

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**KENTSEL BİYOLOJİK ARITMA TESİSİ ARITILMIŞ SUYUNUN YONCA
(*Medicago sativa* L.)'NİN NODÜL TEŞEKKÜLÜ İLE AĞIR METAL VE BİTKİ
BESİN ELEMENTLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Fatih YAĞAN
DANIŞMAN: Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS

VAN-2020

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**KENTSEL BİYOLOJİK ARITMA TESİSİ ARITILMIŞ SUYUNUN YONCA
(*Medicago sativa* L.)'NİN NODÜL TEŞEKKÜLÜ İLE AĞIR METAL VE BİTKİ
BESİN ELEMENTLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Fatih YAĞAN

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL – 2019 –
8223 No'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS danışmanlığında, Fatih YAĞAN tarafından sunulan “**Kentsel Biyolojik Arıtma Tesisi Arıtılmış Suyunun Yonca (*Medicago sativa* L.)’nın Nodül Teşekkülü İle Ağır Metal ve Bitki Besin Elementleri Üzerine Etkisi**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili hükümleri gereğince tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ

İmza:

Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS

İmza:

Doç.Dr. Hakkı AKDENİZ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/..... tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Fatih YAĞAN

ÖZET

KENTSEL BİYOLOJİK ARITMA TESİSİ ARITILMIŞ SUYUNUN YONCA (*Medicago sativa* L.)'NİN NODÜL TEŞEKKÜLÜ İLE AĞIR METAL VE BİTKİ BESİN ELEMENTLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

YAĞAN, Fatih

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS

Temmuz 2020,62 sayfa

Arıtılmış arıtma suyunun farklı oranlarının yoncanın (*Medicago sativa* L.) Bilensoy çeşidinin nodül gelişimi, agronomik verileri, bitki ve topraktaki bitki besin elementleri ve ağır metal içeriğine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, saksı denemesi olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütüldü. Kontrol parseline %100 saf su uygulandı. Arıtılmış arıtma suyu % 25 atıksu + % 75 saf su, % 50 atıksu + % 50 saf su ve %75 atıksu + %25 saf su oranlarında uygulandı. Uygulamalar ile aktif nodül sayısı önemli seviyede azalırken, bitki çıkış sayısı, deneme sonunda ortamdan çekilme sayısı, yaş ve kuru ağırlığı (g/bitki) ile kök yaş ve kuru ağırlığının (g/bitki) etkilenmediği belirlendi. Otun P, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe, Na, Co, Mo içeriği etkilenmedi, yalnızca Mn içeriğini etkisi önemli oldu. Otun Al ve As içeriğinde meydana gelen azalış ile Cd içeriğinde meydana gelen artış önemli oldu. Otun Cr, Ni, Pb ve Se konsantrasyonu etkilenmedi. Arıtma suyu uygulamaları kökün K, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe ve Co bitki besin elementleri konsantrasyonunu etkilemedi. Ancak kökün Mn konsantrasyondaki artışı ile Mo konsantrasyonundaki azalması önemli oldu. Arıtma suyu toprağın pH, organik madde, nitrat, sülfat ve kireç içeriğine etkisi olmazken, EC'ine etkisi önemli oldu. Na dışında toprağın incelenen makro, mikro ve ağır metal içerikleri etkilenmedi. Genel olarak toprağın makro ve mikro besin elementleri ile ağır metal konsantrasyonları sayısal olarak azaldı. Nodül oluşumunu engellemesi ve Na konsantrasyonunu arttırması nedeniyle, kentsel arıtılmış suyun yonca bitkisi sulamasında kullanılması önerilmemektedir.

Anahtar kelimeler: Atıksu arıtma tesisi çıkış suyu, Arıtılmış atıksu, Nodülasyon, *Medicago sativa*.

ABSTRACT

THE EFFECT OF WASTEWATER TREATMENT PLANT WATER ON THE NODULATION AND NUTRIENTS IN ALFALFA PLANTS (*Medicago sativa* L.)

YAĞAN, fatih

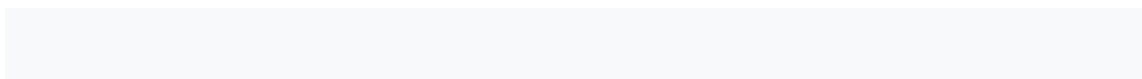
M. Sc. Thesis, Field Crops

Department Supervisor: Assoc. Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS

July 2020, 62 pages

It is aimed to investigate the effects of different rates of treated wastewater on the nodule development, agronomic properties, plant nutrients and heavy metal content of Bilensoy cultivar of alfalfa (*Medicago sativa* L.). The study was carried out with three replications in randomized plots, as a pot experiment. 100% pure water was applied to the control plot. Treated wastewater was applied at the rates of 25% wastewater + 75% pure water, 50% wastewater + 50% pure water and 75% wastewater + 25% pure water. While the number of active nodules decreased significantly with wastewater applications, the number of plant emergence, the number of withdrawals at the end of the trial, the green and dry weight (g / plant) and the root wet and dry weight (g / plant) were not affected. The P, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe, Na, Co, Mo content of the herbage was not affected, only Mn content of herbage was effected significantly. The decrease in the Al and As content of the herbage and the increase in the Cd were significant. The Cr, Ni, Pb and Se concentrations of the herb were not affected. However, the increase in root concentration in Mn and the decrease in Mo concentration were significant. While treatment water has no effect on soil pH, organic matter, nitrate, sulfate and lime content, its effect on EC was significant. Other than Na, the macro, micro and heavy metal contents of the soil examined were not affected. In general, macro and micronutrient elements and heavy metal concentrations of the soil decreased numerically. Urban treated wastewater is not recommended for use in alfalfa irrigation, as it prevents nodule formation and increases Na concentration.

Keywords: Wastewater treatment plant water, Treated wastewater, Nodulation, Alfalfa.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi, bilgi, hoşgörü ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS'a ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen bir diğer hocam Pr. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ'ye teşekkür ederim. Çalışmam esnasında bilgi desteğini esirgemeyen VASKİ Genel Müdürlüğüne ve Ahmet DURAK ve Sait SALGÜR'e teşekkür ederim. Ayrıca eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgi dolu aileme teşekkür ederim.

Tez çalışmamın gerçekleşmesinde FYL – 2019 – 8223 No'lu proje kapsamında finansal destekte bulunan Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Proje Başkanlığına teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkürlerimi sunarım.

2020

Fatih YAĞAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Deneme toprağı	9
3.1.2. Denemede kullanılan atık su	10
3.2. Yöntem	12
3.2.1. Deneme planı	12
3.2.2. Araştırmada incelenen özellikler ve yöntemler	12
3.2.2.1. Bitki boyu (cm)	12
3.2.2.2. Yaş ağırlık (g/bitki)	13
3.2.2.3. Kuru ağırlık (g/bitki)	13
3.2.2.4. Nodül sayısı	13
3.2.2.5. Aktif nodül sayısının belirlenmesi	13
3.2.2.6. Bitkideki bazı makro ve mikro besin elementleri ile ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi (ppm)	13
3.2.2.7. Deneme sonrası toprak numunelerinde bazı makro ve mikro besin elementleri ile ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi (ppm)	14
3.2.2.8. Hasat sonrası toprak örneklerinde pH ve EC ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$) tespiti	14
3.2.2.9. Verilerin değerlendirilmesi	14
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	15
4.1. Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyunun Yoncanın Gelişimine Etkisi	15
4.1.1. Bitki çıkışı	15
4.1.2. Nodül sayısı ve aktivitesi	15
4.1.3. Bitki yaş ve kuru ağırlı	16

4.1.4. Kök yaş ve kuru ağırlığı	17
4.2. Artılmış Arıtma Suyunun Yoncanın Makro Besin Elementlerine Etkisi	18
4.2.1. Fosfor (P).....	18
4.2.2. Potasyum (K).....	18
4.2.3. Magnezyum (Mg).....	19
4.2.4. Kalsiyum (Ca)	19
4.3. Artılmış Arıtma Suyunun Bitki Mikro Besin Elementlerine Etkisi	20
4.4. Artılmış Arıtma Suyunun Yonca otunun Ağır Metal İçeriğine Etkisi.....	20
4.5. Artılmış Arıtma Suyunun Yonca Kök Makro Besin Elementlerine Etkisi	21
4.5.1. Potasyum (K).....	21
4.6. Artılmış Arıtma Suyunun Bitki Kök Mikro Besin Elementlerine Etkisi.....	22
4.7. Artılmış Arıtma Suyunun Bitki Kök Ağır Metal Elementlerine Etkisi	23
4.8. Artılmış Arıtma Suyunun Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi	24
4.8.1. Organik madde	24
4.8.2. pH.....	25
4.8.3. Elektriksel iletkenlik (EC).....	25
4.8.4. % Kireç.....	26
4.9. Artılmış Arıtma Suyunun Toprağın Nitrat ve Sülfat İçeriğine Etkisi	26
4.9.1. Nitrat.....	26
4.9.2. Sülfat	27
4.10. Artılmış Arıtma Suyunun Toprak Makro Besin Elementlerine Etkisi	27
4.10.1. Fosfor (P).....	27
4.10.2. Potasyum (K).....	28
4.10.3. Magnezyum (Mg).....	28
4.10.4. Kalsiyum (Ca)	29
4.11. Artılmış Arıtma Suyunun Toprağın Mikro Besin Elementlerine Etkisi.....	29

	Sayfa
4.12. Artılmış Arıtma Suyunun Toprak Ağır Metal İçeriğine Etkisi.....	30
5. SONUÇ.....	32
KAYNAKLAR.....	33
ÖZ GEÇMİŞ.....	34



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı özellikleri	10
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan atık suyun bazı özellikleri	11
Çizelge 4.1. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun yonca bitkisinin bazı agronomik özelliklerine etkisi ve Duncan grupları.....	17
Çizelge 4.2. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin bazı makro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları (%).....	19
Çizelge 4.3. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin bazı mikro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları	20
Çizelge 4.4. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin bazı ağır metal elementlerine etkisi ve Duncan grupları (ppm)	21
Çizelge 4.5. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin kök makro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları.....	22
Çizelge 4.6. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin kök mikro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları	23
Çizelge 4.7. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun yoncanın kök bazı ağır metal elementlerine etkisi ve Duncan grupları (ppm).....	23
Çizelge 4.8. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi ve Duncan grupları	26
Çizelge 4.9. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı makro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları (%).....	28
Çizelge 4.10. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı mikro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları(ppm)	29
Çizelge 4.11. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı ağır metal elementlerine etkisi ve Duncan grupları (ppm)	30



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
ADF	Asit Deterjan Fiber
ADL	Asit Deterjan Lignin
AKM	Askıda Katı Madde
Al	Alüminyum
As	Arsenik
AÇS	Arıtma Çamuru Suyu
B	Bor
Be	Berilyum
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Cl	Klor
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cu	Bakır
ÇKM	Çözünmüş Katı Madde
DSY	Değişebilir Sodyum Yüzdesi
EC	Elektriksel iletkenlik
E.Coli	Escherichia Coli
F	Flor
Fe	Demir
g	Gram
HP	Ham Protein
IC	İyon Kromatografisi

Kısaltmalar**Açıklamalar**

ICP	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma
K	Potasyum
KM	Kuru Madde
koi	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
ME	Metabolize olabilir enerji değeri
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
NDF	Nötral Deterjan Fiber
Ni	Nikel
NO₃	Nitrat
OES	Optik emisyon spektrometresi
P	Fosfor
Pb	Kurşun
pH	Hidrojenin Gücü
ppm	Milyonda Bir
SAR	Sodyum Absorbsiyon Oranı
Se	Selenyum
SO₄	Sülfat
TAKM	Toplam Askıda Katı Madde
TOKİ	Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Günümüzde hızlı sanayileşme ve kentleşmenin bir sonucu olarak çevre kirliliği riski de artmaktadır. Bu hızlı büyüme, doğanın kendini yenileyebilme kapasitesini aştığında kirlilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Atık su arıtma tesisleri çıkış suyunun geliş güzel kullanımı ya da bertaraf edilmesi toprak ve su kaynaklarının yanı sıra vektörlerce hastalıkların bulaşmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte çok sayıda bitki besin elementi de kaybolmaktadır. Atık su arıtma tesisi çıkış sularında çok sayıda patojen bulunmaktadırlar. Atık suların kontrolsüz olarak dış ortama verilmesi durumunda toprak, su ve insan sağlığı açısından önemli riskler ortaya çıkmaktadır. Böylece atık suların alıcı ortamı kirletmeden verilmesi gerektiği farkındalığı oluştu ve arıtma kavramının ilk temelleri atılmış oldu. Doğal arıtma ile başlayan süreç fiziksel arıtma, aktif çamur sistemleri, anaerobik arıtma, ileri arıtma, membran sistemler ve ileri oksidasyon sistemleri ile devam etti. Günümüzde atık suyun özelliklerine ve mevcut yerin özelliklerine göre en uygun arıtma teknolojisi seçilerek atık suların arıtılarak alıcı ortama verilmesi sağlanmaktadır. Bir yandan çevreye zarar vermeden atık suların uzaklaştırılması sağlanırken diğer taraftan daha verimli ve daha ekonomik sistemlerin arayışına devam edilmektedir. Başta azot olmak üzere çok sayıda bitki besin elementi ile zararlı ağır metallerde bulunduran bu kirlilik kaynağının tarımda kullanılarak faydalı hale dönüştürmek doğal kaynaklarımızın korunması açısından da son derece önemlidir.

