

Toprağa arıtma çamuru uygulamasının gül üretiminde bitki gelişimi, verim ve klorofil içeriğine etkileri

Effect of sewage sludge application in soil on plant growth, yield and chlorophyll content of rose production

Hakan ALTUNLU¹, Hülya AKAT¹, Özlem AKAT SARAÇOĞLU²

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksekokulu, 48600 Muğla

²Ege Üniversitesi, Bayındır Meslek Yüksekokulu, 35840 İzmir

Sorumlu yazar (Corresponding author): H. Akat, e-posta (e-mail): ahulya@mu.edu.tr

Yazar(lar) e-posta (Author e-mail): haltunlu@gmail.com, ozlen.akat@ege.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 13 Kasım 2017
Düzeltilme tarihi 03 Mayıs 2018
Kabul tarihi 25 Mayıs 2018

Anahtar Kelimeler:

Rosa hybrida
Klorofil içeriği
Arıtma çamuru
Verim
Kalite

ÖZ

Çevre için önemli bir sorun olan kentsel arıtma çamuru yüksek oranda organik madde ve besin maddesi içerir. Bu çalışma *Laxa* anacı üzerine aşılı *Rosa* sp. "Magnum" çeşidi kesme gül yetiştiriciliğinde farklı karışım oranlarında uygulanacak (Arıtma çamuru + toprak karışımı, V:V, 0:100, 20:80, 40:60, 60:40) kentsel arıtma çamurunun bitki gelişimi, verim, klorofil miktarı ve çiçek kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Gövde ve kökün yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu, yaprak klorofil a ve b içeriği, bitki başına çiçek sayısı, çiçek sapı uzunluğu ve çapı, gonca boyu ve çapı, kök ve gövde besin madde içeriği ölçülmüştür. Arıtma çamuru uygulaması ile bitki gelişimi, klorofil içeriği, çiçek verimi ve kalitesi artmıştır. Arıtma çamurunun 40:60 oranında uygulanması ile incelenen parametrelerde istatistiksel olarak en iyi sonuçlar elde edilmiştir. % 60 oranında arıtma çamuru uygulamaları incelenen parametreleri olumsuz etkilemiştir. Kesme gül üretiminde kentsel arıtma çamuru uygulaması % 40 dozunda önerilebilir.

ARTICLE INFO

Received 13 November 2017
Accepted in revised form 03 May 2018
Accepted 25 May 2018

Keywords:

Rosa hybrida
Sewage sludge
Chlorophyll content
Yield
Quality

ABSTRACT

The municipal sewage sludge which is an important environmental problem contains significant amounts of organic matter and plant nutrients. The objectives of this research were to investigate sewage sludge application at differing rates (mixture of sewage sludge + soil, V:V, 0:100, 20:80, 40:60, 60:40) on the plant growth, flower yield, chlorophyll content and flower quality of *Rosa* sp. "Magnum" budded on *Laxa* rootstock. Fresh and dry weight of shoots and roots, roots length, chlorophyll a and b content of leaves, number of flower per plant, flower stem length and diameter, bud length and diameter and the nutrient contents of shoots and leaves and roots were measured. Plant growth, chlorophyll content, floral yield and quality increased by the application of sewage sludge. The best performing sludge application rate was 40:60. 60% sewage sludge applications negatively affected all of the measured traits. Sewage sludge waste application may be recommended at 40% rate on volumetric base for cut rose production.

1. Giriş

Evsel atık suların arıtılması ve kontrollü olarak deşarj edilmesi yasal bir mecburiyet olup; belediye sınırlarındaki toplam atık suyun 2016 yılı itibari ile % 81.1'i arıtma tesislerinden geçerek deşarj edilmektedir (TUİK 2016). Atık suların arıtılması sonucu ortaya çıkan katı kalıntı kısmı "Arıtma Çamuru" olarak isimlendirilir. Arıtma çamuru uygun bir şekilde bertaraf edilmeden arıtma süreci tam amacına ulaşamaz. Arıtma çamuru yüksek oranda içerdiği organik madde, azot, fosfor ve potasyum gibi elementler ile değerli bir kaynak oluşturmaktadır.

Bu kaynağın tarımsal amaçlı kullanımının organik ve inorganik gübre kullanımına alternatif veya destek olacağı birçok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Cimrin ve ark. 2000; Martinez ve ark. 2002; Dolgen ve ark. 2007). Kimyasal, biyolojik, termal yöntemler ile stabilizasyonu sağlanmış ve/veya uzun süreli depolanan arıtma çamurunun fiziksel ve kimyasal özellikleri saptanarak toprağa uygun miktarlarda ilavesi ancak onun toprak düzenleyici ve gübre olarak değerini ortaya çıkarır (Anaç ve ark. 1993; Özyazıcı ve Özyazıcı 2012; Angın 2016).

