



Atık Su Arıtma Çamurlarının Süs Bitkisi Yetiştiriciliğinde Kullanımı

Hülya AKAT¹, Gülbin ÇETINKALE DEMIRKAN^{1*},
İbrahim YOKAŞ¹

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu,
Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Ortaca

*e-posta: gulcetinkale@mu.edu.tr; Tel: 0252 2825619; Faks: 0252 2822579

Geliş tarihi: 02.02.2013, Kabul tarihi: 14.05.2013

Özet: 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 artarak tehdit eder boyutta çevre kirliliğine neden olmaktadır. Atık çamurların, çevrenin korunması için çevreye uyumlu yöntemlerle bertaraf edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşım doğrultusunda, atık su arıtma çamurları; tarımsal alanlarda, orman alanlarında, bozulmuş alanlarda, park-bahçe ve eğlencinlen alanlarında kullanılarak bertaraf edilebilmektedir. Ancak, arıtma çamurlarının tarım alanlarından ziyade yeşil alan, arazi rekreasyonu, şehir peyzajı ve fidancılıkta kullanılmalarının daha da yaygınlaştığı yapılan araştırmalarda görülmektedir. Ayrıca, son yıllarda süs bitkileri yetiştiriciliğinde organik gübre, çimlendirme ortamı, yetiştirme ortamı olarak da kullanılmaktadır. Ekonomik bir değere sahip olan süs bitkileri yetiştiriciliğinde yüksek üretim girdi maliyetlerinin azalmasına yardımcı olan arıtma çamuru kullanımı ile hem ülke ekonomisine katkı sağlanmakta, hem de çamurun bertarafı konusunda yeni bir alternatif saha daha yaratılmaktadır.

Bu çalışma, atık su arıtma tesislerinden yoğun miktarlarda ortaya çıkan arıtma çamurlarının, ekonomik getirisi yüksek olan süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılmalarının ve bundan kaynaklı sorunların değerlendirildiği bazı çalışmalar incelenerek derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, yeniden kullanım, süs bitkileri, yeşil alanlar.

Usage of Sewage Sludge on the Growth of Ornamental Plants

Abstract: The amount of sewage sludge increased enormously due to industrial and technological development and the population growth in the cities. Nowadays this amount also threaten human health and environment. It is important to prevent this threat in the name of sustainable environment and environmental protection. Evaluation of sewage sludge in agricultural fields, forestry, parks and recreation areas are gaining importance in recent studies. These studies showed that it is gaining

importance to use sewage sludge in grassland, land recreation, city landscape and seedling areas rather than agricultural areas. In addition to above mentioned subjects sewage sludge can also be used as organic material and growing media source for ornamental plant cultivation. Ornamental plants have high economic value in marketing and using sewage sludge in the production of ornamental plants help to decrease the income costs of production. This decrease in the income results an additional value to the economy of the country and having a new alternative area to disposal of this undesired material.

In this study, problems and solutions of sewage sludge use in ornamental plant growing have been discussed and tried to find new remarks by the help of some recent literature.

Key Words: Sewage sludge, reuse, ornamental plants, grassland.

Giriş

Türkiye, süs bitkileri üretimi itibariyle dünyada yaklaşık binde 7'lik bir paya sahiptir. 2008 yılı verilerine göre; Türkiye'de toplam 32133.6 da alanda süs bitkisi üretimi yapılmaktadır. Üretim alanının % 50.33'ünü dış mekan süs bitkileri, % 41.45'ini kesme çiçekler, % 2.34'ünü doğal çiçek soğanları, % 4.13'ünü ise iç mekan süs bitkisi oluşturmaktadır (Karagüzel vd., 2010). Toplam üretimin % 28'i seralarda, % 72'si ise açık alanlarda yapılmaktadır (Anonim, 2010). Ülkemizde süs bitkisi yetiştiriciliği, her ne kadar bahçe bitkileri üretim alanı içerisinde çok küçük bir paya sahip olsa da yüksek ekonomik değeri olan önemli bir sektör olduğu da göz önünde bulundurulması gerekir (Özzambak, 2002). Yapılan çalışmalar, artan ekonomik önemlerine bağlı olarak süs bitkisi yetiştiriciliğinin her geçen gün artış gösterdiğini ve bu amaçla pek çok süs bitkisi fide ve fidanın üretildiğini ortaya koymaktadır.

Bahçe bitkileri içinde yer alan süs bitkileri yetiştiriciliğinde pek çok faktör üretim maliyetini arttırarak yapılan üretimi ekonomik olmayan bir hale sokmaktadır. Üretim maliyetini arttıran bu faktörler arasında sayılan gübreler, çimlendirme ve yetiştirme ortamları en önemli paya sahip girdilerden olup, süs bitkilerinde tohum çimlendirme, çelik köklendirme, fide-fidan yetiştiriciliği ve süs bitkilerinin gübrelenmesi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadırlar.

Bu açıdan bakıldığında, atıksu arıtma çamurlarının süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanımı hem süs bitkisi yetiştiriciliğinde önemli bir gider olan yetiştirme ortamı ve gübreleme maliyetlerini düşürülmesi hem de günümüzde her geçen gün artan miktarlara ulaşarak çevresel bir sorun olarak karşımıza çıkan atık çamurların bertarafı problemine ekolojik ve ekonomik bir çözüm niteliğinde gözükmektedir. Ülkemizde özellikle gelişmekte olan süs bitkisi yetiştiriciliğinde de arıtma çamurlarından faydalanma imkanının her geçen gün giderek arttığı bildirilmiştir (Arıkan, 2005). Ayrıca içeriğinde yüksek miktarlarda bitki besin elementleri bulundurması nedeniyle tarım alanlarında uygulanabilirliğinin yanı sıra süs bitkisi yetiştiriciliğinde de çimlendirme ortamı, yetiştirme ortamı ve gübreleme amaçlı kullanılma imkanları ile üreticilere alternatifler sağlamaktadır. Bu anlamda son yıllarda süs bitkileri yetiştiriciliğinde kompostlanmış endüstriyel ve şehir atıklarının, çimlendirme ortamı olarak kullanımlarına ait olumlu sonuçların elde edilmiştir. Özellikle yeşil alanlarda çim kapak malzemesi olarak çim kalitesi üzerindeki etkilerinin olumlu olduğu görülmektedir. Yetiştirme ortamı olarak kullanımlarında ise bitki türlerine göre farklı etkilerinin saptanması ile birlikte gübre sağlayıcı materyal olarak iyi bir besin

kaynağı olduklarını bildiren pek çok çalışma bulunmaktadır (Dede ve ark., 2009; Bozdoğan ve ark., 2009, Çetinkale ve Söğüt, 2010).

