and Kalembasa, S. 1995. Effect of substrates containing waste sludge on the biological value of tomato fruits. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*, 429:87-93.
- Gomez, I., Navarro-Pedreno, J., Mataix, J., Frago, M.A.C. and Beusichem, M.L. 1993. Effects of organic waste fertilization and saline irrigation on mineral composition of tomato leaves and fruits. Eighth International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition, 31 August-8 September, Lisbon, Portugal, 333-337.
- Grewelling, T. and Peech, M. 1960. Chemical soil tests. Cornell University, Agr. Expt. Station Bull., 960.
- Hızalan, A. ve Ünal, H. 1966. Topraklarda önemli kimyasal analizler. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları: 278, Yardımcı Ders Kitabı: 97, A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Jackson, M.L. 1962. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc. Eng. Cliffs, U.S.A.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri, II. Bitki analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 453, Uygulama Klavuzu:155, A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Kadunc, V., Mihelic, R. and Lobnik, F. 1994. Usability of compost from municipal sewage sludge and conifer bark in the plant production. *Kmetijstvo*, 63: 191-203.
- Kalembasa, D. 1996. The effects of vermicompost on the yield and chemical composition of tomato. *Zeszyty-Problemove-Postepow-Nauk-Rolniczych*, 437:249-252.
- Linden, D.R., Clap, C.E. and Dowdy, R.H. 1983. Hydrologic management: nutrients. pp 79-103 in Proceedings of the workshop on utilization of municipal wastewater and sludge on land. Riverside, University of California.
- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:421-428.
- Logan, T.J. and Chaney, L. 1983. Metals in utilization of municipal wastewater and sludge on land. A.L. Page, T.L. Gleason, J.E., Smith, I.K., Iskender and C.E. Sommers, eds. Riverside.
- Martens, D.C. and Westermann, D.T. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies in micronutrients in agriculture. Mortvedt, J.J. et al., eds., *Soil Sci. Soc. of Amer. Book Series*, No. 4, Madison, Wisconsin, Amer. Soc. of Agronomy.
- Miller, R.W., Azzari, A.S. and Gardiner, D.T. 1995. Heavy metals in crops as affected by soil types and sewage sludge rates. *Communications in soil science and plant analysis*, 26:5-6, 703-711.
- Navarro-Pedreno, J., Gomez, I., Moral, R., Mataix, J., Van-Cleemput, O., Hofman, G. and Vermoesen, A. 1996. Nitrogen nutrition of tomato derived from the use of sewage sludge and almonds

- residue as fertilizers. Progress in nitrogen cycling studies: Proceedings of the 8.th Nitrogen Workshop held at the University of Ghent, 5-8 september 1994, 243-246.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, H.C. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agr. Cir. No. 939, Washington D.C.
- Paulraj, C. and Ramulu, U.S. 1994. Effect of soil application of low levels of urban sewage sludge on the uptake of nutrients and yield of certain vegetables. Journal of the Indian society of soil science, 42(3):485-487.
- Pedreno, J.N., Gomez, I., Moral, R. and Mataix, J. 1996. Improving the agricultural value of a semi-arid soil by addition of sewage sludge and almond residue. Utilisation of waste organic matter. Agriculture, Ecosystems and Environment, 58(2-3):115-119.
- Perez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Moral R. and Perez-Murcia, M.D., Gomez, I. 1999. Effect of sewage sludge and cobalt treatments on tomato fruit yield of certain vegetables. Journal of plant nutrition, 22(2):379-385.
- Pinamonti, F. Stringari, G. and Zorzi, G. 1997. Use of compost in soilless cultivation. Compost science and utilization, 5(2):38-46.
- Pratt, P.F. 1965. Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. In Ed. C.A. Black, American Society of Agronomy, Inc. Pub. Agron. Series, No. 9., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Saper, G.M. and Phillips, J.G. 1977. Tomato acidity and safety of home canned tomatoes. Hortscience, 12(3):204-208.
- Sommers, L.E. 1997. Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potential use as fertilizer. J. Environmental Quality, 6:225-232.
- Tabatabai, M.A. and Frankerberger, W.T. 1979. Chemical composition of sewage sludges in Iowa. Agriculture and Home Economics Experimental Station, Iowa State University of Sci. and Technology Research Bulletin, 586.
- Tirmizi, S.A., Javed, I., Saeed, A. and Samina, F. 1996. A study of the inorganic elements in vegetable and soil samples of the polluted and nonpolluted areas of Bahawalpur city (Pakistan). Hamdard-Medicus, 39(3):90-95.
- Topcuoğlu, B., Önal, M.K. ve Arı, N. 2001. Toprağa kentsel katı atık kompostu ve kentsel atıksu arıtma çamuru uygulamalarının sera domatesinde kuru madde miktarı ve bazı bitki besin içerikleri üzerine etkisi. GAP II. Tarım Kongresi, 24-26 Ekim, Şanlıurfa.
- Villarreal De, J.R., Chang, A.C. and Amrhein, C. 1993. Cd and Zn Phytoavailability of a field-stabilized sludge-treated soil. Soil Science, 155(3):197-205.