Azot hayat için gereklidir çünkü hayvan, bitki ve mikroorganizma hücresinde bulunan proteinlerin ve nükleik asitlerin yapısında bulunur. Havada %79 azot bulunmakta olup, en yaygın gazdır. Fakat sucul ortamlarda ve toprakta sınırlı bir besin maddesidir. Gelişen ülkelerde milyonlarca insan topraktaki azot eksikliğinden dolayı ürün yetiştirememekte ve yetersiz beslenmektedir. Bunun nedeni ise, azot gazının çoğu organizma tarafından direk olarak kullanılamamasıdır. Bunun için azotun önce bazı bakteriler tarafından amonyağa dönüştürülmesi gerekmektedir. Arıtma suyu topraktaki birçok bakteri için besin kaynağıdır. Azot döngüsünde görev alan bakteriler (Nitrosomonas) veya toprak kirleticisi (pestisid, ağır metal) maddelerin giderilmesinde ve

toprak kalitesinin iyileştirilmesinde etkili rollere sahip diğer bakteriler bilinen örneklerdir (Hanjra et al., 2011).

Hızlı nüfus artışının bir etkisi olarak beslenme ihtiyacını karşılamak için tarımsal suya ihtiyaç da giderek artmaktadır. Türkiye 78 milyon ha olan yüzölçümünün 28 milyon hektarını oluşturan tarım arazisinin 8.5 milyon hektarlık kısmı sulanabilir tarım arazisi olup, 7,69 milyon hektarı sulanmaya açılmıştır (DSİ, 2018). Giderek artan su ihtiyacı nedeni ile tarımsal sulama ihtiyacının karşılanması için alternatif su kaynaklarının değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Özellikle arıtılmış atıksuların kullanılabilir kaliteye getirildikten sonra tarımsal alanlarda kullanılması su kaynağı ihtiyacını karşılamada önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Su canlıların yaşamı için vazgeçilmez ve artan nüfusla birlikte suya olan ihtiyaç da gün geçtikçe artmaktadır. Su kaynaklarının kalitesizleşmesi ve kirlenmesi dünyada kaygıyla karşılanmakta ve bu durum, geleceğin başlıca sorunu olarak görülmektedir (Polat, 2013). Nüfusun hızla artmasına paralel olarak beslenme ihtiyacını karşılamak için tarımsal sulamada kullanılabilecek suya da ihtiyaç giderek artmaktadır. Özellikle Arıtılmış arıtma suyununkullanılabilir kaliteye getirildikten sonra tarımsal faaliyetlerde kullanılması su ihtiyacını karşılamak için önemli bir gelişme olacaktır.

Sulanabilir alanların artırılması hedeflenirken, bir taraftan dünya sıcaklık değerlerinde artış gözlenmekte diğer taraftan bazı bölgelerde (Akdeniz ikliminin hakim olduğu ülkelerde) düşük yağışlardan dolayı su kaynaklarında azalma görülmektedir (Çakmak ve ark., 2005).

Ülkemizdeki su kaynakları miktarı toprak potansiyeline göre daha azdır. Ancak farklı sulama kaynakları ve basınçlı sulama sisemleri ile sulanabilir alanları artırılabilme imkanı bulunmaktadır. Sorunun çözümü için ya havzalar arası su taşınması gibi maliyeti yüksek yatırımlara gidilmeli ya da atık su kullanımı geliştirilerek teşvik edilmeli, sulama sistemlerinin işletilmesinde yetersiz ve iklimin uygun olduğu yerlerde tamamlayıcı sulama teknikleri kullanılmalıdır. Bunlarla ilgili araştırma ve planlamalar şimdiden yapılmalıdır (Çakmak ve Kendirli, 2002; Kanber ve Ünlü, 2008).

Su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması; yer altı su kaynaklarını gittikçe azalmasına, diğer su kaynakları kirlenmesine böylece sulama kaynaklı çevre sorunları artarak devam edecektir. Yenilenebilir doğal kaynaklardan olan su, tarım alanlarının verimliliğini azaltma riski ile karşı karşıya bırakabilir. Sonuç olarak, yeni su

kaynaklarının sağlanması ve geliştirilmesi, çok pahalı hatta güç hale gelmektedir. Bu nedenle toplumun büyük bir bölümünde yeterli gıda üretiminde suyun engelleyici faktör olduğu yönündeki bilinç düzeyi artarak devam etmektedir (Çakmak ve Kendirli, 2001; IFPRI, 2004).

Yonca (*Medicago sativa* L.) ülkemizde kuru ve sululu şartlarda yetiştirilen en önemli çok yıllık baklagil yem bitkisidir. Yonca birçok kaynaktan diğer yem bitkilerinden ayrı bir yere konarak “Yem bitkilerinin kraliçesi” ismine layık görülmüştür (Elçi, 2005). Bunun başlıca sebebi yoncanın, geniş adaptasyon kabiliyetine sahip olması, toprağa azot bağlaması, birim alandan kaldırdığı protein miktarının fazla olmasıdır. Bununla birlikte yonca otu mineral ve vitaminler bakımından da çok zengin bir besin kaynağıdır (Manga ve ark., 1995). Türkiye yonca türleri bakımından oldukça zengindir. Yaklaşık 30 türü bulunan yonca, tarımı yapılan hemen tüm yem bitkilerinden daha yüksek bir yem değerindedir (Sabancı, 2009). Bununla birlikte ülkemizde yonca tarımı maalesef büyük ölçüde yerel popülasyonlar ile yapılmaktadır.

FAO (2012) verilerine göre, demografik büyüme, ekonomik gelişme, yaşam standardının gelişmesi iklim değişikliği ve kirliliğinin bir sonucu olarak su kaynaklarına olan ihtiyaç da eş zamanlı olarak artmaktadır. Dünyanın bazı bölgelerinde su kullanımının insan nüfusunun iki katından fazla olduğu tahmin edilmektedir. Sulama uygulamaları bu tüketimde % 70 gibi bir orana sahiptir (FAO, 2013). Su kıtlığı ve kuraklık dünya genelinde ortaya çıkan büyük bir sorun olup sadece kurak alanlarda olmamakla birlikte temiz suyun bol olduğu bölgelerde de ortaya çıkmaktadır (Bixio et al., 2006). Örneğin Avrupa ülkelerinin yarısı gözlenen su kıtlığı nedeniyle stres yaşamaktadır (Bixio et al., 2006; EU, 2007; FAO, 2012).

Arıtma suyunun tekrar tarımsal sulama amaçlı kullanılması, uygun tercihlerin bulunmadığı zorunlu durumlarda, geçerli bir seçenek olarak görülebilir (Niemezynowicz, 1999). Bu şekilde arıtma tesisi çıkış suyunun temiz su ekosistemine deşarjının azaltılması sağlanabilir (Toze, 2006). Arıtma tesisi atık suyu Fransa, İtalya ve İspanya gibi ülkeler tarımda ve peysajda sulama amaçlı olarak kullanmaktadırlar (EPA, 2012). Çökeltme, filtreleme ve dezenfeksiyon teknolojileri kullanılarak açığa çıkan atık suyun kalite ve miktarına bağlı olarak sulama suyu amacıyla kullanılması uygun olduğu belirtilmiştir (Norton-Brandao et al., 2013).

Atık suların yeniden kullanımı birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizde de artan bir ilgi görmektedir. Ayrıca atık su ile sulama, yüzey ve yer altı sularına doğrudan boşaltılarak oluşturulan kirliliği minimize etmek açısından çevresel açıdan atık yönetimi olarak kabul edilir (Mohammad ve Mazahreh, 2003). Bununla birlikte atık su, bitki, besin ve organik madde açısından, kurak alanlarda, gübreleme ve verimliliği korumak açısından değerli bir kaynaktır. Ancak atık su uygun biçimde arıtılmaz ve yönetilmezse, sulamada yeniden kullanımı çevresel problemler meydana getirebilir (Weber et al., 1996; Kızıloğlu ve ark., 2008).

Ülkemiz su kıtlığı problemi ile karşıya karşı karşıya kalmadığı için, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmi gazetede) ile arıtılmış atık suların yeniden kullanımı henüz tam anlamıyla gündeme gelmemiştir. Yakın gelecekte, Türkiye için atık su yeniden kullanımı önemli çevresel bir konu olacaktır (WHO, 2006; Arslan-Alaton, 2007).

Bu çalışmada evsel atık su arıtma tesisi çıkış suyunun baklagil yem bitkisi bulunan mera, çayır ve özellikle yem bitkileri yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için sulama suyuna ne oranda karıştırılacağı belirlenmesi, potansiyel bir kirlilik kaynağının güvenli ve yararlı bir kaynağa dönüştürülmesi araştırılacaktır. Özellikle tatlı su yaşamını tehdit eden ve ötrofikasyona neden olan aşırı azot ve fosforun sızan sudaki oranların belirlenmesi çalışmanın önemli çıktılarından biri olacaktır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Yonca (*Medicago sativa* L.) ülkemizde kuru ve sulı şartlarda yetiştirilen en önemli çok yıllık baklagil yem bitkisidir. Yonca birçok kaynakta diğeryem bitkilerine kıyasla ayrı bir yere konarak “Yem bitkilerinin kraliçesi” ismini almıştır (Elçi, 2005). Bunun başlıca sebebi yoncanın, geniş adaptasyon kabiliyetine sahip olması, toprağıazot bağlaması, birim alandan kaldırdığı protein miktarının fazla olmasıdır. Ayrıca yonca otu mineral madde ve vitaminler bakımından da çok zengin bir besin kaynağıdır (Manga ve ark., 1995). Yaklaşık 30 türü bulunan yonca, tarımı yapılan hemen tüm yem bitkilerinden daha yüksek bir yem değeriindedir (Sabancı, 2009). Bununla birlikte ülkemizde yonca tarımı maalesef büyük ölçüde yerel populasyonlar ile yapılmaya devam etmektedir.

FAO (2012) verilerine göre, demografik büyüme, ekonomik gelişme, yaşam standardının gelişmesi iklim değışikliği ve kirlilikle birlikte su kaynaklarına olan ihtiyaç eş zamanlı olarak artmıştır. Dünyanın bazı bölgelerinde su kullanımının insan nüfusunun iki katından fazla olduğu bilinmektedir. Sulama uygulamaları bu tüketimde % 70 gibi bir orana sahiptir (FAO, 2013). Su kıtlığı ve kuraklık dünya genelinde ortaya çıkan büyük bir sorun olup sadece kurak alanlarda değil, aynı zamanda temiz suyun bol olduğu bölgelerde de ortaya çıkmaktadır (Bixio et al., 2006). Avrupa ülkelerinin yarısında gözlenen su kıtlığı nedeniyle su stresi yaşanmaktadır (Bixio et al, 2006; EU, 2007; FAO, 2012).

Aritma suyunun tekrar tarımsal sulama amaçlı kullanılması, uygun tercihlerin bulunmadığı zorunlu durumlarda, geçerli bir seçenek olarak görülebilir (Niemezynowicz,1999). Bu şekilde arıtma tesisi çıkış suyunun temiz su ekosistemine karışması azaltılacaktır (Toze, 2006). Arıtma tesisi atık suyu Fransa, İtalya ve İspanya gibi ülkelerce tarımda ve peysajda sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır (EPA, 2012). Çökeltme, filtreleme ve dezenfeksiyon teknolojileri kullanılarak açığıçıkan atık suyunun kalite ve miktarına göre sulama amacıyla kullanılması önerilmektedir (Norton-Brandao et al., 2013).