Süs bitkileri yetiştiriciliğinde çimlendirme ve yetiştirme ortamları, bitki gelişimi ve kalitesi üzerinde etkili olmaktadır. Bitki gelişimi ve kalitesi üzerinde bu denli etkisi olan yetiştirme ortamı seçiminde, bitki türü ve ekolojik koşullar dikkate alınmak zorundadır. Bununla birlikte yetiştirme ortamının; lifli, gözenekli, hafif, iyi havalanabilecek yapıda olması, organik madde bakımından zengin ve steril olması yanında kolay bulunması, piyasada bol ve ekonomik olarak temin edilebilme özelliğine sahip olması gerekmektedir (Sevgican, 2002, Ürgenç, 1992).

Ülkemizde bu özellikleri taşıyan birçok materyal hem ithal hem de mevcut kaynaklardan temin edilerek süs bitkileri yetiştiriciliği amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle ithal olan yetiştirme ortamları maliyeti en fazla arttıran unsurlardan olup, bunların yerine alternatif olabilecek ülkemiz kaynaklarından kolay ve ekonomik olarak temin edilebilen materyallerden yararlanmak gerekmektedir. Bu tip materyaller ülkemizde bazı bölgelerde yoğun bir şekilde doğal olarak temin edilebilirken, diğer bölgelere ulaştırılmalarında nakliye işlemi gerektirmeleri sebebiyle maliyetleri arttırmaktadır.

Arıtma çamurlarının organik madde içeriğinin yüksek olması sebebiyle günümüzde süs bitkilerinde yetiştirme ortamı olarak tek başına kullanılabildiği gibi çeşitli ortamlar ile karışım halinde kullanımları da mümkün olmaktadır. Ayrıca içerdikleri makro ve mikro bitki besin elementlerince zengin olması bitki büyümesini pozitif yönde etkilediğinden, geleneksel süs bitkisi yetiştiriciliğinde toprağa karıştırılarak toprak düzenleyici ve organik gübre kaynağı olarak da bitki gübre ihtiyacının karşılanması amacıyla kimyasal gübre yerine arıtma çamurlarının kullanılabileceğini göstermekte ve bu konuda pek çok yapılmış çalışma bulunduğu da görülmektedir (Garcia ve Gomez, 2002; Grigatti, 2007; Bachman, 2008)

Ancak arıtma çamurunun kirletici etkisinin de bulunduğu 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 27661 sayılı 'Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'inde biyolojik ayrışabilirliğinin ve kullanımından kaynaklanan sağlık tehlikelerini önemli ölçüde azaltmak üzere, biyolojik, kimyasal ya da ısıl işlem, uzun süreli depolama ya da diğer uygun prosedürlerden geçirilen arıtma çamurlarının, belirtildiği gibi 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 içerebilmekte olduğu göz ardı edilmelidir. Bu işlemlerden sonra verimlilik potansiyeli düşük olan topraklarda toprak düzenleyici olarak kullanımı söz konusu olabilmektedir (Katkat ve Aşık, 2010). Birçok çalışmada; olumsuz etkilerinden arındırılarak çevresel ve sağlık açısından risk oluşturmayacak şekle dönüştürülen arıtma çamurlarının, özellikle bazı endüstriyel atıkların, katkı maddeleriyle karıştırılıp kompostlandıktan sonra süs bitkisi üretiminde ve yetiştirilmesinde başarı ile kullanılabileceği sonucunu ortaya koymaktadır (Tolay ve ark., 2000).

Bu çalışmada atık su arıtma tesislerinden yoğun miktarlarda ortaya çıkan arıtma çamurlarının, ekonomik getirisi yüksek olan süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanımları ile arıtma çamuru kullanımından kaynaklı sorunların bir arada tartışılması hedeflenmektedir.

Bu doğrultuda atık çamurların kullanım dozları ve hangi ortamlarda kullanıldığı, ağır metal içeriği nedeniyle ortaya çıkabilecek sorunların ve atık çamurun bitki gelişiminde ne gibi sonuçlar yaratacağının kaynaklar ile gün ışığına çıkarılması düşünülmektedir.

Süs Bitkileri Yetiştiriciliğinde Arıtma Çamurunun Kullanımı

Arıtma çamurlarının çevreye en az zarar verecek şekilde bertaraf edilmesi ve içerdikleri besin elementlerinden de yararlanılması için tarım alanlarında kullanımlarının en iyi yöntem olduğunu, ancak uygulamadan önce ağır metal, tuz, azot ve patojen mikroorganizma miktarlarının tespit edilerek tarımsal alana verilebilecek miktarların belirlenmesi gerektiği bildirilmiştir (Turalıoğlu ve Acar, 1996). Bununla birlikte arıtma çamuru miktarının toprağa kontrollü bir şekilde uygulanması gerektiği bir çok araştırmacı tarafından da vurgulanmaktadır (Anaç ve ark., 1993; Martinez et al., 2002; Shober et al., 2003; Dolgen et al., 2007). Bitki türü ne olursa olsun uygulanacak arıtma çamurlarının pH, bitki besin elementi ve organik madde içeriğinin de bilinmesi gerekmektedir (Özyazıcı ve Özyazıcı, 2012). Artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın organik madde içeriğini arttırdığı pek çok çalışmada belirlenmiştir (Ünal ve Katkat, 2003; Aşık ve Katkat, 2004; Wang ve ark. 2008; Ünal ve ark. 2011). Türkiye topraklarının organik madde içerikleri de göz önüne alınınca bu anlamda yapılacak çalışmaların önemi daha kolay anlaşılabilir.