Tarım, orman ve peyzaj alanlarında arıtma çamuru organik katkı sağlayıcı olarak kullanım alanı bulmuştur (Küçükhemek ve ark. 2005).

Kesme süs bitkileri üretiminde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı üzerinde etkili olan organik maddenin önemi büyüktür. Ülkemizde örtüaltı kesme gül yetiştiriciliği yapılan topraklarımızda organik madde içeriği genelde yetersizdir (Soyergin ve Başar 1999). Ahır gübresi ve diğer organik gübrelerin ekonomik olmayışları ve sağlanmaktaki zorlukları bunların kullanımını kısıtlamaktadır (Katkat ve Aşık 2010). Arıtma çamurunun süs bitkileri sektöründe yer açelyası (Demirkan ve ark 2014), begonvil (De Lucia ve ark. 2013), camgüzeli (Zawadzinska ve Salachna 2014a), hercai menekşe (Zawadzinska ve Salachna 2014b) ve sardunya (Zawadzinska ve Salachna 2015) gibi birçok bitkinin yetiştiriciliğinde organik madde ve bitki besin maddesi kaynağı olarak kullanımını gösteren pek çok çalışma mevcuttur.

Bu araştırma ile evsel atık suları arıtma tesisi çamurunun, değişik dozlarda toprağa uygulanmasının kesme gül yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim, çiçek kalitesi ve klorofil içeriği üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, örtüaltı yetiştirme koşullarında “Laxa” anacı üzerine aşılı *Rosa sp.* türüne ait “Magnum” gül çeşidinde, arıtma çamuru (AÇ) ile farklı oranlarda karıştırılmış toprak (T) ile doldurulmuş 12 litrelik PE saksılarda yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde 4 saksı olacak şekilde kurulmuştur. Her bir saksıya bir adet bitki dikilmiştir. Denemede kullanılan ‘Laxa’ anacı kök sürgünü vermeyen yüksek kireçli, ağır killi, tuz ve kurak koşullara dayanıklı bir anaçtır. Araştırmada 6 ay boyunca depolanmış, stabilize edilmiş, kurutulmuş Gökova/Muğla atık su arıtma tesisi arıtma çamuru ve hava kuru hale getirilmiş toprak 4 farklı dozda karışım şeklinde (AÇ:T, 0:100, 20:80,

40:60, 60:40) kullanılmıştır. Gökova/Muğla atık su arıtma tesisinde arıtma tipi açısından uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi kullanılmakta olup arıtma çamurunun stabilizasyonu mezofilik anaerobik çürütme yöntemiyle yapılmakta olup USEPA (United States Environment Protection Agency) yönetmeliğine göre göre “B” sınıfı, Avrupa Birliği Taslak Yönetmeliğine göre “Geleneksel Standart” sınıfındadır (Bilgin ve ark. 2002). Arıtma çamurunun ve araştırma toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Çizelge 1) yapılan analizler ile tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan arıtma çamurunun ağır metal içeriğinin yasal sınırların altında olduğu saptanmıştır. Çizelge 1’de toprak, arıtma çamuru ve uygulamalarda pH, saf su ile doyurulmuş (1:2.5) örneklerde cam elektrotlu pH metre kullanılarak (Jackson 1967), EC değeri, saf su ile doygun örneğin EC metrede okunmasıyla (Soil Survey Staff 1951), toplam N, modifiye kjeldahl yöntemi ile (Bremmer 1965), toplam P Vanada-Molibdo fosforik sarı renk yöntemine göre kolorimetrik olarak (Loot ve ark. 1956), toplam K, toplam Ca, toplam Na alev fotometresinde okunarak (Kacar 1995), toplam Mg ile kimi ağır metal ve iz element içerikleri (Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Cd, Pb, Ni) atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında (AAS) okunarak (Slawin 1955; Kick ve ark. 1980) belirlenmiştir.

Gül fidelerinin dikim işlemi 23.10.2013 tarihinde yapılmış, ilk çiçek hasadı ise 27.02.2014 tarihinde gerçekleşmiştir. Bitkiler bahar ve güz olmak üzere iki ana hasat dönemi geçirmişlerdir. Güz hasat dönemi 12.09.2014 tarihinde başlamıştır. Sulama damlama sulama yöntemi ile yapılmıştır. Araştırma süresince bitkilere her 15 günde bir damlama sulama sistemiyle 120 N, 80 P, 180 K, 200 Ca, 50 Mg, 3 Fe (EDTA), 0.2 Cu, 0.5 Zn, 0.5 Mn, 0.5 B, 0.05 Mo (mg L⁻¹) olacak şekilde besin çözeltisi verilmiştir (Fascella ve ark. 2007). Dikimden sonra gerekli bakım ve uç alma işlemleri yapılmıştır. 27.12.2014 tarihinde araştırma sonlandırılmış ve o tarihte bitkinin kök uzunluğu (cm), gövde-kök yaş (g) ve etüvde 65 °C 48 saat bekletilen örneklerin kuru ağırlıkları (g), saptanmıştır

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprak materyali, Gökova Muğla Atık Su Arıtma Tesisi arıtma çamuru ve uygulamalara ait fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table 1. The physical and chemical properties of soil material, Gökova Muğla Waste Water Treatment sewage sludge and treatments used in experiment.

