

Atık Su Arıtma Çamurunun *Clarkia amoena* (Yer Açelyası) Türünde Bitki Gelişimi ve Çiçeklenme Üzerine Etkisi

Gülbin ÇETİNKALE DEMİRKAN¹, Hülya AKAT¹,
İbrahim YOKAŞ¹

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu, Ortaca/Muğla,
ahulya@mu.edu.tr

Özet: Son yıllarda kirlilik kaynağı olarak ortaya çıkan atık su arıtma çamurlarının depolanması ve bertarafı işlemleri de ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Arıtma çamurlarının yeniden kullanımı ile çevreye zarar vermeyecek bir şekilde doğaya tekrardan kazandırılması önemli bir konu haline gelmektedir. Bu bağlamda atık su arıtma çamurlarının en ekonomik, en pratik, sürdürülebilirliği yüksek ve çevreye zararı en az olan bertaraf etme yöntemi olarak karşımıza tarımsal amaçlı kullanımı çıkmaktadır. Bu çalışmada, peyzaj düzenlemelerinde mevsimlik süs bitkisi olarak değerlendirilen *Clarkia amoena* (Yer Açelyası) türü toprağa 4 farklı dozda (Kontrol, % 25, % 50 ve % 75) uygulanmış atık su arıtma çamurunun bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu'na ait açık alanda saksıda, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. İstatistiksel veriler değerlendirildiğinde; sürgün uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı ve üst aksam yaş ağırlığına ait değerler % 1 düzeyinde önemli bulunurken, kök uzunluğu ile üst aksam kuru ağırlığına ait veriler istatistiksel açıdan % 5 önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Kök yaş ve kuru ağırlığı parametrelerine bakıldığında ise değerler istatistiki olarak önemli bulunmamakla birlikte artan dozlara paralel şekilde kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerinin de artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, *Clarkia amoena*, yeniden kullanım.

Effects of sewage sludge on the growth and flower development of *Clarkia amoena*

Abstract: Gathering and disposal of sewage sludge which arise as pollution source is always cause problems on recent years. Reuse of sewage sludge and recycling them without damaging the environment and the nature is a very important subject. Due to this importance most economic, practicle and sustainable way of using sewage sludge is to use them as an organic material source in agricultural applications. The aim in the study is the effect of sewage sludge on the growth and flowering of *Clarkia amoena* which use as seasonal ornamental plant in landscape studies. Sewage sludge applied in four doses to soil as control 25 %, 50 %, 75 % respectively. Research established as random blocks in three replications at the open areas of Mugla Sitki Kocman University Ortaca Vocational School. Results showed that shoot length, total flower for plant and upper part of plant

fresh weight is significantly important (1 %); root length and upper part of plant dry weight is also significantly important (5 %). Root of plant fresh and dry weight values showed an increase due to all doses but they are not significantly important.

Key Words: Sewage sludge, reuse, *Clarkia amoena*.

Giriş

Günümüzde nüfus artışının yanı sıra kent merkezlerinin oldukça hızlı büyümesi sonucu kitlelerin ortaya çıkardığı evsel ve endüstriyel kökenli atık su arıtma çamurlarının miktarları insan sağlığını tehdit eder boyutta çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu atık çamurların yeniden kullanımı ile çevreye zarar vermeyecek şekilde doğaya kazandırılması üzerinde çalışılması gereken önemli konulardan birisidir. Bu doğrultuda atık su arıtma çamurlarının en ekonomik ve çevreye zararı en az olan bertaraf etme yöntemi olarak tarımsal amaçla kullanımı karşımıza çıkmaktadır. Arıtma çamurları ile yapılan araştırmalarda, tarımsal amaçlı kullanımı en pratik ve sürdürülebilir bertaraf yolu olarak görülmekte ve çamurun içerdiği makro ve mikro besin elementleriyle bitki yetiştiriciliği açısından büyük bir ekonomik değer taşıdığı özellikle belirtilmekte ve besin elementi döngüsüne katılması gerekliliğine de dikkat çekilmektedir (Hanay ve Hasar, 2000; Grigatti, 2007). Günümüzde pek çok ülkede bu yaklaşım doğrultusunda, atık su arıtma çamurları; tarımsal alanlarda, orman alanlarında, bozulmuş alanlarda, park-bahçe alanlarında ve fidancılıkta kullanılarak bertaraf edilebilmektedir (Küçükhemek ve ark. 2005). Son yıllarda ülkemizde gelişen bir sektör olan süs bitkisi yetiştiriciliğinde atık su arıtma çamurlarından organik gübre, çimlendirme ortamı ve yetiştirme ortamı olarak da faydalanma imkanının her geçen gün giderek arttığı yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur (Arıkan ve Öztürk, 2005; Bozdoğan ve ark. 2009; Akat ve ark. 2013; Demirkan ve ark. 2013). Bu açıdan bakıldığında, atık su arıtma çamurlarının süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanımı önemli bir gider olan yetiştirme ortamı ve gübreleme maliyetlerinin düşürülmesini sağlamanın yanı sıra her geçen gün artan miktarlara ulaşarak çevresel bir sorun haline gelen arıtma çamurlarının bertarafını ekolojik ve ekonomik bir çözüm niteliğinde gözükmektedir.