Arıtma çamuru uygulamaları tarımda genellikle tarla tarımı, meyvecilik, sebzeçilik ve süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada arıtma çamurunun süs bitkisi yetiştiriciliği konusunda kullanımları değerlendirilecektir.

Ülkemizde özellikle gelişmekte olan süs bitkisi yetiştiriciliğinde arıtma çamurlarından faydalanma imkanının her geçen gün giderek arttığı bildirilmiştir (Arıkan, 2005). Arıtma çamurlarının besin zincirine katılan bahçe bitkilerinin üretilmesinde kullanılması ile psikolojik olumsuzlukların ortaya çıkmaktadır. Atık çamur kullanımının potansiyel risklerin söz konusu olmadığı bazı süs bitkisi türlerinde tercih edilmeleri akılcı ve ekonomik bir seçenek olarak görülmektedir. Aynı zamanda bu durum tarımsal ürünler için oldukça zararlı olabilecek bazı çamur bileşenlerine karşı süs bitkisi türlerinin daha toleranslı olduğunu göstermektedir (Jones ve ark. 1979).

Ağır metal bulaşması, arıtma çamurlarının süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanımı ile diğer tarım ürünleri yetiştiriciliğinde olduğu kadar hayati önem taşımamakta, ancak buna rağmen arıtma çamuru uygulanan her türlü bitkisel üretimde ağır metalden doğabilecek tehlikenin akıldan çıkarılmaması gerekmektedir (Chaney 1990).

Arıtma çamurunun bazı süs bitkisi türlerinde (*Terminalia arjuna*, *Prosopis juliflora*, *Populus alba*, *Eucalyptus tereticornis* ve *Dendrocalamus strictus*) büyümeye etkisinin ve ağır metal biriktirme kapasitesinin araştırıldığı bir çalışmada, bitkilerin büyüme performansı, ağırlık, gövde çapı ve taç alanı ölçümleri yapılmış ve bitki dokularında toksik metallerin biriktiği gözlemlenmiştir. *E. tereticornis* türünde, daha fazla Fe, Cu, Mn ve Zn metallerinin, *T. arjuna* türünde ise Cd ve Ni metallerinin biriktiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, çalışmadan 1 yıl sonra toksik metaller farklı oranlarda (Cr % 70.22, Ni % 59.21, Cd % 58.4, Fe % 49.75, Mn % 30.95, Zn % 22.80, Cu % 20.46 ve Pb % 14.05) ortamdan uzaklaştığı görülmüştür (Shukla ve ark. 2011).

Bir yaşlı *Pinus halepensis* fidanlarına arıtma çamuru ve zenginleştirilmiş arıtma çamuru uygulanmış (Cu, Ni ve Zn), zenginleştirilmiş arıtma çamurunun bitkideki ağır metal konsantrasyonlarında artışa neden olduğu ancak toksik seviyeye ulaşmadığı, diğer uygulamadaki fidanların ibrelerinde ise Cu ve Zn konsantrasyonlarında az miktarda azalma olduğu ve kuraklıktan olumsuz etkilendikleri belirlenmiştir (Fuentes ve ark. 2007a).

Tarımda kullanım kriterlerine göre Cd, Zn, Cu ve Ni konsantrasyonları yüksek olan arıtma çamuru, saksıdaki bazı süs bitkisi türlerine (*Begonia semperflorens*, *Ophiopogon japonicus*, *Viola tricolor*, *Antirrhinum majus*, *Buxus radicans*, *Ligustrum lucidum*, *Viburnum macrocephalum*, *Osmanthus fragrans*, *Loropetalum chinense* var. *rubrum*, *Dendranthema morifolium* ve *Cinnamomum camphora*) uygulanarak etkileri araştırılmıştır. Çalışmada arıtma çamuru uygulamasının 8 süs bitkisi türünde (*B. semperflorens*; *O. japonicus*; *L. chinense* var. *rubrum*; *D. morifolium*; *B. radicans*; *V. macrocephalum*; *O. fragrans*; *C. camphora*) kontrole göre daha iyi gelişme gösterdiği belirlenmiştir. Ağır metal içeriklerinde ise türlere göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek Ni, Cu, As, Pb, Cd ve Cr konsantrasyonunun özellikle *D. morifolium* türünde saptandığı görülmüş, tüm bitki örneklerinde Cu konsantrasyonunu bitkiler için toksik sınır olan 20 mg/kg'dan yüksek olduğu belirlenmiştir (Dai ve ark. 2006).

Arıtma çamurunun *Paspalum notatum* türünün iz element içeriğine etkisi farklı dönemlerde yapılan analiz sonuçlarına göre Cu, Zn, Fe, Co ve Se içeriklerinde artış meydana getirdiği tespit edilmiştir (Tiffany ve ark. 2001).

Arıtma çamurlarının *Cupressus macrocarpa* 'Gold Crest' çeşidinde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme potansiyelinin araştırıldığı çalışmada, arıtma çamuru belli oranlarda (% 10, 20, 30 ve 50) çürütülmüş fındık zürufu, mısır samanı kompostu ve fındık zürufu + mısır samanı kompostuna karıştırılmıştır eklenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; artan dozlarda arıtma çamuru, C/N oranını azaltmış ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini istenilen değerlere ulaştırmıştır. Bitki büyüme performansı açısından da en iyi sonuçların % 30 ve % 50 arıtma çamuru ile oluşturulan karışımlardan elde edildiği bildirilmiştir (Özdemir ve ark. 2005).