Analiz Sonuçları	Toprak (AÇ:T) 0:100	Arıtma Çamuru	Yönetmelik Sınır Değerleri*	(AÇ:T) 20:80	(AÇ:T) 40:60	(AÇ:T) 60:40
Bünye	Kumlu Tın	-	-	-	-	-
pH	7.99	7.34	-	7.85	7.65	7.52
EC (µS cm ⁻¹)	146.0	3194	-	715	1158	2514
Kireç (%)	13.90	-	-	12.50	10.47-	8.50
Organik Madde (%)	4.60	76.13	-	16.23	22.58	39.47
Toplam N (%)	0.24	1.75	-	0.42	0.58	1.05
Toplam P (ppm)	34.20	371.5	-	55.25	79.85	125.47
Toplam K (ppm)	252	1081	-	425	658	854
Toplam Ca (ppm)	3636	4525	-	3847	4205	4325
Toplam Na (ppm)	192	855	-	287	411	658
Toplam Mg (ppm)	1306	3521	-	1582	2358	2875
Toplam Fe (ppm)	9.87	52.52	-	15.85	19.75	39.45
Toplam Zn (ppm)	3.44	18.52	2500	5.12	7.45	10.02
Toplam Cu (ppm)	20.70	15.81	1000	18.25	15.02	15.45
Toplam Mn (ppm)	4.18	12.85	-	6.18	7.85	9.10
Toplam Al (ppm)	-	2575	-	385	645	1857
Toplam Cd (ppm)	-	0.77	10	0.17	0.28	0.44
Toplam Pb (ppm)	-	9.33	750	2.14	3.11	5.78
Toplam Ni (ppm)	-	41.04	300	9.01	15.55	27.54

AÇ: Arıtma Çamuru, T: Toprak, *03.08.2010 tarihli 27661 Sayılı Resmî Gazetede ki evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik.

(Kacar 1972). Yetiştirme dönemi boyunca hasat edilen çiçek sayısı (adet bitki⁻¹), çiçek sapı uzunluğu (cm), çiçek sapı çapı (mm), gonca boyu (mm), gonca çapı (mm), bazı makro ve mikro elementlerin gövde ve kök aksamında miktarları belirlenmiştir (Akat ve ark. 2013; Kacar 1972).

Bitkilerin yapraklarındaki klorofil miktarı dikimden 90 gün sonra 23.01.2014 tarihinde alınan örneklerde belirlenmiştir. Her konuya ait uygulamadaki 4 adet bitkiden alınan taze yaprak örnekleri (0.5 g) bekletilmeden, % 80'lik aseton, CaCO₃ ve Quarz kumu ilavesi ile homojenize edilmişlerdir. Klorofil a ve klorofil b miktarını saptamak amacıyla hazırlanan örneklerin sırasıyla 663 ve 645 nm dalga boylarında absorbansları spektrofotometrede (PG INSTRUMENTS- T80+ UV-VIS) ölçülmüştür. Aşağıdaki eşitliğe göre klorofil a ve klorofil b miktarları hesaplanmıştır (Dougherty ve ark. 1966).

$$\text{Klorofil a (Kla)} \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = \frac{(12.7 \times D_{663} - 2.7 \times D_{645}) \times V}{1000 \times \text{Ta}} \quad (1)$$

$$\text{Klorofil b (Klb)} \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = \frac{(22.9 \times D_{645} - 4.7 \times D_{663}) \times V}{1000 \times \text{Ta}} \quad (2)$$

Eşitlikte D₆₆₃: 663 nm dalga boyunda ölçülen absorbans, D₆₄₅: 645 nm dalga boyunda ölçülen absorbans, V: hazırlanan çözeltinin hacmi (cm³), Ta: yaprak örneğinin ağırlığı (g) ifade etmektedir.