Ülkemizde süs bitkileri yetiştiriciliğinde tek başına toprak kullanımı, hem tarım alanlarında bir çeşit erozyon meydana getirmekte hem de yetiştirme ortamı olarak istenen özellikleri tek başına sağlayamadığından, bitkiler yeterli büyüme performansı gösterememektedir. Bunu sağlamak amacıyla çeşitli kimyasal gübrelerden yararlanılabilirken, toprağın organik maddece iyileştirilmesinde yetersiz kalınmaktadır. Ayrıca toprağa uygulanabilecek ahır gübresi ve diğer organik gübrelerin sağlanmasındaki zorluklar ya da masraflı oluşları nedeniyle yeterli miktarda uygulanamaması toprak verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir (Katkat ve Aşık, 2010).

Süs bitkisi yetiştiriciliğinde; ahır gübresi ve diğer organik gübrelerin yanı sıra toprağa ilave olarak yetiştiriciliği destekleyen; üretimin yapıldığı bölgeye özgü olan ve kolaylıkla temin edilebilen bir takım organik kökenli yetiştirme ortamları da kullanılmaktadır. Süs bitkisi yetiştirme ortamları içinde en yaygın kullanılan organik materyal torftur. Kısıtlı olan doğal torf yataklarının oluşumunun uzun zaman almasının yanı sıra kalitesindeki bozukluklar, üreticilerin yerli torfa kıyasla fiyatı daha yüksek olan ancak kaliteyi daha fazla artıran ithal torfa yönelmesine neden olmaktadır (Çaycı ve ark. 1989; Dede, 2009). Süs bitkileri sektöründe söz sahibi ülkeler, üretim maliyetlerini düşürmek ve üreticilerin rekabet gücünü arttırmak amacıyla ithal torfa alternatif olabilecek, uygun organik materyaller

geliştirmekte ve bunların üretici düzeyinde kullanımlarını sağlamak amacıyla ticari ürün olarak piyasaya sunmaktadır (Ingelmo ve ark. 1998, Baran ve ark. 2001). Torf dışında ticari olarak sunulabilecek potansiyel organik materyal kaynakları bulunmaktadır. Henüz çok yaygın olmamakla birlikte süs bitkisi yetiştiriciliğinde atık su arıtma çamurlarından, uygun yasal değerleri taşımak kaydı ile organik materyal kaynağı olarak faydalanma imkanı bulunmaktadır (Bozdoğan ve ark. 2009). Organik kökenli arıtma çamurlarının yavaş salınımlı gübre özelliğine sahip olmaları ticari gübrelere alternatif bir materyal olabileceğini de göstermektedir. Ayrıca, arıtma çamurunun insanlar tarafından, tüketilen gıda ürünlerinin yetiştiriciliğinde kullanımı yerine süs bitkisi yetiştiriciliğinde değerlendirilmesi mümkündür (Arıkan ve Öztürk, 2005).