Orman alanlarındaki *Pinus halepensis* ve *Quercus ilex* türlerinin fidanlarına farklı dozlarda (0, 7.5, 14.5 kg kuru ağırlık/bitki) arıtma çamurunun uygulandığı bir çalışmada, arıtma çamurunun ilk yıl bitki kayıplarını arttırdığı belirtilmiştir. *P. halepensis* türünde P ve K konsantrasyonu azalırken, *Q. ilex* türünde değişmemiştir. En yüksek arıtma çamuru dozu uygulaması ile *P. halepensis* türünde büyüme olumlu etkilenirken, *Q. ilex* türünde olumsuz etkilenmiştir. 7.5 kg/bitki uygulaması ile *P. halepensis* türünde bitki canlılığı ve maliyet arasında en iyi denge kurularak kullanımı önerilirken *Q. ilex* türü için öneride bulunulmamıştır (Fuentes ve ark. 2007b).

Çam kabuğu ve hindistan cevizi lifi ile arıtma çamuru karışımının süs bitkisi üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı başka bir çalışmada, *Pinus pinea*, *Cupressus arizonica* ve *Cupressus sempervirens* türleri kullanılmıştır. Çam kabuğu ve hindistan cevizi lifinin % 30'luk arıtma çamuru ile karışımlarının *C. arizonica* ve *C. sempervirens* türlerinde çok iyi sonuçlar verdiği, *P. pinea* türünde ise farklı ortamların araştırılması gerektiği vurgulanmıştır (Hernandez-Apaolozza ve ark. 2005).

Yangın sonrası kireçli topraklara dikilen *Quercus pubescens* türü fidanlarına arıtma çamuru kompostu, farklı dozlarda (0, 20, 40 kg/m²) uygulanarak 7. ay, 1.5 yıl ve 2.5 yıl sonraki dönemlerdeki etkileri belirlenmiştir. Topraktaki organik madde, katyon değişim

kapasitesi, toplam N, değişebilir P, K, Mg ve B düzeylerinin 40 kg/m² lik uygulamada, 20 kg/m² lik uygulamadan daha önemli olduğu bildirilmiştir. Uygulama ile bitki canlılığı ve gelişimi etkilenmemiş ve toprakta değişebilir Cu, Zn konsantrasyonunu arttırmasına rağmen iz element kirliliğine sebep olmamıştır (Larcheveque ve ark. 2007).

Yanan orman alanlarında bir yaşlı *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* ve *Pinus pinea* türlerinin fidanlarına üç yıl süreyle kompost haline getirilmiş arıtma çamuru ve yeşil atık uygulanan diğer bir çalışmada, (0, 20 ve 40 kg/m²) kurak dönemde *Q. ilex* ve *P. pinea* türlerinin fidanlarındaki gelişmenin arttığı, *P. halepensis* türünde ise herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Genel olarak tüm fidanlarda gövde uzunluğu, gövde çapı ve bitki besin elementlerinin (N, P, K) arttığı saptanmıştır (Larcheveque ve ark 2006).

Kesme çiçek olarak değerlendirilen *Freesia* spp (Arpa Zambağı) türünün saksıdaki bitkilerine arıtma çamuru farklı dozlarda uygulanmıştır. Artan organik madde miktarıyla birlikte başak ve çiçek sapı uzunluğunda artış tespit edilmiştir. *Freesia* spp. bitkisinin gelişiminde arıtma çamuru uygulaması ile bitki başına elde edilen çiçek sayısında 60 t/ha, kandel sayısında 180 t/ha, yumru çapında 90 t/ha ve yumrudan elde edilen yavru sayısında 90 t/ha uygulamaları etkili bulunmuştur (Ünal ve ark. 2011).

Lolium perenne var. *ovation* çeşidinde arıtma çamurunun 3, 6, 9, 12 kg/da dozları uygulanmış ve kontrol olarak da standart çiftlik gübresi kullanılmıştır. Sonuçta ilk dönemde bitki boyu, yeşil ot verimi ve bitki kaplı alan değerleri düşük bulunurken daha sonraki dönemlerde arıtma çamurunun yüksek dozlarının kullanıldığı alanlarda daha yüksek değerler elde edilmiştir. Renk ve çim kalitesi kriterlerinin ise atık su arıtma çamurunun yüksek dozlarında olumlu sonuçlar vererek en yüksek değerlere ulaştığı, özellikle yaz aylarında atık su arıtma çamurunun kontrole göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Çelebi ve ark. 2010).

Lolium multiflorum çim türünde arıtma çamurunun çeşitli oranlarda (% 5-100) kompost olarak uygulandığı çalışmada, % 10-20 uygulama düzeylerinde çim gelişimi için gerekli besin elementi içeriğini arttırarak, toprakta ağır metal ve çözünebilir tuz içeriğini etkilemediği bildirilmiştir (Cheng ve ark. 2007).

Festuca rubra var. *rubra* çeşidinde arıtma çamuru farklı dozlarda (0, 3, 6, 9 ve 12 t/da) uygulanarak çiftlik gübresiyle karşılaştırılmıştır. Sonuçta; birinci yıl ilk dönemde alınan gözlemlerde bitki boyu, yeşil ot verimi ve bitki kaplı alan değerleri, atık su arıtma çamurunun yüksek dozlarının kullanıldığı uygulamalarda düşük, daha sonraki dönemlerde ise yüksek bulunmuştur. Renk ve çim kalitesi kriterleri, çiftlik gübresi kullanımına göre genel olarak her gözlem döneminde daha iyi sonuçlar vermiştir. Atık su arıtma çamurunun *Festuca rubra* var. *rubra* çeşidinde çim performansını arttırması sebebiyle çiftlik gübresine önemli bir alternatif olabileceği önerisinde bulunulmuştur (Çelebi ve ark. 2011a).