Araştırmada elde edilen tüm verilerin değerlendirilmesinde SAS istatistik paket programı (SAS 1995) kullanılmış, verilere varyans analizi uygulanmış ve LSD testi ile karşılaştırılmışlardır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bitki gelişimi ile ilgili parametreler göz önünde bulunduğunda, en uygun değerlerin 40:60 (AÇ:T) uygulamasındaki bitkilerde olduğu izlenmiştir. Bu uygulama diğer uygulamalardan istatistiki olarak ayrılmıştır. Arıtma çamurunun 40:60 (AÇ:T) oranında ilavesi ile arıtma çamuru uygulanmayan konuya (0:100) göre yaş gövde ağırlığında % 15.1, kuru gövde ağırlığında % 24.6, yaş kök ağırlığında % 41.4, kuru kök ağırlığında % 38.6 ve kök uzunluğu değerlerinde ise % 30.7 oranında iyileşme izlenmiştir. Diğer iki arıtma çamuru uygulama dozu (20:80 ve 60:40) ve sadece toprak içeren kontrol (0:100) arasında, yaş gövde ve kök ağırlığı, kök uzunluğu parametrelerinde istatistiki farklılık oluşmamış iken; kuru gövde ve kök ağırlığında bu iki arıtma çamuru uygulama dozu kendi içerisinde aynı istatistiki gruplamada yer alırken, kontrol konusu ile farklı gruplara ayrılmış ve en düşük sonuçlar bu bitkilerde saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bitki kök ve gövdesine ilişkin sonuçlar.

Table 2. The results of plant root and shoot part.

AÇ/T (V:V)	Yaş Gövde Ağırlığı (g)	Yaş Kök Ağırlığı (g)	Kök Uzunluğu (cm)	Kuru Gövde Ağırlığı (g)	Kuru Kök Ağırlığı (g)
0:100	128.4 b	39.4 b	27.01 b	63.9 c	17.8 c
20:80	132.9 b	45.5 b	30.09 b	69.3 b	20.6 b
40:60	148.1 a	55.7 a	35.32 a	79.6 a	24.7 a
60:40	135.9 b	42.3 b	28.32 b	69.8 b	18.9 bc
LSD	10.23*	7.45**	4.78*	4.70**	2.46**

AÇ: Arıtma Çamuru, T: toprak, *: % 5 seviyesinde önemlidir. **: % 1 seviyesinde önemlidir ö.d.: önemli değil.

Arıtma çamuru uygulamalarının bitkilerin verim değeri ve çiçek kalitesi üzerine etkileri Çizelge 3'te verilmiştir. En düşük verim değeri, çiçek sapı uzunluğu ve kalınlığı, gonca boyu ve çapı arıtma çamuru uygulanmamış kontrol bitkilerinde saptanmıştır. Tüm arıtma çamuru uygulamaları hem kaliteyi hem de verimi, kontrol uygulamasına göre olumlu yönde etkilemiştir. Uygulamalarda en iyi sonuçlar % 40 arıtma çamuru içeren ortamda (40:60) izlenmiş, çiçek sayısı 10 adet bitki⁻¹, çiçek sapı uzunluğu 57.9 cm, çiçek sapı kalınlığı, 5.04 mm, gonca boyu 29.34 mm ve gonca çapı da 17.8 mm olarak saptanmıştır. Arıtma çamurunun % 60 oranında ilavesi, verim ve çiçek kalitesi parametrelerinde değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Fazla miktarda arıtma çamuru uygulamasının bu düşüşü oluşturmasının sebebinin yüksek EC değeriyle ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Çizelge 1'de uygulamaların başlangıçtaki EC değerleri gözükmekte olup % 60 oranında arıtma çamuru içeren ortamın EC değeri % 20 arıtma çamuru uygulamasına göre 3.5 kat, % 40 arıtma çamuru uygulamasına göre ise 2.2 kat daha yüksektir. Singh (2006) Gruss-an-Teplitz gül çeşidinde yaptığı çalışmada organik gübre ilavesinin, yaprak alan indeksi, bitki kuru ağırlığı ve verim değerlerini artırdığını en iyi sonucun 5 kg m⁻² uygulamasından alındığını bildirmiştir. Bisht ve ark. (2013) farklı yetiştirme ortamlarının "Grand Gala" gül çeşidinde bitki gelişimi ve çiçeklenmeye etkilerini inceledikleri çalışmalarında organik madde kaynağı olarak vermikompost (solucan gübresi) (2:1), kokopeat (hindistan cevizi torfu) (2:1) ve pirinç kavuzu (2:1) kullanmışlardır. Araştırmacılar organik madde ilavesinin kontrole göre gelişimi, çiçek sayısı ve kalitesini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ünal ve ark. (2011) *Freesia* spp'de yaptıkları çalışmada, arıtma çamurunu 0, 30, 60, 90 ve 180 t ha⁻¹ olacak şekilde toprak materyaline karıştırmışlar ve standart gübrelemeyi tüm konulara uygulamışlar, en düşük çiçek sayısının arıtma çamuru ilavesi yapılmayan kontrol uygulamasında olduğunu, arıtma çamuru dozunun 90 t ha⁻¹ ve üzerine çıktığında çiçek sayısının ve kalitesinin olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Yıldız çiçeğinde (*Dahlia hybrida*) yapılan bir saksı çalışmasında, harç olarak mil kullanılmış ve farklı oranlarda arıtma çamuru ilavesi yapılmıştır. Arıtma çamurunun tek başına ve % 50 oranında karışımının bitki gelişimini ve çiçek verimini olumsuz etkilediği, bunun arıtma çamurunun yüksek pH ve EC değerlerinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Tariq ve ark. 2012). Krizantem (Wraga ve Zawadzinska 2007), şakayık (Xue ve Huang 2013), begonvill (de Lucia ve ark. 2013) ve sardunya (Zawadzinska ve Salachna 2014a) bitkilerinde yapılan çalışmalarda, arıtma çamuru uygulaması ile kontrole göre verim artışları izlenmiş, ancak belirli dozun üzerinde arıtma çamurunun olumsuz etkileri gözlenmiştir.

