

Hülya AKAT¹
Gülbin ÇETİNKALE DEMİRKAN¹
Özlem AKAT²
Bülent YAĞMUR³
İbrahim YOKAŞ¹

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ortaca Meslek
Yüksekokulu, 48600 Ortaca-Muğla/Türkiye

² Ege Üniversitesi, Bayındır Meslek Yüksekokulu,
35840 Bayındır-İzmir/Türkiye

³ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve
Bitki Besleme Bölümü 35100 İzmir/Türkiye

e-posta: ahulya@mu.edu.tr

Aritma Çamuru Uygulamalarının *Limonium sinuatum* 'Compindi White' Çeşidinde Bitki Gelişimi, Verim ve Çiçek Kalitesi Üzerine Etkileri

Effects of Sewage Sludge Applications on Plant Growth, Yield and Flower Quality of *Limonium sinuatum*

Alınış (Received): 11.11.2014

Kabul tarihi (Accepted): 24.02.2015

Anahtar Sözcükler:

Aritma çamuru, *Limonium sinuatum*, süs bitkisi, yeniden kullanım

Key Words:

Limonium sinuatum, ornamental plant, reuse, sewage sludge

ÖZET

Günümüzde ciddiye alınması gereken konulardan biri olan doğal çevrenin korunarak sürdürülebilirliğinin sağlanması atıkların çevreyle uyumlu bir şekilde bertarafının sağlanmasıyla mümkün hale gelmektedir. Atıkların yeni bir kirlilik faktörü oluşturmadan değerlendirilmesi ekosistemin işlevselliğinin temelini oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, Gökova-Akyaka Atık Su Aritma Tesisinden temin edilen arıtma çamurunun farklı dozlarda (% 0, % 25, % 50, % 75, % 100) kullanılmasının *Limonium sinuatum* 'Compindi White' çeşidinde bitki gelişimi ve verimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bitki başına çiçek sayısı, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek sapı kalınlığı % 99 güvenle önemli bir fark yaratmıştır. Bitki verimi, çiçek sapı uzunlukları ve kalınlıkları ile yaprak sayılarına ilişkin en yüksek değerler rakamsal olarak aynı şekilde % 50 ve % 75 doz uygulamalarından elde edilmiştir. Kök kuru ağırlığı ve üst aksam kuru ağırlığı değerleri istatistiksel anlamda önemli bulunmakla birlikte kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, üst aksam yaş ve kuru ağırlığında ise kontrole kıyasla dozlardan daha yüksek değerler elde edilmiştir.

ABSTRACT

Nowadays one of the important subject which must be study seriously is to protect the natural environment and for the purpose of sustainability of the environment sewage sludge disposal must be adaptable by the nature. Using sewage sludge must not be a new pollution factor to the system but must be the essential of ecosystem in the addition of organic matter to the nature. For the purpose the sewage sludge taken from Gökova-Akyaka Wastewater Treatment Plant used for the cultivation of *Limonium sinuatum* 'Compindi White' in the doses of 0 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 %. Flower number per plant, flower body length of plant and flower body width of plant increased by the application of sewage sludge and this increase is significantly important (1 %). Plant nutrition values increased by the application of sewage sludge. Plant yield flower body length and width and leaf numbers find highest at the doses of 50 and 75 % sewage sludge applications. Root dry weight and plant upper part dry weight values are significantly important (5 %) additionally root length, root wet weight, plant upper part wet and dry weights have higher values incomperasion to control.

GİRİŞ

Tüm canlılar doğa içerisinde hem birbirini etkilemekte hem de birbirlerinden etkilenmektedirler. Bu topluluk içerisinde en küçükünden en büyüğüne

kadar bütün yapı taşları durumlarını korudukları sürece yaşam ortamı doğal dengesini sürdürerek tüm canlıların yaşamlarını devam ettirmesini mümkün kılar. Bu denge doğal afetler, iklim olayları gibi nedenlerle