Lolium perenne (% 40), *Festuca rubra* var. *rubra* (% 30), *Poa pratensis* (% 15) ve *Festuca rubra* var. *comutata* (% 15) karışımı ile oluşturulmuş çim alanlara arıtma çamuru farklı dozlarda uygulanmıştır (4, 8, 12 ton kuru madde/dekar). Elde edilen sonuçlar, arıtma çamurunun, bitki verimliliği (yaş ağırlık) ve çim alan rengini olumlu yönde etkilediği, çiftlik gübresine göre de 2 yıl içerisinde bitki yaş ağırlığını ortalama 2-2.6 kat arttırdığı bildirilmiştir (Küçükhemek ve ark. 2005).

Araştırmacıların bir başka çalışmasında ise arıtma çamuru *Lolium perenne* (% 40), *Festuca rubra* var. *rubra* (% 30), *Poa pratensis* (% 15) ve *Festuca rubra* var. *comutata*'nın

(% 15) karışım olarak kullanıldığı çim türlerinde 4 farklı dozda (0, 40, 80 ve 120 t/ha) uygulanmış ve arıtma çamurunun ağır metal (Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Cd) içerikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, arıtma çamuru uygulamasının, kontrole göre çim bitkisinin Zn, Ni, Cu, Cr ve Pb içeriklerini arttırdığı ve bu artışın en fazla Pb, Zn ve Cr içeriklerinde olduğu, Mn içeriğinde ise düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında çim türlerinde Zn eksikliği, arıtma çamuru uygulanan tüm dozlarda ise Zn içeriklerinin yeterli değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; endüstriyel kaynaklı deşarj içermeyen arıtma çamurunun bitki besin elementlerince fakir topraklara 40 - 120 t/ha düzeylerinde kullanılmasıyla yetiştirilen çim türlerinde ağır metallerin kabul edilebilir seviyelerde olduğunu ve özellikle kontrol uygulamasında görülen Zn eksikliğinin giderildiği saptanmıştır (Küçükhemek ve ark. 2006).

Lolium perenne (% 40) + *Poa pratensis* (% 20) + *Festuca rubra* var. *comutata* (% 20) + *Festuca rubra* var. *rubra* (% 20) türlerinin karışım olarak kullanıldığı başka bir çalışmada, 3, 6, 9 ve 12 ton/da arıtma çamuru dozları ile çiftlik gübresi (kontrol) denenmiştir. Atık su arıtma çamurunun uygulandığı ilk dönemlerde yabancı ot oranında artış, daha sonraki dönemlerde ise önemli miktarda azalış tespit edilmiştir. Atık su arıtma çamuru uygulamasının bitki kaplı alan, renk ve çim kalitesi üzerinde olumlu etkileri görülürken, özellikle arıtma çamurunun yüksek dozlarında bu kriterlerin her dönemde en yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir (Çelebi ve ark. 2011b).

Arıtma çamurlarının *Zoysia japonica* ve *Poa annua* çim türünde büyüme, gelişme ve çim alan kalite üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, türlerinde farklı dozlar (0, 15, 30, 60, 120 ve 150 ton/ha) uygulanarak topraktaki organik madde ve mineral içeriğinin arttığı, çim bitkilerinde de biyokütle artışı olarak ve büyüme döneminin uzadığı belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda, arıtma çamurunu topraktaki ağır metal içeriğini arttırdığı görülmüş, Zn, Pb ve Cu içerikleri sınır değerleri aşmazken, Cd'nin sınır değerleri aşması; tarım alanlarında kullanılmaması gerektiğini ortaya koymuştur. Orman ve çim alanlarda, besin zinciri yoluyla Cd içeriğinin yayılmayacağı alanlarda kullanılabileceği bildirilmiştir (Wang ve ark. 2008).

Sıvı arıtma çamuru uygulamasının bitkide ağır metal birikimine etkisinin araştırıldığı çalışmada, *Agrostis capillaris* ve *Holcus lanatus* türlerine biçim işleminden sonra (kısa: 4 cm, uzun: 13 cm) farklı dozlarda (0, 55 ve 110 m³/ha) arıtma çamuru uygulanmıştır. Biçim yüksekliğine bağlı olarak yapraklarda kuru madde ve Cu, Fe, Pb içeriklerinin farklı olduğu saptanmıştır. Arıtma çamuru uygulaması çim türlerindeki ağır metal içeriğinde önemli bir artış yaratmamıştır. Ancak uygulanan doz biçim yüksekliğinin bitki büyümesinde önemli düzeyde etkili olduğu ortaya konulmuştur (Aitken 1997).

Atık çamur dozlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmalar incelendiğinde; değişik dozlarının farklı türlerdeki yararlılık düzeyleri ortaya koyulmuş ve arıtma çamuru analizlerinin yapılarak her bitki için farklı dozların uygulaması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Orman alanlarında *Salix viminalis* türünün verimliliği üzerine arıtma çamuru ile gübrelemenin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ilk yıl sorun olarak arıtma çamurunun aşırı besin içeriği nedeniyle yabancı ot gelişiminin arttığı görülürken, ikinci yıl ise arıtma çamurunun sürgün gelişimini teşvik ettiği ve verimliliği yükselttiği belirlenmiştir. Ancak ağır metal içeriğinin kontrole göre % 4-8 daha fazla olduğu ve sınır değerleri aştığı belirtilmiştir (Lazdina ve ark. 2007).

Saksıda yetiştirilen *Quercus acutissima*, *Liriodendron tulipifera*, *Betula schmidtii* türlerine çöp depolama alanından alınan arıtma çamuru uygulanarak toprak ve bitki üzerindeki etkileri incelenmiştir. Arıtma çamuru kompost uygulamasının nem, organik madde, N içeriği ile respirasyon gibi toprak özelliklerini, toprak gözenekliliğini ve hacim yoğunluğunu geliştirdiği gözlemlenmiştir. Arıtma çamurunun kompost olarak çöp depo alanlarında toprağı arıtmak amacıyla kullanılmasının hem maliyet hem de depolama problemi için çevre dostu etkili bir metod olduğu vurgulanmıştır (Song ve ark. 2010).