Fotosentetik CO₂ asimilasyonu ile enerjinin kimyasal olarak depolanması çok büyük öneme sahiptir. Bu da yaprakların klorofil içeriği ile direkt ilişkili olup bitkinin gelişimini ve verimini etkiler. Araştırmamızda arıtma çamuru uygulamaları bitkilerin klorofil içeriği artırmıştır. Kla ve Klb miktarı açısından en yüksek değerler 40:60 uygulamasında sırasıyla 0.74 mg g⁻¹ ve 0.82 mg g⁻¹ olarak saptanmıştır. Arıtma çamuru dozunun % 60 seviyesine çıkması klorofil miktarını azaltmıştır. Singh ve Agrawal (2009) bamyada yaptıkları çalışmalarında % 0, % 20 ve % 40 oranında arıtma çamuru kullanmışlardır. Araştırmacılar yüksek dozda arıtma çamuru uygulamasının klorofil içeriğini olumsuz yönde etkilediğini, düşük dozda ise artırdığını; bamyaya için % 20'lik bir arıtma çamuru uygulamasının iyi bir verim ve bitki gelişimi için, gübrelemeye alternatif bir seçenek olduğunu bildirmişlerdir. Kumar ve

Chopra (2014) % 20, % 40, % 60, % 80 ve % 100 oranında arıtma çamuru karıştırılmış toprakta yetiştirdikleri fasulye bitkilerinde, klorofil içeriğinin % 60 seviyesine kadar arttığını daha yüksek oranlarda ise azaldığını saptamışlardır. Araştırmacılar bu düşüşün nedeni olarak yüksek ağır metal içeriği ve tuz oranının artmasına bağlamışlardır.

“Magnum” kesme gül çeşidinin gövde ve kök makro ve mikro besin elementi kapsamına arıtma çamuru uygulamasının yapmış olduğu etki Çizelge 4 ve 5’de verilmiştir. Çizelgelerde de görüldüğü gibi arıtma çamuru uygulaması ile bitki besin maddesi miktarlarında kontrol uygulamasına göre artışlar izlenmiştir. Artan arıtma çamuru uygulaması ile hem kök hem de gövde de N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn ve Mn miktarında artışlar saptanmıştır. Arıtma çamurunun % 60 çıkması ile beraber kontrol bitkilerinden elde edilen değerlerin altına düşmemekle beraber P, K, Mg ve Ca değerlerinde azalma saptanmıştır. Bu azalmanın Na elementinin aşırı alınımına bağlı olduğunu düşünülmektedir. Arıtma çamuru uygulanmayan kontrol uygulamasına göre uygulama dozunun artışına bağlı olarak Na içeriği gövdede 1.6, 2.5 ve 4.8 kat ve kökte ise 2.7, 3.6 ve 6.3 kat daha yüksek bulunmuştur. 60:40 uygulamasında kökteki Fe, Cu, Zn ve Mn değerleri 40:60 arıtma çamuru uygulamasına göre istatistikî öneme sahip derecede artış göstermiştir. Fe elementinde % 195 oranında bir artış