bozulsa da doğa kendi sistemi içerisinde yeniden düzenini kurmaktadır. Ancak antropojenik etkiler sonucu bozulan doğa, kirlenen ve hızla tükenen doğal kaynaklar sonucunda tahrip olmuş ve insanı doğaya cevap veremez hale gelmiştir. Nüfus artışına paralel olarak artan atık miktarı da yeni bir çevre kirliliğini gündeme getirmiş ve bilim adamları başta olmak üzere yasa koyucular tarafından da çevreye ve doğaya zarar veren kirleticilerin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması konusu ciddiyle ele alınmaya başlanmıştır. Tartışılan fikirler ve ele alınan önlemler çerçevesinde bu konudaki gelişmeler her geçen gün biraz daha artmaktadır. Dikkat çeken en önemli sorunlar içinde yer alan atık sular çevreye zarar veren kirleticileri kaynağına bağlı olarak bünyesinde barındırmaktadır. Türkiye'de birçok ülkede olduğu gibi atık suların arıtılmadan çevreye verilmesi yasa ve yönetmeliklerce yasaklanmış ve bu atıkların arıtılması için atık su arıtma tesisi kurma zorunluluğu getirilmiştir. Ancak günümüzde artan atık su arıtma tesislerine paralel doğrultuda tesisin son ürünü olarak açığa çıkan arıtma çamurlarının miktarı da her geçen gün artmaktadır. Kimyasal, biyolojik ve fiziksel arıtma işlemlerinden geçen atık sular, içerisindeki toksik ve patojenik kirleticilerden maksimum seviyede arındırılmakta ve elde edilen arıtma çamurlarının da çevreye zarar vermeyecek şekilde tarımda, biyolojik onarım çalışmalarında, peyzaj sahalarında, bitki yetiştiriciliğinde ortam olarak kullanılarak geri dönüşümlerinin sağlanması yoluyla da bertarafı mümkün olabilmektedir. Birçok patojen ve kirleticiyi de içeren arıtma çamurlarının kullanımına artan ilgi ve teşvik, geri kazanım pratiklerinin çevresel sonuçları ve potansiyel sağlık tehlikesi üzerinde bir sosyal endişe yaratmaktadır. Göreceli olarak yüksek düzeylerde ağır metal içeren arıtma çamurlarının büyük miktarlarda ortaya çıkması, bu materyalin yeni ekolojik problemlere yol açmaksızın güvenli bertarafı için çözüm gereksinimini arttırmaktadır. Arıtma çamuru azot, fosfor, kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum, demir, mangan ve çinko gibi bitki gelişimi için mutlak gerekli besin elementlerini de içerdiğinden kompost ve çiftlik gübresi gibi diğer organik materyallerin toprağa karıştırılmalarına benzer miktarlarda uygulandığında toprağın fiziksel yapısını da iyileştirmektedir. Tek başına arıtma çamurları yetiştiricilik için yeterli olmasa da bitki gelişimi ve büyümesine katkıda bulunduğu

için gübreleme masraflarını da azaltmaktadır. Bunun yanı sıra arıtma çamurlarının toprağın bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirici etkisinin bulunması da kullanımını destekleyen diğer bir önemli etkidir. Tüm bu katkılarına paralel olarak arıtma çamurlarının en pratik ve en ucuz bertaraf yöntemi olan tarımsal amaçlı kullanım olanağını ortaya koymanın yanı sıra meyve ve sebze türleri gibi gıda olarak tüketilen tarım ürünleri dışında kalan ve besin zincirine dahil olmayan süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılabilirliğinin ortaya konması bu çalışmanın temel hedefini oluşturmaktadır. Bu amaçla yola çıkılan çalışmada, kesme çiçek *L. sinuatum* yetiştiriciliğinde bölgedeki mevcut arıtma tesisinden elde edilen arıtma çamurunun artan dozlardaki uygulamasının bitki gelişimi ve verim üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, 18.10.2013–03.06.2014 tarihleri arasında, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokuluna ait 150 m² büyüklüğe (6 x 25 m) sahip PE örtülü yay çatılı tünel tipi örtü altı yapısında kurulmuştur. Bitkisel materyal olarak, beyaz çiçekli *Limonium sinuatum* 'Compindi White' çeşidi kullanılmış, belirlenen amaca ulaşabilmek için arıtma çamuru % 0 (kontrol), % 25, % 50, % 75 ve % 100 dozlarında toprak ortamına ilave edilerek 5 farklı doz şeklinde oluşturulmuştur. "Gökova-Akyaka Atık Su Arıtma Tesisi"nden temin edilen stabilize arıtma çamuru ve toprak materyaline ait fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bazı analizler yapılmıştır. Yapılan analizler 27661 sayılı 'Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Bitkisel materyale yönelik tohum ekimi multipotlara 18.10.2013 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık bir ay sonra şaşırtma işlemi için fideler 22.11.2013 tarihinde 0.5 l'lik PE saksılara alınmışlardır. Ardından dikim olgunluğuna gelen fideler 03.12.2013' de, 25x25 cm dikim mesafesi ile 26 litre hacme sahip yatay plastik saksılara (balkon tipi) dikilmişlerdir. Araştırmanın yürütüldüğü döneme ilişkin tohum ekimi, fidelerin şaşırtılması ve fidelerin araştırma alanına dikim tarihleri ile ilk ve son hasat tarihleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 1. Stabilize Aritma Çamuruna Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları
Table 1. The Results of Several Physical and Chemical Analyses of Stabilized Sewage Sludge

Yapılan Analizler	Aritma Çamuru Materyali Değerleri	Evsel ve Kentsel Aritma 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	-

Çizelge 2. Toprak Materyaline Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları
Table 2. The Results of Several Physical and Chemical Analyses of Soil Sample