Aritma suyu toprak kökenli yararlı bakteriler için besin kaynağı olabilir. Azot döngüsünde görev alan bakteriler (Nitrosomonas) veya toprak kirletici (pestisid, ağır

metal) maddelerin giderilmesinde etkili diğer bakterilerin besin kaynağı olarak toprak kalitesinin iyileştirilmesine önemli katkı sağlamaktadır (Hanjra et al., 2012; Oved et al., 2001).

Atık suların alıcı ortamı kirletmeden verilmesi gerektiği ve arıtma işlemlerinin gelişmesi süreci; doğal arıtma ile başlayarak fiziksel arıtma, aktif çamur sistemleri, anaerobik arıtma, ileri arıtma, membran sistemler ve ileri oksidasyon sistemleri ile devam etti. Günümüzde atık suyun özelliklerine ve mevcut yerin özelliklerine göre en uygun arıtma teknolojisi seçilerek atık suların arıtılarak alıcı ortama verilmesi sağlanmaktadır. Bir yandan çevreye zarar vermeden atık suların uzaklaştırılması sağlanırken diğer taraftan daha verimli ve daha ekonomik sistemlerin arayışına devam edilmektedir.

Kukul ve ark. (2007)'na göre, atık suların uygun bir strateji ile denetimli olarak tarımda kullanılması, bu suların uzaklaştırılması için iyi ve yararlı bir yöntem sayılmaktadır. Bu sayede yalnızca değerli temiz su kaynakları korunmakla kalmaz aynı zamanda, atık suların içerdiği bitki besin maddeleri bitki yetiştiriciliğinde üstünlük sağlar. Atık suların azot ve fosfor içeriği, tarımsal gübre gereksinimini azaltmakta veya bazen tamamen ortadan kaldırmakta ve bitki yetiştiriciliği için yararlı olan toprak mikroorganizmalarının metabolik etkinliklerini artırmaktadır. Geri kazanılmış, toksik ağır metal içermeyen atık suların toprak ve bitki verimliliğini artırdığı yönünde çok sayıda araştırma bulunmaktadır.

Sulanan alanların artırılması hedeflenirken, sulama suyu kaynakları aynı kalmakta hatta son yıllarda çevre kirliliği ve doğal dengenin bozulması sonucu, dünya ısısında yükselme ve bazı bölgelerde, özellikle Akdeniz ülkelerinde, düşük yağışlarla birlikte su kaynaklarında azalma olduğu görülmektedir (Çakmak ve ark., 2005).

Türkiye'nin tarımsal arazi potansiyeline göre su kaynakları oldukça sınırlıdır. Bu durum sulama alanlarının artırılması önünde önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Sorunun çözümü için ya havzalar arası su iletimi gibi çok pahalı yatırımlar uygulanabilir olamadığından arıtma tesisi atık suyunun kullanımı gün geçtikçe ilgi uyandırmaktadır. Sulama sistemlerinin işletilmesinde kısıntılı ve iklimin uygun olduğu yerlerde tamamlayıcı sulama teknikleri kullanılması, bununla ilgili araştırma ve planlamalar yapılması önerilmektedir (Çakmak ve Kendirli, 2002; Kanber ve Ünlü, 2008).

Atık suların yeniden kullanımı birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizde de artan bir ilgi görmektedir. Ayrıca, atıksu ile sulama, yüzey ve yer altı sularına doğrudan boşaltılarak oluşturulan kirliliği azaltmak atık yönetiminin anabашlıklarından biri olarak kabul edilmektedir (Mohammad ve Mazahreh, 2003). Bunun yanında, arıtma tesisi atık suyu bitki besin elementleri ve organik maddece zengin, kurak alanlarda, gübreleme ve verimliliği korumak açısından değerli bir kaynaktır. Bunun birlikte, uygun biçimde arıtılmaz ve yönetilmezse, sulamada yeniden kullanımı çevresel problemlere neden olabilir (Weber et al., 1996; Kızıloğlu ve ark., 2008).

Baklagil bitkileri demir içeren bir protein olan leghemoglobini ihtiva ederler. Leghemoglobin oksijeni geri donusumlu olarak yakalar ve nitrogenaz enziminin aktivite göstermesinde etkili olur. Leghemoglobin içeren nodüller pembe-kahverengi görünümündedirler ve bu rengin oluşmasında leghemoglobin etkilidir. Leghemoglobin içermeyen nodüller ise beyaz renkte ve küçüktürler (Kasımoğlu, 2005).

İnorganik azot bileşiklerinin az miktarda bulunmasının, nodul oluşumunu artırmasına karşılık, fazla miktardaki inorganik bileşiklerin bulunmasının ise (azotlu gübreler) nodulun miktar ve büyüklüğünü olumsuz yönde etkilediği araştırmalarla tespit edilmiştir (Graham ve Rosas 1979, Graham 1981, Loderio ve ark., 2000). (Maingi ve ark., 2001), toprakta azotun fazla bulunması durumunda, azotun bitkilerde nodulasyonu geciktirdiğini ve engellediğini bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü iklim odasında yürütüldü. Denemede bitki materyali olarak yonca (*Medicago sativa* L.) Bilensoy çeşidi kullanıldı.

3.1.1. Deneme toprağı

Denemede kullanılan toprak örnekleri bitkisel üretim yapılan alandan temin edilmiştir. 0-30 cm derinlikten alınan topraklar çuvallar ile Tarla Bitkileri Bölümü'ne getirilmiş ve serilerek kuru duruma gelene kadar bekletilmiştir. Daha sonra elekten geçirilerek iyice karıştırılmış, analizler için gerekli örnek alındıktan sonra deneme saksılarına yerleştirilmiştir.

Toprak örneklerindeki kum, kil ve silt (%) fraksiyonları hidrometrik yöntemle belirlenmiş ve tekstür üçgeni yardımı ile tekstür sınıfı belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951; Anonim, 1951). Toprak reaksiyonu (Mclean, 1982), elektiriksel iletkenlik (Richards, 1954) ve organik madde oranı (Nelson ve Sommer, 1982) belirlenmiştir.

Toprak örnekleri mikrodalga parçalama yöntemi (Advanced Microwave Digestion System, Ethos Easy) ile parçalanmıştır. Yaş yakma sonucu elde edilen numunede alüminyum (Al), bor (B) ve molibden (Mo) konsantrasyonları indüktif olarak eşleştirilmiş plazma- kütle spektrometresi (ICP-MS), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), kobalt (Co), nikel (Ni), selenyum (Se), arsenik (As), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) alüminyum (Al) ve krom (Cr) konsantrasyonları indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı özellikleri

Özellikler	Miktarlar
Tekstür sınıfı	Tınlı
Kum (%)	29.20
Kil (%)	42.80
Silt (%)	28
Ph	8.45
EC ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$)	284,77
Organik Madde (%)	1.27
Demir (Fe) (ppm)	102.2
Bakır (Cu) (ppm)	0.113
Çinko (Zn) (ppm)	0.213
Mangan (Mn) (ppm)	2.471
Bor (B) (ppm)	0.665
Alüminyum (Al) (ppm)	308.7
Molibden (Mo) (ppm)	-
Berilyum (Be) (ppm)	0.0009
Selenyum (Se) (ppm)	-
Vanadyum (V) (ppm)	-
Nikel (Ni) (ppm)	0.448
Kobalt (Co) (ppm)	0.071
Arsenik (As) (ppm)	0.116
Kurşun (Pb) (ppm)	0.026
Kadmiyum (Cd) (ppm)	0.0006
Krom (Cr) (ppm)	0.377

3.1.2. Denemede kullanılan atık su

Denemede kullanılan atık su, Van ili Edremit ilçesi TOKİ (Toplu Konut İdaresi Başkanlığı) konutları evsel kaynaklı ileri biyolojik atıksu Arıtma tesisi çıkış suyundan, her sulama için ayrı ayrı alınmıştır. Aynı gün plastik bidon içerisine alınan atık su iklim odasına getirilerek sulama suyu olarak kullanılmıştır. Her sulama için alınan atık suyun pH ve EC analizi yapılmış ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği'nde (Anonim, 1991) belirtildiği şekilde muhafaza edilmiştir. Yönetmelikte belirtilen saklama sürelerine sadık kalınarak biriken numuneler deneme sonunda karıştırılarak toprak ve bitkide yapılan tüm analizlere tabi tutulmuştur.

Atık su arıtma tesisi karbon gideriminin yanı sıra azot ve fosfor giderimini de gerçekleştirmektedir. Tesis çıkış suyu kalitesi Avrupa Birliği Standartları'na uygundur. Tesisten çıkan arıtılmış su Şamran Kanalı sulama suyuna deşarj edilmektedir (VASKİ, 2020).

Denemede sulama suyu olarak kullanılan arıtma tesisi çıkış suyu pH'sı (McLean, 1982) ve elektiriksel iletkenlik (Richards, 1954) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü labaratuvarında belirlenmiştir. Alüminyum (Al), bor (B) ve molibden (Mo) konsantrasyonları indüktif olarak eşleştirilmiş plazma- kütle spektrometresi (ICP-MS), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), lityum (Li), nikel (Ni), kobalt (Co), berilyum (Be), selenyum (Se), vanadyum (V), arsenik (As), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve krom (Cr) konsantrasyonları ise indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir. Ayrıca atık suyun alındığı tarihlerdeki bazı özelliklerine ait değerler VASKİ'den alınmış ve Çizelge 3.2'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan atık suyun bazı özellikleri

Özellikler	Miktarlar	Sınır Değerler*
pH	7.81	6.5-9
EC ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$)	654	250-3000
Sülfat (SO ₄) (ppm)	22,58	< 200
Nitrat (NO ₃) (ppm)	18,63	16,4-44,1
Potasyum(P) (ppm)	25,32	
Kalsiyum(Ca) (ppm)	125,92	75-200
Magnezyum(Mg) (ppm)	60,91	50-150
Sodyum(Na) (ppm)	127,89	< 80
Demir(Fe) (ppm)	0,004	0.3-1
Bakır (Cu) (ppm)	4.21	0.2-5
Çinko (Zn) (ppm)	8.84	2-10
Mangan (Mn) (ppm)	9.02	0.2-10
Bor (B) (ppm)	-	0.5-2
Alüminyum (Al) (ppm)	0.06	5-20
Molibden (Mo) (ppm)	-	0.01-0.05
Berilyum (Be) (ppm)	-	0.1-0.5
Selenyum (Se) (ppm)	-	0.02-0.02
Nikel (Ni) (ppm)	3.93	0.2-20
Kobalt (Co) (ppm)	0.283	0.05-5
Arsenik (As) (ppm)	0.891	0.1-2
Kurşun (Pb) (ppm)	0.159	5-10
Kadmiyum (Cd) (ppm)	0.025	0.01-0.05
Krom (Cr) (ppm)	1.070	0.1-1

* Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (AATTUT, 2010).

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Deneme 2018 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü iklim odasında tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırmada yüksekliği 22,5 cm, taban çapı 7,5 cm ve üst çapı 10 cm olan saksılar kullanıldı. Denemede kullanılan toprağın doygunluk derecesi belirlendi. Faktör olarak kullanılan atıksudan % 25, %50 ve %75 oranında safsuya ilave edilerek uygulandı. Kontrol olarak % 100 saf su uygulandı. Ekimden önce temel gübreleme olarak, bütün saksılara hacim hesabı ile azot, fosfor ve potasyum uygulanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Her saksıya 24 adet tohum gelecek şekilde ekim yapıldı ve ekimden hemen sonra, belirlenen seviyelerde 8 gün ara ile deneme sonuna kadar düzenli olarak sulama işleme tekrarlandı. Her sulama için arıtma tesisinden yeni atık su alındı ve her sulama suyundan analiz için numune alınarak uygun koşullarda (40 mg/l $HgCl_2$, 4°C’de, 5 ml/l HNO_3) saklandı. Ekimden 5 gün sonra 3 gün ara ile bir ay süreyle çıkış sayımları yapıp kaydedildi. Ekimden 29 gün sonra saksılardaki bitkiler 20 adet kalacak şekilde seyreltildi ve ilk biçim gerçekleştirildi. Sonraki biçimler 20 gün ara ile yapıldı, biçimlerden önce bitki boyu, biçim sonrası bitki başına yaş ve kuru ot verimleri belirlendi.