saptanmıştır. Azevedo Neto ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada, köklerde Na içeriği artıka potasyum alınımının azaldığını ve Na/K oranının düştüğünü bildirmişlerdir. Yakıt ve Tuna (2006) tuz uygulanmış bitkilerde Na alınımına bağlı olarak bitkide P, K, Mg birikimin azaldığını, bunun sebebinin Na ile katyonik elementler arasındaki rekabet ve hücre içi elektrolit dengesinin bozulmasına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Bitkideki Na birikiminin mikroelement içeriğini değiştirdiği, Fe, Cu ve Mn içeriğinin arttığı birçok çalışmada saptanmıştır (Erdal ve ark. 2000; Çelik ve Eraslan 2015). Gül bitkisinde yapılan bir çalışmada farklı EC değerlerinde (1.2-3 mS cm⁻¹) bitki besin maddelerinin alınımı izlenmiş, 3 mS cm⁻¹ uygulamasında alınan toplam N, P ve K miktarının azaldığı bildirilmiştir (Lorenzo ve ark. 2000). Özyazıcı ve Özyazıcı (2012), arıtma çamuru uygulamalarının toprak verimliliği üzerine etkilerini saptamak için yaptıkları çalışmalarında artan dozlarda arıtma çamuru uygulamasıyla pH’da azalma, EC, organik madde, toplam N ve alınabilir P miktarında artış belirlemişlerdir. Hercai menekşe üretiminde yapılan bir diğer çalışmada da bizim çalışmamıza benzer olarak düşük dozlarda arıtma çamuru uygulamasının makro element miktarını olumlu yönde etkilediği, buna bağlı olarak çiçek sayısının arttığı, yüksek dozlarda ise çiçek sayısının olumsuz etkilendiği saptanmıştır (Zawadzinska ve Salachna 2014b).

Çizelge 3. Bitki verimi, çiçek kalitesi ve klorofil içeriğine ilişkin sonuçlar.

Table 3. The results of plant yield, flower quality and chlorophyll content.

AÇ/T (V:V)	Çiçek Sayısı (adet bitki ⁻¹)	Çiçek Sapı Uzunluğu (cm)	Çiçek Sapı Çapı (mm)	Gonca Boyu (mm)	GoncaÇapı (mm)	Kla (mg g ⁻¹)	Klb (mg g ⁻¹)
0:100	4.34 c	44.52 c	3.88 c	21.34 c	12.28 bc	0.58 c	0.67 b
20:80	6.54 b	49.31 b	4.38 b	24.77 b	14.75 bc	0.62 b	0.78 a
40:60	10.00 a	57.92 a	5.04 a	29.34 a	17.84 a	0.74 a	0.82 a
60:40	7.67 b	49.67 b	4.29 b	25.54 b	15.43 b	0.61 bc	0.66 b
LSD	2.04**	4.42**	0.317**	1.46**	2.54*	0.03	0.07

AÇ: Arıtma Çamuru, T: toprak, Kla: klorofil a, Klb: klorofil b, *: % 5 seviyesinde önemlidir, **: % 1 seviyesinde önemlidir, ö.d.: önemli değil.

Çizelge 4. Gövde aksamındaki bazı bitki besin elementi analiz sonuçları.

Table 4. The results of several plant nutrient analyses of shoot part.

AÇ/T (V:V)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
0:100	1.553 b	0.145 b	0.540 c	0.74 c	0.550 b	204.0 d	40.05 b	6.60 b	7.90 d	12.10 c
20:80	1.593 b	0.145 b	0.625 b	0.76 bc	0.550 b	328.0 c	43.75 b	9.20 b	11.05 c	15.05 bc
40:60	1.860 a	0.160 a	0.725 a	0.89 a	0.763 a	516.0 b	47.60 b	9.25 b	14.30 b	16.45 b
60:40	1.880 a	0.159 a	0.700 a	0.86 ab	0.663 ab	986.0 a	140.50 a	15.50 a	18.50 a	20.45 a
LSD _{0.01}	0.126**	0.008**	0.054**	0.120*	0.133*	85.25*	60.402*	3.911**	2.938**	3.616**

AÇ: Arıtma Çamuru, T: toprak, Kla: klorofil a, Klb: klorofil b, *: % 5 seviyesinde önemlidir, **: % 1 seviyesinde önemlidir, ö.d.: önemli değil.

Çizelge 5. Kökteki bazı bitki besin elementi analiz sonuçları.

Table 5. The results of several plant nutrient analyses of the root.

AÇ/T (V:V)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
0:100	1.333 b	0.125 c	0.300 b	0.800	0.590 b	228.0 c	333.35	12.15 b	15.70 c	41.7 b
20:80	1.680 b	0.130 bc	0.285 b	0.845	0.645 b	605.0 c	462.35	12.90 ab	24.15 b	40.4 b
40:60	2.323 a	0.140 a	0.395 a	1.100	0.725 a	816.0 b	472.05	13.30 a	24.90 b	43.6 b
60:40	2.180 a	0.135 ab	0.375 a	0.900	0.640 b	1435.0 a	518.35	13.85 a	32.45 a	65.0 a
LSD _{0.01}	0.36**	0.007**	0.074*	Öd	0.075*	165.33**	Öd	0.963*	6.327**	17.832*

AÇ: Arıtma Çamuru, T: toprak, Kla: klorofil a, Klb: klorofil b, *: % 5 seviyesinde önemlidir, **: % 1 seviyesinde önemlidir, ö.d.: önemli değil.