Arıtma çamurunun kirletici etkisinin bulunduğu da düşünülerek süs bitkisi yetiştiriciliği yapılan alanlara dikkatli bir şekilde uygulanması, bu konu ile ilgili yönetmeliklere uyularak konu ile ilgili denetimlerin hassasiyet içerisinde yapılması gerekmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 03.08.2010 tarihli 27661 sayılı 'Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmeliği'nde biyolojik ayrışabilirliğinin ve kullanımından kaynaklanan sağlık tehlikeleri göz önünde bulundurulduğunda arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasında belirli kısıtlamalar vardır. Organik madde ve besin elementi içeriklerinin yanı sıra belli miktarlarda özellikle çevreye zararlı toksik organik bileşikler, ağır metaller, patojen mikroorganizmalar ve parazitik organizmaların yumurtalarını içerebilmektedirler. Arıtma çamurlarının biyolojik, kimyasal (ısı) işlemler ve uzun süreli depolama vb. uygun prosedürlerden geçirilerek etkileri önemli ölçüde azaltılmakta ve verimlilik potansiyeli düşük olan topraklarda toprak düzenleyici olarak kullanılabilir (Tolay ve ark. 2000; Manas ve Castro, 2008; Tüfekçi ve ark. 2008; Li ve ark. 2009; Katkat ve Aşık, 2010). Peyzaj düzenleme çalışmalarında en önemli unsurlardan biri süs bitkileridir. Bu bitki grupları içerisinde tasarımları renklendiren çiçekleri ile mevsimlik süs bitkileri önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda, bu araştırmada süs bitkileri içerisinde yaygın olarak kullanılan mevsimlik süs bitkilerinden *Clarkia amoena* türünden yararlanılmıştır. *Clarkia amoena* türünde farklı dozlarda atık su arıtma çamuru uygulanmalarının bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

Materyal ve Metod

Araştırma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokuluna ait açık alanda 2013-2014 yılları arasında, tesadüf parselleri deneme desenine göre, her tekerrürde 6 bitki bulunacak şekilde 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak *Clarkia amoena* türü, yetiştirme materyali olarak da toprak tercih edilmiştir. Toprak materyaline 4 farklı dozda (% 0, % 25, % 50 ve % 75) atık su arıtma çamuru karıştırılmış ve atık su arıtma çamuru uygulanmayan toprak materyali ise kontrol olarak kullanılmıştır.

05.02.2013 tarihinde örtüaltı yapıda multipotlara tohum ekimi yapılmış ve 31.03.2013 tarihinde fideler 4-5 yapraklı olduklarında 26 litrelik altlıklara sahip olan yatay plastik saksılardaki esas yetiştirme ortamlarına her saksıda 3'er adet bitki bulunacak şekilde 25x25 cm dikim mesafesi ile dikilmişlerdir. Denemede kullanılan arıtma çamuru ve toprak materyalinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile analizler yapılmıştır. Atık su arıtma çamurunun analiz sonuçları Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 03.08.2010 tarihli 27661 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış olan 'Evsel ve

Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirlenen toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal içerikleri açısından değerlendirildiğinde sınır değerlerin çok altında olduğu tespit edilmiştir. Denemede kullanılan atık su arıtma çamuru ve toprak materyali için elde edilen analiz sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Stabilize Arıtma Çamuruna Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Yapılan Analizler	Arıtma Çamuru Materyali Değerleri	03.08.2010 tarihli 27661 Sayılı Resmî Gazetede Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik Sınır Değerleri
pH	7.34	-
Tuz ($\mu\text{S/cm}$)	1194	-
Organik Madde (%)	74.99	-
C/N	11.6	-
Toplam Azot (mg/g)	3.75	-
Toplam Fosfor (mg/kg)	3715	-
Toplam Potasyum (mg/kg)	1081	-
Toplam Kadmiyum (mg/kg)	0.77	10
Toplam Kurşun (mg/kg)	9.33	750
Toplam Nikel (mg/kg)	41.04	300
Toplam Bakır (mg/kg)	15.81	1000
Toplam Alüminyum (mg/kg)	2575	-
Toplam Demir (mg/kg)	5252	-

Tablo 2. Toprak Materyaline Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Yapılan Analizler	Toprak Materyali Değerleri
pH	7.88
Toplam Tuz (%)	0.020
Kireç (%)	11.40
Bünye	Kumlu tın
Organik Madde (%)	4.00
Toplam Azot (%)	0.19
Alınabilir Fosfor (mg/kg)	49.62
Alınabilir Potasyum (mg/kg)	184
Alınabilir Kalsiyum (mg/kg)	3724
Alınabilir Sodyum (mg/kg)	86
Alınabilir Magnezyum (mg/kg)	1126
Alınabilir Demir (mg/kg)	9.78
Alınabilir Çinko (mg/kg)	3.23
Alınabilir Bakır (mg/kg)	14.54
Alınabilir Mangan (mg/kg)	3.50