Her biçimden elde edilen materyal paketlenerek analiz için muhafaza edildi. Deneme sonunda biçimlerden elde edilen bitki materyalleri paçal yapılarak (karıştırılarak) makro, mikro ve ağır metal analizi için hazırlandı. Deneme 6 ay sürdürüldü ve en son olarak toprak numuneleri alındı. Uygulamadan önce ve sonra alınan toprak numunelerinde yapılan ölçüm ve analizler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

3.2.2. Araştırmada incelenen özellikler ve yöntemler

3.2.2.1. Bitki boyu (cm)

Her bir saksıda bulunan bitkilerden rastgele seçilen beş bitkinin boyları cetvel yardımıyla cm olarak ölçülerek ortalaması alınıp kaydedilmiştir.

3.2.2.2. Yaş ağırlık (g/bitki)

Her bir saksıda bulunan bitkiler 20 gün ara ile toprak yüzeyinden 3 cm yükseklikten makas yardımıyla biçildikten sonra kesilerek hassas terazide tartıldı ve bitki sayısına bölünerek kaydedildi. Biçim yüksekliği çiftçi koşulları esas alınarak yapıldı.

3.2.2.3. Kuru ağırlık (g/bitki)

Yaş ağırlığı alınan bitkiler kese kâğıtlarına konularak 65 °C’de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra ve hassas terazide tartıldı.

3.2.2.4. Nodül sayısı

Toprağı köklerden kolayca uzaklaştırmak amacıyla, saksılar büyük bir leğende 12 saat suda bekletildikten sonra, saksı içindeki toprak kökleriyle birlikte dikkatli bir şekilde su dolu leğene aktarıldı. Leğende yaklaşık 2 saat bekletildikten sonra su içinde iyice kökten ayrılan toprak tanecikleri el yordamıyla köklerden uzaklaştırıldı. Saf su bulunan beher içinde yıkanarak temizlenen köklerin üzerinde görülen nodüller ayrı ayrı sayılarak nodül sayısı adet olarak belirlendi (Büyükburç ve Karadağ, 1999).

3.2.2.5. Aktif nodül sayısının belirlenmesi

Bistürü yardımıyla ortadan kesilen nodüllerden içi açık pembe renkli nodüller aktif nodül, içi beyaz renkli nodülleri ise fiksasyon yapmayan nodüller olarak sayılıp kaydedildi (Açıkgöz, 2001).

3.2.2.6. Bitkideki bazı makro ve mikro besin elementleri ile ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi (ppm)

Yaş yakma yöntemi (Kacar ve İnal, 2008) ile elde edilen ekstraktlardaki alüminyum (Al) ve molibden (Mo) konsantrasyonları indüktif olarak eşleştirilmiş plazma- kütle spektrometresi (ICP-MS) ile belirlendi. Fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), kobalt (Co), nikel (Ni), lityum (Li), selenyum (Se), vanadyum (V), arsenik (As), kurşun (Pb), kadmiyum

(Cd) ve krom (Cr) konsantrasyonları İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) ile belirlendi.

3.2.2.7. Deneme sonrası toprak numunelerinde bazı makro ve mikro besin elementleri ile ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi (ppm)

Deneme sonunda alınan toprak numunelerinde Kacar ve İnal (2008)'ın bildirdiği şekilde, yaş yakma yöntemi ile elde edilen ekstraktlardaki alüminyum (Al), bor (B) ve molibden (Mo) konsantrasyonları indüktif olarak eşleştirilmiş plazma- kütle spektrometresi (ICP-MS) ile belirlendi. Demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), kobalt (Co), nikel (Ni), berilyum (Be), selenyum (Se), vanadyum (V), arsenik (As), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve krom (Cr) konsantrasyonları İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde belirlenmiştir.

3.2.2.8. Hasat sonrası toprak örneklerinde pH ve EC ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$) tespiti

Altı aylık uygulama sonunda saksılardan alınan toprak numunelerinde toprak reaksiyonu (McClean, 1982) ve elektiriksel iletkenlik (Richards, 1954) göre belirlendi.

3.2.2.9. Verilerin değerlendirilmesi

İstatistiksel analizler, SPSS Statistics, Version 22.0 yazılımı (IBM Corp.) yardımıyla varyans analiz yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar Duncan gruplandırmasına göre belirlenmiştir

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyunun Yoncanın Gelişimine Etkisi

4.1.1. Bitki çıkışı

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan oranlarıyla sulaması yapılan yonca bitkisinde, 4 gün ara ile çıkış takibi yapılmış ve 30 gün süre ile yapılan gözlem sonucuna göre uygulamalar arasındaki fark önemsiz olmuştur. Özellikle %25AÇS ve %50 AÇS uygulamalarıyla kontrole (%100 saf su) göre bitki çıkışında görülen sırasıyla % 33 ve % 20'lik kayıp istatistiksel anlamda önemsiz olsa da ekinde tohum sarfiyatına yol açacağından ekonomik olarak önemsenecek bir sonuçtur (Çizelge 4.1.). Rekik ve ark. (2017), arıtma çamuru suyu ile safsuyun çimlenme üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, arıtma çamuru suyunun sadece 3. günde safsudun fazla oranda bir çimlenme sağladığını deneme sonunda çimlenme açısından safsu ile arıtma suyu arasında fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

4.1.2. Nodül sayısı ve aktivitesi

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan oranları aktif nodül sayısını kontrole göre önemli seviyede azaltmıştır. En yüksek aktif nodül sayısı kontrol (75 adet) parselinde belirlenirken, en düşük aktif nodül sayısı % 25 (7 adet) AÇS oranında tespit edilmiştir. Aktif nodül sayısının %25S+%75AÇS, %50S+%50AÇS ve %75S+%25AÇS uygulamaları arasında görülen artış ve azalışlar önemsiz olmuştur. Kontrol uygulamasında tespit edilen pasif nodül sayısı ile %25S+%75AÇS, %50S+%50AÇS ve %75S+%25AÇS seviyeleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak kontrole göre AÇS seviyelerinde görülen pasif nodül sayısında doğrusal bir artış belirlenmiştir. Artan AÇS uygulamaları ile hem aktif hem de pasif nodül sayısında görülen benzer artışların uzun süreli uygulamalarla ve farklı baklagil bitkileri üzerinde çalışmakla daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir (Çizelge 4.1.). Arıtma tesisi çıkış suyunun içerdiği azot miktarının nodül oluşumunu engellediği tahmin edilmektedir. Fazla miktarda verilen azotlu gübrelerin baklagil bitkisinin karbon/azot oranını azaltarak azot fiksasyonunun

gerilemesine neden olduğu belirtilmiştir (Graham ve Rosas 1979). Bu durumun uzun süre devam etmesi halinde nodüllerde dejenerasyon başlamakta ve nodulun bitki üzerinde bulunması bitkiye faydadan çok zarar vermektedir. Nodül içindeki *Rhizobium* sp. bakterileri parazit duruma geçerek, bitkinin azotundan faydalanmaya başladığı tespit edilmiştir (Hansen, 1994). Fazla miktarda verilen azotlu gübrelerin, nodul oluşumu için önemli olan kok kıvrımlarını önleyerek *Rhizobium* sp. bakterilerinin köke girişlerine engel oldukları ve bu nedenle nodülün oluşmadığı belirlenmiştir (Rawsthorne ve ark., 1985). Araştırmacıların elde ettiği sonuçlar, bu çalışmada elde edilen sonuçları desteklemektedir.

4.1.3. Bitki yaş ve kuru ağırlığı

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan oranlarıyla sulaması yapılan yonca bitkisinin 8 biçim dönemine ait ortalama verilerine (Çizelge 4.1) göre; arıtma tesisi suyunun yaş ot veriminde artış sağlamadığı gibi, biyolojik olarak verim düşüklüğüne neden olduğu belirlenmiştir. Ancak artan uygulama dozlarıyla birlikte, özellikle % 75 AÇŞ+%25 S uygulamasında, istikrarsız da olsa biyolojik bir artış gözlenmiştir.

Arıtma tesisi çıkış suyunun yonca kuru ot verimine etkisi önemsiz olduğu gibi, AÇS oranının artışıyla birlikte önce azalma daha sonra önemsiz bir artış olmuştur. AÇS oranlarının kuru ot veriminde meydana getirdiği artış ve azalışlar yaş ot veriminde belirlenen uygulama seviyeleri ile paralellik göstermektedir. Kontrol parselindeki kuru ot verimi (2,02 g/bitki), %25S+%75AÇS, %50S+%50AÇS parsellerinde sırasıyla % 28 ve % 36 oranında verim kaybına neden olmuştur. Bu kayıp oranı istatistiksel anlamda önemsiz olmasına karşın biyolojik olarak ve büyük üretim alanlarında ciddi bir kayıp olarak değerlendirilmektedir. Temel gübreleme olarak tüm parsellere uygulanan 15 kg/da DAP uygulamasına ilave olarak uygulanan arıtma suyunun içerdiği yüksek orandaki makro ve mikro besin elementi içeriği nedeniyle yoncanın gelişimini engellediği tahmin edilmektedir. Ayrıca yüksek azot içeren arıtma suyu ve temel gübrelemenin yoncada nodül oluşumunu engelleyerek yaş ve kuru ot veriminde düşüklere neden olduğu tahmin edilmektedir. Anwar ve ark. (2010), yüksek besin maddesi içeren atıksu ile yapılan sulama sonrasında tarla veriminin arttığını bildirmiştir. Arıtma tesisi suyunun safsuya göre yaş ve kuru verimini istatistiksel olarak değil ancak

biyolojik olarak arttırdığı belirlenmiştir (Elfanssi ve ark., 2018). Bu çalışmada bütün parsellere temel gübrelemenin yapılması hızlı ve kolay çözülen besin elementi arzına yolaçarak kontrolde biyolojik verimin daha fazla olmasını sağladığı tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.1. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun yonca bitkisinin bazı agronomik özelliklerine etkisi ve Duncan grupları*

Muamele	Çıkıştaki bitki sayısı (adet)	Deneme sonu bitki sayısı (adet)	Aktif nodül (adet)	Pasif nodül (adet)	Bitki yaş ağırlık (g/bitki)	Bitki kuru ağırlık (g/bitki)	Kök yaş ağırlık (g/bitki)	Kök kuru ağırlık (g/bitki)
Kontrol	15	13	75 ^a	8	2,02	0,25	3,36	0,76
%25 AÇS	10	8	7 ^b	12	1,72	0,18	3,03	0,59
%50 AÇS	12	10	20 ^b	28	1,27	0,16	3,31	0,62
%75 AÇS	16	12	15 ^b	26	1,79	0,23	3,84	0,80

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.1.4. Kök yaş ve kuru ağırlığı

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan miktarlarıyla sulaması yapılan Yonca bitkisinde 8 biçim dönemine ait ortalama veriler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Uygulamalar sonrasında kök yaş ağırlık ortalaması en yüksek değerine %25S+%75AÇS uygulamasında en düşük değerine ise %75S+%25AÇS uygulamasında ulaşılmıştır. Kök yaş ağırlık değerleri istatistiksel anlamda önemli bir fark oluşturmamasına rağmen, artan AÇS oranlarıyla kök yaş ağırlığında artış olacağı tahmin edilmektedir.

Kök kuru ağırlık ortalamasının en yüksek değeri %25S+%75AÇS uygulamasında, en düşük değeri %75S+%25AÇS uygulamasında elde edilmiştir. Kök yaş ve kuru ağırlığında belirlenen artış ve azalışlar AÇS’nin aynı oranlarıyla benzer olmuştur. Rekik (2017), safsu, arıtılmış arıtma suyu ve arıtılmamış arıtma çamuru suyunun köklerin yaş ve kuru ağırlığına etkisini araştırdığı çalışmada, safsuyun diğer iki faktöre göre yoncanın kök yaş ve kuru ağırlığını arttırdığını belirlenmiştir. Bu çalışmada benzer sonuç elde edilmiştir.