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

Çizelge 3. Tohum Ekimi, Şaşırtma, Dikim, İlk ve Son Hasat Tarihleri
Table 3. Dates of Seeding, Transplanting, Seedling, First and Last Harvest

Tohum Ekimi	Fidelerin Şaşırtılması	Deneme Yerine Dikim	İlk Hasat	Son Hasat (Söküm)
18.10.2013	22.11.2013	03.12.2013	19.03.2014	03.06.2014

Tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 6 bitki olacak şekilde kurulan denemede bitkilerin ihtiyaç duyduğu bitki besin elementleri sulama suyuna ilave edilerek besin çözeltisi şeklinde uygulanmıştır (Jensen, 1997; Maloupa, 2002; Sevgican, 2002). Bitkiler büyüklük ve gelişim bakımından homojen bir görünüm sergile-

dikten sonra modifiye edilmiş Hoagland besin çözeltisi damla sulama sistemi ile uygulanmaya başlanmıştır. Dikimden 1 ay sonra 04.01.2014' de ilk besin çözeltisi uygulaması gerçekleştirilerek her 15 günde bir tekrar edilmiştir. Denemede kullanılan besin çözeltisinin kimyasal bileşimi ve bu amaçla kullanılan kimyasal kaynaklar Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Besin Çözeltisinin Kimyasal Bileşimi ve Bu Amaçla Kullanılan Kaynaklar
Table 4. The Chemical Status of Plant Nutrients

Element	ppm	Kullanılan Kimyasal Kaynak
N	120	NH ₄ NO ₃ (% 33 N)
P	80	H ₃ PO ₄ (% 85)
K	180	KNO ₃ (% 13 N, % 46 K ₂ O)
Ca	200	Ca(NO ₃) ₂ .NH ₄ NO ₃ .10H ₂ O (% 15.5 N, % 19 Ca)
Mg	50	MgSO ₄ .7H ₂ O (% 10 MgO)
Fe	3	Na ₂ Fe-EDTA (% 1.5 Fe)
Zn	0.5	ZnSO ₄ .7H ₂ O
Mn	0.5	MnSO ₄ .H ₂ O
B	0.5	H ₃ BO ₃
Cu	0.02	CuSO ₄ .5H ₂ O
Mo	0.05	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O

Araştırma dozlarının bitki verimi ve gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik toprak üstü ve toprak altı aksamlarında bazı ölçümler yapılmıştır. Bu amaçla, 19.03.2014 tarihinde başlatılan hasat işlemleri sıcaklığın artması ile birlikte çiçek kalitesinin bozulmasından dolayı 03.06.2014' de denemenin sökülmesiyle son bulmuştur. Yetiştiricilik süresince hasat işlemleri haftada 1 kez olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bitki gelişimine ilişkin etkilerin belirlenebilmesi amacıyla ayda 1 kez olacak şekilde yaprak sayımı yapılmıştır. Bitki başına çiçek sayısı (adet/bitki), hasat edilen tüm çiçeklerde; çiçek sapı uzunluğu (cm), çiçek sapı kalınlığı (mm) ile bitki üst aksam yaş-kuru ağırlıkları (g) ve toprak altı aksamına ilişkin olarak kök uzunluğu (cm) ile bitki kök yaş-kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir. Araştırma konularından alınan bitki (toprak üstü aksam ve kök) örnekleri çeşme suyu ve saf su ile yıkanmış, kurutma kâğıdı ile fazla nemleri alındıktan sonra 65 °C 48 saat süreyle kurutulmuşlardır. Daha sonra kuruyan örnekler öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve

İnal, 2008). Hazırlanan örneklerde toplam P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, yaş yakma metodu uygulanarak elde edilen ekstraktlarda; fosfor Vanada-Molibdo fosforik sarı renk yöntemine göre Eppendorf Kolorimetresinde okunarak; K, Na, ve Ca miktarları Flamme Fotometrede; Mg, Fe, Cu, Zn, Mn miktarları ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında okunarak saptanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Araştırma boyunca elde edilen veriler TARİST istatistik paket programı ile değerlendirilerek varyans analizine tabi tutulmuştur.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırma süresince beş farklı dozda kullanılan arıtma çamurunun bitki verimi ve çiçek kalitesi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla çiçek sayısı (adet/bitki), çiçek sapı uzunluğu (cm) ile çiçek sapı kalınlığı (mm) belirlenmiş ve istatistiksel değerlendirilmesi yapılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Bitki Verimi ve Çiçek Kalitesine İlişkin Sonuçlar
Table 5. The Results of Plant Yield and Flower Quality

Dozlar	Çiçek Sayısı (adet/bitki)	Çiçek Sapı Uzunluğu (cm)	Çiçek Sapı Kalınlığı (mm)
D ₁	11.50 b	48.02 b	9.64 c
D ₂	16.75 a	52.99 a	12.13 b
D ₃	18.25 a	57.18 a	13.10 a
D ₄	17.25 a	57.51 a	13.07 a
D ₅	15.00 a	54.41 a	13.15 a
LSD_{0.01}	2.78**	4.54**	0.77**