Dikimden üç hafta sonra bitki gelişimi için Hoagland çözeltisi 15 günde bir olacak şekilde uygulanmıştır. Araştırmadaki bitkilerde sürgün uzunluğu ve bitki başına çiçek sayısı haftada bir kez ölçülmüştür. 27.07.2013 tarihinde bitkiler sökülerek denemenin sonlandırılmasıyla ise kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı parametreleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler TARİST istatistik paket programı ile değerlendirilerek varyans analizine tabi tutulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada, artan dozlardaki atık su arıtma çamuru uygulamasının bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla sürgün uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı, kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlığı ölçülerek değerlendirilmiştir. Atık su arıtma çamuru uygulamasının, ele alınan kriterlerden sürgün uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı ve kök uzunluğu üzerine etkisi Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Farklı dozlardaki atık su arıtma çamuru uygulamasının *Clarkia amoena* bitkisinin sürgün uzunluğu, bitki başına çiçek sayısı ve kök uzunluğu üzerine etkisi

Uygulamalar	Sürgün Uzunluğu (cm)	Çiçek Sayısı (adet/bitki)	Kök Uzunluğu (cm)
Toprak (Kontrol)	32.44 c	133 c	16.25 b
Toprak+Arıtma çamuru (% 25)	33.51 bc	253 a	16.36 b
Toprak+Arıtma çamuru (% 50)	35.16 ab	213 ab	18.86 a
Toprak+Arıtma çamuru (% 75)	36.90 a	174 b	19.25 a
LSD_{0.01}	2.40**	40.38**	2.10*

Atık su arıtma çamuru uygulaması ile sürgün uzunluğu ve bitki başına çiçek sayısı % 1 önem düzeyinde etkilenirken, kök uzunluğu % 5 önem düzeyinde etkilenmiştir. Sürgün uzunluğu (36.90 cm) ve kök uzunluğunun (19.25 cm) en yüksek değerlerine toprak materyali + % 75 atık su arıtma çamuru karışımında, çiçek sayısına ait en yüksek değere (253 adet/bitki) ise toprak materyali + % 25 atık su arıtma çamuru karışımından ulaşılmıştır. En düşük değerler ise sürgün uzunluğunda 32.44 cm, çiçek sayısında 133 adet/bitki ve kök uzunluğunda ise 16.25 cm ile beklendiği gibi kontrol ortamı olan atık su arıtma çamurunun kullanılmadığı toprak materyalinden elde edilmiştir. Dai ve ark. (2006) yürüttükleri çalışmalarında, saksıdaki bazı süs bitkisi türlerine (*Begonia semperflorens*, *Ophiopogon japonicus*, *Buxus radicans*, *Ligustrum lucidum*, *Viburnum macrocephalum*, *Osmanthus fragrans*, *Loropetalum chinense* var. *rubrum*, *Dendranthema morifolium* ve *Cinnamomum camphora*) arıtma çamuru uygulamasının kontrol ortamına göre daha iyi bir gelişme gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yine serada yürütülen bir diğer çalışmada *Diplotaxis erucoides* türünde arıtma çamuru uygulamasının biyokütlede artışa neden olduğu ve bitkinin daha büyük bir kök sistemi oluşturduğu bildirilmiştir (Korboulewsky ve ark. 2002). Araştırma bulgularından elde edilen veriler doğrultusunda kullanılan atık su arıtma çamuru, doz artışına bağlı olarak büyümeyi olumlu etkilemiştir. Bu sonuçlar diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermiştir.