4.2. Artılmış Arıtma suyunun Yoncanın Makro Besin Elementlerine Etkisi

4.2.1. Fosfor (P)

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan miktarlarıyla periyodik sulaması yapılan Yoncanın Kontrol ve %75S+%25AÇS, %50S+%50AÇS ve %25S+%75AÇS uygulamaları arasında bitkideki fosfor miktarına etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek değer Kontrol uygulamasında ($0,35 \text{ mg kg}^{-1}$) en düşük değer ise %50S+%50AÇS ve %25S+%75AÇS uygulamalarında ($0,31 \text{ mg kg}^{-1}$) olmuştur. Fosfor değerine ait veriler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çok sayıda araştırmacı, bitki gelişimi için gerekli olan besin elementlerinin özellikle N, P ve K’un atık sularda temiz suya kıyasla daha fazla bulunduğunu belirtmişlerdir (Zavadil 2009; Challam and Chaturvedi 2013; Mousavi ve ark., 2013; Fesliyen, 2017).

Cicek ve ark. (2013) atık sularla sulanan buğday bitkisinde N, P, K, Ca, Mg içeriklerinde artış olduğunu bildirmiştir. Qadir ve ark. (2007) evsel atık suyun tarımda kullanımı ile bitkiye ve topraklara potasyum katkısı sağlanacağını ifade etmişlerdir.

4.2.2. Potasyum (K)

Yonca bitkisinin potasyum içeriği, arıtma suyunun artan oranları ile artış göstermiş, ancak belirlenen bu artışlar istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Yonca otunun en yüksek K içeriğini arttırdığını %75S+%25AÇS uygulamasında ($4,11 \text{ mg kg}^{-1}$) belirlenirken en düşük K içeriği kontrol ($3,73 \text{ mg kg}^{-1}$) uygulamasında belirlenmiştir. Ganjegunte (2019), arıtma tesisi suyunun üç yıllık uygulması sonucunda bitki potasyum içeriğinin arttığını belirtmiştir. Çok sayıda araştırmacı, bitki gelişimi için gerekli olan besin elementlerinin özellikle N, P ve K’un atık sularda temiz suya kıyasla daha fazla bulunduğunu belirtmişlerdir (Zavadil, 2009; Challam and Chaturvedi, 2013; Mousavi ve ark., 2013; Fesliyen, 2017). Qadir ve ark. (2007) evsel atık suyun tarımda kullanımı ile bitkiye ve topraklara potasyum katkısı sağlanacağını ifade etmişlerdir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin bazı makro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları* (%)

Muamele	P	K	Mg	Ca
Kontrol	0,35	3,73	0,74	2,45
% 25 A.Ç.S	0,33	4,11	0,61	2,87
% 50 A.Ç.S	0,31	3,95	0,80	2,41
% 75 A.Ç.S	0,31	3,92	0,69	2,22

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.2.3. Magnezyum (Mg)

Bitki Mg içeriğinde arıtma suyu oranının en düşük olduğu %25S+%75AÇS (0,61) uygulaması ile kontrole (0,74) önce azalma, %50S+%50 oranıyla artış (0,80), en yüksek uygulama oranıyla tekrar azalma belirlenmiştir. Arıtma suyu uygulamalarının kendi aralarında ve kontrole göre yonca Mg içeriğinde meydana getirdikleri istikrarsız artış ve azalışları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2). Alfanssi et al. (2018), arıtılmış arıtma suyunun yonca bitksinin Mg içeriğini etkilemediğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmamızda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

4.2.4. Kalsiyum (Ca)

Yonca kalsiyum içeriği, arıtma suyunun düşük uygulama oranlarıyla artarken uygulama oranlarının artışıyla birlikte azalma belirlenmiştir. Kontrole göre ve uygulama oranlarında meydana gelen artış ve azalışlar önemsiz oldu. Yonca otunun en yüksek Ca içeriği (2,87) %75S+%25 uygulamasıyla, en düşük Ca içeriği (2,22) ise %25S+%75AÇS uygulamasıyla belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Alfanssi ve ark. (2018), çalışmasında elde edilen sonuçlara göre, bu çalışmada da arıtma suyunun en düşük oranında yonca Ca içeriğinde artış olmuşsa da artan oranlarla düşüş olması kök kütlesinde görülen azalma ve uygulama oranlarının artışıyla birlikte toprak alkaliliğinin artmasıyla açıklanabilir. Çünkü, yüksek pH derecesindeki alkali özellikteki topraklarda fosfor Ca ile çözünmez bağ oluşturarak Ca – fosfat bileşiği olarak yarıyışsız forma dönüşmesine neden olmaktadır (Fox ve ark., 1965).

4.3. Arıtılmış Arıtma Suyunun Bitki Mikro Besin Elementlerine Etkisi

Arıtılmış arıtma suyunun yonca otunun mikro besin elementleri (Cu, Zn, Fe, Mn, Na, Co, ve Mo) içeriğine etkisi önemsiz olmuştur. Sodyum (Na) dışında, yonca kuru otunda kontrole göre mikro besin elementleri konsantrasyonunda azalma olurken, yalnızca Mo içeriğinde en yüksek arıtma suyu oranında diğer oranlara göre hafif artış olmuştur. Bitki sodyum içeriğinde ise kontrole (0,19) göre arıtma suyu uygulama oranlarına bağlı olarak artış belirlenmiş olup en yüksek Na içeriği (0,28) %50 S + % 50 AÇS uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Arıtılmış atık su ile yapılan sulamanın asıl olumsuz etkisinin toprak sodyum içeriğini arttırarak, oluşan Na birikimi nedeniyle bitkiler için gerekli olan bazı besin elementlerini yeterince karşılayamaması (Castro et al., 2013). Rusan et al. (2006) arıtma suyu uygulamalarının toprak ve bitki verimliliği üzerine olan etkisi anacak süreli uygulamalarla ortaya çıkabileceğini belirtmektedir. Yukarıda araştırmacıların bulgularına benzer sonuçların elde edildiği bu çalışmada, daha uzun süreli uygulamalarla daha güvenilir sonuçların elde edileceğine yönelik bulguların elde edilebileceği tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.3. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin bazı mikro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları*

Muamele	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	%Na	Co(ppm)	Mo(ppm)
Kontrol	16,47	45,94	316,01	37,56 ^a	0,19	0,27	9,86
% 25 A.Ç.S	16,21	44,79	158,94	36,31 ^{ab}	0,20	0,23	7,17
% 50 A.Ç.S	16,38	42,23	134,05	34,83 ^{ab}	0,28	0,24	7,04
% 75 A.Ç.S	14,73	42,41	129,41	34,26 ^b	0,26	0,22	8,63

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.4. Arıtılmış Arıtma Suyunun Yonca otunun Ağır Metal İçeriğine Etkisi

Arıtma suyu uygulama oranlarının yonca otu Cr, Ni, Pb, Se konsantrasyonuna etkileri önemli olmazken, Al, Cd, As içeriğine etkileri önemli olmuştur. Otun en yüksek Cd, Cr, Ni, Pb ve Se (sırasıyla 0,11 ppm, 2,94 ppm, 5,97 ppm, 0,50 ppm, 007 ppm) konsantrasyonları % 50 S + % 50 AÇS uygulamasında tespit edilirken, en yüksek Al ve As konsantrasyonları Kontrol parselinde (sırasıyla 1067,65 ppm, 1,76 ppm) belirlenmiştir. Se konsantrasyonunda kontrole göre önemli bir azalma olurken, uygulanan arıtma suyu oranlarının artışıyla önemli olmayan kademeli bir azalma

olmuştur. Bazı elementlerin uygulama dozlarına bağlı olarak % 100' den fazla sayısal artış veya azalış göstermelerine rağmen, bu artış ve azalışlar istatistiksel olarak önemsiz içerikleri bulunmuştur (Çizelge 4.4). Bu durum bitki biomasında çok düşük konsantrasyonlarda bulunan mikrobesele elementleri ve ağır metallerin cihaz okumlarından kaynaklanan hassasiyetin düşük olmasıyla açıklanabilir. Arkaya arkaya okutulan aynı numuneye ait paralellerin bile farklı konsantrasyonlarda bulunduğu yaptığımız bir laboratuvar deneyleriyle belirlenmiştir. Bu nedenle genel bir yargı ile, yonca otu Al ve As içerikleri kontrolde arıtma suyuna göre sayısal ve önemli olarak artarken, Cd, Cr, Ni, Pb ve Se içeriklerinde ise arıtma suyunun % 50 safsu ile olan uygulam oranında kontrole ve diğer uygulama oranlarına göre ciddi bir sayısal artış göstermiştir. Arıtma suyunun özelliğine bağlı olarak, arıtma suyunda bulunan Fe, Cr, Ni, Zn, Pb, Cd ve Cu gibi metaller birikime neden olan potansiyel bulaşıkların ilk sırasında yer almaktadır (Bacera-Castru, 2015).

Son zamanlarda Ca, Cu ve Zn'nun besin zincirine girmesi ciddi bir problem olarak karşılanmaktadır. Diğer metallerin bitkilerin yenilen kısımlarında birikmedikleri, arıtılmış atık sularla yapılan uzun süreli sulamanın dayanıklı maddelerin birikimlerin uzun süreli etkilerinin henüz bilinmediği bu nedenle de sulama suyu standartlarında bu maddeler için henüz bir limit konulmadığı belirtilmektedir (Tanık ve ark., 2015) Alfanssi ve ark. (2018) saf suya ilave ettikleri farklı oranlardaki evsel arıtma suyunun yonca bitksinin ağır metal içeriklerini arttırmadığı, mevcut uygulama oranlarının uzun yıllar uygulaması halinde bile ağır metal içeriğinin değişmeyeceğini bildirmektedir.

Çizelge 4.4. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin bazı ağır metal elementlerine etkisi ve Duncan grupları* (ppm)

Muamele	Al	Cd	Cr	Ni	Pb	As	Se
Kontrol	1067,65 ^a	0,07 ^{ab}	1,76	5,95	0,27	1,76 ^{ab}	0,06
% 25 A.Ç.S	670,40 ^b	0,05 ^b	1,16	4,69	0,24	1,12 ^b	0,04
% 50 A.Ç.S	587,26 ^b	0,11 ^a	2,94	5,97	0,50	1,05 ^a	0,07
% 75 A.Ç.S	614,72 ^b	0,07 ^{ab}	1,88	3,19	0,36	1,03 ^{ab}	0,00

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.5. Artılmış Arıtma Suyunun Yonca Kök Makro Besin Elementlerine Etkisi

Farklı oranlarda saf su ilave edilerek arıtılmış arıtma suyunun yonca kökü makro besin elementlerine etkisi önemsiz olmuştur. Bitki kökünün K, Ca ve Mg içerikleri ilk

artılmış arıtma suyunun en düşük uygulama oranında (1,65, 0,54, 0,91) kontrole (1,72, 0,92 ve 0,56) önemsiz bir azalma olmuştur. Ancak uygulanan arıtma suyunun saf su içindeki oranı arttıkça K, Ca ve Mg içeriğinin arttığı, her üç element için de en yüksek konsantrasyonlarına % 50 S + % 50 AÇS uygulamasında ulaşılmıştır (Çizelge 4.5). Elfanssi ve ark. (2018), arıtılmış evsel arıtma suyunun yonca bikiğinde makro besin elementleri içeriğini safsuya göre arttırdığını belirtmişlerdir. Gassama ve ark. (2015), bu çalışmaya benzer oranlarda çeltik fidelerine uyguladıkları arıtma suyunun oranı %50 olduğunda kritik seviyeye ulaştığını arıtma suyu % 100 oranında uygulandığında pirinç fidelerindeki K, Ca ve Mg konsantrasyonlarını azalttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.5. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin kök makro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları*

Muamele	%K	%Mg	%Ca
Kontrol	1,72	0,56	0,92
% 25 A.Ç.S	1,65	0,54	0,91
% 50 A.Ç.S	1,83	0,65	1,13
% 75 A.Ç.S	1,67	0,53	1,06

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.6. Artılmış Arıtma Suyunun Bitki Kök Mikro Besin Elementlerine Etkisi

Arıtılmış evsel atık suyun yonca kökünün mikro besin elementi içeriğine etkisi farklılık göstermiştir. Arıtılmış arıtma suyunun artan oranları yonca kökünün Cu, Zn, Fe, Na, Co içeriklerini önemli olarak etkilemezken, Mn ve Mo içeriklerini önemli seviyede etkilemiştir. Cu konsantrasyonu uygulamanın ilk seviyesinde (27,22 ppm) kontrole (28,05 ppm) göre azalma olmuş ancak artan dozlarla birlikte atarak ne yüksek uygulama seviyesi olan % 25 S + % 75 AÇS uygulamasında (29,86 ppm) da artış göstermiştir. Ben sonuçlara Co içeriğinde de rastlanmaktadır. Mn ve Na konsantrasyonları uygulama oranlarının artmasıyla artarak devam etmiş, söz konusu bu artış Mn için istatistiksel bir öneme sahipken, Na için önemsiz olmuştur. Mn ve Na konsantrasyonları kontrole göre (sırasıyla 57,05 ppm ve % 0,27) en yüksek uygulama oranında (sırasıyla 80,27 ppm ve % 0,38) her iki elementte de sayısal olarak % 40 artış olmasına rağmen sadece Mn için önemli olması; okuma yapan cihazın düşük konsantrasyondaki elementlerin tekerrürleri arasındaki farkı yüksek belirlemesinden

kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Mo konsantrasyonu diğer elementlerden farklı olarak artan uygulama oranlarına bağlı olarak kontrole (32,41 ppm) göre önemli oranda azalmış en düşük konsantrasyonu (17,20 ppm) en yüksek uygulama oranında (% 25 S + % 75 AÇS) belirlenmiştir. Kök Fe içeriğinde kontrole göre % 30'un üzerinde bir sayısal artış önmeli bulunmamıştır. En Yüksek Fe konsantrasyonu (3338,89 ppm) % 50 S + % 50 AÇS uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, evsel atıksu arıtılmış suyun Na dışında toprağın mikro besin elementleri içeriğini etkilemediği hatta sayısal olarak azalttığı belirlenmiştir. Sauve ve ark. (2000), ürün sezonu süresince arıtma suyunun toprak mikro besin elementleri konsantrasyonunu önemli seviyede arttırmadığını, toprak organik maddesiyle kompleks bileşik oluşturmaları nedeniyle yararışlılıklarının azaldığını bildirmişlerdir. Bu sonuç, bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer olmuştur.