D₁: % 0D₂: % 25D₃: % 50D₄: % 75D₅: % 100

Çizelge 5 incelendiğinde artan dozlarda toprağa ilave edilen arıtma çamurunun verim, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek sapı kalınlığı kriterleri üzerindeki

etkileri benzer olduğu görülmektedir. Arıtma çamuru çiçek sayısı, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek sapı kalınlığı üzerinde kontrole göre % 99 güvenle önemli bir fark

yaratmıştır. Dozlar arasında bitki başına düşen verime ait değerler incelendiğinde en yüksek değer 18.25 adet/bitki ile % 50 (D₃) arıtma çamuru dozundan elde edilirken, kontrol (D₁) dışındaki tüm dozların aynı istatistiksel grup içerisinde yer aldıkları belirlenmiştir. Bitki başına en düşük verim değeri 11.50 adet/bitki ile kontrol (D₁) ortamından elde edilmiştir. Elde edilen değerler farklı dozlarda arıtma çamuru uygulanmasının verimi arttırdığını göstermiştir. Grigatti et al. (2007a) tarafından yürütülen *Begonia semperflorens*, *Mimulus sp.*, *Salvia splendens* "Maestro" ve *Tagetes patula* türlerinin kullanıldığı çalışmada *Begonia semperflorens* türünde % 25 düzeyinde arıtma çamuru uygulamasının çiçek sayısında artışa neden olduğunu, *Tagetes patula*'da % 5 düzeyinde arıtma çamuru uygulamasının kontrole göre daha fazla çiçek sayısına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Tüfekçi ve ark. (2008) tarafından yürütülen arıtma çamurlarının farklı oranlarda yetiştirme ortamlarına karıştırılarak kullanıldığı çalışmada, arıtma çamurunun *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* ve *Pinus brutia* fidanlarının gelişmesini önemli derecede arttırdığını belirtmişlerdir. Xue and Huang (2013) tarafından, *Paeonia suffruticosa* (Şakayık) türünde arıtma çamurunun farklı dozlarda uygulanmasının bitki başına çiçek sayısını önemli düzeyde arttırdığı bildirilmiştir. İncelenen bu araştırmaların, çalışmamızdan elde edilen bulguları destekler doğrultuda olduğu görülmektedir.

Çiçek sapı uzunluğu kriterlerine ait değerler incelendiğinde, arıtma çamuru dozlarının kontrole

göre daha yüksek değerler göstererek istatistiksel anlamda % 99 güvenle önemli bir fark yarattığı belirlenmiştir. Buna göre; en yüksek sap uzunluğu değeri % 75 (D₄) dozunda uygulanan arıtma çamuru ortamından 57.51 cm olarak elde edilmiş, en düşük çiçek sapı değeri ise 48.02 cm ile arıtma çamurunun uygulanmadığı kontrol (D₁) ortamından elde edilmiştir. İstatistiksel anlamda kontrol hariç doz uygulamalarının aynı grupta olduğu belirlenmiştir. Ünal ve ark. (2011) tarafından *Freesia spp* (Arpa Zambağı) türünün kullanıldığı çalışmada, artan dozlarda arıtma çamuru uygulamasının doz artışına paralel olarak başak ve çiçek sapı uzunluğunu arttırdığı bildirilmiştir.

Çiçek sapı kalınlıklarına ait değerler incelendiğinde, dozlar arasında istatistiksel anlamda % 99 güvenle önemli fark bulunduğu görülmektedir. En kalın saplı çiçekler 13.15 mm ile % 100 (D₅) arıtma çamuru dozundan, en düşük değer ise 9.64 mm ile kontrol (D₁) ortamından elde edilmiştir. Larchevêque et al. (2006) tarafından *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* ve *Pinus pinea* fidanlarına farklı dozlarda arıtma çamuru uygulamalarının (0, 20 ve 40 kg/m²) tüm fidanlarda bitki uzunluğu ve çapında artışına neden olduğu bildirilmiştir. İncelenen bu araştırmalar ile çalışmamızın çiçek sapı uzunluğu ve kalınlığına ait sonuçların paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Araştırma süresince, beş farklı dozda arıtma çamuru uygulamasının bitki kök gelişimi ve bitki üst aksam üzerindeki etkileri Çizelge 6 'da verilmiştir.