Saksı denemesi şeklinde yürütülen başka bir çalışmada bahçe kompostu ve arıtma çamuru karışımının *Ipomea aquatica* türünde bitki gelişimini arttırdığını, en yüksek yaş ağırlığında % 4 bahçe kompostu ve % 2 arıtma çamuru karışımında olduğu gözlemlenmiştir. Bitki ağır metal içeriklerinin toksik düzeyin çok altında olması sonucu, bu karışımın Singapur'da kent peyzajı ve bahçecilikte kullanımının önerilebileceği vurgulanmıştır (Stabnicova ve ark. 2005).

Bir maya üretim tesisinden ortaya çıkan atık çamur, torf ve parçalanmış mısır sapı ile kompostlanmış ve saksılarda bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılmıştır. İki kısım atık çamur + kompostlanmış mısır sapı + 1 kısım kumlu balçık toprak ve % 20 tarımsal perlit karışımı mevsimlik bitkilerden; *Tagetes patula*, *Tagetes erecta*, *Zinnia elegans* ve *Malcolmia maritima* türlerinin yetiştiriciliğinde en iyi büyüme sonucunu verdiği saptanmıştır (Tolay ve ark. 2000).

Orman fidancılığında torf ve benzeri materyallerin ekonomik olmaması nedeniyle alternatif materyallerin yaratılması amacıyla yapılan bir çalışmada, arıtma çamuru dahil 7 farklı organik materyal kullanılarak, *Pinus pinaster* Ait. fidanı yetiştiriciliğinde en iyi sonucun belediye atığı çamuru ile kompost edilmiş arıtma çamuru uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir (Manas ve Castro, 2008).

Arıtma çamuru etkinliğini düzenlemede farklı ortamların veya diğer yan ürünlerin kullanılabileceğinin görüldüğü çalışmalarda arıtma çamuru kullanımının yararlı kaynak yaratabileceği de ortaya koyulmaktadır.

Saksıdaki *Canna indica* türüne farklı miktarlarda endüstriyel atık çamur uygulaması yapılmış, bitki büyümesine etkileri ve bazı ağır metallerin bitkideki taşınımı araştırılmıştır. Sonuç olarak, toprakta çamur miktarının artmasıyla bitkinin farklı kısımlarında metal konsantrasyonunun arttığı ancak *C. indica*'nin endüstriyel atık çamur uygulamasına iyi adapte olduğu ve bu bitkinin yeşil ıslah (*phytoremediation*) çalışmaları için tavsiye edilebileceği bildirilmiştir (Bose ve ark. 2008).

Begonia semperflorens, *Salvia splendens*, *Tagetes patula* türlerinde ortam olarak beyaz turba (kontrol), yeşil atık ve arıtma çamurunun kullanıldığı bir çalışmada bitki büyümesi ve iz element içeriklerinin etkilendiği bildirilmiştir. *B. semperflorens* türünde çiçek sayısı ve kuru ağırlık, % 25 arıtma çamuru bulunan ortamda artarken *S. splendens* türünde ise kuru ağırlık artışı % 25- 50 arıtma çamuru olan ortamda görülmüştür. *T. patula* türünde ise % 50'nin üzerinde arıtma çamuru olan ortamlarda kuru ağırlıkta artış saptanmamıştır. Çamur uygulamaları genelde bitki dokularındaki P konsantrasyonunda azalmaya neden olurken Mg eksikliği görülen *S. splendens* hariç üç türün bitki dokularında Mg konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir. *T. patula* ve *S. splendens* türlerinde de Ni ve Fe noksanlıkları görüldüğü bildirilmiştir (Grigatti ve ark. 2007).

Fındık zürufu ve arıtma çamurunun değişik oranlarda karıştırılarak hazırlandığı yetiştirme ortamlarında, tek yıllık mevsimlik süs bitkisi türleri olan *Primula vulgaris* ve *Tagetes patula* var. *nana*'nın kullanıldığı çalışmada, fındık zürufu yetiştirme ortamına arıtma çamuru ilave edilmesinin bitki gelişimini olumlu etkilediği belirlenmiştir. *Primula vulgaris* türünde elde edilen değerler ise süs bitkisi kalite kriterleri açısından incelendiğinde; bitki boyunun kontrol uygulamasında en yüksek değere ulaştığı, karışımdaki arıtma çamuru oranının artmasıyla da bitki boyunda artış görüldüğü, gövde çapı, kanopi çapı ve kuru ağırlık değerlerinde de arıtma çamuru içeren ortamlarda en yüksek sonuçlara ulaşıldığı bildirilmiştir. *Tagetes patula* var. *nana* türünde ise % 50 arıtma çamuru oranına kadar kullanılan uygulamalarda bitki büyümesinde gerileme olmadığı sonucu elde edilmiştir (Dede ve ark. 2009).

Serada yürütülen bir çalışmada arıtma çamuru ve mineral gübre uygulamasının *Diplotaxis erucoides* türüne etkileri araştırılmıştır. Arıtma çamuru kompostu uygulanan bitkilerde çiçeklenmenin geciktiği ancak biyokütlede artış olduğu, bitkinin daha büyük kök sistemi oluşturduğu ve tohum sayısında da artış görüldüğü bildirilmiştir (Korboulewsky ve ark. 2002).

Arıtma çamurunun *Agrostis* sp. ve *Poa pratensis* çim türlerine kapak malzemesi (32 m³/ha) olarak uygulandığı farklı bir çalışmada, 5-8 haftada çim alanlarda renk, büyüme ve yaprak alanında önemli artışlar sağlandığı belirtilmiştir (Garling ve Boehm, 2001).

Karışım olarak kullanılan bazı çim türlerini (% 40 *Lolium perenne*, % 30 *Festuca rubra rubra*, % 15 *Poa pratensis*, % 15 *Festuca rubra commutata*) kullanarak arıtma çamuru ile çiftlik gübresinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, çiftlik gübresine göre arıtma çamuru uygulamasının çim bitkisi rengini daha koyulaştırarak bitki verimini de olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Küçükhemek ve ark. 2005b).

