

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

KENTSEL ARITMA ÇAMURUNUN VE ARITILMIŞ ATIK
SUYUN KADİFE (*Tagetes erecta* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ,
MİNERAL BESLENMESİ VE AĞIR METAL
KONSANTRASYONUNA ETKİSİ

İbrahim ARMAĞAN

Danışman
Prof. Dr. Figen ERASLAN İNAL

ISPARTA - 2025



© 2025 [İbrahim ARMAĞAN]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

18/04/2025

İbrahim ARMAĞAN

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi.....	14
3.2. Bitki Örneklerinin Analizlere Hazırlanması	16
3.3. Kadife Çiçeği Bitkilerinin Mineral Besin Maddesi ve Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi	18
3.3.1. Mineral besin elementlerinin belirlenmesi.....	18
3.3.1.1. Azot (N) belirlenmesi.....	18
3.3.1.2. Fosfor (P) belirlenmesi.....	18
3.3.1.3. Demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu) belirlenmesi.....	18
3.3.2. Ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi	18
3.3.2.1. Kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), nikel (Ni) konsantrasyonlarının belirlenmesi.....	18
3.4. Toprak Analizleri	19
3.4.1. Toprak reaksiyonu belirlenmesi (pH)	19
3.4.2. Elektriksel iletkenliğin belirlenmesi (EC).....	19
3.4.3. Organik madde belirlenmesi	19
3.4.4. Toplam azot (N) belirlenmesi	19
3.4.5. Bitkiye yararlı fosfor (P) belirlenmesi	19
3.4.6. Değişebilir kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) belirlenmesi. 19	
3.4.7. Yararlı bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) belirlenmesi.....	20
3.5. Deneme Toprağının Bazı Kimyasal Özellikleri.....	20
3.6. Denemede Kullanılan Kentsel Arıtma Çamurunun Bazı Kimyasal Özellikleri . 21	
3.7. Denemede Kullanılan Arıtılmış Atık Suyun Bazı Kimyasal Özellikleri	22
3.8. İstatistiksel Analizler.....	22
4. BULGULAR	23
4.1. Kentsel Arıtma Çamuru ve Arıtılmış Atık Su Uygulamasının Kadife Çiçeği Bitkisinin Yaş ve Kuru Ağırlığına Etkisi (g bitki ⁻¹)	23
4.2. Kentsel Arıtma Çamuru ve Arıtılmış Atık Su Uygulamasının Kadife Çiçeği Bitkisinin Besin Elementi Konsantrasyonları Üzerine Etkisi	24
4.2.1. Azot (N) ve fosfor (P) konsantrasyonları.....	24
4.2.2. Demir (Fe) ve bakır (Cu) konsantrasyonları (mg kg ⁻¹)	25
4.2.3. Çinko (Zn) ve mangan (Mn) konsantrasyonları (mg kg ⁻¹).....	26
4.3. Kentsel Arıtma Çamuru ve Arıtılmış Atık Su Uygulamasının Kadife Çiçeği Bitkisinin Ağır Metal Konsantrasyonları Üzerine Etkisi	27
4.3.1. Kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr) ve nikel (Ni) konsantrasyonları (mg kg ⁻¹).....	27
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	28
KAYNAKLAR	33

ÖZGEÇMİŞ	37
----------------	----



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KENTSEL ARITMA ÇAMURUNUN VE ARITILMIŞ ATIK SUYUN KADİFE (*Tagetes erecta* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ, MİNERAL BESLENMESİ VE AĞIR METAL KONSANTRASYONUNA ETKİSİ

İbrahim ARMAĞAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Figen ERASLAN İNAL

Bu tez çalışmasında, artan düzeylerde uygulanan kentsel atık su arıtma çamurunun ve arıtılmış atık suyun bir süs bitkisi olan kadife çiçeğinin (*Tagetes erecta* L.) gelişimi, mineral beslenmesi ve ağır metal konsantrasyonuna etkisini belirlemek amacıyla bir deneme yürütülmüştür. Denemede atık çamur uygulaması AÇ₀: 0, AÇ₁: 4, AÇ₂: 8, AÇ₃: 12, AÇ₄: 16, AÇ₅: 20 ve AÇ₆: 24 g kg⁻¹ dozlarında ve bir gruba da arıtılmış atık suyu uygulanmıştır. Deneme sonucunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile N, P, Fe, Cu, Zn, Mn Cd, Co, Cr, Ni ve Pb konsantrasyonları belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin yaş ve kuru ağırlığını ve P, Cd, Co ve Cr hariç N, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonlarını önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulaması bitkilerin yaş ve kuru ağırlığını önemli oranda artırmıştır. Bitkilerin N konsantrasyonu AÇ₁, AÇ₂ ve AÇ₃ dozlarında kontrol ve diğer tüm uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Bitkilerin Fe, Cu, Zn, Mn ve Ni konsantrasyonları AÇ₆ (24 g AÇ kg⁻¹) dozu ve arıtılmış atık su uygulamasında kontrol ve diğer uygulamalar ile karşılaştırıldığında önemli oranda artmıştır.

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde bitkilerin Fe, Cu, Mn ve Ni konsantrasyonlarının önemli oranda artması kadife bitkisi yetiştiriciliğinde kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık suyun kullanımında, üst üste tekrarlayan uygulamalardan kaçınılması ve uygulama öncesi analizlerinin yapılmadan kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, Arıtılmış atık su, Kadife bitkisi, Ağır metal konsantrasyonu

2025, 37 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

THE EFFECT OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE AND TREATED WASTEWATER ON THE GROWTH, MINERAL NUTRITION AND HEAVY METAL CONCENTRATION OF THE VELVET PLANT (*Tagetes erecta* L.)

İbrahim ARMAĞAN

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Figen ERASLAN İNAL

In this thesis, an experiment was conducted to determine the effect of increasing levels of urban sewage sludge and treated wastewater on the growth, mineral nutrition and heavy metal concentration of velvet (*Tagetes erecta* L.), an ornamental plant. In the experiment, sewage sludge was applied at the doses of AÇ₀: 0, AÇ₁: 4, AÇ₂: 8, AÇ₃: 12, AÇ₄: 16, AÇ₅: 20 and AÇ₆: 24 g kg⁻¹ and treated wastewater was applied to one group. At the end of the experiment, fresh and dry weights of the plants and N, P, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Co, Cr, Ni and Pb concentrations were determined.

According to the results of the research, it was determined that treatment sewage sludge and treated wastewater treatment significantly affected the fresh and dry weights of velvet plants and the concentrations of N, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb and Ni except P, Cd, Co and Cr. Treatment of sewage sludge and treated wastewater significantly increased the fresh and dry weight of plants. The N concentrations of plants were found to be higher in the doses of AÇ₁, AÇ₂ and AÇ₃ than the control and all other treatments. Fe, Cu, Zn, Mn and Ni concentrations of the plants were significantly increased in AÇ₆ (24 g AÇ kg⁻¹) dose and treated wastewater treatment compared to control and other treatments.

When the findings obtained were evaluated, it was concluded that the Fe, Cu, Mn, and Ni concentrations of the plants increased significantly. Therefore, the use of municipal sewage sludge and treated wastewater in velvet plant cultivation should be avoided repeatedly and analyzed prior to application.

Key Words: Sewage sludge, Treated wastewater, Marigold, Heavy metal concentration

2025, 37 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen bu araştırmada bana bilgi ve tecrübesiyle her aşamasında yol gösteren Sayın danışman hocam Prof. Dr. Figen ERASLAN İNAL'a ve bölüm başkanımız Sayın hocam Prof. Dr. İbrahim ERDAL'a, canı gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Lisans dönemimi geçirdiğim Akdeniz Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü hocalarıma canı gönülden teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan arkadaşlarım Cennet YAYLACI, Armağan TÜRKAN ve araştırma görevlisi Muvahhid KILIÇARSLAN'a çok teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan dostlarıma ve değerli aileme saygılarımı sunarım.

İbrahim ARMAĞAN
ISPARTA, 2025

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Düzağaç atıksu arıtma tesisi.....	14
Şekil 3.2. Düzağaç atıksu arıtma tesisi çamur kurutma ünitesi.....	14
Şekil 3.3. Deneme fidelerinin ilk dikimi sonrası görünümü	15
Şekil 3.4. Kadife çiçeği bitkilerinin hasat edilmeden 4 gün önceki görünümleri	16
Şekil 3.5. Kadife çiçeği bitkilerinin hasat edilmeden hemen önceki seçili örnekler	16
Şekil 3.6. Bitki örneklerinin analizlere hazır hale getirilmeleri	17



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Tarımsal amaçlı kullanılacak olan arıtma çamurunda izin verilen maksimum değerler	3
Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı kimyasal özellikleri	20
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan kentsel arıtma çamuruna ait analiz sonuçları	21
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan arıtılmış atık suyun bazı analiz sonuçları	22
Çizelge 4.1. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin yaş ve kuru ağırlık (g bitki^{-1}) üzerine etkisi	23
Çizelge 4.2. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin N ve P konsantrasyonu üzerine etkisi	24
Çizelge 4.3. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin Fe ve Cu konsantrasyonları (mg kg^{-1}) üzerine etkisi	25
Çizelge 4.4. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinde Zn ve Mn konsantrasyonları (mg kg^{-1}) üzerine etkisi	26
Çizelge 4.5. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık suyun kadife bitkisinin Cd, Co, Cr ve Ni konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi	27

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzdelik Oranı
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre
AÇ	Arıtma Çamuru
AÇ _{AAS}	Arıtılmış Atık Su
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
DTPA	Dietilen Triamin Pentaasetik Asit
Fe	Demir
FZ	Fındık Zürafu
g	Gram
ha	Hektar
kg	Kilogram
L	Litre
mg	Miligram
Mn	Mangan
N	Azot
Ni	Nikel
P	Fosfor
ppm	mg/litre
t	Ton
TSP	Triple Süper Fosfat
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla artan dünya nüfusuyla beraber sanayileşme ve kentleşmenin ilerlemesi, çevresel sistem üzerinde gün geçtikçe artan baskıları da beraberinde getirmektedir. Bu durum su kaynaklarının gün geçtikçe tükenmesi ve kirlenmesi, hava kirliliği, toprak kirliliği ve erozyonu, çevresel ekosistemlerin zarar görmesi ve ortaya çıkan atıkların gün geçtikçe birikmesi gibi birçok sıkıntılı süreçleri kapsamaktadır. Atıkların gün geçtikçe artan bir eğilim göstermesi atık yönetimi konusunun ciddiyetle ele alınmasını mecbur kılmaktadır. Atıkların bertaraf edilmesi için kullanılan bir takım geleneksel yöntemler çözüm sunmaktan öte mevcut çevresel sıkıntıların giderek daha da büyümesine neden olabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında sürdürülebilir atık yönetimi ve yöntemlerinin geliştirilmesi, çevresel ekosistemin korunması ve mevcut kaynakların daha az zarar görerek verimliliklerinin nispeten daha etkili bir şekilde korunması açısından oldukça önem taşımaktadır.

Bilindiği üzere sanayi tesislerinden üretim sonrası çıkan atık sular ve evsel yaşam alanlarında kullanıldıktan sonra ortaya çıkan atık sular kanalizasyon sistemleri ile kentsel yaşam alanlarından uzaklaştırılarak bertaraf edildikleri noktalarda ya doğrudan boşaltılarak ya da atıksu arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra arta kalan atık su deşarj edilerek doğaya bırakılmaktadır. Atık su arıtma tesislerine kanalizasyon sistemiyle ulaşan atık sular atıksu arıtma tesislerinde bir takım fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım işlemlerinden geçtikten sonra en son ürün olarak arıtma çamurları oluşmaktadır. Bu arıtma çamurları içerisinde organik maddeler, besin elementleri, birtakım ağır metaller ve zararları patojen mikroorganizmaları barındıran bir materyaldir. Arıtma çamurlarının bertarafı konusu üzerinde sıklıkla düşünülmesi gereken bir durumdur. Zira bu atıkların gelişigüzel bir şekilde doğaya bırakılarak bertarafının sağlanmaya çalışılması çevresel ekosisteme zarar veren bir takım sıkıntılı süreçlere eşlik edebilir. Bu sebeple arıtma çamurlarının birçok bertaraf yöntemi bulunmasına karşılık çevreye en az zarar veren yöntemlerin uygulanması gerekmektedir.

Bununla beraber arıtma işlemi sonrası içindeki katı atıklardan arınan atık sular ise deşarj edilerek bulundukları yerlere göre nehirler, göller veya denizler gibi gerekli yerlere boşaltımı yapılarak uzaklaştırılabilmektedir. Bu arıtma tesislerinde arıtma işlemleri sonucu elde edilen arıtılmış atık sular, organik madde ve bitki besin elementi

açısından zengin bir içeriğe sahip olabilir. Bu sebeple bu suyun tarımsal amaçlı veya süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanımı hem su kaynaklarının korunması hem de atık yönetimi açısından ciddi anlamda bir katkı sunabilir. Bununla beraber bu arıtılmış sular, tıpkı arıtma çamurlarında olduğu gibi tuzlar, ağır metaller, patojenler gibi çeşitli potansiyel kirleticileri bünyelerinde barındırabilir. Bu sebeple kontrollü ve dengeli bir şekilde kullanılmalıdır.

Ülkemizde tarım topraklarımızın büyük bir kısmının organik madde ve besin elementi miktarı düşük seviyededir. Verimli bir tarımsal üretim yapılabilmesi için eksik olan bu organik madde ve besin elementlerinin yeterli seviyeye ulaştırılması, en azından verimli bir tarımsal üretim yapılabilmesi için dengeli bir gübreleme programı kapsamında bu bitki besin elementlerinin karşılanması gerekmektedir. Bu kapsamda ağırlıklı olarak kimyasal gübreler ve organik gübreler kullanılmaktadır. Malum olduğu üzere tarımsal gübrelerin girdi maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle üreticiler için alternatif gübre kaynaklarına ulaşabilmesi oldukça önem arz etmektedir. Arıtma amurlarının organik gübreleme kapsamında tarımsal üretimde kullanımı, hem üreticileri girdi maliyetleri anlamında rahatlatacaktır hem de arıtma amurlarının bertarafı meselesine bir nebze olsun katkı sağlayacaktır. Ancak arıtma amurlarının içermiş oldukları bitki besin elementlerinin yanı sıra ağır metaller, çeşitli kirleticiler ve patojenleri de içermektedir. Bu sebeple arıtma çamurları tarımsal üretimde kullanılırken evre ve şehircilik Bakanlığı'nın 03.08.2010 tarihi 27661 sayılı "Evsel ve Kentsel Arıtma amurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik" kapsamında belirli sınır aralıklarında kullanılmalıdır. Ayrıca dünya genelindeki bazı gelişmiş lkekerin arıtma çamuru kullanımında belirledikleri bazı sınır değerleri dikkate almak da bu konuda oldukça aydınlatıcı olacaktır. Aksi takdirde arıtma amurlarının bilinçsiz kullanımı, kullanıldığı toprakta gün geçtikçe artan ağır metal birikimine ve bu topraklarda yetişen mahslleri tüketen kişilerde çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir. İşte bu sebeplerden dolayı arıtma çamurları bakanlığın yönetmelikte belirlemiş olduğu sınır değerler dikkate alınarak kontrollü olarak uygulanmalıdır. Çizelge 1.1'de ülkemizde ve dünya genelinde bazı ülkelerce tarımsal amaçlı kullanılacak olan arıtma çamuru sınır değerleri verilmiştir (Arlı, 2006).

Çizelge 1.1. Tarımsal amaçlı kullanılacak olan arıtma çamurunda izin verilen maksimum değerler (Arlı, 2006)

Kirlenici	Üst Limit (mg kg-1)						
	ABD	Kanada	AB	İsveç	Danimarka	Almanya	Türkiye
Arsenik	75	75	-	-	-	-	-
Kadmiyum	85	20	20-40	2	0.5	1.5	20
Krom	3000	-	1000-1750	100	-	-	1200
Bakır	4300	-	1000-1750	600	40	60	1200
Kurşun	840	500	750-1200	100	40	100	1200
Cıva	57	5	16-25	2.5	-	-	25
Molibden	75	20	-	-	-	-	-
Nikel	420	180	300-400	50	15	50	1200
Selenyum	100	14	-	-	-	-	-
Çinko	7500	1850	2500-4000	100	100	200	3000
PCB 8.6	-	-	-	-	-	-	-

Arıtma çamurunun tarımsal ürün üretiminde kullanımı, uygulaması yapılan arıtma çamurunun içeriğine göre değişmekle birlikte ağır metal içeriğini yükseltmesi ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileme potansiyelinin bulunabilmesi gibi bir tehlike taşımasından dolayı arıtma çamurları, park ve bahçelerde peyzaj çalışmasında kullanılan süs bitkilerinin yetiştiriciliğinde de kullanılabilir.

Kadife bitkisi dayanıklı oluşu, güzel kokusu, kolay yetişmesi ve estetik anlamda oldukça dikkat çeken bir peyzaj bitkisi olması sebebiyle kamu ve özel kurumlar tarafından sıklıkla tercih edilen mevsimlik süs bitkileri arasında yer almaktadır. Çoğunlukla iki türü sıklıkla kullanılmaktadır. Bunlar *Tagetes erecta* ve *Tagetes patula*'dır. Genel olarak sarı, turuncu ve kırmızı renklere sahip olan bu çiçek türü güneşli ortamlarda çok daha güzel yetişmektedir.

Bu çalışmada kentsel arıtma çamurunun ve arıtılmış atık suyun yaz mevsiminde sıklıkla tercih edilen dış mekân ss bitkilerinden birisi olan kadife (*Tagetes erecta* L.) bitkisinin gelişimi, bazı mineral besin elementi ve ağır metal konsantrasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Özcan vd. (1995), deneme materyali olarak *L. perenne* ve *L. italicum* bitkilerini kullandıkları bir çalışmada arıtılmış ve arıtılmamış olan atıksuların %100, %50 ve %25 oranındaki uygulamalarının bitkisel gelişim üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda kontrol materyallerine çeşme suyu uygulanmış, deneme bitkilerine ise Maltepe Askeri Lisesinin arıtma tesisine ait olan %100, %50 ve %25 oranlarında uygulanan arıtılmış ve arıtılmamış atık sular ile %100, %50 ve %25 oranlarında arıtılmış ve arıtılmamış çamur uygulanmıştır. Çalışmada arıtılmış su ve çamurların bitkisel gelişimi kontrole göre teşvik ettiği, kuru ve yaş madde miktarında artış sağlandığı kaydedilmiştir.

Çimrin vd. (2000), TSP ve arıtma çamurunun birlikte uygulanmasının mısır bitkisinde gelişim ve bazı besin maddeleri üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi amacıyla kireçli bir toprakta saksı denemesi olarak yürüttükleri bir çalışmada, sırasıyla %100 Toprak (tanık), 20 ppm P (arıtma çamuru fosforu) + 60 ppm P (TSP fosforu), 40 ppm P (arıtma çamuru fosforu) + 40 ppm P (TSP fosforu), 60 ppm P (arıtma çamuru fosforu) + 20 ppm (TSP fosforu), 80 ppm P (arıtma çamuru fosforu) ve 80 ppm P (TSP fosforu) uygulaması yapılmıştır. Buna ilaveten çalışmada yetiştirilen mısır bitkisinin N ve K ihtiyaçlarının karşılanması için her saksıya temel gübreleme amacıyla iki defa 100'er ppm N ve bir defa 40 ppm K verildiği, bitkinin P ihtiyacının 80 ppm olduğu düşünülerek bu P ihtiyacının bir kısmının TSP ile bir kısmının ise arıtma çamuru ile karşılandığı ifade edilmiştir. Araştırmacılar, TSP ve arıtma çamuru karışımının mısır bitkisinde P, Zn ve Fe içeriğinde kontrole göre önemli artış sağlandığını belirtmişlerdir. Uygulamaların bitkinin kök kuru ağırlığı ile Mn miktarı üzerinde etkisiz olduğu, Cu miktarının ise azaldığı kaydedilmiştir. Arıtma çamuru ve TSP karışımının 80 ppm dozunda kullanımında, kontrole göre P içeriğinde artış sağlamış ancak karışım içerisindeki arıtma çamuru miktarı arttıkça bitkideki P miktarının azaldığı, bu azalmanın ise P'un tamamının arıtma çamurunun 80 ppm ile verildiği uygulamaya kadar istatistiksel manada önemsiz bulunduğu kaydedilmiştir.

Erdal vd. (2000) tarafından kireçli bir toprakta yapılan çalışmada saksılara sırasıyla; %100 toprak (kontrol), %95 toprak + %5 arıtma çamuru, %90 toprak + %10 arıtma çamuru, %80 toprak + %20 arıtma çamuru, %70 toprak + %30 arıtma çamuru, %95

toprak %5 arıtma çamuru + 250 ppm humik asit, %90 toprak + %10 arıtma çamuru + 250 ppm humik asit, %80 toprak + %20 arıtma çamuru + 250 ppm humik asit, %70 toprak + %30 arıtma çamuru + 250 ppm humik asit ve %100 toprak + 250 ppm humik asit uygulamaları yapılmıştır. Çalışmada artan oranda arıtma çamuru uygulamalarının toprak üstü organ kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı ile birlikte toprak üstü organların N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn Cu ve Co içeriklerinde istatistiksel anlamda önemli oranda artırdığı, kimyasal gübre kullanılmadan yalnızca arıtma çamuru uygulaması yapılarak bitkinin N ve P ihtiyacının karşılanabileceği, uygulaması yapılan arıtma çamurunun toprağın pH ını ve topraktaki yarıyıllı fosforla beraber, Ca, Zn, Cu, Fe, Mn içeriklerini önemli düzeyde etkilendiği sonucuna ulaşmışlardır. Artan oranlarda arıtma çamurlarıyla birlikte humik asit uygulamasının yapıldığı durumda ise bitkide Co, Ni, Cr, Cd miktarlarında hafiften azalma eğiliminin olduğunu ve Cu miktarının ise azaldığını belirtmişlerdir. Uygulaması yapılan arıtma çamurlarının dozlarında ve araştırması yapılan ağır metallerde toprakta Zn haricinde ağır metal tehlikesinin bulunmadığı bildirilmiştir.

Stabnikova vd. (2005), yürüttükleri bir çalışmada *Ipomea aquatica* (su ıspanağı) bitkisi üzerinde bahçe kompostuyla beraber arıtma çamuru kombin halinde uygulanmıştır. Yapılan uygulamanın *Ipomea aquatica* bitkisinin gelişiminde artış sağladığı, en yüksek yaş ağırlığı ise %96 alttoprak + %4 bahçe kompostu + %2 arıtma çamuru kombininin uygulanmasıyla ulaşılmıştır. Çalışma sonunda uygulaması yapılan arıtma çamurunun ağır metal miktarının toksik sınır olarak kabul edilen değerin altında kalması nedeniyle kentsel peyzajda uygulanabilir olduğu bildirilmiştir.

Grigatti vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, yetişme ortamı olarak yeşil atık, beyaz turba ve arıtma çamuru kullanılmıştır. Hazırladıkları bu yetiştirme ortamında *Begonia semperflorens*, *Mimulus*, *Tagetes patula*, *Salvia splendens* türünde bitkiler yetiştirilmiştir. Araştırma sonucunda yapılan uygulamaların bitkisel gelişim ve iz element içeriklerini etkilediği gözlemlenmiştir. Arıtma çamurunun %25 dozunda olduğu ortamda *Begonia semperflorens* türü bitki çeşidinde bitkinin kuru ağırlığı ve çiçek sayısında artış sağlandığı, %25–%50 dozunda arıtma çamurunun olduğu ortamda ise *Salvia splendens* türü bitki çeşidinde kuru ağırlığın artış sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Arıtma çamuru dozunun %50'nin üzerinde uygulandığı ortamda *Tagetes patula* bitki türünde kuru ağırlık üzerinde artış sağlamadığı gözlenmiştir. Söz konusu

bitkilerdeki P içerikleri baz alındığında arıtma çamuru uygulamalarının *Begonia* türü dışındaki bitkilerde azaldığı, *Salvia splendens* türü dışındaki bitkilerde ise Mg miktarının artışına sebebiyet verdiği anlaşılmıştır. Bunlara ilaveten *Salvia splendens* ve *Tagetes patula* bitkilerinde Ni ve Fe noksanlıklarına rastlandığı belirtilmiştir.

Özcan (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, *Lolium perenne* L., *Festuca rubra* L. *Agrostis tenuis* L. türü bitkilerin yetiştirme ortamlarına 12:12:12, 6:2:3 ve 20:20:20 + iz element olarak farklı oranlarda NPK (Azot, Fosfor, Potasyum) içeren gübrelerin uygulanmıştır. Sulama suyu olarak ise Maltepe Askeri lisesi, Turyağ fabrikası ve Manisa şehir arıtma tesislerinden alınan arıtılmış sular kullanılmış olup (farklı ekim zamanlarında) %100 ve %50 konsantrasyon seviyeleri şeklinde uygulanmıştır. Ayrıca günlük sulamalarda ise iki gün %100 atıksu, bir gün ise çeşme suyu ile sulanarak değişik deneme serilerinin oluşturulduğu ifade edilmiştir. Çalışmada uygulaması yapılan gübre ve arıtılmış sulara bağlı olarak çimlenme, gelişim, morfolojik yapı parametrelerindeki değişiklikler araştırılmıştır. Yapılan gübre ve atıksu uygulamalarının bitkisel gelişimde artış sağladığı kaydedilmiştir.

Dede (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, fındık zürufuyla beraber %12.5 (FZ + Ç1), % 25 (FZ + Ç2) ve %50 (FZ + Ç3) oranlarında arıtma çamuru karıştırılarak oluşturulan yetiştirme ortamının başta N olmak üzere bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin içeriklerinde önemli derecede artış sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan çalışmada kontrol grubuna kıyasla hazırlanan yetiştirme ortamlarının dış mekan süs bitkileri yetiştiriciliğine uygun olduğu belirtilmiştir.

Demir ve Çimrin (2011) tarafından kireçli toprakta artan düzeyde arıtma çamuru (%0, %10, %20 ve %30) ve artan düzeyde humik asit (0, 1000, 1500 ve 2000 ppm) uygulamasının mısır bitkisi üzerindeki gelişim, besin elementi ve ağır metal içeriği gibi parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Arıtma çamurunun artan dozları sonucu denemede kullanılan toprakta hasat sonrası pH ve kireç içeriklerinde azalış kaydedilirken topraktaki P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co ile birlikte tuz ve organik madde üzerinde ise önemli ölçüde artış kaydedilmiştir. Uygulaması yapılan arıtma çamuru dozlarının mısır bitkisinin gelişim parametreleri üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu görülmüştür. Uygulanan humik asitin artan dozlarında ise denemede kullanılan toprakta organik maddeyle beraber P, Ca ve Mg üzerine etkisinin

önemli bulunduğu, toprağın diğerk özellikleri üzerinde ise önemli bir etkisinin bulunmadığı belirtilmiştir. Hümk asidin mısırb bitkisinin gelişim parametreleri üzerindeki etkisinde ise 1000 ppm'lik doza kadar artış sağlandığı bu dozun üzerindeki uygulamalarda ise azalma kaydedildiğı belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda ise % 20 arıtma çamuru ve 1000 ppm'lik hümk asit uygulamasının en uygun doz olduğı sonucuna ulaşılmıştır.

Demirkan vd. (2014), yaptıkları bir çalışmada toprağı %0, %25, %50, %75 oranlarında arıtma çamuru uygulamasının yer açelyası bitkisinde bitkisel gelişim ile birlikte çiçeklenmeye etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda arıtma çamuru uygulamalarının bitkide kök yaş ve kuru ağırlığı haricinde diğerk parametreler üzerinde önemli ölçüde etkili olduğı sonucuna ulaşılmıştır.

Ağar (2015), artan dozlarda uygulaması yapılan arıtma çamurunun süs lahanası üzerine etkilerinin incelendiğı bir çalışma yürütmüştür. Bu kapsamda hazırlanan toprak + arıtma çamuru oranları (0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0) şeklindedir. Araştırması yapılan bitkisel parametreler üzerinde en yüksek sonuçlar %50 arıtma çamuru uygulamasından elde edilmiştir. Arıtma çamurunun %50'nin üzerine çıktığı durumlarda ise en düşük sonuçların alındığı kaydedilmiştir. Çalışmanın sonunda %50 ye kadar yapılan arıtma çamuru uygulamaları uygun bulunmuştur.

Akat vd. (2015), yürüttükleri bir çalışmada arıtma çamuruyla farklı ortamların (çam kabuğı, cüruf, torf, çakıl ve toprak) eşit oranda (1:1) karıştırılarak oluşturdukları yetiştirme ortamlarında bir süs bitkisi olan *Limonium sinuatum* 'compindi white' bitkisi yetiştirilmiş ve bu yetiştirme ortamlarının bitkide gelişim ve verim üzerine etkili olduğı sonucuna ulaşılmışlardır.

Demirtaş vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, sera koşullarında yetiştirilen domates bitkisine farklı dozlarda (0-2-4-6-8-10 t da⁻¹) kentsel katı atık kompostu uygulaması yapılmış ve verim ve kalite kriterlerinden olan meyve suyu EC'si, likopen ve suda çözülebilir kuru madde miktarları baz alındığında kontrol grubuna göre artış sağlandığı, meyve ve topraktaki ağır metal miktarlarının izin verilen sınır değerlerin altında kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, eğer kullanılan kentsel katı atık

kompostu sınır değerleri aşmıyorsa 2-4 t da⁻¹ dozunun verim bakımından tarımsal üretimde kullanılabileceğini açıklamışlardır.

Kumar vd. (2016) yaptıkları çalışmada, sırasıyla % 100 bahçe toprağı (kontrol), %5 arıtma çamuru + %95 bahçe toprağı, %10 arıtma çamuru + %90 bahçe toprağı, %25 arıtma çamuru + %75 bahçe toprağı, %50 arıtma çamuru + %50 bahçe toprağı, %75 arıtma çamuru %25 bahçe toprağı ve %100 arıtma çamuru uygulamasının ıspanak bitkisinin ağır metal içerikleri incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde arıtma çamurunun topraktaki besin maddelerini ve ağır metallerin (kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), manganez (Mn) ve inko (Zn) miktarlarını önemli derecede ($p < 0.01$) artırdığını ortaya koymuştur. Ağır metal içeriğinin, Hindistan'daki topraklar için belirlenen maksimum seviyelerin altında kaldığı belirtilmiştir. Yetiştirme sezonlarında en iyi sonuçların, arıtma çamurunun %50 oranında uygulandığında elde edildiği görülmektedir. Üretimin yapıldığı sezonlarda arıtma çamuru konsantrasyonlarının %5'ten %100'e kadar artan dozda uygulanmasıyla Cd, Cr, Cu, Mn ve Zn içeriğinde artış gözlemlenmiştir. Arıtma amurunun kullanımının toprakta ve ıspanak bitkisinde ağır metal konsantrasyonlarını artırdığı kaydedilmiştir.

Akat vd. (2017), saksı denemesi olarak yürüttükleri bir çalışmada yetiştirdikleri bir kesme gl çeşidinde saksılardaki bahçe toprağına artan dozlarda (%0, %20, %40 ve %60) arıtma çamuru uygulamışlardır. En iyi sonuçların %40 arıtma çamuru uygulamasıyla elde edildiği belirtilmiştir. Bu oranı aşan uygulamada ise bütün değerlerde azalma gözlenmiştir. Ayrıca uygulanan tüm dozların kontrole göre başarı sağladığı ve arıtma çamurunun kesme gl yetiştiriciliğinde kullanımının uygun olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Eid vd. (2017), serada yürütülen saksı denemesi kapsamında yaptıkları bir çalışmada, farklı arıtma çamuru uygulamalarının (0, 10, 20, 30, 40 ve 50 g kg⁻¹) ıspanak bitkisi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde yapılan uygulamaların toprağın EC, organik madde, krom ve çinko konsantrasyonları üzerinde artış sağladığı; toprak pH'ında ise azalma gözlendiği kaydedilmiştir. Kullanılan arıtma çamuruna ait tüm ağır metal konsantrasyonlarının kabul edilen sınır değerlerin altında kaldığı bildirilmiştir. Ispanak bitkisinin biyokütlesi ve tüm büyüme parametreleri incelendiğinde, kontrol grubuna kıyasla 40 g kg⁻¹ a kadar olan tüm uygulamalara

sürgün/kök oranı haricinde olumlu yanıt verdiği belirtilmiştir. Arıtma çamurunun artan dozları ıspanak bitkisinin kök ve sürgünlerinde tüm ağır metal konsantrasyonlarında (Pb hariç) artışa neden olmuştur. Bununla beraber bitkinin bütün organlarında ağır metal seviyesi (Cr ve Fe hariç) normal aralıkta kalarak fitotoksik seviyeye ulaşmamıştır.

Kahraman vd. (2017) yaptıkları bir çalışmada atıksu arıtma suyunun gazanya yetiştiriciliğinde tekrar kullanım şansını araştırmışlardır. Çalışma kapsamında gazanya bitkilerinde kontrol grubunda musluk suyu ile diğer grubunda ise atıksu arıtma suyu ile sulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda atıksu arıtma suyunun gazanya yetiştiriciliğinde sulama amaçlı kullanımının uygun olduğu belirtilmiştir. Atıksu arıtma suyu ile sulanan bitkilerde musluk suyuyla sulanan bitkilere göre bitki boyu, kök ağırlığı, kök uzunluğu, üst aksam ağırlığı, çiçek sayısı gibi parametreler bakımından önemli bir artış sağlandığı bildirilmiştir.

Khan ve Kaleem (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, artan dozda arıtma çamuru uygulamasının (0, 10, 15 ve 20 t ha⁻¹) ıspanak bitkisinde bitki boyu, yeşil yaprak verimi ve kuru madde miktarında kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir artış sağlamıştır. Arıtma çamuru uygulaması, ıspanak bitkisinde Cr, Cd ve Pb konsantrasyonlarını kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde artırmıştır. Arıtma çamuru uygulaması Zn konsantrasyonunda da anlamlı bir artış sağlamakla birlikte Zn ve diğer ağır metallerin birikimi izin verilen sınır değerleri aralığında kalmıştır. Yapılan arıtma çamuru uygulaması, topraklardaki hasat sonrası organik karbon miktarını artırmıştır. Ayrıca arıtma çamuru uygulanan topraklarda; hacim yoğunluğu, partikül yoğunluğu ve pH değerlerinde belirgin bir azalma saptanmıştır. Hasat sonrasında topraktaki elektriksel iletkenlik değeri etkilenmezken, artan arıtma çamuru dozlarıyla birlikte kation değişim kapasitesi önemli derecede iyileşmiştir. Toprakta yarayışlı N miktarı, 20 t ha⁻¹ uygulamasıyla en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Yarayışlı P ve K miktarlarında 20 t ha⁻¹ uygulaması ile sırasıyla %43 ve %7 oranında artış sağlanmıştır. Ayrıca, arıtma çamuru uygulaması hasat sonrası toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilen mikro besin elementlerinde ve ağır metal birikiminde anlamlı artış sağlamıştır.

Altunlu vd. (2018) tarafından yetiştirme ortamı olarak arıtma çamuru + toprak karışımının sırasıyla (%0, %100), (%20, %80), (%40, %60) ve (%60, %40) oranlarının

kullanıldığı bir çalışmada, Laxa anacına aşıl原因 Rosa sp. ‘Magnum’ cinsi olan kesme gül yetiştirmişlerdir. Çalışmada arıtma çamurunun yetiştirilen gül bitkisinin gelişiminde ve çiçek verimi ile klorofil miktarında artış gözlenmiştir. En iyi sonuçların ise %40 arıtma çamuru ile %60 toprak karışımı uygulamasında elde edildiği ve %60 arıtma çamuru uygulaması yapıldığında ise incelenen özelliklerin olumsuz etkilendiği bildirilmiştir.

Çakır ve Çimrin (2018a) tarafından yapılan bir çalışmada, mısır bitkisinde artan dozlarda arıtma çamuru (%0, %2.5, %5, %7.5) uygulanmış bu uygulamaların deneme toprağındaki N, P, K ve Ca miktarı üzerinde önemli bir artış sağladığı, Mg üzerinde ise önemsiz bir artış sağladığı sonucunu elde etmişlerdir. Yapılan uygulamaların mısır bitkisinde yaş ve kuru verimde kontrole nazaran istatistiksel olarak önem ölçüde artış sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunlara ilaveten arıtma çamurunun % 7.5 lik dozun üzerine çıkılması durumunda mısır bitkisinin yaş verimi üzerinde azalma yaşandığı ve arıtma çamurunun %5 üzerindeki uygulamalarının bitkinin kuru veriminde azalmaya sebep olduğu, bu sebeple problem yaşanmaması adına arıtma çamurunun kontrollü bir şekilde uygulanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çakır ve Çimrin (2018b) tarafından yapılan, deneme toprağına (%0, %2.5, %5, %7.5) oranlarında arıtma çamuru uygulayarak mısır bitkisi yetiştirdikleri bir çalışmada, arıtma çamuru artan dozlarda kullanımı sonucu deneme toprağındaki Zn, Cu, Mn, Pb, Ni, Cd ve Co miktarlarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte bitkinin kökündeki Cu miktarında azalma, Mn ve Zn miktarlarında ise kontrol bitkilerine göre artış olduğu gözlemlenmiştir. Arıtma çamurunun artan dozlarda kullanımı bitkinin kök üstü aksamındaki Fe, Zn, Mn ve Pb miktarlarına etkisini istatistiksel olarak önemli bulunmakla birlikte bitkinin sürgün kısmındaki Fe, Zn, Mn ve Pb miktarlarında ise kontrol bitkilerine göre önemli artış kaydedildiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda uygulaması yapılan arıtma çamurunun deneme toprağı ve bitki üzerinde etkisi pozitif yönde olsa da kontrolsüz bir şekilde tekraren yapılan uygulamalar sonucu zaman içerisinde ağır metal toksisitesi durumuyla karşılaşılabilceği açıklanmıştır.

Akın (2019), (%0, %100), (%25, %75), (%50, %50), (%75, %25) ve (%100, %0) oranlarında toprak ve arıtma çamuru karışımlarının yetiştirme ortamı olarak kullandığı

bir çalışmada süs lahanası yetiştirmiştir. Bu ortamların bitkinin boyu ve çapı üzerinde önemli bir etkisinin bulunmamasıyla birlikte pH üzerine de önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Bitkideki baş ağırlığıyla birlikte toplam yaprak sayısı dikkate alındığında ise en iyi sonucun %25 arıtma çamuru ve %75 toprak karışımından elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kardeş vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı atık su konsantrasyonlarının (saf su, %25, %50, %75, %100), üç farklı mısır çeşidinin (Kefieros, Kerbanis, Kontigos) çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisi belirlenmiştir. Kontrollü şartlarda 25°C’de yürütülen çalışmada, çimlenme yüzdesi, fide uzunluğu, kök uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı incelenmiştir. Yetiştirilen çeşitler arasında çimlenme yüzdesi hariç olmak üzere incelenen bütün özellikler ile atık su konsantrasyonları arasında çeşitler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunduğu kaydedilmiştir. Yapılan çalışmada %25 atık su konsantrasyonunun çimlenmeyi teşvik ettiği ancak artan konsantrasyonların ise çimlenmeyi azalttığı belirtilmiştir. Fide gelişimi üzerinde ise %75 atık su konsantrasyonunun teşvik edici özellikte olduğu ifade edilmiştir.

Swain vd. (2020), yaptıkları bir çalışmada arıtma çamuru uygulamasının ıspanak bitkisinde bitkisel gelişim, verim, besin elementi alımı ve kullanımı üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonunda tavsiye edilen gübre dozuyla beraber 20 t ha⁻¹ arıtma çamuru dozunun ıspanak bitkisinde bitki boyu, yeşillik indeksi ve yaprakların yaş ağırlığında önemli bir artış kaydedilmiştir. Arıtma çamuru dozu 20 t ha⁻¹ olduğunda P ve Mn hariç yapraklardaki makro ve mikro besin elementlerini önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir. Toprak analizleri sonucunda ise en yüksek organik madde (19.6 g kg⁻¹), N (237 kg ha⁻¹), P (7.52 kg ha⁻¹) ve K (207 kg ha⁻¹) miktarlarının ise 40 t ha⁻¹ uygulamasıyla elde edildiği kaydedilmiştir.

Zafar vd. (2020), yaptıkları bir çalışmada mineral gübreleme ve arıtma çamurunun birlikte uygulamasının, lahana ve ıspanak bitkileri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, makro besin elementlerinde (N, P, K, Ca, Mg), mikro besin elementlerinde (Mn, Cu, Zn ve Fe) ve ağır metallerde (Cd, Cr, Pb ve Ni) en yüksek konsantrasyon değerlerine %75 arıtma çamuru ve %25 önerilen gübre dozu uygulamasıyla ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, ıspanak bitkisindeki

toplam azot ve lahana bitkisindeki kurşun içeriği ise %50 arıtma çamuru ve %50 önerilen gübre dozu uygulamasıyla anlamlı şekilde yüksek bulunduğ u belirtilmiştir. Yine çalışma sonucunda %75 arıtma çamuru ve %25 önerilen gübre dozu uygulamasının bu bitkilerde besin elementi birikimini ve verimi artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Karaer vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda arıtılmış atıksu seviyelerinin (0, %25, %50, %75 ve %100) mürdümük bitkisine ait farklı genotiplerinin çimlenmeleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bitki materyali olarak bir adet yerel popülasyon (4301), bir adet ise çeşit (GAP mavis i) kullanıldığı ifade edilen çalışmada; çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlığı kök yaş ve kuru ağırlığı, sürgün yaş ve kuru ağırlığıyla beraber vigor indeksi incelenmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, arıtılmış atıksu uygulamasına 4301 yerel popülasyonunun, Gap mavis i çeşidi kadar olumlu cevap verdiği belirtilmiştir. Buna ilaveten arıtılmış atıksu seviyelerinin çalışmada incelenen tüm özellikleri %75 düzeyine kadar artırdığı kaydedilmiştir.

Swain vd. (2021), yaptıkları bir çalışmada artan dozda arıtma çamuru uygulamasının ıspanak bitkilerinin verimi üzerindeki etkileri incelenmiş, aynı zamanda toprak ile ıspanak bitkilerindeki ağır metal birikimi incelenmiştir. Çalışmada inceptisol toprağında farklı arıtma çamuru dozları (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 t ha⁻¹) ve tavsiye edilen gübre dozlarıyla birlikte bir saksı denemesi yürütülmüştür. Denemede ıspanak bitkisindeki en yüksek verimin 20 t ha⁻¹ uygulamasıyla sağlandığı ancak bu uygulamayla yapraklardaki Zn ve Cd konsantrasyonlarının güvenli sınırı aştığı gözlenmiştir. Ispanak bitkisindeki en yüksek ağır metal birikiminin 40 t ha⁻¹ uygulamasıyla elde edildiği belirtilmiştir. Arıtma çamuru uygulamalarının toprakta Cd ve Cr birikimini artırdığı gözlemlenmiştir. Çalışmada gıda zincirinde kirlenme olmaksızın toprak kalitesini korumak için arıtma çamurunun 10 t ha⁻¹ dozunda kullanımı önerilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Bu tez çalışmasında konu olan deneme, Afyonkarahisar'ın Sandıklı ilçesinde 2023 yılının Haziran ve Temmuz aylarında yaklaşık iki ay süreyle yürütülmüştür. Havanın sıcak olması sebebiyle deneme açık hava koşullarında saksı denemesi olarak kurulmuştur. Denemede kullanılan arıtma çamuru Afyonkarahisar'ın Sinanpaşa ilçesine bağlı Düzağaç Atıksu Arıtma tesisinden 16.05.2023 tarihinde temin edilerek kurutmaya bırakılmıştır. Hava kuru duruma getirilen arıtma çamuru örnekleri öğütülerek elekten geçirilip kullanıma hazır hale getirilmiştir. Arıtılmış atık su ise Sandıklı Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisinden temin edilmiştir.



Şekil 3.1. Düzağaç atıksu arıtma tesisi



Şekil 3.2. Düzağaç atıksu arıtma tesisi çamur kurutma ünitesi

Kurulan denemede ise kadife çiçeği bitkisi (*Tagetes erecta* L.) 1:1 oranında bahçe toprağı+torf karışımı üzerine arıtma çamurunun artan dozlarının uygulanmasıyla 2 kg'lık toprak alan saksılarda, saksı başına bir fide dikilmesi suretiyle kurulmuştur. Bahçe toprağı denemenin kurulduğu bahçeden temin edilmiştir. Denemede uygulanan arıtma çamuru dozları ise AÇ₀: 0 g kg⁻¹, AÇ₁: 4 g kg⁻¹, AÇ₂: 8 g kg⁻¹, AÇ₃: 12 g kg⁻¹, AÇ₄: 16 g kg⁻¹, AÇ₅: 20 g kg⁻¹, AÇ₆: 24 g kg⁻¹ biçimindedir. Arıtma çamurunun uygulandığı denemelerde temel gübreleme yapılmamış, sulaması ise musluk suyuyla yapılmıştır. Bunlara ilaveten ise yine torf+bahçe toprağı karışımı üzerine sadece arıtılmış atık su uygulaması yapılan bir deneme grubu vardır (AÇ_{AAS}). Arıtılmış atık su uygulamasının yapıldığı gruptaki bitkilerin sulaması sadece arıtılmış atık suyla yapılmıştır ve temel gübreleme yapılmamıştır. Deneme 07.06.2023 tarihinde kurulmuştur. Deneme tesadüf parselleri deneme yöntemine göre 4 tekerrürlü olarak açık hava koşullarında kurulmuştur. Denemede kullanılan fidelerin düzenli olarak bakımı ve sulaması yapılmıştır. Deneme süresince koruma amaçlı olarak bir kez insektisit kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Deneme fidelerinin ilk dikimi sonrası görünümü



Şekil 3.4. Kadife çiçeği bitkilerinin hasat edilmeden 4 gün önceki görünüşleri



Şekil 3.5. Kadife çiçeği bitkilerinin hasat edilmeden hemen önceki seçili örnekler

3.2. Bitki Örneklerinin Analizlere Hazırlanması

Denemede yetiştirilmiş olan bitki örnekleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarına getirilmiştir. Hasat edilen bitkilerin

yaş ağırlıkları belirlendikten sonra 65°C’de 48 saat etüvde kurutulmuş, kuru ağırlıkları tespit edilmiş ve mineral element analizler için öğütülmüştür.



Şekil 3.6. Bitki örneklerinin analizlere hazır hale getirilmeleri

3.3. Kadife Çiçeği Bitkilerinin Mineral Besin Maddesi ve Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

3.3.1. Mineral besin elementlerinin belirlenmesi

3.3.1.1. Azot (N) belirlemesi

Kurutma işlemine tabi tutulduktan sonra öğütülen bitki örneklerinin toplam azot miktarlarının saptanması amacıyla kjeldahl yöntemi kullanılmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

3.3.1.2. Fosfor (P) belirlemesi

Kurutma ve öğütme sonrasında örneklerin kuru yakma işlemine tabi tutulmasıyla elde edilen çözeltilerde fosfor içerikleri, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemiyle spektrofotometre yardımıyla kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.3.1.3. Demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu) belirlemesi

Kurutma ve öğütme sonrası örneklerin kuru yakma işlemine tabi tutulmasıyla elde edilen çözeltilerde toplam Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Varian AA240FS) cihazında belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.3.2. Ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi

3.3.2.1. Kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), nikel (Ni) konsantrasyonlarının belirlenmesi

Kurutma ve öğütme sonrası örneklerin kuru yakma işlemine tabi tutulmasıyla elde edilen çözeltilerde toplam Cd, Co, Cr ve Ni konsantrasyonları ICP-OES (ICAP 6300 Thermo Electron) cihazı ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.4. Toprak Analizleri

3.4.1. Toprak reaksiyonu belirlenmesi (pH)

Toprak - Saf Su (1:2.5) oranındaki süspansiyon karışımında cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1967).

3.4.2. Elektriksel iletkenliğin belirlenmesi (EC)

Elektriksel iletkenlik değeri 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılarak iyice karıştırılmış toprak solüsyonunda EC metre yardımıyla belirlenmiştir (Richards, 1954).

3.4.3. Organik madde belirlenmesi

Değiştirilmiş Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 2012).

3.4.4. Toplam azot (N) belirlenmesi

Kacar (2012) tarafından açıklandığı şekilde, Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir.

3.4.5. Bitkiye yarıyışlı fosfor (P) belirlenmesi

Kacar (2012) tarafından belirtildiği şekilde, toprak örneğinde fosfor, 0.5 M NaHCO₃ (pH=8.5) ile ekstrakte edilerek, molibdofosforik mavi renk yöntemine göre 882 nm dalga boyunda spektrofotometreyle belirlenmiştir.

3.4.6. Değişebilir kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) belirlenmesi

Kacar (2012) tarafından bildirildiği şekilde, toprak örneklerindeki değişebilir potasyum 1.0 N nötr (pH=7.0) amonyum asetat (NH₄OAc) ile ekstrakte edilerek çözeltiye geçen potasyum atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (Varian AA240FS) belirlenmiştir.

3.4.7. Yarayışlı bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn), inko (Zn) belirlenmesi

Kacar (2012) tarafından açıkladığı şekilde, toprak-çözelti oranı 1: 2 olacak şekilde 0.005 M DTPA (dietilentriaminpenta asetik asit) + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA (trietanolamin) karışım çözeltisi ile 2 saat çalkalanarak ekstrakte edilen süzükte Fe, Mn, Zn ve Cu atomik absorbsiyon spektrofotometresinde (Varian AA240FS) belirlenmiştir.

3.5. Deneme Toprağının Bazı Kimyasal Özellikleri

Denemede kullanılan toprak örneğinde yapılan analizler sonucu belirlenen bazı kimyasal özellikler izelge 3.1’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre deneme toprağı tuzsuz ve pH’ı hafif alkali, organik madde içeriği orta; potasyum (K) ve magnezyum (Mg) içeriği fazla, azot (N) ve bakır (Cu) içeriği yeterli, demir (Fe) içeriği orta, inko (Zn) ve fosfor (P) içeriği az ve mangan (Mn) içeriği çok azdır.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı kimyasal özellikleri

Toprak Özelliği		Birim	Miktar
Kireç (CaCO ₃)		%	4.03
pH		1:2.5 (Toprak: su)	7.67
Elektriksel iletkenlik (EC)		dS m ⁻¹	0.95
Organik madde		g kg ⁻¹	2.18
Toplam azot (N)		g kg ⁻¹	1.40
Değişebilir	Potasyum	mg kg ⁻¹	969
	Magnezyum	mg kg ⁻¹	984
Yarayışlı	Demir	mg kg ⁻¹	3.19
	Mangan	mg kg ⁻¹	1.14
	çinko	mg kg ⁻¹	1.70
	Bakır	mg kg ⁻¹	0.39
	Fosfor	mg kg ⁻¹	7.40

3.6. Denemede Kullanılan Kentsel Arıtma Çamurunun Bazı Kimyasal Özellikleri

Denemede kullanılan kentsel arıtma çamurunun alındığı Düzağaç atıksu arıtma tesisinden 30.01.2023 ve 04.10.2023 tarihlerinde alınmış olan numune örneğine ait, tesis tarafından yaptırılan analiz sonuçları ve atıkların düzenli depolanmasına dair EK-2 yönetmelikte uygun görülen sınır değerler Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan kentsel arıtma çamuruna ait analiz sonuçları

Analiz Sonuçları ve Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik EK-2 Sınır Değerleri					
Analiz Sonuçları			Yönetmelikte Belirtilen Sınır Değerler		
Parametre	Birim	Sonuç	İnert	Tehlikesiz	Tehlikeli
Antimon	mg L ⁻¹	<0.006	≤ 0.006	0.006-0.07	0.07-0.5
Arsenik	mg L ⁻¹	<0.04	≤ 0.05	0.05-0.2	0.02-2.5
Bakır	mg L ⁻¹	0.0308	≤ 0.02	0.2-5	5-10
Baryum	mg L ⁻¹	0.3407	≤ 2	2-10	10-30
Cıva	mg L ⁻¹	<0.001	≤ 0.001	0.001-0.02	0.02-0.2
Çinko	mg L ⁻¹	0.0465	≤ 0.4	0.4-5	5-20
Kadmiyum	mg L ⁻¹	<0.004	≤ 0.004	0.004-0.1	0.1-0.5
Kurşun	mg L ⁻¹	<0.04	≤ 0.05	0.05-1	1-5
Molibden	mg L ⁻¹	0.0335	≤ 0.05	0.05-1	1-3
Nikel	mg L ⁻¹	<0.02	≤ 0.04	0.04-1	1-4
Selenyum	mg L ⁻¹	<0.01	≤ 0.01	0.01-0.05	0.05-0.7
Toplam Krom	mg L ⁻¹	<0.02	≤ 0.05	0.05-1	1-7
Florür	mg L ⁻¹	0.2	≤ 1	1-15	15-50
Klorür	mg L ⁻¹	10	≤ 80	80-1500	1500-2500
Sülfat	mg L ⁻¹	77.656	≤ 100	100-2000	2000-5000
Toplam Organik Karbon	%	%42.33	≤ %3	%5	%6
Toplam Azot	mg kg ⁻¹	7.068			
Toplam Fosfor	%	2.51			

Çizelge 3.2 incelendiğinde tablodaki ağır metal değerlerinin inert ve tehlikesiz sınır aralıklarında olduğu görülmekle birlikte, toplam organik karbon miktarı tehlikeli olarak kabul edilen sınır değerin çok üzerinde çıkmıştır.

3.7. Denemede Kullanılan Arıtılmış Atık Suyun Bazı Kimyasal Özellikleri

Denemede kullanılmış olan arıtılmış atık suyun alındığı Sandıklı Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinin, 26.11.2018 ve 27.11.2018 tarihlerinde alınmış olan numunelere ait bazı sonuçlar Çizelge 3.3’de topluca verilmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan arıtılmış atık suyun bazı analiz sonuçları

Yapılan Analizler	Birim	Sonuçlar
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg L ⁻¹	31
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg L ⁻¹	94
Askıda Katı Madde	mg L ⁻¹	27.5
Toplam Fosfor	mg L ⁻¹	3.655
Toplam Azot	mg L ⁻¹	21.6

3.8. İstatistiksel Analizler

Yapılan uygulamaların sonuçlarının önemliliği “Varyans analizi” ile Minitab paket programı yardımıyla, uygulamalar arasındaki farklılıklar ise Tukey testi yardımıyla belirlenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Kentsel Arıtma Çamuru ve Arıtılmış Atık Su Uygulamasının Kadife Çiçeği Bitkisinin Yaş ve Kuru Ağırlığına Etkisi (g bitki⁻¹)

Kadife çiçeği bitkisi üzerine uygulaması yapılan kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamalarının bitkideki yaş ve kuru ağırlık (g bitki⁻¹) üzerine etkileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin yaş ve kuru ağırlık (g bitki⁻¹) üzerine etkisi

Uygulamalar	Yaş Ağırlık (g bitki ⁻¹)	Kuru Ağırlık (g bitki ⁻¹)
AÇ ₀	26.1 b	3.64 b
AÇ ₁	42.3 ab	5.86 ab
AÇ ₂	47.2 a	6.05 ab
AÇ ₃	48.2 a	6.33 ab
AÇ ₄	50.5 a	6.33 ab
AÇ ₅	46.1 ab	5.97 ab
AÇ ₆	52.2 a	6.59 a
AÇ _{AAS}	43.6 ab	6.23 ab
F test	3.50 ^{**}	2.41 [*]

^{**}: p≤0.01, ^{*}: p≤0.05

Çizelge 4.1 incelendiğinde kentsel arıtma çamurunun kadife çiçeği bitkisine artan dozlarda uygulamasının, bitkilerin yaş (p≤0.01) ve kuru (p≤0.05) ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge incelendiğinde kentsel arıtma çamuru uygulamalarının bitkilerin yaş ağırlığını kontrol grubuyla kıyaslandığında 26.1 g bitki⁻¹ den AÇ₂, AÇ₄, AÇ₆ dozlarıyla birlikte sırasıyla 47.2, 48.2 ve 50.5 g bitki⁻¹ ye çıkararak önemli oranda artırmıştır. Arıtılmış atıksu (AÇ_{AAS}) uygulamalarının ise 43.6 mg kg⁻¹ değeriyle kontrole göre bitkideki yaş ağırlık üzerinde artış sağladığı görülmektedir.

Kuru ağırlıkta ise en yüksek artışın 6.33 g bitki⁻¹ değerleriyle AÇ₆ uygulamalarına ait olduğu, en düşük değere ise 3.64 g bitki⁻¹ ile kontrol grubunda (AÇ₀) olduğu belirlenmiştir.

4.2. Kentsel Arıtma Çamuru ve Arıtılmış Atık Su Uygulamasının Kadife Çiçeği Bitkisinin Besin Elementi Konsantrasyonları Üzerine Etkisi

4.2.1. Azot (N) ve fosfor (P) konsantrasyonları

Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkilerindeki N ve P konsantrasyonu üzerindeki etkisi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin N ve P konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar	N(%)	P(%)
AÇ ₀	1.66 b	0.30
AÇ ₁	2.40 a	0.32
AÇ ₂	2.43 a	0.30
AÇ ₃	2.35 a	0.31
AÇ ₄	2.18 ab	0.29
AÇ ₅	1.82 ab	0.33
AÇ ₆	1.73 b	0.28
AÇ _{AAS}	1.95 ab	0.32
F test	5.64 ^{***}	1.21 ^{ÖD}

ÖD: önemli değil, ***: p≤0.001

Çizelge 4.2 verilerine göre kentsel arıtma çamurunun ve arıtılmış atık suyun %N konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken (p<0.01), %P konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

Çizelge 4.2’deki veriler ışığında kentsel arıtma çamuru uygulamasının kadife bitkisinin N konsantrasyonlarına etkisine bakıldığında en yüksek N konsantrasyonunun %2.40, 2.43 ve 2.35 değerleriyle AÇ₁, AÇ₂ ve AÇ₃ uygulamalarından elde edildiği görülmektedir. Kentsel arıtma çamuru uygulamasının

yapılmadığı kontrol grubunda ise %1.66 değeriyle en az N konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Kadife çiçeğinin P konsantrasyonuna bakıldığında kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamalarının önemli etkide bulunmadığı, P konsantrasyonlarının %0.33 ile 0.29 arasında değiştiği görülmektedir.

4.2.2. Demir (Fe) ve bakır (Cu) konsantrasyonları (mg kg⁻¹)

Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamalarının kadife bitkisinin Fe ve Cu konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin Fe ve Cu konsantrasyonları (mg kg⁻¹) üzerine etkisi

Uygulamalar	Fe (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
AÇ ₀	121 c	15.9 c
AÇ ₁	139 c	17.1 c
AÇ ₂	140 c	26.6 bc
AÇ ₃	180 c	36.3 abc
AÇ ₄	225 c	25.2 c
AÇ ₅	235 c	32.6 abc
AÇ ₆	385 b	60.6 a
AÇ _{AAS}	526 a	58.5 ab
F test	26.40***	6.00***

***: p<0.001

Çizelge 4.3’deki verilere göre kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin Fe ve Cu konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (p<0.05).

Çizelge 4.3 incelendiğinde kadife bitkisinin Fe konsantrasyonlarının kentsel arıtma çamuru uygulama dozunun artmasıyla birlikte artmaya devam ettiği, kontrol grubunda 121 mg kg⁻¹ olan Fe konsantrasyonunun AÇ₆ uygulamasıyla 385 mg kg⁻¹’a, arıtılmış atık su uygulaması (AÇ_{AAS}) ile de 526 mg kg⁻¹’a yükselerek en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

Kadife bitkisinin Cu konsantrasyonları incelendiğindeyse kontrol grubunda 15.9 mg kg⁻¹ olan Cu konsantrasyonu AÇ₆ ve AÇ_{AAS} uygulamalarında sırasıyla 60.6 ve 58.5 mg kg⁻¹'a yükselerek önemli oranda artmıştır.

4.2.3. Çinko (Zn) ve mangan (Mn) konsantrasyonları (mg kg⁻¹)

Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamalarının Zn ve Mn konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinde Zn ve Mn konsantrasyonları (mg kg⁻¹) üzerine etkisi

Uygulamalar	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)
AÇ ₀	9.0 b	39.7 c
AÇ ₁	12.2 ab	52.6 bc
AÇ ₂	16.4 ab	54.8 bc
AÇ ₃	12.9 ab	60.9 bc
AÇ ₄	13.1 ab	57.6 bc
AÇ ₅	13.7 ab	65.5 bc
AÇ ₆	16.6 ab	84.5 b
AÇ _{AAS}	19.9 a	131.3 a
F test	2.08*	13.97***

*: p<0.05, ***: p<0.001

Çizelge 4.4 incelendiğinde kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamasının kadife bitkisinin Zn ve Mn konsantrasyonları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (p<0.05, p<0.001). Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamalarının kadife bitkisinin Zn içeriğine etkisine bakılacak olursa, kontrol grubunda 9.0 mg kg⁻¹ olan Zn konsantrasyonu arıtılmış atık su (AÇ_{AAS}) uygulaması ile en yüksek konsantrasyon miktarı olan 19.9 mg kg⁻¹'a çıktığı saptanmıştır.

Kadife bitkisinin Mn konsantrasyonları incelendiğinde ise kontrol grubunda 39.7 mg kg⁻¹ olarak tespit edilen değer kentsel arıtma çamurunun son dozunda (AÇ₆) 84.5 mg kg⁻¹ ve arıtılmış atık su uygulamasında (AÇ_{AAS}) ise 131.3 mg kg⁻¹'a yükselerek önemli oranda artmıştır.

4.3. Kentsel Arıtma Çamuru ve Arıtılmış Atık Su Uygulamasının Kadife Çiçeği Bitkisinin Ağır Metal Konsantrasyonları Üzerine Etkisi

4.3.1. Kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr) ve nikel (Ni) konsantrasyonları (mg kg^{-1})

Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamalarının Cd, Co, Cr ve Ni konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık suyun kadife bitkisinin Cd, Co, Cr ve Ni konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi

Uygulamalar	Cd (mg kg^{-1})	Co (mg kg^{-1})	Cr (mg kg^{-1})	Ni (mg kg^{-1})
AÇ ₀	0.118	0.21	1.26	0.770 b
AÇ ₁	0.108	0.22	1.63	0.840 b
AÇ ₂	0.118	0.21	1.22	0.938 b
AÇ ₃	0.125	0.22	1.42	1.028 b
AÇ ₄	0.078	0.20	1.89	1.103 b
AÇ ₅	0.095	0.20	1.10	1.123 b
AÇ ₆	0.095	0.19	1.35	2.177 ab
AÇ _{AAS}	0.108	0.27	1.94	4.466 a
F test	1.05 ^{ÖD}	1.32 ^{ÖD}	1.01 ^{ÖD}	4.34 ^{**}

^{ÖD}: önemli değil, **: $p < 0.01$

Çizelge 4.5 incelendiğinde kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamalarının kadife bitkisindeki Cd, Co ve Cr üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Ancak Ni üzerine etkisi ise istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Kadife bitkisinin Cd konsantrasyonları 0.08 ile 0.13 mg kg^{-1} arasında, Co konsantrasyonları 0.19 ile 0.27 mg kg^{-1} arasında ve Cr konsantrasyonları ise 1.10 ile 1.94 mg kg^{-1} arasında değişmiştir. Kadife bitkisinin Ni konsantrasyonları ise kentsel arıtma çamurunun son dozu (AÇ₆) ve arıtılmış atık su uygulamalarında kontrol ve diğer tüm uygulamalara oranla önemli miktarda artmış ve sırasıyla 2.18 ve 4.47 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Giderek artan nüfusla birlikte kentsel arıtma çamuru miktarı da günbegün artmakta ve bertarafının nasıl sağlanacağı konusu son yıllarda sıklıkla tartışılan ve üzerinde çalışmalar yapılan bir konu haline almıştır. Bu kapsamda kentsel arıtma çamurunun birçok bertaraf yöntemi bulunmasına karşılık son zamanlarda üzerinde en çok tartışılan bertaraf yöntemlerinden birisi ise arıtma çamurlarının tarımsal üretimde kullanılması meselesidir. Yapılan birçok bilimsel çalışmada arıtma çamurları çeşitli tarımsal ürünlerde ve süs bitkilerinde organik gübre kaynağı olarak uygulanmış, bazılarında verim ve kalite kriterleri kapsamında olumlu sonuçlar alınırken bazılarında ise kendisinden beklenen verim ve kaliteyi sağlayamamıştır.

Arıtma çamurları içerdikleri bitki besin elementleri ve yapısı bakımından organik gübre kaynağı olarak değerlendirilebilmesine karşın bünyesinde barındırdığı birtakım ağır metal ve patojenik organizmalar sebebiyle birçok tehlikeyi de beraberinde getirebilme potansiyeli de taşımaktadır. Bu sebeplerden dolayı eğer tarımsal üretimde kullanımına karar verildiyse analizlerinin yapıp Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 03.08.2010 tarihi 27661 sayılı "Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik" kapsamında izin verilen limit değerleri aşmaması koşuluyla kontrollü olarak kullanılabilir. Ancak kullanılan arıtma çamurları sınır değerleri aşmıyor olsa bile tekrarlayan uygulamaları yine kullanılan toprakta zaman içerisinde ağır metal birikmesine sebep olabilmekte ve bu birikim ise beraberinde içerisinde barındırdığı ağır metalleri toksik seviyelere taşıyabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun ve arıtılmış atık suyun kadife bitkisinin yaş ve kuru ağırlığını istatistiksel olarak önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir. Çakır ve Çimrin (2018), yaptıkları bir çalışmada mısır bitkisine artan oranda uyguladıkları arıtma çamuru miktarına bağlı olarak bitkinin yaş ve kuru ağırlığında bütün uygulamalarda tanığa göre etkisinin istatistiksel anlamda önemli bulunduğu tespit edilmiştir. Akat vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada kesme gül yetiştiriciliğinde artan oranda uygulanan arıtma çamuru uygulamasının gül bitkisinin kök üstü yaş ve kuru ağırlığında artış sağladığı belirtilmiştir. Grigatti vd. (2007), yaptıkları bir çalışmada %25 arıtma çamuru uygulamasıyla *begonia semperflorens* türü bitki çeşidinde bitkinin kuru ağırlığında artış sağlandığı, %25–50

oranında arıtma çamuru uygulamasıyla da *salvia splendens* türü bitki çeşidinde kuru ağırlığın artış sağladığı kaydedilmiştir. Khan ve Kaleem (2017) yaptıkları bir çalışmada artan dozda uygulanan arıtma çamuru dozlarının ıspanak bitkisinde bitki boyu, yeşil yaprak verimi ve kuru madde miktarında kontrol gruba kıyasla anlamlı bir artış gösterdiği bildirilmiştir. Bu anlamda çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile örnekleri verilen çalışmanın sonuçları uyumluluk göstermektedir.

Çalışma sonucunda artan oranda uygulanan kentsel atık su arıtma çamuru ve arıtılmış atık suyun kadife çiçeğinin N konsantrasyonu üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken P konsantrasyonu üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Tüm deneme gruplarındaki %N miktarları kontrol grubuna göre anlamlı şekilde yükselmiştir. Ancak bu yükselme doğrusal olmamış AÇ₃ uygulamasından sonra azalarak dalgalanma eğilimi göstermiştir. İnce (2023) tarafından yapılan bir çalışmada ıspanak bitkisinde artan dozlarda uygulanan kentsel arıtma çamuru uygulamasına bağlı olarak deneme bitkilerindeki %N miktarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Öztürk vd. (2020), yaptıkları çalışmada artan arıtma çamuru uygulamasına bağlı olarak N derişimlerinin artma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Swain vd. (2020), yaptıkları bir çalışmada tavsiye edilen gübre dozuyla beraber, artan arıtma çamuru dozlarının 20 t ha⁻¹ uygulamasına kadar ıspanak bitkisinin yapraklarındaki N miktarı üzerinde artış sağladığı, 20 t ha⁻¹ uygulamasından sonra ise azalma eğilimine girdiği bildirilmiştir. Zafar vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada mineral gübreleme ve arıtma çamuru uygulamalarının lahana ve ıspanak bitkisi üzerindeki toplam N içerikleri incelendiğinde en yüksek değerin %75 arıtma çamuru ve %25 önerilen gübre dozu uygulamasıyla sağlandığı belirtilmiştir.

Bu tez çalışmasında artan dozlarda uygulanan arıtma çamuru ve arıtılmış atık suyun kadife çiçeğinin Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulaması kadife çiçeğinin Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonlarını artırmıştır. Çakır ve Çimrin (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, mısır bitkisinde artan dozda arıtma çamuru uygulamasının mısır bitkisinin kök üstü Fe içeriğindeki etkisinin istatistiksel anlamda önemli bulduklarını ifade etmişlerdir. Bozkurt vd. (2000), yaptıkları çalışmada mısır bitkisinde artan oranda uygulandıkları arıtma çamuru uygulamasına bağlı olarak toprak üstü organlarının Fe içeriklerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde

artırdığı bildirilmiştir. Zafar vd. (2020), tavsiye edilen gübre dozu ve arıtma çamuru uygulamalarının lahana ve ıspanak bitkileri üzerindeki etkilerinin inceledikleri bir çalışmada tavsiye edilen gübre dozu ve arıtma çamuru uygulamalarının Fe konsantrasyonu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Khan ve Kaleem (2017) tarafından arıtma çamuru uygulamasının ıspanak bitkisinde verim, toprak özellikleri ve toprak topraktaki ağır metallerin kullanılabilirliği üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada yapılan arıtma çamuru uygulamalarının hasat sonrası topraktaki DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarında anlamlı şekilde artış sağladığı bildirilmiştir. Yaptığımız çalışmada ise artan düzeyde uygulanan kentsel arıtma çamuru uygulamalarının kadife bitkisinde Fe konsantrasyonunu istatistiksel anlamda önemli düzeyde artırdığı görülmektedir. Bu bakımdan yaptığımız çalışma ile verilen örneklerdeki sonuçlar uyuma göstermektedir.

Küçükhemek vd. (2006), *Lolium perenne* (%40), *Festuca rubra* var. *Rubra* (%30), *Poa pratensis* (%15) ve *Festuca rubra* var. *Comutata* (%15) türlerin karışım olarak kullandıkları çim türleri üzerine 4 farklı dozda uyguladıkları arıtma çamurunun kontrole göre Cu içeriğini artırdığı belirtilmiştir. Çakır ve Çimrin (2018), mısır bitkisine artan oranda uyguladıkları arıtma çamurunun Cu içeriğini istatistiksel olarak artırdığını açıklamışlardır. Rrong vd. (2016) tarafından Jiangxi kırmızı toprağına arıtma çamuru uygulamasının sebzelerin büyümesi ile Cu ve Zn üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, %4 arıtma çamuru uygulaması su ıspanağı bitkisinde Cu alımını en yüksek seviyeye ulaştırdığı belirtilmiştir. Kumar vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada arıtma çamuru uygulamasının, uygulamanın yapıldığı topraktaki Cu miktarını önemli derece artırdığı kaydedilmiştir ($p<0.01$). Yürüttüğümüz çalışmada ise artan dozda uygulanan kentsel arıtma çamurunun kadife bitkisindeki Cu içeriğindeki artışın istatistiksel olarak önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çakır ve Çimrin (2018), mısır bitkisinde artan dozda arıtma çamuru uygulamaları sonucu mısır bitkisinin kök üstü Mn içeriğine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu kaydetmişlerdir. Ağar (2015), üzerinde çalıştığı süs lahanası türlerinde yetiştirme ortamlarındaki artan arıtma çamuru uygulamalarına bağlı olarak süs lahanası bitkilerinin üst aksam dokularındaki Mn değerlerindeki değişimlerin istatistiksel olarak önemli olduğunu belirtmişlerdir. Kumar vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada arıtma çamuru uygulamasının, uygulamanın yapıldığı topraklarda Mn

içeriğini önemli oranda artırdığı belirtilmiştir. Zafar vd. (2020) yaptıkları bir çalışmada lahana ve ıspanak bitkilerinde arıtma çamuru uygulamalarında, %75 arıtma çamuru + %25 tavsiye edilen gübre dozu uygulamasıyla Mn konsantrasyonunun en yüksek seviyeye ulaşıldığını bildirmişlerdir.

Bu tez çalışmasında artan dozlarda uygulanan arıtma çamuru ve arıtılmış atık suyun kadife çiçeğinin Cd, Co ve Cr konsantrasyonları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken Ni konsantrasyonları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kadife bitkisindeki Ni konsantrasyonu AÇ₆ ve arıtılmış atıksu (AÇ_{AAS}) uygulamalarındaki artış kontrol ve diğer tüm uygulamalara göre önemli bulunmuştur. Küçükhemek vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada, *Lolium perenne* (%40), *Festuca rubra* var. *Rubra* (%30), *Poa pratensis* (%15) ve *Festuca rubra* var. *Comutata* (%15) türlerin karışım olarak kullanıldığı çim türleri üzerinde 4 farklı dozda arıtma çamuru uygulanmış bu uygulamaların Ni içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunduğu belirtilmiştir. Zafar vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada lahana ve ıspanak bitkilerinde %75 arıtma çamuru + %25 tavsiye edilen gübre dozu uygulamasının Ni konsantrasyonunu en yüksek seviyeye çıkardığı bildirilmiştir.

Sonuç olarak, yürütülen bu çalışmada kentsel arıtma çamuru ve arıtılmış atık su uygulamaları sonucu bitki yapraklarındaki Fe, Cu, Mn, Zn ve Ni içeriğindeki artışın istatistiksel olarak önemli bulunması, kadife çiçeği veya farklı süs bitkileri yetiştiriciliğinde yüksek miktarlarda kentsel arıtma çamuru kullanımının bitkide toksisiteye sebebiyet verebileceği, üst üste tekrarlayan uygulamalar yapılması halinde bitkide ve toprakta ağır metal birikmesine neden olabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Arıtılmış atık su uygulamasında kontrole göre Ni konsantrasyonunu oldukça yüksek oranda artırması kullanımında çok dikkatli olunması gerektiği sonucunu doğurmaktadır. Bu kapsamda kadife çiçeği üretiminde kentsel arıtma çamuru uygulanabilir ancak bu aşırıya kaçmadan ve üst üste tekrarlama yapılmaması kaydıyla mümkün olabilmektedir. Aynı şekilde arıtılmış atık suyun ağır metal içeriklerinin zaman zaman farklılık gösterebilmesi ve bu çalışmada olduğu gibi yüksek Ni miktarı barındırabilmesinden dolayı kullanımında aşırıya kaçılmamalı ve sınırlı tutulmalıdır. Bu konunun daha iyi aydınlatılabilmesi için süs bitkilerinde kentsel arıtma çamuru uygulamasına dair çalışmalar çoğaltılmalı, bilhassa arıtılmış atık suyun gerek süs bitkilerinde gerekse tarımsal üretimde kullanım olanakları geniş kapsamlı olarak

araştırılmalıdır. Çünkü bu arıtılmış atık suyun süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanımıyla ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu sebeple konu daha çok çalışmayla desteklenmelidir.



KAYNAKLAR

- Ağar, A. (2015). *Atıksu Arıtma Çamurunun Süs Lahanasının Gelişimi ve Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Akat, H., Altunlu, H., Çetinkale Demirkan, G., Akat Saraçoğlu, Ö., & Yokaş, İ. (2017). Kesme gül yetiştiriciliğinde arıtma çamuru uygulamalarının bitki gelişimi, çiçeklenme ve kalite üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(3), 327-332.
- Akat, H., Çetinkale Demirkan, G., Akat, Ö., Yağmur, B., & Yokaş, İ. (2015). Arıtma çamuru uygulamalarının *Limonium sinuatum* ' Compindi White ' çeşidinde bitki gelişimi, verim ve çiçek kalitesi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1), 107-114.
- Akın, F. (2019). *Atık Su Arıtma Çamurunun Süs Lahanası Yetiştiriciliğinde Kullanımı*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Altunlu, H., Akat, H., & Akat Saraçoğlu, Ö. (2018). Toprağa arıtma çamuru uygulamasının gül üretiminde bitki gelişimi, verim ve klorofil içeriğine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31(2), 175-180. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.351514>
- Arlı, S. (2006). *Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi*. (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bozkurt, M. A., Erdal, İ., Çimrin, K. M., Karaca, S., & Sağlam, M. (2000). Kentsel arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin içeriği ve ağır metal kapsamına etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 35-43. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000993
- Çakır, H. N., & Çimrin, K. M. (2018a). Kentsel arıtma çamur uygulamalarının etkisi: I. mısır bitkisi ve topraktaki bazı besin maddesi (N, P, K, Ca, Mg) içerikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(6), 882-890. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.452930>
- Çakır, H. N., & Çimrin, K. M. (2018b). Kentsel arıtma çamur uygulamalarının etkisi: II. mısır bitkisi ve toprağın mikro besin element ve ağır metal içerikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(6), 891-901. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.452931>
- Çelik, E. (2019). *Açıkta ve Örtüaltında Yetiştirilen Kadife Çiçeğinin (Tagetes erecta L.) Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çetinkale Demirkan, G., Akat, H., & Yokaş, İ. (2014). Atıksu arıtma çamurunun *Clarkia amonea* (Yer açelyası) türünde bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 49-57.

- Çiçek, N. (2021). Kadife (*Tagetes erecta*) çiçeğinin bazı kalite ve gelişim parametrelerine yarası gübresi ve vermikompostun etkileri. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2(1), 24-31.
- Çimrin, K. M., Bozkurt, M. A., & Erdal, İ. (2000). Kentsel arıtma çamurunun tarımda fosfor kaynağı olarak kullanılması. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 10(1), 85-90.
- Dede, Ö. H. (2009). *Fındık Zürafu ve Arıtma Çamuru Karışımından Süs Bitkisi Yetiştirme Ortamı Geliştirilmesi*. (Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Demir, E., & Çimrin, K. M. (2011). Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17(2011), 204-216. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001172
- Demirtaş, E. İ., Arı, N., Özkan, C. F., & Öktüren Asri, F. (2016). Domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompost kullanımının verim kalite ve ağır metal kirliliği üzerine etkileri. *Derim*, 33(1), 144-158. <https://doi.org/10.16882/derim.2016.41821>
- Eid, E. M., El-Bebany, A. F., Alrumman, S. A., Hesham, A. E. L., Taher, M. A., & Fawy, K. F. (2017). Effects of different sewage sludge applications on heavy metal accumulation, growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *International Journal of Phytoremediation*, 19(4), 340-347. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1225286>
- Erdal, İ., Bozkurt, M. A., Çimrin, K. M., Karaca, S., & Sağlam, M. (2000). Kentsel arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin içeriği ve ağır metal kapsamına etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 35-43. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000993
- Grigatti, M., Giorgioni, M. E., & Ciavatta, C. (2007). Compost-based growing media: Influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresource Technology*, 98(18), 3526-3534. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.016>
- İnce, E. R. (2023). *Kentsel Arıtma Çamurunun Ispanak Bitkisinin Gelişimi ve Mineral Besin Elementi İçeriğine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Jackson, M. L. (1967). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Kacar, B. (2012). *Toprak Analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Nobel Yayınları.

- Kahraman, Ö., Akçal, A., & Kırıt, N. (2017). Atıksu arıtma suyunun gazanya yetiştiriciliğinde tekrar kullanılabilirliği. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 27-35.
- Karaer, M., Gülümser, E., Başaran, U., & Mut, H. (2021). Arıtılmış atıksu seviyelerinin mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin çimlenme gelişimine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(4), 919-926. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASv05iss4pp919-926>
- Kardeş, Y. M., Karaer, M., Erbaş Köse, Ö. D., & Mut, Z. (2020). Arıtılmış atıksu uygulamalarının üç farklı mısır (*Zea Mays* L.) çeşidinin çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 113-120. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.696021>
- Khan, M. H., & Kaleem, M. (2017). Effect of sewage sludge application on spinach (*Spinacia oleracea* L.) yield, soil properties and heavy metal availability in soil. *Annals of Plant and Soil Research*, 19(2), 214-218.
- Kumar, V., Chopra, A. K., & Srivastava, S. (2016). Assessment of heavy metals in spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in sewage sludge-amended soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(2), 221-236. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1122799>
- Küçükhemek, M., Gür, K., & Berktaş, A. (2006). Evsel 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.
- Özcan, S. (2007). Bazı çim bitkilerinin yetiştirilmesi üzerine farklı gübrelemenin ve arıtılmış atık su ile sulamanın etkileri. *Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 23-28.
- Özcan, S., & Öztürk, M. (1995). Arıtma tesisi sularının bitki sulamasında kullanılması. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 15, 9-13.
- Öztürk, M., Aslan, Ş., & Demirbaş, A. (2020). Evsel atıksu arıtma çamuru uygulamalarının domates bitkisinin verimi ve besin elementleri alımına etkisi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(7), 1508-1516. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i7.1508-1516.3389>
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. *Soil Science*, 64(5), 432.
- Rrong, W., Aiping, T., & Ashraf, M. A. (2016). The effects of applying sewage sludge into Jiangxi red soil on the growth of vegetables and the migration and enrichment of Cu and Zn. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(5), 660-666. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.10.028>
- Stabnikova, O., Goh, W. K., Ding, H. B., Tay, J. H., & Wang, J. Y. (2005). The use of sewage sludge and horticultural waste to develop artificial soil for plant

cultivation in Singapore. *Bioresource Technology*, 96(9), 1073-1080.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.09.024>

Swain, A., Singh, S. K., Mohapatra, K. K., & Patra, A. (2020). Effect of sewage sludge application on yield, nutrients uptake and nutrient use efficiency of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Annals of Plant and Soil Research*, 22(3), 305-309.

Swain, A., Singh, S. K., Mohapatra, K. K., & Patra, A. (2021). Sewage sludge amendment affects spinach yield, heavy metal bioaccumulation, and soil pollution indexes. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 1-18.
<https://doi.org/10.1007/s12517-021-07078-3>

Tanrikulu, M. (2024). *Tuzlu ve Kurak Koşullarda Yetiştirilen Kadife Çiçeğinin (Tagetes erecta L.) Bazı Bitki Gelişim ve Çiçeklenme Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

Vural, H., İnik, O., & Demirkıran, A. R. (2024). Kadife çiçeğinin (*Tagetes erecta* L.) gelişimi üzerine gübrelemenin etkisinin belirlenmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 7(2), 62-70. <https://doi.org/10.55257/ethabd.1542957>

Zafar, S., Farooq, S., Qazi, H. A., Jaweed, T. H., Kadam, A. K., & Lone, F. A. (2020). Evaluation of nutrient status of kale and spinach as affected by sewage sludge and mineral fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 43(17), 2633-2644.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1783306>

ÖZGEÇMİŞ