Çizelge 6. Bitki Kök ve Üst Aksamına İlişkin Sonuçlar
Table 6. The Results of Plant Root and Plant Upper Part

Dozlar	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Kök Uzunluğu (cm)	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Üst Aksam Yaş Ağırlığı (g)	Üst Aksam Kuru Ağırlığı (g)
D ₁	135.75	14.87	31.92	2.34 a	179.24	34.69 a
D ₂	136.50	16.00	32.15	1.82 ab	192.77	29.05 ab
D ₃	141.25	16.75	30.97	1.32 b	176.83	30.98 b
D ₄	141.25	15.62	27.43	1.18 b	266.65	49.40 b
D ₅	137.00	12.00	30.66	1.41 b	207.10	37.62 a
LSD_{0.01}	Öd	Öd	Öd	0.82*	Öd	14.87*

D₁: % 0

D₂: % 25

D₃: % 50

D₄: % 75

D₅: % 100

Çizelge 6'ya göre, Yaprak sayısı parametresine ilişkin yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda; dozlar arasında istatistiksel bir fark ortaya çıkmamasına rağmen değerler arasında rakamsal farklılığın olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, en yüksek yaprak sayısı değeri 141.25 adet/bitki ile % 50 (D₃) ve % 75 (D₄) dozlarından elde edilirken, en düşük değer

olan 135.75 adet/bitki arıtma çamuru uygulanmayan kontrol (D₁) dozundan elde edilmiştir. Artan dozlarda arıtma çamuru uygulamasının, yaprak sayısını arttırdığını ve böylece bitki büyümesine de katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Li et al. (2009) tarafından *Canna indica* türünde arıtma çamuru toprağa farklı oranlarda (0, 165, 330, 495 ve 660 t/ha) karıştırılmış,

165-495 t/ha aralığındaki uygulamalarda bitki büyümesinin olumlu etkilendiği bildirilmiştir. Çelebi ve ark. (2010) tarafından *Lolium perenne* türüne 3, 6, 9 ve 12 kg/da dozlarında arıtma çamuru uygulamasının doz yükseldikçe bitki büyümesine ait kriterlerindeki değerleri de yükselttiği bildirilmiştir. Patel and Patra (2014) tarafından *Tagetes mitula* türünün kullanıldığı çalışmada, 50:50 toprak: arıtma çamuru uygulamasının bitki büyümesinde artışa neden olduğu bildirilmiştir. Sortino et al. (2014) tarafından domates türünde 30, 145 ve 500 kg/ha olarak uygulanan arıtma çamurunda büyüme ve verimde maksimum değerlere 145 kg/ha dozunda ulaşılmış ve dozlar arasında önemli bir artış bulunduğu saptanmıştır. Yan-chao et al. (2014), *Lolium perenne* türünü kullandıkları araştırmalarında en iyi bitki büyümesinin en yüksek dozlar olan 150 ve 300 ton/ha çamur uygulamasından elde ettiklerini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bitki büyüme performansındaki artış açısından araştırmamızla aynı doğrultuda sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir.

Artan dozlarda arıtma çamuru uygulaması bitki üst aksam yaş ağırlığında istatistiksel anlamda önemli bir fark yaratmasa da dozlar arasında rakamsal bir farkın bulunduğu belirlenmiştir. Bitki üst aksam yaş ağırlığına ait en yüksek değer 266.65 g ile % 75 (D₄) arıtma çamuru dozundan, en düşük değer ise 176.83 g ile % 50 (D₃) arıtma çamuru uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol (D₁) dozunun 179.24 g değeri ile bu dozları takip ettiği belirlenmiştir. Bitki üst aksam kuru ağırlığına ait değerler incelendiğinde; bitki üst aksam yaş ağırlığının aksine istatistiksel anlamda önemli bir farkın bulunduğu tespit edilmiştir. Üst aksam kuru ağırlığında en yüksek değer 49.40 g ile % 75 (D₄) arıtma çamuru uygulamasından, en düşük değer ise 29.05 g ile % 25 (D₂) arıtma çamuru uygulamasından elde edilmiştir.

Kök yaş ağırlığı değerleri istatistiksel anlamda önemli bir fark yaratmamasına rağmen en yüksek değer 32.15 g ile % 25 (D₂) arıtma çamuru dozundan, en düşük değer ise 27.43 g ile % 75 (D₄) arıtma çamuru uygulamasından elde edildiği görülmektedir. Arıtma çamuru uygulaması kök kuru ağırlığı değerleri arasında % 99 güvenle önemli bir fark yaratmış doz uygulamaları ile kontrol (D₁) dozunun farklı grupta olduğu belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen kök kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde en yüksek değer 2.34 g ile arıtma çamuru uygulanmayan kontrol (D₁) dozunda, en düşük değer ise 1.18 g ile % 75 (D₄) arıtma çamuru uygulamasında saptandığı belirlenmiştir.