Süt endüstrisinden alınan arıtma çamurunun çim alanlarda 4 yıl süreyle gübre kaynağı olarak kullanımının araştırıldığı bir çalışmada, arıtma çamuru ve kimyasal gübreler ile kombinasyonlarının topraktaki ağır metal içeriği üzerinde önemli bir farklılık oluşturmayarak, bitki ve topraktaki ağır metal içeriğinin sınır değerlerde kaldığı, çamurun uzun dönem gübre olarak kullanılması için yol gösterici ilkelerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Lo pez ve Mosquera 2000).

Bitki gelişimi açısından arıtma çamuru uygulamalarının iyi bir alternatif olduğunu gösteren bu çalışmalar incelendiğinde birçok konuda tasarruf sağlayabileceği tespit edilmiştir. Gübre maliyetlerinin hızla arttığı ve dışa bağımlı olan bu üretimin alternatiflerinin ortaya çıkması ülke ekonomisine ve üreticiye önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç

Tüm bu verilerin ışığında; arıtma çamurlarının süs bitkisi yetiştiriciliğinde çimlendirme ortamı, yetiştirme ortamı ve organik gübre sağlayıcı olarak çevreye zarar vermeyecek şekilde, yönetmelikte belirtilen sınırlar içerisinde kullanımının yaygınlaştırılması, ekonomik ve ekolojik açıdan ülke yararına olacaktır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, arıtma çamurlarının tarım alanlarında uygulanabilirliğinin yanı sıra alternatif bir bertaraf sahası olarak süs bitkisi yetiştiriciliğinde de kullanımlarının tarımsal üretimdeki uygulama sahasını da genişletmesi yanı sıra atık çamur bertaraf

imkanlarının artırılmasına da katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Tüm üretim alanlarında ekonomik uygulamaların sürdürülebilirlik ilkesine katkıları düşünülürse önemli bir sorun olan atık çamur bertarafının yararlı bir şekilde dönüştürülmesi olası görülmektedir.

Ayrıca arıtma çamurunun besin zinciri yoluyla tüketilen bitkilerde kullanımı ile ortaya çıkan psikolojik olumsuzlukların, süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanımında ortaya çıkmaması da bu şekilde değerlendirilmesinde avantaj sağlamaktadır.

Sonuç olarak atık su arıtma çamurlarının süs bitkisi yetiştiriciliği amaçlı kullanımının, çağdaş geri dönüşüm anlayışına en uygun yöntemlerden biri olduğu düşünülerak farklı süs bitkisi türlerinin yetiştiriciliğinde de çevresel sorunlara sebep olmayacak boyutlarda kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Aitken, M.N., 1997. Short-term leaf surface adhesion of heavy metals following application of sewage sludge to grassland. Grass and Forage Science, Volume 52: 73-85.
- Anaç, D.A., H. Hakerlerler, ve M.E. İrget, 1993. Yağ fabrikası arıtma tesisi atıklarının zeytinliklerde organik gübre olarak kullanılması. E.Ü.Z.F.Derg., 30 (3): 25-32.
- Anonim, 2010. Türkiye Süs Bitkileri Sektör Raporu, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Antalya İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, www.aib.org/tr/raporlar/kc/kcsusbitkileri2010.pdf.
- Arıkan, 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.
- Aşık, B ve A.V. Katkat. 2004. Gıda sanayi arıtma tesisi atığının (arıtma çamuru) tarımsal alanlarda kullanım olanakları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Vol. 18, No. 2, pp.59-71.
- Bachman, G.R and J.D. Metzger. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. Bioresource Technology, 99, 3155-3161.
- Bose, S., A. Jain, V. Rai and A.L. Ramanathan. 2008. Chemical fractionation and translocation of heavy metals in *canna indica* l. grown on industrial waste amended soil. Journal of Hazardous Materials 160: 187–193.
- Bozdoğan, E., G. Çetinkale ve Z. Söğüt, 2009. Atıksu arıtma çamurlarının yeniden kullanımları. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi –UKAY 2009. 334-342.
- Chaney, R.L. 1990. Twenty years of land research. Part 1. BioCycle 31: 54-59.
- Cheng, H., W. Xu, J. Liu, Q. Zhao, Y. He and G. Chen. 2007. Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth. Ecological Engineering, 29: 96-104.
- Çelebi, Z.Ş., Ö. Arvas, R. Çelebi ve İ.H. Yılmaz. 2011a. Rizomlu kırmızı yumak (*Festuca rubra* var. *rubra*) ile tesis edilen yeşil alanda atıksu arıtma çamurunun tesis gübresi olarak değerlendirilmesi. Ekoloji 20, 78, 18-25.
- Çelebi, Z.Ş., Ö. Arvas, A.K. Şahar ve İ.H. Yılmaz. 2011b. Atıksu arıtma çamurunun yeşil alanlarda tesis gübresi olarak kullanılması. HRÜ.Z.F.Dergisi, 15(3):1-8.
- Çelebi, Z.Ş., Ö. Arvas, R. Çelebi ve İ.H. Yılmaz. 2010. Atıksu arıtma çamuru ile tesis edilen yeşil alanda İngiliz çimi (*Lolium perenne* L.)'nin performansının belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 7 (3), 111-118.

- Çetinkale, G ve Z. Söğüt. 2010. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. çim alanlarında kentsel su arıtım sistem çamurlarından yararlanabilme olanakları. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Fen ve Mühendislik Bilim. Dergisi. Cilt 23 (3): 11-21.
- 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., 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, İzmir.
- Dolgen, D., M.N. Alpaslan ve N. Delen. 2007. Agricultural recycling of treatment-plant sludge: a case study for a vegetable-processing factory. *J Envir. Manag.* 84: 274-281.
- Fuentes, D., B.K. Disante, A. Valdecantos, J. Cortina and V. Ramo N Vallejo. 2007a. Response of *Pinus halepensis* Mill. seedlings to biosolids enriched with Cu, Ni And Zn in three mediterranean forest soils. *Environmental Pollution*, Volume 145: 316–323.
- Fuentes, D., A. Valdecantos, J. Cortina and V.R. Vallejo. 2007b. Seedling performance in sewage sludge-amended degraded mediterranean woodlands.
- Garling, D.C and M.J. Boehm. 2001. Temporal effects of compost and fertilizer applications on nitrogen fertility of golf course turfgrass. *Agronomy Journal*, 93: 548-555.
- Garcia-Gomez, A., M.P. Bernal and A. Roig. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology*, 83, 81-87.
- Grigatti, M., M.E. Giorgiani and C. Ciavatta. 2007. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresource Technology*, Volume 98 (18): 3526–3534.
- Hernández-Apaolaza, L., A.M. Gascó, J.M. Gascó and F. Guerrero. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource Technology*, Volume 96 (1): 125–131.
- Jones, S.C., K.W. Brown, L.E. Deuel and K.C. Donnelly. 1979. Influence of rainfall on the retention of sludge heavy metals by the leaves of forage crops. *J. Environ. Qual.*, 8, 69-72.
- Karagüzel, O., Korkut, A.B., Özkan, B., Çelikel, F.G., Titiz, S., 2010. Süs bitkileri üretiminin bugünkü durumu, geliştirme olanakları ve hedefleri. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi 11-15 Ocak Ankara.
- 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 erucoides*) 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.
- Küçükhemek, M., K. Gür ve A. Berktaş. 2006. Eysel karakterli atıksu arıtma çamurlarının çim bitkisi ağır metal (MN, ZN, Nİ, CU, CR, PB, CD) içeriği üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21 (3-4): 1-12.
- Larchevêque, M., C. Ballini, N. Korboulewsky 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.

- Larcheve`que, M., M. Nicolas Monte`s, V. Baldy and C. Ballini. 2007. Can compost improve *Quercus pubescens* Willd establishment in a mediterranean. Post-Fire Shrubland Bioresource Technology 99 (2008) 3754–3764.
- Lazdina, D., A. Lazdins, Z. Karins and V. Kaposts. 2007. Effect of sewage sludge fertilization in short-rotation willow plantations. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management., Volume 15 (2): 105-111.
- Lo´Pez-Mosquera, M.E., C. Moiro`N and E. Carral. 2000. Use of dairy-industry sludge as fertiliser for grasslands in northwest spain: heavy metal levels in the soil and plants. Resources, Conservation and Recycling, 30 (2000) 95–109.
- 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.
- Martinez, F., C. Cuevas, W. Teresa and I. Iglesias. 2002. Urban organic wastes effects on soil chemical properties in degraded semiarid ecosystem. In: Seventeenth WCSS, Symposium No.20, Thailand, pp. 1-9.
- Özdemir, S., G. Köseoğlu ve Ö.H. Dede. 2005. Arıtma çamurlarının süs bitkisi toprağı hazırlanmasında kullanımı, Dokuz Eylül Üniversitesi, I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu Bildiri Kitabı, İzmir, 25-26 Mart 2005: 557-564.
- Özyazıcı, M.A ve G. Özyazıcı. 2012. Arıtma çamurunun toprağın bazı temel verimlilik parametreleri üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 27(2): 101-109.
- Özzambak, E. 2002. Fao regional expert meeting on flowers for the future, 2002, Fao Plant Production and Protection Division. Ed: Y. Tüzel and E. Özzambak, 8-10 October, İzmir/Turkey. 85-99pp.
- Sevgican, A. 2002. Örtü Altı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Cilt-2, E.Ü.Z.F. Yayınları, İzmir.
- Shukla, O.P., A.A. Juwarkar, S.K. Singh, S. Khan and U.N. Rai. 2011. Growth responses and metal accumulation capabilities of woody plants during the phytoremediation of tannery sludge. Waste Management 31: 115–123.
- Shober, A.L., R.C. Stehouwer and K.E. Macneal. 2003. On-farm assessment of biosolids effects on soil and crop tissue quality. J Environ. Qual., 32: 1873-1880.
- Stabnikova, O., W.K. Goh, H.B. Ding, J.H. Tay and J.Y. Wang. 2005. The use of sewage sludge and horticultural waste to develop artificial soil for plant cultivation in Singapore. Bioresource Technology, Volume 96 (9): 1073–1080.
- Song, U and E.J. Lee. 2010. Environmental and economical assessment of sewage sludge compost application on soil and plants in a landfill. Resources, Conservation and Recycling 54: 1109–1116.
- Tiffany, M.E., L.R. McDowell, G.A. O’-Conner, H. Nguyen, F.G. Martin, N.S. Wilkinson and E.C. Cardoso. 2001. Effects of pasture-applied biosolidon forage and soil concentration over a grazing season in north florida. II. Microminerals. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32 (13): 2211-2226.
- Tolay, U., Y. Yavuzşefik, M. Tolay ve N. Söğüt. 2000. Atık çamurlarının bitki üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar. Turk J Agric For 24, 705-712.
- Turaloğlu, F.S ve F.N. Acar. 1996. Çeşitli atıkların toprak ortamına etkileri. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, 13-15 Mayıs, 1996, Mersin, Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, 52-62.

- Ünal, M. ve A.V. Katkat. 2003. Bisküvi ve şekerleme sanayi arıtma çamurunun toprak özelliklerine ve mısır bitkisinin kimi mineral madde içeriği üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (1): 107-118.
- 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.
- Ürgenç, S.. 1992. Ağaç ve Süs Bitkileri Fidanlık ve Yetiştirme Tekniği. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 418.569 s.
- Wang, X., T. Chen, Y. Ge and Y. Jia. 2008. Studies on land application of sewage sludge and its limiting factors. Journal of Hazardous Materials Volume 160 (2-3): 554-558.