Ünal ve ark. (2011)'nin *Freesia* spp (Arpa Zambağı) türünde yaptıkları çalışmalarında, farklı dozlarda arıtma çamuru uygulamasının başak ve çiçek sapı uzunluğunda bir artış meydana getirdiğini, ayrıca bitki başına elde edilen çiçek sayısında 60 t/ha, kandil sayısında 180 t/ha, yumru çapında ve yumrudan elde edilen yavru sayısında 90 t/ha uygulamalarının etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Yine Grigatti ve ark. (2007) tarafından yürütülen bir diğer çalışmada da *Begonia semperflorens* türünde çiçek sayısının % 25 oranında arıtma çamurunda en yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu bağlamda, çiçek sayısı kriterine ait sonuçlar atık su arıtma çamuru uygulamasının % 25 dozunda en yüksek değerleri vermesi ile diğer araştırmalarla örtüşmüştür. Tolay ve ark. (1999); *Tagetes patula*, *Tagetes erecta*, *Zinnia elegans*, *Malcolmia maritima* türlerinde, Hicklenton ve ark. (2001) *Cotoneaster dammeri* türünde, Özdemir ve ark. (2005) *Cupressus macrocarpa* 'Gold Crest' çeşidinde, Dede (2009); Leylandi, Mazı, Ligustrum, Akasya, Primula ve *Tagetes* türlerinde, Dede ve ark. (2009); *Primula vulgaris* türünde yaptıkları çalışmalarında, arıtma çamuru uygulanan ortamların bitki büyüme performansı açısından en iyi yetiştirme ortamları olduğunu saptamışlardır. Bahsedilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar, atık su arıtma çamurunun bitki büyümesinde artışa neden olması açısından tarafımızdan yürütülen bu çalışma bulgularıyla da örtüşmektedir.

Bitki üst aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı kriterlerine ait veriler denemenin sonlandırılması ile bitkiler söküldükten sonra elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Farklı dozlardaki atık su arıtma çamuru uygulamasının *Clarkia amoena* bitkisinin üst aksam yaş ağırlığı, üst aksam kuru ağırlığı, kök yaş ve kök kuru ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar	Üst Aksam Yaş Ağırlığı (gr)	Üst Aksam Kuru Ağırlığı (gr)	Kök Yaş Ağırlığı (gr)	Kök Kuru Ağırlığı (gr)
Toprak (Kontrol)	142.64 c	37.51 b	26.98	1.38
Toprak+Arıtma çamuru (% 25)	210.89 b	51.29 ab	29.26	1.40
Toprak+Arıtma çamuru (% 50)	247.75 ab	54.00 a	30.18	1.44
Toprak+Arıtma çamuru (% 75)	286.45 a	64.07 a	32.17	1.63
LSD_{0,01}	54.40**	14.08*	Öd	Öd

Bitki üst aksam yaş ağırlığı istatistiki olarak % 1 düzeyinde ve üst aksam kuru ağırlığı ise istatistiki açıdan % 5 önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Bitki üst aksam yaş ve kuru ağırlığı parametrelerinde diğer kriterler de olduğu gibi en yüksek değere toprak + % 75 atık su arıtma çamuru karışımında ve en düşük değere de kontrol ortamı olan atık su arıtma çamuru uygulaması yapılmayan toprak materyalinde rastlanmıştır. Kök yaş ve kuru ağırlığı verilerine bakıldığında, istatistiki olarak önemsiz görülmele birlikte artan dozlardaki atık su arıtma çamurunun ilave uygulamalarında kontrole göre bir artış sağladığı görülmüş, kök yaş ve kuru ağırlık verilerinin toprak + % 75 atık su arıtma çamuru karışımında kontrole göre değerlerinin rakamsal olarak yaklaşık % 20 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ostos ve ark. (2008) *Pistacia lentiscus* türünde, Dede ve ark. (2009) *Primula vulgaris* türündeki çalışmalarında arıtma çamuru ilavesinin bitki gelişimi olumlu etkileyerek atık çamur oranının artmasıyla bitki kuru ağırlığının en yüksek değerlere ulaştığını, yine

Grigatti ve ark. (2007) yaptıkları çalışmalarında, *Begonia semperflorens* türünde kuru ağırlık artışının % 25, *Salvia splendens* türünde ise % 50 arıtma çamuru uygulamasında en yüksek değerlere ulaştığını, *Tagetes patula* türünde ise % 50'nin üzerinde arıtma çamuru olan ortamlarda kuru ağırlıkta bir artış saptanmadığını ortaya koymuşlardır. Diğer araştırmalarda tür bazında değişimle birlikte, arıtma çamuru uygulamalarının gövde ve kök ağırlıklarını farklı oranlarda etkilediği tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada da toprak + % 75 atık su arıtma çamuru uygulaması üst aksam yaş-kuru ağırlığı ve kök yaş-kuru ağırlığında en yüksek sonuçları vererek diğer çalışmalarda olduğu gibi artan atık su arıtma çamuru dozlarının olumlu etkilerinin olduğu konusunda örtüşmektedir. Atık su arıtma çamuru dozlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmalar incelendiğinde; farklı atık su arıtma çamuru dozlarının değişik türlerdeki yararlılık düzeyleri ortaya koyulmuş ve arıtma çamuru analizlerinin yapılarak her bitki için farklı dozların uygulaması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Tolay ve ark. 1999; Hicklenton ve ark. 2001; Özdemir ve ark. 2005; Grigatti ve ark. 2007; Akat ve ark. 2013).