Bitki kök uzunluğu değerleri arasında da istatistiksel anlamda fark bulunmamasına rağmen rakamsal bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Buna göre en yüksek kök uzunluğu 16.75 cm ile % 50 (D₃) arıtma çamuru uygulamasından, en düşük değer ise 12.00 cm ile % 100 (D₅) arıtma çamuru uygulamasından elde edilmiştir. Çimrin ve ark. (2000) tarafından fosfor ile arıtma çamuru kombinasyonlarının mısır bitkisinin üst aksam ağırlığını önemli düzeyde arttırdığı bildirilmiştir. Grigatti et al. (2007a) tarafından *Begonia semperflorens*, *Mimulus* sp., *Salvia splendens* "Maestro" ve *Tagetes patula* türlerinde arıtma çamurunu belirli oranlarda yetiştirme ortamı olarak kullanılmış ve kuru ağırlık artışının en yüksek olduğu arıtma çamuru uygulamalarının *Begonia semperflorens* türünde % 25, *Mimulus* sp. ve *Salvia splendens* 'Maestro'da % 25-50 arıtma çamuru uygulamalarından elde edildiği saptanmıştır. Grigatti et al. (2007b) tarafından, *Philodendron* cv. 'Valerie' türüne farklı dozda arıtma çamuru uygulamasının (% 25, % 50, % 75 ve % 100) kök kuru ağırlığında azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir. Zaier et al. (2010) tarafından *Brassica napus* türünün kullanıldığı çalışmada, arıtma çamurunun bitki biyokütlesinde önemli gelişme sağladığı bildirilmiştir. Bai et al. (2014) tarafından arıtma çamurunun artan dozlardaki uygulanmasının *Lolium perenne* türünde, en yüksek biyokütlenin en yüksek doz uygulamalarından (150 ve 300 ton/ha) elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile araştırmamızın bitki kök gelişimi, üst aksam yaş ve kuru ağırlıkları kriterlerine ait değerler ile sonuçların paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Arıtma çamuru doz uygulamasının kök bitki besin elementlerine etkileri Çizelge 7' de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde arıtma çamuru doz uygulamalarının bitki besin elementlerine etkilerinin önemli düzeyde olduğu görülmektedir. Mg hariç tüm bitki besin elementlerinde önemli bulunan sonuçlar genellikle %75 ve %100 doz arıtma çamuru uygulamalarında daha etkin olarak ortaya çıkmaktadır. Çimrin ve ark. (2000) tarafından TSP (Triple Süper Fosfat) fosforu ile arıtma çamuru kombinasyonlarının mısır bitkisinin P, Zn ve Fe içeriğini önemli düzeyde arttırdığı bildirilmiştir. Aşık ve Katkat (2004) tarafından yürütülen arıtma çamurunun mısır bitkisine farklı dozlarda uygulandığı (0-20-40-80-120-160 ton/ha düzeylerinde) çalışmada, artan arıtma çamuru dozlarının toprağın, NH₄, NO₃, alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg, Na ve alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriklerini arttırdığı bildirilmiştir. Larchevêque et al. (2006) tarafından *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* ve *Pinus pinea* türlerine

arıtma çamuru ve yeşil atık uygulamalarının (0, 20 ve 40 kg/m²) bitkinin, N, P, K içeriğinde artışa sebep olduğu belirtilmiştir. Arıtma çamurunun artan

dozlarıyla organik madde artışının paralellik gösterdiği çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ile incelenen literatürlerin birbirini desteklediği görülmektedir.

Çizelge 7. Kökteki Bazı Bitki Besin Elementi Analiz Sonuçları

Table 7. The Results of Several Plant Nutrient Analyses of The Root

Dozlar	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
D ₁	0.520 c	0.153 c	0.275 c	0.450	1.063 d	485.000 c	8.920 b	28.88 b	9.87 c
D ₂	0.558 bc	0.183 c	0.300 c	0.500	1.350 c	572.500 bc	11.875 b	41.86 ab	13.92 bc
D ₃	0.668 ab	0.210 bc	0.475 bc	0.500	1.638 ab	675.000 b	12.225 b	51.57 a	16.42 ab
D ₄	0.708 a	0.278 b	0.650 ab	0.530	1.650 ab	737.500 b	14.070 b	53.30 a	18.38 a
D ₅	0.750 a	0.410 a	0.900 a	0.550	1.888 a	990.000 a	22.075 a	58.59 a	19.88 a
LSD _{0.01}	0.137**	0.07**	0.339**	ÖD	0.34**	182.94**	5.912**	20.04*	4.21**
D ₁ : % 0	D ₂ : % 25	D ₃ : % 50	D ₄ : % 75	D ₅ : % 100					