Çizelge 4.6. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun bitkinin kök mikro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları*

Muamele	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	%Na	Co(ppm)	Mo(ppm)
Kontrol	28,05	31,83	2530,51	57,05 ^b	0,27	1,95	32,41 ^a
% 25 A.Ç.S	27,22	29,65	2729,06	70,65 ^{ab}	0,35	1,88	20,50 ^b
% 50 A.Ç.S	29,82	31,15	3338,89	77,31 ^a	0,37	2,24	17,40 ^b
% 75 A.Ç.S	29,86	28,98	3296,65	80,27 ^a	0,38	2,23	17,20 ^b

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.7. Arıtılmış Arıtma Suyunun Bitki Kök Ağır Metal Elementlerine Etkisi

Çizelge 4.7. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun yoncanın kök bazı ağır metal elementlerine etkisi ve Duncan grupları* (ppm)

Muamele	Al	Cd	Cr	Ni	Pb	As	Se
Kontrol	6487,87 ^a	0,45 ^a	16,87	31,34 ^b	1,33 ^b	14,11 ^a	-
% 25 A.Ç.S	834,37 ^b	0,32 ^b	13,89	22,61 ^b	1,18 ^c	8,16 ^b	-
% 50 A.Ç.S	918,91 ^b	0,44 ^a	18,48	50,96 ^a	1,27 ^b	9,64 ^{ab}	-
% 75 A.Ç.S	912,69 ^b	0,37 ^{ab}	17,39	22,44 ^b	1,43 ^a	8,11 ^b	-

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

Evsel arıtılmış atıksuyunun yonca kökünde Cr konsantrasyonunu istatistiksel olarak etkilemediği, ancak Al, Cd, Ni, Pb, As konsantrasyonlarını önemli seviyede etkilediği belirlenmiştir. Se düşük konsantrasyonu nedeniyle belirlenememiştir. Yonca kökü Al ve As konsantrasyonu kontrole (sırasıyla 6487,87 ppm ve 14,11 ppm) göre

arıtılmış suyun uygulama oranlarında istatistiksel olarak önemli azalma olmuştur. Yonca kökü Cd konsantrasyonunda kontrole göre % 75 S + % 25 AÇS uygulamasında önemli olurken, artan uygulama oranlarıyla artış belirlenmiş olup gerçekleşen bu artışlar kontrole göre önemsiz olmuştur. Arıtılmış arıtma suyu uygulama oranları arsında istatistiksel olarak önemli bir fark olmuş en yüksek fark % 50 S + % 50 AÇS uygulamasında belirlenmiştir. Ni ve Pb konsantrasyonu arıtılmış arıtma suyunun uygulama oranlarının artış oranlarından bağımsız artış ve azalış göstermiştir. En yüksek Ni konsantrasyonu (50,96 ppm) % 50 S + % 50 AÇS belirlenirken, en düşük sayısal değer (22,44 ppm) % 25 S + % 75 AÇS uygulamasında belirlenmiştir. En yüksek yonca kökü Pb konsantrasyonu % 25 S + % 75 AÇS uygulamasında (1,43 ppm) belirlenmiş, en düşük konsantrasyonu isen % 75 S + % 25 AÇS uygulamasında (1,18 ppm) belirlenmiştir. Aynı arıtma tesisinden alınan ve kimyasal gübreye ilave olarak uygulanan arıtma çamuru uygulamalarındaki ağır metal konsantrasyonları, sadece kimyasal gübrenin uygulandığı parsellere göre istatistiksel ve sayısal olarak daha düşük olmuştur. Özellikle Cd konsantrasyonunda bu sonuç çok belirgin olarak ortaya çıkmıştır (basımda). Pb ve Ni dışında arıtılmış arıtma suyu yonca kökü ağır metal içeriğini etkilememiştir. Sauve ve ark. (2000), belirttiği gibi topraktaki düşük ağır metal konsantrasyonu metallerini yarıyışlılığını azaltmıştır. Genel olarak, kimyasal gübrenin yalnız uygulandığı kontroldeki ağır metal konsantrasyonu, arıtılmış arıtma suyu ilavesi azalmıştır. Bu durum arıtılmış arıtma suyunda bulunan organik maddenin metallerle oluşturduğu kompleks bağlardan dolayı yarıyışlılıklarının azalmasıyla açıklanabilir.

4.8. Arıtılmış Arıtma Suyunun Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi

4.8.1. Organik madde

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan oranlarının yonca organik maddesini arttırmadığı gibi, kontrole göre önemli olmayan azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Arıtma tesisi suyunun aratan oranları ile birlikte toprak organik maddesinde kademeli bir azalma belirlenmiştir. Ancak arıtma tesis suyunu uygulama dozlarında görülen bu azalma istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Kontrole ve arıtma suyu uygulamasına bağlı olarak, organik madde oranında meydana gelen artış ve

azalışa benzer olarak toprak nitrat oranında da değişim belirlenmiştir. Organik madde oranında belirlenen bu azalma; arıtma işlemlerinde organik maddeleri azaltmak yani biyolojik oksijen ihtiyacını (BOİ) düşürmek, alıcı ortamda yüzey sularının kirlenmesine neden olan besin maddeleri (nütrient) yani fosforlu ve azotlu bileşikleri azaltmak, patojen ve parazit mikroorganizmaları giderme uygulamasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

4.8.2. pH

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan miktarlarının toprak pH'sına etkisi önemsiz olmuştur. Artan arıtma suyu oranlarına bağlı olarak toprak pH'sında artış olmuştur. Ancak kısa süreli uygulama ile kontrole (8.42) meydana gelen önemsiz artışın, uzun süreli uygulamalarla, özellikle %25S+%75AÇS (8.54) oranıyla daha fazla artacağı düşünülmektedir (Çizelge 4.8.). Toprak pH'sının en en yüksek arıtma suyu uygulamasında diğer uygulama dozlarından yüksek olması, toprak Na içeriğinin en yüksek uygulama dozunda diğer uygulama dozlarından yüksek ve önemli olması ile açıklanabilir. pH değerindeki önemsiz artış farklı dönemlerde alınan atık suyun pH değişimlerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Arıtma işlemine tabi tutulan suların arıtma işlemlerinde, organik maddeleri azaltmak yani biyolojik oksijen ihtiyacını (BOİ) düşürmek ve alıcı ortamda yüzey sularının kirlenmesine neden olan besin maddeleri (nütrient) yani fosforlu ve azotlu bileşikleri azaltırken pH artışına neden olmaktadır. Elfanssi ve ark. (2018), safsu kullanılan parsellerdeki pH değerinin arıtılmış suyun kullanıldığı daha düşük olduğunu bildirmiştir. Çay (2013)'ın belirttiği gibi, atıksu uygulamaları sonucu toprak pH'sındaki değişimlerin az olması, deneme toprağının kil ve kireç oranlarından dolayı tamponlama kapasitesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

4.8.3. Elektriksel iletkenlik (EC)

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan miktarlarıyla toprak EC'sini önemli seviyede etkilemiştir. En düşük EC siemens kontrol uygulamasında (193.27 dS/m), en yüksek EC siemens %25S+%75 AÇS (354,95 dS/m) ve %50S+%50 AÇS (336,18 dS/m) uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.8.). Araştırmada kullanılan arıtma tesisi

suyundan kaynaklanan tuzluluğun sınır değlerin çok altında olduğu ve tolere edilebilir sınırlar içinde bulunduğu söylenebilir. Arıtılmış atık suların saf sudan daha yüksek bir elektriksel iletkenliğe sahip oldukları bildirilmiştir (Elfanssi ve ark., (2018). Angin ve ark. (2005), yapmış oldukları çalışmada, atıksu ile yapılan sulama sonucunda toprağın değişebilir katyon (Na, K, Ca ve Mg) içeriğinin kontrole göre arttığını bildirmiştir.

4.8.4. % Kireç

Arıtma suyu toprak kireç içeriğini etkilememiştir. Kontrole (% 16,84) göre %75S+%25AÇS (% 17,55) uygulamasında kireç oranında belirlenen artış ile % 50 S+% 50 AÇS ve %25S+%75AÇS (sırasıyla % 16,27, % 15,56) uygulamalarında kireç oranında belirlenen azalma istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Bu sonuçlar %25S+%75AÇS uygulaması dışında toprak pH'sı ile benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.8). Sulama amacıyla kullanılan atıksu arıtma suyunun toprak kireç içeriğine etkisini konu alan çalışmalara rastlanmamıştır.

Çizelge 4.8. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi ve Duncan grupları*

Muamele	Organik madde	Ph	EC (dS/m)	% Kireç	Nitrat	Sülfat
Kontrol	1,59	8,42	193,27 ^c	16,84	18,83	22,88
%25 AÇS	1,27	8,44	254,67 ^b	17,55	18,71	22,82
%50 AÇS	1,14	8,43	336,18 ^a	16,27	18,63	22,73
%75 AÇS	1,07	8,54	354,95 ^a	15,56	18,68	22,75

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.9. Arıtılmış Arıtma Suyunun Toprağın Nitrat ve Sülfat İçeriğine Etkisi

4.9.1. Nitrat

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan miktarlarıyla yapılan sulamanın toprağın nitrat içeriğini etkilemediği, tersine kontrole (18,83 ppm) göre azalma belirlenmiş olup en düşük nitrat miktarı % 50 S+% 50 AÇS (18,63 ppm) uygulamasında elde edilmiştir. Arıtma suyu oranlarının artışıyla birlikte toprak nitrat miktarında azalma eğilimi belirlenmiştir. Arıtma suyunda bulunan nitratin kontrole göre çözünmüş ve kolay alınabilir olması; arıtma suyu azotu ile birlikte kimyasal azotunda yararlılığını

arttırdığı tahmin edilmektedir. Nitekim kimyasal azotla birlikte uygulanan arıtma suyu azotu bitki gelişimin daha çok arttırdığı, azot alınımını ve yıkanmasını en az düzeye düşürdüğü (Ensink et al., 2002; Gog-Raj et al., 2006; Simmons et al., 2010), arıtma suyu uygulanan parsellerde kimyasal azot alınımının arttığı belirtilmiştir ve aşırı tüketimi nedeniyle yıkanabilir olması toprak nitrat miktarında azalmaya neden olduğu tahmin edilmektedir (Çizelge 4.8).

4.9.2. Sülfat

Arıtma suyunun toprak sülfat üzerine etkisi olmamıştır. Kontrole (22,88 ppm) göre arıtma suyu oranının artmasıyla birlikte toprak sülfat içeriğinde azalma belirlenmiştir. En düşük AÇS miktarı % 50 S+% 50 AÇS (22,73) uygulamasında tespit edilmiştir. Uzun süreli uygulamalarla toprak sülfat içeriğinin azalma göstermesi beklenebilir. Ancak ana kayasında sülfat olan toprakların solüsyonunda sulama suyu ile birlikte zamanla sülfat artar (Ganjegunte ve ark., 2017). Dolayısıyla bu çalışmada arıtma suyu ile sülfat artışının olmaması, denemede kullanılan toprağın sülfat içeriğinin düşük olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.8).