Elde edilen tüm bulguların ışığında, toprağa artan dozlarda ilave edilen atık su arıtma çamuru uygulamaları, kontrol ortamı olan toprak ile kıyaslandığında sadece bitki başına çiçek sayısı kriterinde toprak + % 25 atık su arıtma çamuru uygulamasında, en yüksek değerine ulaşırken, diğer parametreler açısından ise toprak + % 75 atık su arıtma çamuru uygulamasında en yüksek ve kontrol ortamında da en düşük değerine ulaştığı saptanmıştır.

Sonuç

Atık su arıtma tesislerinden her geçen gün artan miktarlarda atık su arıtma çamuru kirlilik kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. Çevre açısından doğuracağı sorunları önlemek ve alternatif bir çözüm olarak arıtma çamurunun; işlevselliği yüksek bir geri dönüşüm modeli olarak tarım alanlarında kullanılması hem ekolojik dengeye katkısı açısından hem de ekonomik ölçekteki yararı yadsınamayacak düzeydedir. Bu doğrultuda araştırmada, mevsimlik süs bitkisi olarak değerlendirilen *Clarkia amoena* türünde atık su arıtma çamurlarının toprağa artan dozlarda uygulanmasını sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, üst aksam yaş-kuru ağırlığı ve kök yaş-kuru ağırlığı gibi kriterleri olumlu yönde etkileyerek bitki gelişimini arttırdığı görülmüştür. Atık su arıtma çamuru uygulaması bitki gelişimine bağlı olarak da çiçeklenmeyi olumlu yönde etkilemiştir. Yoğun çiçekli olan mevsimlik süs bitkilerinin sahada kullanılmaları daha çok tercih sebebi olmakla birlikte üretimde atık su arıtma çamurlarının bitki büyümesini olumlu yönde arttırması da atık su arıtma çamuru kullanımını avantajlı hale getirmektedir. *Clarkia amoena* türünün hem fide yetiştiriciliğinde hem de peyzaj sahalarında kullanımında toprağa karıştırılarak bertaraf edilmesi araştırmamızın sonucunda önerilmektedir.

Bu çalışma ile süs bitkileri sektöründe alternatif bir bertaraf sahası olarak peyzaj alanlarında kullanılan *Clarkia amoena* türü gibi diğer mevsimlik süs bitkisi türlerinde de atık su arıtma çamuru uygulamalarının yönetmeliklerce izin verilen sınır değerlerin altında ağır metal içeriğine sahip olmaları ve kullanılan topraklarda gerekli ölçümler ile denetimlerin yapılması koşuluyla kullanımına olanak verilmelidir. Toprakta müsaade edilen sınır değerleri aşması durumunda da atık su arıtma çamuru uygulamasının sonlandırılması şeklinde kullanımları hem bertaraf sahasının daha da arttırılması anlamında hem de atık su arıtma çamurlarının çevreye zarar vermeyecek şekilde daha bilinçli kullanımları anlamında etkili olacağı kanaatine varılmıştır.

Kaynaklar

- Akat., H., Demirkan, Ç.G ve Yokaş, İ., 2013. Atık çamurun '*Matthiola incana*' yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve kalite üzerine etkisi. 5. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, 29 Mayıs-1 Haziran 2013, Kocaeli sf: 508-520
- Arkan, A.O ve İ. Öztürk, 2005. arıtma çamuru kompostlaştırılmasında organik evsel katı atık ilavesinin etkisi. İTÜ Dergisi/d Mühendislik, Vol. 4, No.1, pp. 15-24.
- Baran A., G. Çaycı, C. Kütük ve R. Hartmann, 2001. Composted grape marc as growing medium for hypostases (*Hypostases phyllostagya*). Bioresource Technology, 78, pp. 103-106.
- Bozdoğan, E., G. Çetinkale ve Z. Söğüt, 2009. Atık su arıtma çamurlarının yeniden kullanımları. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi –UKAY 2009. 334-342.
- Çaycı, G., I. Ünver, Y. Ataman ve N. Munsuz, 1989. Distribution and horticultural values of the peats in anatolia. Symposium on Substrates in Horticulture other than Soil in Situ, Dublin, Ireland, 12–16 September 1988. Acta Horticulturea, 238, pp. 189–196.
- Dai, J., L. Chen, J. Zhao, and N. Ma. 2006. Characteristics of sewage sludge and distribution of heavy metal in plants with amendment of sewage sludge. Journal of Environmental Sciences, Volume 18 (6): 1094–1100.
- Dede, Ö.H., 2009. Fındık zürufu ve arıtma çamuru karışımından süs bitkisi yetiştirme ortamı geliştirilmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Çevre Müh. Bölümü, s:183
- Dede, Ö. H., S. Özdemir ve G. Dede, 2009. Fındık zürufu ve arıtma çamurlarının tek yıllık süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılması. II. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, 04-06 Kasım 2009, İzmir.
- Demirkan, Ç.G., Akat., H. ve Yokaş, İ., 2013. Atık çamurun kapak malzemesi olarak kullanımının bazı çim türlerine etkisi. V. Süs Bitkileri Kongresi, 06-09 Mayıs 2013 Yalova
- Grigatti, M., M. E. Giorgioni and C. Ciavatta, 2007. Compostbased growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. Bioresource Technology, 98, pp. 3526-3534.
- Hanay Ö. ve H. Hasar, 2000. Kayseri ili kentsel atık su arıtma tesisi çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım potansiyeli. Science and Eng. J. Of Fırat University, 19 3, pp. 333-337.
- Hicklenton, P. R., V. Rodd and P. R. Warman, 2001. The effectiveness and consistency of source-separated municipal solid waste and bark composts as components of container growing media. Scientia Horticulturae, 91, pp. 365-378.
- Ingelmo, F., R. Canet, M. A. Ibanez, F. Pomares and J. Garcia, 1998. Use of msw compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. Bioresource Technology, 63, pp. 123–129.
- Katkat, A.V. ve B.B. Aşık, 2010. Arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımı ve gübre değeri. 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 15-17 Eylül 2010, İzmir.
- Korboulewsky, N., G. Bonin and C. Massiani. 2002. Biological and ecophysiological reactions of white wall rocket (*Diplotaxis eruroides*) grown on sewage sludge compost. Environmental Pollution, 117 (2002): 365-370.
- Küçükhemek, M., K. Gür, R. Uyanöz ve Ü. Çetin. 2005. Arıtma çamuru ve çiftlik gübresinin çim bitkisi verimine ve renk özelliğine etkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi, I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu Bildiri Kitabı, İzmir, 25-26 Mart 2005: 375-384.
- Li, s., Zhang, K., Zhou, S., Zhang, L. and Chen, Q., 2009. Use of dewatered municipal sludge on canna growth in pot experiments with a barren clay soil. Waste Management 29:1870-1876.
- Manas, P and E. Castro. 2008. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media. J. New Forest, 37: 295-311.

- Ostos, J. C., R. Lopezgarrido, J. M. Murillo and R. Lopez, 2008. Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge based compost in nursery growing media: effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia Lentiscus* L., Bioresource Technology, 99, pp. 1793-1800.
- Özdemir, S., G. Köseoğlu ve Ö. H. Dede, 2005. Arıtma çamurlarının süs bitkisi toprağı hazırlanmasında kullanımı. I. Ulusal Arıtma Çamuru Sempozyumu Bildiri Kitabı, 557-564.
- Tüfekçi S., G. Gülbaba ve F. Tokgönül, 2008. Tarsus evsel arıtma çamurunun Okaliptüs ve Kızılcım fidanları üretiminde kullanılması. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 368 ISBN: 978-605-393-042-6 DOA Yayın No: 49
- Tolay, U., Y. Yavuzşefik, M. Tolay ve N. Söğüt. 2000. Atık çamurlarının bitki üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar. Turk J Agric For 24, 705-712.
- Ünal, M., A. Karaca, Ç. S. Camcı ve A. Çelik. 2011. İçme suyu tesisi arıtma çamurunun arpa zambağı (*Freesia* spp.) bitki gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 25 (2): 46-56.