4. Sonuç

Doğal kaynakların sürdürülebilirliği ve çevre kirliliğinin önlenmesi günümüzün en önemli konularından biridir. Kentsel arıtma tesislerinin önemli bir atığı olan arıtma çamurunun tarım alanlarında yeniden kullanımı hem bir kirlilik etmenini elimine edecek, hem de tarımda sorun olan organik madde eksikliği giderecektir. Bu doğrultuda araştırmada elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde, arıtma çamuru organik madde olarak, araştırma toprağının fiziksel özelliklerine ve verimliliğine olumlu etki yapmış ve buna bağlı olarak tüm arıtma çamuru uygulamalarında kontrol uygulamasına göre bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi olumlu yönde etkilenmiştir. 40:60 arıtma çamuru:toprak uygulaması ile bitki besin maddesi içeriği arasında doğrudan olumlu bir ilişki gözlenmiştir. Arıtma çamuru dozunun artması ve % 60 oranına çıkması ile bitkilerde P, K, Ca Mg değerlerinde bir önceki doza göre düşüşler, iz elementlerde ise aşırı artış saptanmıştır. Buna bağlı olarak bitki gelişimi ve verimde bir gerileme belirlenmiştir. Arıtma çamuru organik madde olarak çok değerli bir kaynak olup, süs bitkileri sektöründe kullanımı hem sektörün ihtiyacının karşılanması hem de çevre kirliliği bir unsurun geri kazanımı açısından önemlidir. Yönetmelikle izin verilen sınır değerlerin altında ağır metal içeriğine sahip arıtma çamurlarının, karıştırıldıkları toprakta da gerekli ölçüm ve kontroller yapılarak, kesme gül yetiştiriciliğinde en fazla toprağa % 40 ilave edilerek kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmayı destekleyen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine (BAP) (Proje No: 2013-14) ve değerli çalışanlarına içtenlikle teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akat H, Demirkan ÇG, Yokaş İ (2013) Atık çamurun 'Matthiolicana' yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve kalite üzerine etkisi. 5. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, Kocaeli, s. 508-520.
- Anaç DA, Hakerlerler H, İrget ME (1993) Yağ fabrikası arıtma tesisi atıklarının zeytinliklerde organik gübre olarak kullanılması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 30(3): 25-32.
- Angın İ (2016) Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonuna Alternatif Bir Yaklaşım: Vermistabilizasyon. Atatürk Üniversite Ziraat Fakültesi Dergisi 47(2): 123-129.
- Azevedo Neto AD, Prisco JT, Eneas-Filho J (2004) Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. Brazilian Journal of Plant Physiology 16(1): 31-38.
- Bilgin N, Eyüpoğlu H, Üstün H (2002) Biyokatıların (Arıtma Çamurlarının) arazide kullanımı. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Bremner JM (1965) Total Nitrogen. Edit. C.Black. Methods of Soil Analysis. Part 2. Amer. Soc. of Agr. Inc., Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
- Bisht D, Singh CP, Kumar S, Singh N (2013) Interactive effect of growing substrates and fertigation in flowering attributes of rose cv. "Grand Gala". Progressive Horticulture 45, 306-311.
- Cimirin KM, Bozkurt MA, Erdal İ (2000) Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması. Yüzcüncü Yıl Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 10(1): 85-90.
- Çelik A, Eraslan F (2015) Nitrik Oksit Uygulamasının Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Mineral Beslenmesi ve Bazı

- Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. SDU Journal of the Faculty of Agriculture/SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1): 55-64.
- Demirkan GÇ, Akat H, Yokaş İ (2014) Atık su arıtma çamurunun *Clarkia amoena* (Yer Açelyası) türünde bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2), 49-58.
- De Lucia B, Cristiano G, Vecchiotti L, Rea E, Russo G (2013) Nursery growing media: agronomic and environmental quality assessment of sewage sludge-based compost. Applied and Environmental Soil Science 2013: 1-10.
- Dolgen D, Alpaslan MN, Delen N (2007) Agricultural recycling of treatment-plant sludge: a case study for a vegetable-processing factory. Journal of Environmental Management 84: 274-281.
- Dougherty RC, Strain HH, Svec WA, Uphaus RA, Katz JJ (1966) Structure of chlorophyll c1. Journal of the American Chemical Society, 88(21), 5037-5038.
- Erdal İ, Türkmen Ö, Yıldız M (2000) Tuz stresi altında yetiştirilen hıyar (*Cucumis sativus* L.) fidelerinin gelişimi ve kimi besin maddeleri içeriğindeki değişimler üzerine potasyumlu gübrelemenin etkisi. Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 10(1): 25-29.
- Fascella G, Zizzo G, Agnello S (2007) Evaluating the productivity of the red rose cultivars in soilless culture. Acta Horticulturae 751: 99-104.
- Jackson ML (1967) Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., EnglewoodCliff, New Jersey.
- Kacar B (1972) Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. A.Ü.Z.F. Yayın 453.
- Kacar B (1995) Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. A.Ü.Z. F. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, s. 255.
- Katkat AV, Aşık BB (2010) Arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımı ve gübre değeri. 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 15-17 Eylül 2010, İzmir.
- Kick H, Burger H, Jommer K (1980) Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in Land wirtschaftlichund Gortnerisch Genutzen Boden Nordrhein-Westfalen. Land wirtschaftliche Forschung 33(1): 12-22.
- Kumar V, Chopra AK (2014) Accumulation and translocation of metals in soil and different parts of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) amended with sewage sludge. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 92(1): 103-108.
- Küçükhemek M, Gür K, Uyanöz R, Çetin Ü (2005) Arıtma çamuru ve çiftlik gübresinin çim bitkisi verimine ve renk özelliğine etkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi, I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu Bildiri Kitabı, İzmir, pp. 375-384.
- Lorenzo H, Cid MC, Siverio JM, Ruano MC (2000) Effects of sodium on mineral nutrition in rose plants. Annals of Applied Biology 137(1): 65-72.
- Loot WL, Nerry JP, Gallo JR, Medcalf JC (1956) Leaf Analysis Technique in Coffee Research, IBEC Researc Ins. II. 9, pp. 21-24 New York.
- Martinez F, Cuevas C, Teresa W, Iglesias I (2002) Urban organic wastes effects on soil chemical properties in degraded semiarid ecosystem. In: Seventeenth WCSS, Symposium No. 20, Thailand, pp. 1-9.
- Özyazıcı MA, Özyazıcı G (2012) Arıtma çamurunun toprağın bazı temel verimlilik parametreleri üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi 27(2): 101-109.
- SAS (1995) SAS System for Windows, Release 6.11. Cary, NC: SAS Institute.
- Singh AK (2006) Effect of farmyard manure, azotobacter and nitrogen on leaf nutrient composition, growth, flowering and yield in rose. Indian Journal of Horticulture 63(1): 62-65.

- Singh RP, Agrawal M (2009) Use of sewage sludge as fertiliser supplement for *Abelmoschus esculentus* plants: Physiological, biochemical and growth responses. *International Journal of Environment and Waste Management* 3(1-2): 91-106.
- Slawin W (1955) *Atomic Absorbition Spectroscopy*. Interscience Publishers, New York-London-Sydney.
- Soil Survey Staff (1951) *Soil Survey Manuel*. U.S. Department Agriculture Handbook N0.18, U.S. Government Printing Office, Washington.
- Soyergin H, Başar S (1999) Yalova yöresinde örtü altı kesme çiçek yetiştiriciliği yapılan sera topraklarının bazı verimlilik özellikleri üzerine bir araştırma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 9(1): 22-25.
- Tariq U, Rehman SU, Khan MA, Younis A, Yaseen M, Ahsan M (2012) Agricultural and municipal waste as potting media components for the growth and flowering of *Dahlia hortensis* 'Figaro'. *Turkish Journal of Botany*, 36(4), 378-385.
- TUİK (2016) Çevre İstatistikleri. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. Belediye Atık Su Temel Göstergeleri (TUİK) Sayı 74. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?tb_id=10&ust_id=3.
- Ünal M, Karaca A, Çetin Camcı S, Çelik A (2011) İçme Suyu Tesisi Arıtma Çamurunun Arpa Zambağı (*Freesia* spp.) Bitkisi Gelişimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(2), 46-56.
- Wraga K, Zawadzinska A (2007) Ocena wpływu podłoża z komunalnego osadu ściekowego na kwitnienie i walory dekoracyjne chryzantemy wielkokwiatowej (*Chrysanthemum* × *grandiflorum* (Ramat. Kitam.). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 31, 249-254.
- Xue D, Huang X (2013) The impact of sewage sludge compost on tree peony growth and soil microbiological, and biochemical properties. *Chemosphere* 93(4), 583-589.
- Yakit S, Tuna AL (2006) Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 19(1), 59-67.
- Zawadzinska A, Salachna P (2014a) Effect of substrates containing municipal sewage sludge compost on the accumulation of macrocomponents in *Impatiens walleriana* Hook. *Journal of Elementology* 19(1): 253-263.
- Zawadzinska A, Salachna P (2014b) Effect of substrates containing composts with the participation of municipal sewage sludge on flowering and macronutrient content in the leaves of garden pansy (*Viola* × *Wittrockiana* Gams.). *Journal of Ecological Engineering* 15(2): 78-87.
- Zawadzinska A, Salachna P (2015) Growth, Flowering and Photosynthetic Pigments of *Pelargonium* × *Hortorum* LH Bailey 'Survivor Hot Pink' and 'Graffiti Fire' Grown In Substrates Containing Sewage Sludge Compost. *Journal of Ecological Engineering* 16(3): 66-78.