4.10. Artılmış Arıtma Suyunun Toprak Makro Besin Elementlerine Etkisi

4.10.1. Fosfor (P)

Arıtma tesisi çıkış suyunun artan oranlarının toprak fosfor oranına etkisi önemsiz olmuştur. Toprak fosfor oranında kontrole (% 3,67) göre düşük dozlarda meydana gelen azalma uygulama dozlarının artışıyla artarak en yüksek uygulama olan 525 S+ % 75 AÇS (% 3,82) seviyesinde kontrolden fazla olmuştur. Fakat bu artış ve azalışlar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.9). Arıtma tesisinde fosfor giderici yöntem uygulandığından arıtma tesisi fosforunun düşük olmasını sağlamaktadır. Böylece arıtma suyu ile sulanan toprağın fosfor oranının düşük olması sonucu ortaya çıkmaktadır. Rekik ve ark. (2017), arıtılan atıksuyun fosfor oranının arıtılmayan atıksudan daha az fosfor içerdiğini bildirmektedir. Ayrıca kontrol parseli ile birlikte bütün parsellere uygulanan temel gübreleme (DAP)'de bulunan fosforun, arıtma suyunda bulunan bazı elementlerle (Fe, Al vb) bileşik oluşturarak yarayışlığının kontrole göre azalmasına

neden olduğu tahmin edilmektedir. Nitekim bu sonuçlar bitki fofor içeriği ile paralellik arz etmektedir. Ancak uzun süreli uygulamalarda, atıksu ile sulama sonucu toprağın P içeriğinin arttırarak(Angin ve ark., 2005), tarımsal gübre gereksinimini azaltmakta veya bazen tamamen ortadan kaldırmaktadır (Kukul ve ark., 2007).

4.10.2. Potasyum (K)

Aritma tesisi çıkış suyunun toprak potasyum içeriğine etkisi önemsiz olmuş, artan arıtma suyu uygulamasının toprak potasyum oranını arttıtırma veya azaltma yönünde bir eğilimi de belirlenememiştir. Ancak arıtma tesisi suyu ile yapılan sulamalarda toprak potasyum oranının arttığı birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Yıllık 5000m³ / ha (varsayarsak) arıtma suyunun yıllık gübreleme potansiyeli N için 250 kg / ha, P için 50 kg / ha ve K için 150 kg / ha değerlerine ulaşabilir (Pescod, 1992). Elfanssi (2018), arıtma suyunun safsuya göre toprak potasyum içeriğini arttırdığını bildirmiştir. Bu çalışmada arıtma suyu uygulaması ile toprak potasyum içeriğinin artmaması uygulama süresinin kısalığı ve arıtma suyu Potasyum oranının düşük olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı makro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları* (%)

Muamele	P	K	Mg	Ca
Kontrol	3,67	0,03	0,21	0,48
% 25 A.Ç.S	2,99	0,03	0,19	0,47
% 50 A.Ç.S	3,11	0,03	0,19	0,46
% 75 A.Ç.S	3,82	0,03	0,24	0,48

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.10.3. Magnezyum (Mg)

Aritma suyunun toprak magnezyum oranına etkisi önemsiz olmuştur. Artan uygulama dozlarında yalnızca %25S+%75AÇS (0,24) uygulmasında kontrole (0,21) artış olurken, diğer uygulama dozlarında ise kontrole azalma olmuştur. Belirlenen bu artış ve azalışlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Arıtma tesisi çıkış suyunun artan miktarlarıyla periyodik sulaması yapılan Yoncanın Kontrol ve %75S+%25AÇS, %50S+%50AÇS ve uygulamaları arasında topraktaki magnezyum miktarına etkisi

önemsiz bulunmuştur. En yüksek değer %25S+%75AÇS uygulamasında (0,24) en düşük değer ise %75S+%25AÇS ve %50S+%50AÇS uygulamalarında (0,19) olmuştur. Magnezyum değerine ait veriler Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Angin ve ark. (2005) yapmış oldukları çalışmada, atıksu ile sulama sonucu toprağın kontrol uygulamalarına bağlı olarak değişebilir katyon (Na, K, Ca ve Mg) içeriğinin önemli düzeylerde arttığını bildirmiştir.

4.10.4. Kalsiyum (Ca)

Aritma tesisi çıkış suyunun artan miktarlarıyla periyodik sulaması yapılan Yoncanın Kontrol ve % 75 S + % 25 AÇS , % 50 S+ % 50 AÇS ve % 25 S + % 75 AÇS uygulamaları arasında topraktaki magnezyum miktarına etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek değerler Kontrol ve % 25 S + % 75 AÇS uygulamasında (0,48) iken en düşük değer % 50 S + % 50 AÇS uygulamasında (0,46) olmuştur. Kalsiyum değerine ait veriler Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Angin ve ark. (2005) yapmış oldukları çalışmada, atıksu ile sulama sonucu toprağın kontrol uygulamalarına bağlı olarak değişebilir katyon (Na, K, Ca ve Mg) içeriğinin önemli düzeylerde arttığını bildirmiştir.

4.11. Artılmış Arıtma Suyunun Toprağın Mikro Besin Elementlerine Etkisi

Artılmış atık suyun deneme toprağı mikro besin elementlerine etkisi Na dışında önemsiz oldu. Toprak Cu, Zn, Fe, Mn, Co ve Mo konsantrasyonlarında kontrole göre önemli azalma oldu. Ancak Na içeriğı sadece % 25 S + % 75 AÇS uygulamasında (0,04 ppm) kontrole (0,03 ppm) ve diğer uygulamalara göre önemli seviyede arttı (Tablo 4.10). Toprakta Na' görülen bu artış kökte ve yoncanın toprak üstü aksamında da uygulama dozlarına bağlı olarak kademeli bir şekilde belirlendi, ancak belirlenen bu artışlar toprakta olduğu gibi önemli bulunmamıştır. Bazı araştırmacılar arıtma suyunun üretim sezonu süresince toprak mikro besin elementini önemli seviyede etkilemediğini (Sauve ve ark. 2000), bazıları ise toprağın üst seviyesinde alt seviyesine göre arttığını belirtmişlerdir (Brar ve ark., 2002). Arıtma suyunun içeriğı beslenme alışkanlıklarına ve toprağın özelliklerine göre farklılık gösterebileceğı anlaşılmaktadır. Ancak evsel arıtılmış suyun yüksek miktarda mikro besin elementi içermeyeceğı ve toksik seviyeye

ulaşamayacağı tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.10. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı mikro besin elementlerine etkisi ve Duncan grupları* (ppm)

Muamele	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	%Na	Co(ppm)	Mo(ppm)
Kontrol	1,38	0,33	4,96	1,93	0,03 ^b	14,35	2,02
%25A.Ç.S	1,27	0,30	4,65	1,83	0,03 ^b	12,14	3,10
%50A.Ç.S	1,28	0,26	4,55	1,81	0,03 ^b	11,20	1,61
%75A.Ç.S	1,25	0,36	4,65	1,81	0,04 ^a	12,63	1,26

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

4.12. Artılmış Arıtma Suyunun Toprak Ağır Metal İçeriğine Etkisi

Artılmış arıtma tesisi suyunun saksı toprağı Al, Cd, Cr, Ni, Pb ve As içeriklerine etkisi önemsiz oldu. Toprak Selenyum içeriğı ise belirlenemedi. Arıtma suyunun uygulama oranları ile Al dışında diğer metallerin konsantrasyonları kontrole göre sayısal olarak azaldı. Genel olarak incelenen metallerin en düşük konsantrasyonu %50S+%50AÇS uygulamasında, en yüksek konsantrasyonu %25S+%75AÇS uygulamasında elde edilmiştir. Cr elementi konsantrasyonunda daha belirgin olmak üzere %50S+%50AÇS uygulaması ile (39,57 ppm) %25S+%75AÇS uygulaması (67,19) arasında % 69.80'lik sayısal bir fark bulunmasına rağmen istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.11). Bu bulgulara göre, birçok faktörün etkisi altında bulunan ve birbirlerine sinerjik ve antagonistik etkilerinden dolayı metallerin bitki ve toprakraki sonuçlarına karekök transformasyonunun uygulanması, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara elde edileceğı sonucuna varılmıştır. Artılmış arıtma suyunun uygulama oranlarının toprak ağır metal içeriğini istatistiksel olarak etkilemediğı bu durumun metallerin organik madde ile kompleks oluşturmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Sauve ve ark., 2000). Rusan ve ark. (2007), uygulama dönemlerine ve toprak derinliğine bakılmaksızın evsel artılmış atıksuyun toprak Cd ve Pb konsantrasyonunu etkilemediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular ile araştırmacıların sonuçları arasında benzerlik bulunmaktadır.

Çizelge 4.11. Değişik oranlardaki evsel arıtma tesisi çıkış suyunun toprağın bazı ağır metal elementlerine etkisi ve Duncan grupları* (ppm)

Muamele	Al	Cd	Cr	Ni	Pb	As	Se
Kontrol	0,46	0,34	75,00	109,49	4,33	33,18	0,00
% 25A.Ç.S	0,44	0,29	63,90	92,40	3,70	28,61	0,00
% 50A.Ç.S	0,43	0,28	39,57	86,66	3,32	27,17	0,00
% 75A.Ç.S	0,49	0,31	67,19	96,64	3,78	29,66	0,00

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.



5. SONUÇ

Arıtılmış arıtma suyunun tarımsal sulamada kullanılması tatlı su kaynaklarının korunmasını ve muhtemel bir çevre kirliliğinin önlenmesini sağlayabilecektir. Arıtılmış arıtma suyu uygulamaları ile aktif nodül sayısı önemli seviyede azaldı. Bitki çıkış sayısı, deneme sonunda ortamdan çekilme sayısı, yonca yaş ve kuru ağırlı (g/bitki), yonca kök yaş ve kuru ağırlığı (g/bitki) arıtılmış arıtma suyu uygulamalarından etkilenmediği belirlendi. Uygulamalar yoncanın P, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe, Na, Co, Mo, içeriğine etkisine önemsiz olurken, yalnızca Mn içeriğini etkisi önemli oldu. Yonca otu Al ve As konsantrasyonu kontrole göre önemli seviyede azalırken, Cd konsantrasyonunda artış oldu. Uygulamaların yonca otu Cr, Ni, Pb ve Se konsantrasyonuna etkisi önemsiz oldu. Uygulamalar yonca kökü K, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe ve Co bitki besin elementleri konsantrasyonunu etkilemedi. Mn konsantrasyonu önemli seviyede artarken, Mo azaldı.

Arıtılmış arıtma suyu uygulamaları toprağın pH, organik madde, nitrat, sülfat ve kireç içeriğine etkileri önemli olmazken, EC'ine etkisi önemli olmuştur. Organik madde sayısal olarak azalırken, pH alkaline eğilim gösterdi. Uygulamaları, Na dışında, toprağın incelenen makro, mikro ve ağır metal içeriğine etkileri önemsiz olmuştur. Genel olarak toprağın makro ve mikro besin elementleri ile ağır metal içeriğinde azalma eğilimi belirlendi. Ancak toprak Na konsantrasyonu kontrole göre önemli seviyede arttı.

Mevcut bulgular doğrultusunda, evsel arıtılmış arıtma suyunun bitki besin elementi ve ağır metal konsantrasyonu açısından risk oluşturmadığı belirlendi. Ancak beklendiğinin aksine toprağın fiziksel yapısında önemli role sahip organik madde artışını sağlamadığı gibi kademeli bir azalmaya neden oldu. Ayrıca toprak Na içeriğini arttırarak pH'nın artmasına neden oldu. Bu durum bitki besin elementlerinin yararlılığını azaltarak alımını zayıflatmasına neden olduğu tahmin edilmektedir. Bitki besin elementleri ve ağır metaller konsantrasyonunda uygulama dozlarına bağlı olarak meydana gelen artış ve azalışlar sayısal % 50'nin üzerinde bulunduğu halde istatistiksel olarak önemsiz bulundu. Toprak ve bitki bünyesindeki davranışları birçok fiziksel ve kimyasal faktörün etkisi altında bulunan elementlerin istatistiksel analizlerinin anlamlı olması için karekök transformasyonuna tabi tutulması gerekir.