Çizelge 8. Üst Aksamdaki Bazı Bitki Besin Elementi Analiz Sonuçları

Table 8. The Results of Several Plant Nutrient Analyses of Plant Upper Part

Dozlar	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
D ₁	0.465 b	0.587 b	0.788 c	0.168 c	0.439 d	1075.0 b	12.370 c	38.810 c	37.030 c
D ₂	0.508 b	0.712 b	1.200 bc	0.228 bc	0.570 c	1475.0 b	15.350 bc	57.280 bc	86.700 bc
D ₃	0.518 b	0.925 a	1.475 ab	0.280 bc	0.775 b	1990.0 b	18.250 ab	66.730 abc	118.33 abc
D ₄	0.620 a	0.988 a	1.525 ab	0.370 ab	0.875 a	3957.5 a	19.020 ab	84.470 ab	136.73 ab
D ₅	0.630 a	1.113 a	2.038 a	0.481 a	0.938 a	5132.5 a	22.400 a	97.13 a	200.125 a
LSD _{0.01}	0.070**	0.211**	0.644*	0.172*	0.095**	1767.3**	5.24**	31.11**	89.60*
D ₁ : % 0	D ₂ : % 25	D ₃ : % 50	D ₄ : % 75	D ₅ : % 100					

Çizelge 8' deki bitki üst kısmına ait besin elementi analizlerine ait değerler incelendiğinde köke ait analizler ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Tüm elementler için önemli düzeyde bulunan doz uygulamaları organik madde artışına bağlı olarak bitki besin elementi alınımlarının olumlu yönde, önemli düzeyde etkilendiği ve besin elementi artışına sebep olduğu tespit edilmiştir. Organik madde artışına bağlı olarak bitki besin elementi analizlerinde ortaya çıkan bu durum % 50 doz uygulamasından başlayarak %100 doz uygulamasına kadar benzer şekilde artışlar ortaya koymuştur. % 75 doz uygulaması hem % 50 ve % 100 doz uygulaması ile paralellik göstererek arıtma çamuru uygulamasını en anlamlı kılan doz olarak tespit edilmiştir. Bai et al. (2014) tarafından *Lolium perenne* türünde arıtma çamuru uygulamalarında (0, 30, 75, 150, 300 ton/ha), azot ve fosfor konsantrasyonlarının artan dozlara paralel olarak yükseldiği bildirilmiştir. Mn, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr ve Pb kontrol ile kıyaslandığında da 300 ton/ha uygulamasında, sürgünlerde sırasıyla, 0.63, 2.34, 15.02, 0.97, 10.00, 0.01 ve 1.13 katlarında arttığı belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen

sonuçlar ile arıtma çamurunun doz olarak uygulandığı bu çalışma sonuçlarının paralellik gösterdiği görülmektedir.

SONUÇ

"Gökova-Akyaka Atık Su Arıtma Tesisi"nden elde edilen arıtma çamurunun artan dozlardaki uygulamalarının *Limonium sinuatum* 'Compindi White' çeşidinde bitki verimi ve çiçek kalitesine ilişkin elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; kontrol dozuna (D₁) kıyasla arıtma çamurunun uygulandığı dozların en yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir. Arıtma çamurunun içeriğindeki besin elementlerinden ve organik maddeden bitkinin olumlu şekilde yararlandığı tespit edilmiştir. Özellikle % 50 (D₃) ve % 75 (D₄) dozlarından en yüksek değerler elde edilmiştir. Ancak kullanılan arıtma çamurunun analiz sonuçları dikkate alındığında artan dozlarda uzun yıllar arıtma çamurunun kullanımı sonucunda, bitki için yeterli miktarda bitki besin elementleri alımından sonra bazı elementlerin alımında sınırlamalar olabilmektedir. Bu doğrultuda uzun vadede, % 50 doz uygulamasının kullanımının bitki açısından bitki besin elementlerin-

den daha fazla yararlanmasının mümkün olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bitki verimi ve çiçek kalitesine ait değerlerin istatistiksel analizi sonucunda, çiçek sayısı, çiçek sapı uzunluğu ve çiçek sapı kalınlığı kriterlerinde arıtma çamuru uygulamalarının etkileri % 99 güvenle önemli bulunmuştur. Bitki üst aksam ve köküne ait sonuçlar incelendiğinde kök ve üst aksam kuru ağırlığı değerlerinin istatistiksel anlamda önemli bir fark yarattığı; kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve üst aksam yaş ağırlığında ise önemli bir farkın bulunmamasına rağmen rakamsal farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. Kök kuru ağırlığı hariç kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, üst aksam yaş ve kuru ağırlığı kriterlerinde arıtma çamurunun uygulandığı dozlarda da kontrole (D₁) göre en yüksek değerler elde edilmiştir.

En yüksek dozun % 100 (D₅) olduğu arıtma çamuru dozunda bile bitki ölümlerinin olmadığı ancak değerlerde düşme olduğu gözlemlenmiştir. Sanayileşmedeki artışa paralel olarak artan arıtma tesisi sayısının da yükselmesiyle büyük miktarlarda açığa çıkan arıtma çamurlarının bertarafı önemli bir sorun

teşkil etmektedir. Bu durumda evsel ve kentsel içerikli arıtma çamurlarının yeniden kullanımının sağlanması amacıyla süs bitkileri sektörüne kazandırılması ülke ekonomisi ve çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanması için önem teşkil etmektedir. Arıtma çamurlarının organik maddelerin yanı sıra içeriğinde ağır metalleri barındırmasından dolayı araziye uygulanması ya da sektörde sorunsuzca kullanılması açısından analizlerinin yapılarak yönetmelikteki sınır değerlerin altında kaldığı müddetçe toprakla birlikte kullanılması konusu göz ardı edilmemelidir.

Sonuç olarak her geçen gün gelişen süs bitkileri sektöründe arıtma çamurlarının değerlendirilmesi çağdaş geri dönüşüm anlayışı çerçevesinde besin zincirine katılmaması sebebiyle tarım sektöründe en uygun bertaraf yöntemlerinden biri olarak görülmektedir. Ancak daha çok bilimsel çalışma yapılması, arıtma çamurlarının süs bitkileri sektöründe güvenle kullanılabilirliğinin sağlanması ve tür çeşitliliğinin artırılması adına atılması gereken bir adımdır.

KAYNAKLAR

- Aşık, B.B. ve V.A. Katkat. 2004. Gıda sanayi arıtma tesisi atığının (arıtma çamuru) tarımsal alanlarda kullanım olanakları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (2): 59-71.
- Bai, Y., C. Gu., T. Tao., X. Zhu., Y. Xu., Y. Shan and K. Feng. 2014. Responses of ryegrass (*Lolium perenne* L.) grown in mudflats to sewage sludge amendment. Journal of Integrative Agriculture, 13 (2): 426-433.
- Çelebi, Z.Ş., Ö. Arvas., R. Çelebi ve İ.H. Yılmaz. 2010. Atıksu arıtma çamuru ile tesis edilen yeşil alanda ingiliz çimi (*Lolium perenne* L.)'nin performansının belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (3), 111-118.
- Çimrin, M.K., M.A. Bozkurt. ve İ. Erdal. 2000. Kentsel arıtma çamurunun tarımda fosfor kaynağı olarak kullanılması. Tarım Bilimleri Dergisi, 10 (1): 85-90.
- Grigatti, M., M.E. Giorgiani and C. Ciavatta. 2007a. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. Bioresource Technology, Volume 98 (18): 3526- 3534.
- Grigatti, M., M.E. Giorgiani, L. Cavani and C. Ciavatta. 2007b. Vector analysis in the study of the nutritional status of *Philodendron* cultivated in compost-based media Scientia Horticulturae, Volume 112 (4): 448-455.
- Jensen, M.H.1997, Hydroponics, Hortscience, 32:1018-1021.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki Analizleri . Nobel Yayın No:1241, 892 s.
- Larchevêque, M., C. Ballini., N. Korboulevsky and N. Montès. 2006. The use of compost in afforestation of mediterranean areas: effects on soil properties and young tree seedlings. Science of The Total Environment, Volume 369 (1-3): 220-230.
- Li, Shugeng., K. Zhang., Z. Shaoqi., L. Zhang. and Q. Chen. 2009. Use of dewatered municipal sludge on *Canna* growth in pot experiments with a barren clay soil. Waste Management Volume 29 (6):1870-1876.
- Maloupa, E. 2002. Hydroponic systems, 143-178, Hydroponic production of vegetables and ornamentals, embryo publications, Savvas, D. and Passam, H. (Eds.), Embryo publications, Athens, 463p
- Sevgican, A. 2002. Örtü Altı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Cilt-2, E.Ü.Z.F. Yayınları, İzmir.
- Sortino, O., E. Montoneri., C. Patanè., R. Rosato., S. Tabasso and M. Ginepro. 2014. Benefits for agriculture and the environment from urban waste. Science of The Total Environment, 487:443-451.
- Patel, A. and Patra, D.D. 2014. Influence of Heavy Metal Rich Tannery Sludge on Soil Enzymes vis-à-vis Growth of *Tagetes mitula*, an Essential Oil Bearing Crop. Chemosphere, 112:323-332.
- Tüfekçi S., G. Gülbaba. ve F. Tokgönül. 2008. Tarsus evsel arıtma çamurunun Okaliptüs ve Kızılçam fidanları üretiminde kullanılması. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 368 ISBN: 978-605-393-042-6 DOA Yayın No: 49.
- 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.
- Xue, D and X. Huang. 2013. The impact of sewage sludge compost on tree peony growth and soil microbiological, and biochemical properties. Chemosphere, 93: 583-589.
- Zaier, H., T. Ghnaya., K.B. R., A. Lakhdar., S. Rejeb. and F. Jemal. 2010. Effects of EDTA on phytoextraction of heavy metals (Zn, Mn and Pb) from sludge-amended soil with *Brassica napus*. Bioresource Technology, 101: 3978-3983.