Uzun süreli uygulamalarla kesin bir yargıya varmak mümkün olmakla beraber, nodül oluşumunu engellemesi ve Na konsantrasyonunun arttırması nedeniyle, evsel arıtılmış suyun yonca bitkisi sulamasında kullanılması önerilmemektedir.



KAYNAKLAR

- AATTUT, 2010. *Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği*, 20.03.2010 Tarih ve 27527 sayılı Resmi Gazete.
- Açıkgöz, E., 2001. *Yem Bitkileri* (3. Baskı). Uludağ Üniversitesi, Güçlendirme Vakfı Yayın No: 380, Bursa.
- Angin, İ., Yağanoğlu, A.V., Turan, M., 2005. Effects of long-term wastewater irrigation on soil properties. *Journal of Sustainable Agriculture*, 26(3): 31-42.
- Anonim, 1991. *Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği* (7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmi gazetede yayınlanmıştır).
- Anonim, 2011. *Türkiye Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 356.
- Anonim, 2015. *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Faaliyet Raporu*.
- Anwar, H.N. Nosheen, F., Hussain, S. and Nawaz W. 2010. **Socio-economic Consequences of Reusing Wastewater in Agriculture in Faisalabad. Pak. J. Life Soc. Sci.** (2010), 8(2);102-105.
- Arslan-Alaton, I. and Alaton, I. (2007) Degradation of Xenobiotics Originating from the Textile Preparation, Dyeing, and Finishing Industry Using Ozonation and Advanced Oxidation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 68: 98-107
- Arslan-Alaton, I., Gürel, M., Eremektar, G., Övez, S., Tanık, A., Orhon, D., 2005. Türkiye'de Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi: Mevcut Durum, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Arıtılmış Evsel Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalıştayı. MEDAWARE Projesi*. 9-10 Haziran 2005, ODTÜ, Ankara.
- Becerre-Castro C, Lopes AR, Vaz-Moreira I, Silva EF, Manaia CM, Nunes OC, 2015. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, 75: 117-135.
- Bixio D, Thoeve C, De Koning J, Joksimovic D, Savic D, Wintgens T, Melin T (2006) **Wastewater Reclamation and Reuse in Europe**. Desalination 187, 89-101.
- Büyükburç, U., & Karadağ, Y. (1999). Farklı fosfor dozlarının bazı adi fiğ türlerinde kök, gövde ve nodül gelişimine etkisi üzerine bir araştırma. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 139-154.
- Challam BS, Chaturvedi SS 2013. Effect of treated dairy effluent on height and yield of Zea mays L. *Rasayan Journal of Chemistry*, 6(2): 153-157.
- Cicek A, Karaman MR, Turan M, Gunes A, Cigdem A 2013. Yield and nutrient status of wheat plant (T. aestivum) influenced by municipal wastewater irrigation. *Journal Food Agricultural Environment*, 11, 733-737.
- Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi, N., Zaimoglu, Z., Acar, B., Sahin, M., Gökalp, Z., 2005. Su kaynaklarının geliştirme ve kullanımı. *TMMOB-ZMO VI. Teknik Kongresi*. 3-7 Ocak 2005, Ankara. 191-211.
- Çakmak, B., Kendirli, B., 2001. Tarımda atık su kullanımı. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 332: 31-37.
- Çakmak, B., Kendirli, B., 2002. Sürdürülebilir tarımda sulama ve çevre. Tarım ve Köyisleri Bakanlığı. *Türktarım Dergisi*, 145: 21-23.

- Çay, Ş., 2013. **Konya Kentsel Atık Suların Tarımsal Sulamada Kullanılması ve Mısır Bitkisi Yetiştiriciliğine Etkileri** (Doktora tezi, basılmamış). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Elçi, Ş. (2005). **Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri**. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. ISBN 975-407-189-6. Mart Matbaası, 486 s., Ankara
- Elçi, Ş. (2005). **Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri**. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 223-257.
- Ensink, JH, Van Der Hoek, W., Matsuno, Y., Munir, S. ve Aslam, MR (2002). *Pakistan'da şehir içi tarımda arıtılmamış atık su kullanımı: Riskler ve Fırsatlar* (Cilt 64). IWMI.
- EPA (2012) **Watershed Academy Web, The Effect of Climate Change on Water Resources and Programs** (PDF file adapted). <http://www.epa.gov/watertrain>. Erişim Tarihi: 5.9.2019
- FAO, 2012. Grassland species. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/Default.htm> Erişim Tarihi: 7.9.2019
- Fesliyen K 2017. **Eysel Atıksuların Sulama Amaçlı Yeniden Kullanılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD**, Yüksek Lisans Tezi, 277 s.
- Fox, R.L.; S.K. Datta; I.M. Wang, 1965. Phosphorus and Aluminum Uptake by Plants From Lotosols in Relation to Liming Trans, gth InL Congr. **Soil Sci.**, **4**:595-603.
- Ganjegunte G, Ulery A, Niu G, Wu Y. "Effects of treated municipal wastewater irrigation on soil properties, switchgrass biomass production and quality under arid climate". **Industrial Crops and Products**, **99**: 60-69, 2017.
- Gassama, U. M., Puteh, A. B., Abd-Halim, M. R., Kargbo, B. 2015. Influence Of Municipal Wastewater On Rice Seed Germination, Seedling Performance, Nutrient Uptake, And Chlorophyll Content. **J. Crop Sci. Biotech.** **2015 (March)** **18** (1): 9 ~ 19.
- Hanjra, M.A., Raschid, L., Zhang, F., Blackwell, J., 2011. Extending the framework for the economic valuation of the impacts of wastewater management in an age of climate change. **Environmental Management**, 1–14.
- IFPRI., 2004. **Water and Food to 2025**. Policy Responses to Threat of Scarcity
- Kalavrouziotis, I.K., Robolas, P., Koukoulakis, P.H., Papadopoulos, A.H. 2008. Effects of municipal reclaimed wastewater on the macro and micro-elements status of soil and of Brassica oleracea var. Italica, and B. oleracea var. **Gemmifera. Agricultural Water Management** **95**: 419 – 426
- Kanber, R., Ünlü, M., 2008. Türkiye'de sulama ve drenaj sorunları. **Genel bakış, sulama ve Drenaj Konferansı**. DSİ VI. Bölge Müdürlüğü. Adana.
- Khajanchi -Lal1, P.S. Minhas*, R.K. Yadav 2015, **K. -Lal et al. / Agricultural Water Management** **156** (2015) 110–117
- Kızıloglu F.M., Turan M., Sahin U., Kuslu Y., Dursun A., 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (Brassica oleracea L. var. botrytis) and red cabbage (Brassica oleracea L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. **Agricultural Water management** **95**:716 – 724.
- Kukul, Y.S., Çalışkan, A.D.Ü. ve Anaç, S. 2010. Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler. **Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.**, **2007**, 44 (3): 101-116, ISSN 1018-8851.

- Manga, İ., Acar, Z., & Ayan, İ. (1995). Baklagil yem bitkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fak., Ders Notu*, (7).
- Mohammad, M. J., & Mazahreh, N. (2003). Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater, Comm. *Soil Sci. Plant Anal*, **34**, 1281–1294
- Mousavi SR, Balali-Mood M, Riahi-Zanjani B, Yousefzadeh H, Sadeghi M 2013. Concentrations of mercury, lead, chromium, cadmium, arsenic and aluminum in irrigation water wells and wastewaters used for agriculture in Mashhad, northeastern Iran. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **4**(2): 80-86.
- Niemczynowicz, J. (1999). Kentsel hidroloji ve su yönetimi - şimdiki ve gelecekteki zorluklar. *Kentsel Su* , **1** (1), 1-14.
- Norton-Brandao D., Scherrenberg S. M., van Lier J. B., Reclamation of Used Urban Waters for Irrigation Purposes - A Review of Treatment Technologies, *Journal of Environmental Management*, **2013**, 122, 85-98.
- Oved, T., SHAIVIV, A.; GOLDRATH, T.; MANDELBAUM, RT; MINZ, D. Atık sulamanın topluluk bileşimi ve topraktaki amonyak oksitleyici bakterilerin işlevi üzerindeki etkisi. *Uygulamalı ve Çevresel Mikrobiyoloji* , **67**:3426-3433, 2001.
- Pescod, M.B., 1992. *Wastewater Treatment and Use in Agriculture*. Irrigation and Drainage Paper, No. 47, FAO, Rome, 125.
- Polat, A., 2013. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, **6**(1): 58-62.
- Qadir M, Wichelns D, Raschid-Sally L, Minhas PS, Drechsel P, Bahri A, Mccornick PG, Abaidoo R, Attia F, Elguindy S 2007. *Agricultural use of marginal-quality water*: opportunities and challenges. In: MODEN, D. (ed.) Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan, London and International Water Management Institute, Colombo.
- Rawsthorne S., Hadley P., Roberts EH and Summerfield RJ., 1985. Effects of supplemental nitrate and thermal regime on the nitrogen nutrition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) II: *Symbiotic development and nitrogen assimilation. Plant and Soil*, **83**: 279-293
- Rekik I, Chaabane Z, Missaoui A, 2017., Effects of untreated and treated wastewater at the morphological, physiological and biochemical levels on seed germination and development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), alfalfa (*Medicago sativ. a* L.) and fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Journal of Hazardous Materials*. **326**:165-176
- Rusan, M.J.M., Hinnawi, S., Rousan, L., 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination*, **215**(1- 3), 143-152.
- Sabancı, C.O. (2009). *Baklagil Yem Bitkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Vakfı. Yay. 2*: 224 Van
- Saloua Elfanssia,b, Naaila Ouazzania,b, Laila Mandia 2018. Soil properties and agro-physiological responses of alfalfa (*Medicago sativa* L.) irrigated by treated domestic wastewater. *Agricultural Water Management*. **202** (2018) 231-240.

- Sauve, S., Henderson, W., Allen, H.E., 2000. Solid-solution potting of metals in contaminated soils: dependence on pH, total metal burden, and organic matter. ***Journal Environment Science Technology***. **34**, 1125-1131.
- Tanık, A., Öztürk, İ., Cüceloğlu, G., 2015. ***Artılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri***. Türkiye Belediyeler Birliği, ISBN: 978-975-6311-96-7, Mayıs, Ankara.
- Toze, S. 2006, ***Reuse of Effluent Water-Benefits and Risks. Agricultural Water Management***, 80 (1-3):147-159
- Umaru Mohamed Gassama, Adam Bin Puteh, Mohamed Ridzwan Abd-Halim, Bashiru Kargbo 2015. Influence Of Municipal Wastewater On Rice Seed Germination, Seedling Performance, Nutrient Uptake, And Chlorophyll Content. ***J. Crop Sci. Biotech***. **2015 (March) 18** (1) : 9 ~ 19
- VASKİ - ***Van Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü***.
- Webber, J., 1981. Trace metals in agriculture, In: Lepp NW, editor. Effect of heavy metal pollution on plants: Metals in the environment, ***London New Jersey: Applied Sci Publ, II***: 84-159.
- Weber, B., Avnimelech, Y., Juanico, M., 1996. Salt enrichment of municipal sewage: new prevention approaches in Israel. ***Environ. Manage.*** **20**, 487-495.
- WHO., 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. ***Water Reuse in Agricultural, II***.
- Zavadil J 2009. The effect of municipal wastewater irrigation on the yield and quality of vegetables and crops. ***Soil Water Res***, **4**(3): 91-103.

ÖZ GEÇMİŞ

1988 yılında Bursa'nın İnegöl ilçesinde doğdu. İlk orta eğitimini Muş ilinde lise eğitimini ise Diyarbakır ilinde tamamladıktan sonra 2010 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Radyoloji bölümünü bitirdi. 2012 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nde okumaya hak kazandı. 2017 yılında lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı.





T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 24/07/2020

Tez Başlığı / Konusu:

Kentsel Biyolojik Arıtma Tesisi Arıtılmış Suyunun Yonca (*Medicago Sativa L.*)’Nin Nodül Teşekkülü İle Ağır Metal Ve Bitki Besin Elementleri Üzerine Etkisi

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 62 sayfalık kısmına ilişkin, 24/07/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6(Altı) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

28/07/2020
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Fatih YAĞAN
Öğrenci No: 169101170
Anabilim Dalı: TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Programı: TARLA BİTKİLERİ
Statüsü: Y. Lisans ☒ Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR
Doç . Dr . Ösmetullah ARVAS

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR