T.C.
ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADIYAMAN'DA ATIK SULARIN KARIŞTIĞI EĞRİ ÇAYI DERESİ İLE SULANAN PEPİNO'NUN (*Solanum muricatum* Ait.) SÜRGÜN ÇELİKLERİNDE KÖK OLUŞUMU VE BAZI FİZYOLOJİK PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Kübra BABA

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

2016

T. C.

ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADIYAMAN'DA ATIK SULARIN KARIŞTIĞI EĞRİ ÇAYI DERESİ İLE SULANAN PEPİNO'NUN (*Solanum muricatum* Ait.) SÜRGÜN ÇELİKLERİNDE KÖK OLUŞUMU VE BAZI FİZYOLOJİK PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Kübra BABA

Yüksek Lisans Tezi

Biyoloji Anabilim Dalı

Bu tez 29 /04 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

…….
Prof. Dr. Aysel SIVACI
BAŞKAN (DANIŞMAN)

…….
Doç. Dr. Rıza BİNZET……
ÜYE

…….
Yrd. Doç. Dr. Önder YUMRUTAŞ
ÜYE

Doç. Dr. Ramazan GÜRBÜZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FBEYL / 2014 – 0001

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

ADIYAMAN'DA ATIK SULARIN KARIŞTIĞI EĞRİ ÇAYI DERESİ İLE SULANAN PEPİNO'NUN (*Solanum muricatum* Ait.) SÜRGÜN ÇELİKLERİNDE KÖK OLUŞUMU VE BAZI FİZYOLOJİK PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Kübra BABA

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aysel SIVACI
Yıl: 2016, Sayfa sayısı: 42+ix

Jüri: Prof. Dr. Aysel SIVACI
Doç. Dr. Rıza BİNZET
Yrd. Doç. Dr. Önder YUMRUTAŞ

Bu çalışmada, atık suyun pepinoda (*Solanum muricatum* Ait.) köklenme ve bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkisi belirlendi. Pepinonun sürgün çeliklerine farklı konsantrasyonlarda (0, % 25, % 50, % 100) atık su uygulanarak köklenmeye bırakıldı. Köklenme ortamı olarak perlit kullanıldı. Denemeler sonunda pepinoda atık su uygulamasına bağlı olarak kök oluşumu belirlendi. Sürgünlerin yapraklarından örnekler alınarak pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoidler), toplam fenolikler, malondialdehid (MDA), prolin ve bazı mineral madde içerikleri belirlendi.

Araştırma sonuçlarına göre, atık suyun bütün konsantrasyonlarında kök oluşumu ve kök yoğunluğunun arttığı gözlendi. Pigment içeriklerinin (Kl a, Kl b ve karotenoidler) yüksek konsantrasyonlarda (% 100) azaldığı, toplam fenolikler, MDA ve prolin içeriklerinin arttığı tespit edildi. Atık suyun yüksek konsantrasyonlarında K, Mg, Ca, Si, Mn, P ve Fe birikimlerinin önemsiz, Na ve Zn değişimlerinin ise önemli olduğu belirlendi. Sonuç olarak, atık suyun seyreltilerek kullanımının, pepino bitkisinde kök oluşumu için uygun olabileceği tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Atık su, Fizyolojik değişimler, Kök oluşumu, Pepino

ABSTRACT
Master of Science Thesis

INVESTIGATION OF ROOT FORMATION AND SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS ON SHOOT CUTTINGS OF PEPINO (*Solanum muricatum* Ait.) IRRIGATED VIA EĞRİ ÇAYI STREAM, POLLUTED BY WASTEWATER IN ADIYAMAN

Kübra BABA

Adıyaman Universty
Institute of Science
Department of Biology

Thesis Advisor: Prof. Dr. Aysel SIVACI
Year: 2016, Number of pages: 42+ix

Jury: Prof. Dr. Aysel SIVACI
Doç. Dr. Rıza BİNZET
Yrd. Doç. Dr. Önder YUMRUTAŞ

Hereby study determines the influence of wastewater on rooting and some physiological parameters of pepino (*Solanum muricatum* Ait.). Pepino shoot cuttings are applied wastewater of varying concentrations (0, 25 %, 50 %, 100 %) and left for rooting. Pearlite was used as rooting environment. In the wake of treatment, root formation, depending on wastewater application, was observed on pepino. Samples are obtained from shoot leaves in order to determine pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids), total phenolics, malondialdehyde (MDA), proline and some mineral matter contents.

According to results of research, root formation and intensity increases together with each concentration of wastewater. Under high wastewater concentrations (100%), pigment contents (Chl a, Chl b and Carotenoids) decrease, whereas total phenolics, MDA and proline contents are on the rise. Under high wastewater concentrations, accumulations of K, Mg, Ca, Si, Mn, P and Fe are found insignificant, while Na and Zn showed significant changes. Consequently, the use of wastewater through dilution might be suitable for root formation in pepino.

Key words: Wastewater, Physiological changes, Root Formation, Pepino

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen, gerek bilimsel gerekse insani anlamda her zaman yardımcı olan ve yol gösteren, çok değerli ve kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Aysel SIVACI'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışması boyunca gerekli imkân ve kolaylıkları sağladığı için Adıyaman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölüm Başkanı, Sayın Prof. Dr. Rıdvan SIVACI' ya ve Adıyaman Üniversitesi Merkez Laboratuvarı Müdür ve personellerine teşekkürlerimi sunarım.

Projede kullanılan pepino bitkilerinin temininde sağladığı yardımlarından dolayı Sayın Bahtiyar UZUNBAY'a teşekkür ederim.

FBEYL/2014-0001 kodlu projemi maddi olarak destekleyen Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Proje süresince her adımında yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Mustafa TEKTAŞ' a, kıymetli dostlarım Dilek KOÇ, R. Cesur BOZAT ve Pınar ALTUN' a ve bu çalışma boyunca bana yardımcı olan tüm hocalarım ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve yaşamımın her aşamasında yanımda oldukları için güzel aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 3
3. MATERYAL VE METOD 6
3.1. Çalışma Alanının Özellikleri 6
3.2. Bitkisel Materyal 7
3.3. Metodlar 8
3.3.1. Atık su analizi 8
3.3.2. Bitkilerdeki mineral madde analizleri 8
3.3.3. Pigmentlerin belirlenmesi 9
3.3.4. Toplam fenoliklerin belirlenmesi 9
3.3.5. Malondialdehit (MDA) belirlenmesi 9
3.3.6. Prolin analizi 10
3.3.7. İstatistik analizler 10
4. BULGULAR 11
4.1. Atık Su Analizi 11
4.2. Morfolojik Değişimler ve Kök Oluşumu 13
4.3. Mineral Madde Değişimleri 19
4. 4. Pigmentler 21
4.4.1. Klorofil a 21
4.4.2. Klorofil b 22
4.4.3. Toplam Klorofiller 22
4.4.4. Karotenoidler 23
4.5. Toplam Fenoliklerin Değişimi 25
4.6. Malondialdehit (MDA) Değişimleri 25

4.7. Prolin Değişimleri ……..... 26
5. TARTIŞMA VE SONUÇ …… 28
KAYNAKLAR ……. 35
ÖZGEÇMİŞ …….. 42

TABLOLAR DİZİNİ **SAYFA**

Tablo 3. 1 Denemelerin yapıldığı seranın sıcaklık ve nem değerleri **……...** 7

Tablo 4. 1 Denemelerde kullanılan atık suyun bazı özellikleri **……** 11

Tablo 4. 2 Sulama suyu ve atık su konsantrasyonlarının karşılaştırılması (FAO, 1985)**……** 12

Tablo 4. 3 Kontrol ve atık su uygulanan pepino çeliklerinde köklenme ve biyomas **…….....** 17

Tablo 4. 4 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında bazı elementlerin konsantrasyon değerleri **……..….....** 20

Tablo 4. 5 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında Kl a, Kl b, karotenoidler ve toplam klorofil içeriklerinin istatistiksel değerlendirilmesi **……** 24

Tablo 4. 6 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında toplam fenolikler, MDA ve prolin değişimlerinin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi**..** 27

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3. 1 Atık suyun alındığı bölge ……... 6
Şekil 3. 2 Eğri Çaya karışan sular …….. 6
Şekil 3. 3 Atık su uygulanan pepino fideleri …….. 8
Şekil 4. 1 Denemeler sonundaki pepino yapraklarının görüntüsü ……. 14
Şekil 4. 2 Atık su uygulanan (% 100) pepino yapraklarındaki kloroz ve nekrotik lekeler ……..... 15
Şekil 4. 3 Kontrol ve atık su uygulanan pepino çeliklerinde boy uzunluklarının karşılaştırılması ……. 15
Şekil 4. 4 Kontrol ve atık sudaki pepino çeliklerinde kök oluşumu …….. 16
Şekil 4. 5 Kontrol ve atık su uygulanan pepino çeliklerinde gözlenen kök yoğunlukları ……... 18
Şekil 4. 6 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında Kl a değişimleri ... 21
Şekil 4. 7 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında Kl b değişimleri … 22
Şekil 4. 8 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında toplam klorofil değişimleri ……..... 23
Şekil 4. 9 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında karotenoidlerin değişimleri 24
Şekil 4. 10 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında toplam fenolik bileşiklerin değişimi ……. 25
Şekil 4. 11 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında MDA değişimleri.. 26
Şekil 4. 12 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında prolin değişimleri.. 27

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAS	:	Atomik absorbsiyon spektroskopisi
Ag	:	Gümüş
Al	:	Alüminyum
As	:	Arsenik
C	:	İletkenlik
°C	:	Santigrat derece
Ca	:	Kalsiyum
Cd	:	Kadmiyum
cm	:	Santimetre
Co	:	Kobalt
Cr	:	Krom
Cu	:	Bakır
DO	:	Çözünmüş oksijen
Fe	:	Demir
g	:	Gram
Hg	:	Civa
ICP- MS	:	İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektroskopisi
K	:	Potasyum
me	:	Milieşdeğer
Mg	:	Magnezyum
mg	:	Miligram
mL	:	Mililitre

Mn	:	Mangan
Na	:	Sodyum
Na_2CO_3	:	Sodyum karbonat
NH_3N	:	Amonyak
NH_4N	:	Amonyum
Ni	:	Nikel
nm	:	Nanometre
ntu	:	Nefelometrik bulanıklık Birimi
P	:	Fosfat
Pb	:	Kurşun
rpm	:	Dakikadaki devir sayısı
Si	:	Silisyum
TBA	:	Thiobarbiturik asit
TCA	:	Trikoloroasetik asit
TDS	:	Toplam çözünmüş katı madde
Zn	:	Çinko
µg	:	Mikrogram
µM	:	Mikromolarite
µmol	:	Mikromol

1.GİRİŞ

Ekosistemdeki her canlı türü çevre koşullarından etkilenmektedir. Çevrede oluşacak olumsuz koşullar bitkilerin büyüme ve gelişmelerini kısıtlar ve ürün kaybına neden olur. Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için su mutlaka gereklidir. Çeşitli nedenlerden dolayı dünyadaki kullanılabilir su kaynakları artık sınırlı hale gelmiştir. Sonuç olarak, günümüzde temiz su kaynakları, kurak ve yarı kurak alanlarda, kentsel, endüstriyel ve tarımsal kullanım için yetersiz olup her geçen gün tehlike artmaktadır. (Kanber vd. 2004, Kanber ve Ünlü 2007, Kukul vd. 2007, Yurtseven vd. 2010). Son zamanlarda yetersiz olan temiz su kaynaklarına alternatif olarak tarımda sulama suyu gereksinimini karşılamak için evsel atık suların kullanılması bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (Kukul vd. 2007).

Atık su kullanımı yaygın biçimde ve farklı amaçlar için son zamanlarda dünya genelinde artış göstermektedir. Özellikle su eksikliğine tedbir amaçlı, Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkelerinde tarımsal alan sulamada, kullanım miktarı her geçen gün artmaktadır (Hamoda 1998, Hamdy ve Lacirigniola 1999, Shatanawi vd. 2010).

Güneş vd. (2000), atık suların tarımda kullanımının üç yolla mümkün olduğunu bildirmiştir. Bunlardan; 1) atık suların arıtılarak planlı bir şekilde su dağıtım kanallarına verilmesi (doğrudan kullanım), 2) atık suların arıtılarak yüzey su kaynaklarına karıştırılması ve buradan sulama için alınması (dolaylı kullanım), 3) atık suların hiç arıtılmadan deşarj edilmesidir. Gelişmiş ülkelerde, özellikle su kaynakları kısıtlı olan bölgelerde atık sular arıtıldıktan sonra tarımda ve peyzaj alanlarında kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde ise atık sular, serbest yüzeyli olarak kilometrelerce uzaklığa kanallarla iletildikten sonra doğrudan tarım alanlarına verilmektedir.

Çevre kirliliğine neden olan ve ekolojik dengenin bozulmasında önemli rol oynayan endüstri kuruluşlarının başında, atık sularında ağır metal içeren kuruluşlar gelmektedir. İlgili endüstri kuruluşları, süreçleri gereği çeşitli ağır metalleri kullanmakta ve atıklarında civa, çinko, kobalt, bakır, demir, kurşun, krom, arsenik ve gümüş gibi metal iyonlarını içermektedir (Sağlam ve Cihangir 1995, Kafadar ve Saygıdeğer 2010).

Ağır metaller belirli dozlarda, bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal olayları etkilemektedir. Bitkilerde ağır metale bağlı olarak mineral besin alınımı, transpirasyon, fotosentez, enzim aktivitesi, nükleik asit yapısı, klorofil biyosentezi ve çimlenme

olayları olumsuz etkilenir. Ayrıca membranlarda zarar, hormon dengesinin bozulması, bitki - su ilişkilerinin değişmesi gibi fizyolojik parametrelerini de etkileyebilir (Zengin ve Munzuroğlu 2003).

Kentsel ve kırsal alanlarda su kaynaklarının etkili kullanımının gerekliliğinde artış vardır. Sulama amacıyla kullanılacak temiz su kaynaklarının azalması durumunda atık sular arıtılarak yeniden kullanılabilir. Geri dönüşümlü su; süreklilik, güvenilir su kaynağı olması bakımından avantaja sahiptir ve çevreden elde edilen su miktarını azaltır. Tarımsal amaçlı kullanılan atık suyun bitkiler ve mahsulü kullanan canlılar üzerindeki etkisi tam olarak bilinmemektedir. Sodyum düzeyleri, ağır metaller ve patojenler, eczacılık ve endokrin bozucuların su niteliğinde problemlere neden olabilir (Toze 2006).

Pestisitlerin su kirlenmesinde önemli rolü vardır. Bilinçsiz şekilde kullanılan pestisitler ilk olarak toprak tarafından tutulur ve yağmur, sulama, toprak erozyonu gibi çeşitli nedenlerle yer altı veya yer üstü sularına ulaşır. Aşırı gübrelemenin de yüzey suları ve içme suları üzerine olumsuz etkileri fazladır. Gübreleme ile su kaynaklarına karışan ya da bitkinin yapısında biriken nitrat kirletici kaynakların başında gelmektedir. (Karaca vd. 2012)

Mersin ilinde farklı noktalardan alınan su örnekleri ile yetiştirilen bazı sebzelerde yüksek oranda bakır (Cu) ve mangan (Mn) bulunduğu saptanmıştır. Değerlerin yüksek olması, tarımsal alanlarda pestisit ve gübrelerin yoğun şekilde kullanılmasından kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Kumbur vd. 2008). Atık su ve gübre uygulamasına bağlı olarak bitkilerde gelişimin arttığı belirtilmiştir (Özcan 2007). Day ve Tucker (1977), atık suyun tahıl üretiminde verimi artırdığını bu yüzden sulama suyu olarak kullanılabileceğini saptamışlardır.

Dünyadaki su kaynaklarının sınırlı olması ve küresel ısınmaya bağlı olarak gelişecek olan kuraklık, insanoğlunu alternatif su kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bu nedenle çalışmada, atık suların pepinonun yetiştirilmesinde ve çoğaltılmasında kullanılabilirliğinin olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmada, atık suyun pepinonun sürgün çeliklerinde köklenme ve bitki gelişimi üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bu etkileri belirleyebilmek için atık su uygulanan sürgün çeliklerinde kök oluşumu, pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoidler), toplam fenolikler, malondialdehid (MDA), prolin ve mineral madde analizleri saptanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Huma vd. (2012), evsel ve endüstriyel atık suların çeşitli bitkilerin (*Brassica juncea* L., *Brassica napus* L., *Coriandrum sativum* L., *Nigella sativa* L., *Trigonella foenum – graecum* L., *Hordeum vulgare L.*) tohum çimlenmesi ve fide büyümesini önemli oranda etkilediğini saptamışlardır.

Doğan (2003), Karakoyun Deresi (Şanlıurfa) atık suları uygulanan soğanda (*Allium cepa* L.) toksik element birikimi ve bu birikim üzerine gübrelemenin etkisini araştırdığı çalışmasında, atık su ve gübrenin birlikte uygulandığı bitkilerde önemli derecede toksik elementin biriktiğini belirtmiştir. Ayrıca kadmiyum dışındaki elementlerin miktarlarının normal değer aralığında olduğunu tespit etmiştir

Akın vd. (2013), farklı bor konsantrasyona sahip Porsuk, Kocasu ve Emet Çayları' nın (Kütahya) sularını, lahana (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) bitkisinin bazı çimlenme parametreleri ve fide gelişimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Borun lahananın kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerinde olumsuz, gövde gelişimi üzerinde olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca Emet Çayında ki bor miktarının bitki yetiştirmek için tehlikeli boyutta olduğu tespit edilmiştir.

Kafadar ve Saygıdeğer (2010), Gaziantep' te Organize Sanayi Bölgesi atık suları ile sulanan domates (*Lycopersicum esculentum* L), biber (*Capsicum annuum* L.), patlıcan (*Solanum melongena* L.) ve mısır (*Zea mays* L.) gibi tarım bitkilerinin farklı organlarında (kök, gövde, yaprak) kurşun (Pb) birikimlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, Pb miktarının kontrol grubuna göre atık su uygulananlarda arttığını ve Pb miktarının kök> gövde> yaprak şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Gaziantep Organize Sanayi Bölgesi atık sularının tarımsal alanlar için sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığını belirtmişlerdir.

İşlenmiş ve işlenmemiş kentsel atık suyun *Avena sativa* L. (yulaf)' nın tohum çimlenmesi, fide büyümesi, amilaz ve lipaz faaliyetleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, işlenmemiş atık suyun doğada yüksek oranda toksik olduğu, tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine olumsuz etki gösterdiği saptanmıştır. Lipaz ve amilaz faaliyetlerinin işlenmemiş atık su ile yulaf tohumlarında azaldığı belirltilmiştir (Fendri vd. 2013).

Çay (2013)' ın, Konya kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılması ve mısır bitkisi yetiştiriciliğine etkilerinin incelendiği çalışmada, atık suyun mısır bitkisinin gelişim dönemini, çiçeklenme süresi ve vejetasyon süresini değiştirdiği, kuru madde miktarının arttığı, koçan boyu, eni ve boyunu etkilemediği belirtilmiştir. Verim ve koçanda dane sayısının kentsel atık su ve temiz su kullanılanlarla aynı olduğu, arıtılmış su kullanımı ile düştüğü saptanmıştır. Çalışmada kullanılan kentsel atık suların arıtılarak ve seyreltilerek mısır tarımında kullanılabileceğini önermiştir.

Gutierrez vd. (1995) yapmış oldukları çalışmada, atık su uygulanan arazilerde ağır metal birikiminin olduğunu belirtmişlerdir. Atık su uygulanan topraklarda yetiştirilen bitkilerde Pb, Cd, Cu, Zn miktarlarının kritik değerleri geçmediği, fakat Pb, Cd, Cu, Zn miktarlarının toprağın üst katmanlarında birikme eğilimi gösterdiğini saptamışlardır. Ayrıca, atık sulardaki tuz içeriğinin fazla olması toprak tuzluluğunun artmasına neden olduğu, yüksek organik madde ve pH değerlerinin ağır metallerin çözünürlüğünü, alınmalarını ve taşınmalarını engellediğini bildirmişlerdir.

Şahin vd. (2011), Dokuz Sele Çayı' na (Ulubey - Uşak) karışan sanayi atıkları ile sulanan bazı kültür bitkilerinin çimlenme ve gelişmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sanayi atıkları ile sulanan, mısır (*Zea mays* L.), ayçiçeği (*Helianthus annus* L.), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve yemlik pancarın (*Beta vulgaris* L. ssp. *crassa* Mansf.) çimlenme, boy ve ağırlık artışının önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak atık su çimlenme ve gelişme geriliğine neden olduğu için bu bitkiler için sulama suyu olarak kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir.

Kırmızı ve Ayaz (1992), bazı kültür bitkilerinin çimlenmesinde deterjanlı atık suyun etkisini araştırmıştır. Atık suyun, sulama suyu olarak uygulandığı bitkilerin kök ve yapraklarında toksik etki meydana geldiği, kök ve yan kök gelişiminin engellendiği, kirliliğin artışına bağlı olarak tohumların çimlenme ve gelişme üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu saptamışlardır.

Aybeke vd. (2000), zeytinyağı fabrikası atık suyu ile yetiştirilen buğdayda (*Triticum aestivum* L.) kök ucu hücrelerinde mitoz bölünme ve total protein miktarını değerlendirmişlerdir. Zeytinyağı fabrikası atık suyunun farklı konsantrasyonları ile yetiştirilen buğday tohumlarında çimlenme oranının düştüğü, ayrıca mitotik anormalliklerin ve mitotik sıklığın arttığını saptamışlardır. Buğdayda ki protein miktarlarında konsantrasyon ve uygulama süresine bağlı olarak düşüş belirlemişlerdir.

Ayrıca çok nükleuslu veya parçalanmış nükleuslu hücreler ile sayısal veya yapısal kromozom mutasyonları da saptanmıştır. Zeytinyağı fabrikası atık suyunun doğrudan nükleer madde ve protein sentezi üzerinde toksik etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Güneysu (2004), Çanakkale ilindeki sanayi kuruluşu atık sularının ekonomik öneme sahip bitki türü olan *Allium cepa* L. (soğan), *Vicia faba* L. (bakla), *Phaseolus vulgaris* L. (fasulye), *Capsicum annuum* L. (biber), *Lycopersicum esculentum* L. (domates) üzerinde enzimatik ve genetiksel değişimlerini incelemiştir. Çalışmada, farklı konsantrasyonlarda uygulanan atık suyun soğan ve bakla kök ucu meristem hücrelerinde, konsantrasyona bağlı olarak çeşitli kromozom anomalilerine neden olduğunu saptamıştır. Anafazda kutup kayması, kalgın kromozom, fragment oluşumu ve düzensiz kromozom dağılımı tespit edilmiştir. Ayrıca 4 bitki türünde kontrole göre peroksidaz enzim aktivitesinde azalma olduğunu bildirmiştir.

Gaziantep atık sularından etkilenen toprak ve bu topraklarda yetişen patlıcan, biber ve domates sebzelerinin yenen kısımlarında Cu, Co, Mn, Zn ve Fe' in konsantrasyonlarını tayin etmek ve potansiyel sağlık risklerini ortaya koymak için yapılan çalışmada, Cu, Co, Mn, Zn ve Fe' in bazı noktalarda ulusal ve uluslararası sınır değeri aştığı, toprak numunelerinde ise sınır değeri aşmadığı tespit edilmiştir. Ancak uzun süreli atık suya maruz kalmış toprak ve bitkilerde metal konsantrasyonlarında artışa neden olacağını belirtmiştir (Deveci 2012).

Yeşilırmak'ın Almus - Erbaa kolu üzerinde bulunan yerleşim yeri ve sanayiye ait sıvı atıkların, bazı kültür bitkilerinde çimlenme, bitki boyu ve bitki ağırlığına etkisinin araştırıldığı çalışmada, kültür bitkilerinde çimlenme, büyüme ve gelişme geriliğinin olduğu saptanmıştır (Koç ve Kandemir 1996).

3. MATERYAL ve METOD

3.1 Çalışma Alanının Özellikleri

Adıyaman' ın batısından geçen Eğri Çay, Tucak Dağı eteklerinden doğar ve 32 km uzunluğa sahiptir. (Şekil 3. 1). Adıyaman Organize Sanayi Bölgesinin ve kanalizasyonun atık suları Eğri Çaya karışmaktadır (Şekil 3. 2). Ayrıca bu çaya yakın tarım alanları ve bahçeler bulunmaktadır.



Şekil 3. 1 Atık suyun alındığı bölge



Şekil 3. 2 Eğri Çaya karışan sular

3. 2 Bitkisel Materyal

Çalışmada kullanılan pepino (*Solanum muricatum* Ait.) Solanaceae familyasında yer almaktadır. Pepino fidelerinden 10-15 cm boyunda yapraklı sürgün çelikleri (köksüz) hazırlanmıştır. Perlit içeren aynı büyüklükteki saksılara, her saksıda 6 adet çelik olacak şekilde dikilmiştir. Çelikler dikildikten sonra saksılar kontrol ve atık su uygulanan gruplar olmak üzere ayrılmıştır. Denemelerde kullanılan atık su Mayıs 2015 tarihinde, Adıyaman Organize Sanayi Bölgesinin ve kanalizasyonun Eğri Çaya karıştığı noktadan alınmıştır (Şekil 3. 1, 3. 2).

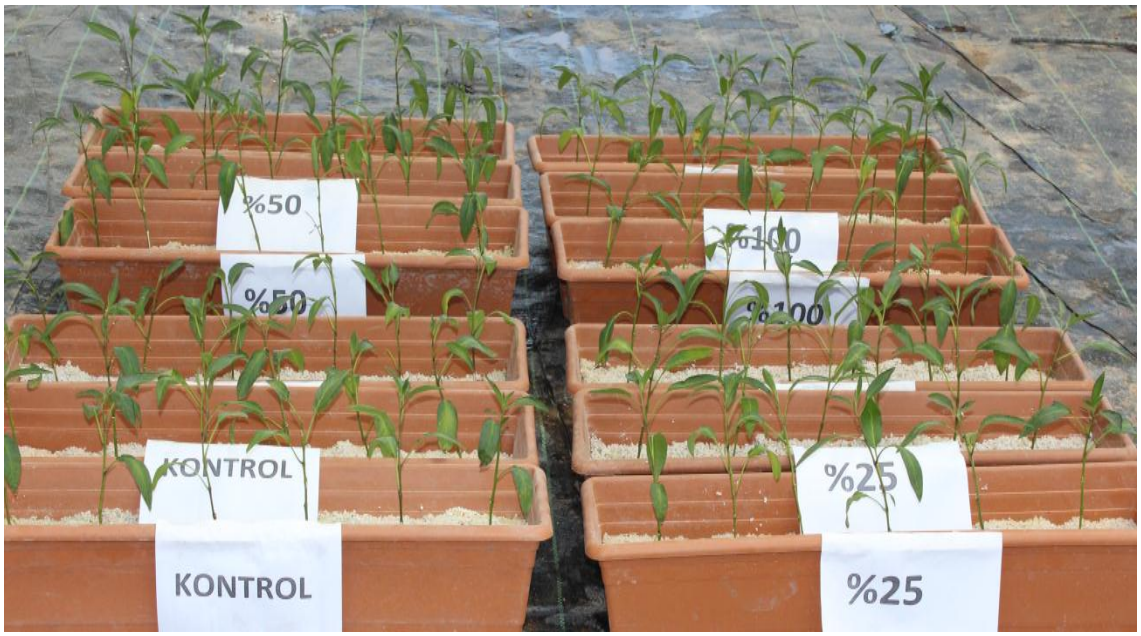
Kontrol grubundaki çelikler distile su, atık su uygulanan gruplar ise değişik konsantrasyonlarda hazırlanan % 25, % 50 ve % 100' lük atık su ile sulanmıştır (Şekil 3. 3). Çeliklerin atık sudan etkilenmeye başladığı andan itibaren denemeler sonlandırılmıştır (13 gün).

Denemeler sonunda kontrol ve atık su uygulanan gruplarda kök oluşumu yüzdeleri belirlenmiştir. Ayrıca analizler için kontrol ve atık su uygulanan pepino çeliklerinin yapraklarından örnekler alınmıştır. Pepino yapraklarında, klorofil a (Kl a), klorofil b (Kl b), karotenoidler, toplam fenolik bileşikler, malondialdehit (MDA), prolin ve mineral madde analizleri yapılmıştır.

Denemeler doğal koşullarda, gündüz ortalama sıcaklığın 33.46 ºC ve nemin % 24.07, gece ortalama sıcaklığın 16. 4 ºC ve nemin % 59. 84 olduğu doğal fotoperiyot şartlarındaki serada yapılmıştır (Tablo 3. 1).

Tablo 3. 1 Denemelerin yapıldığı seranın sıcaklık ve nem değerleri

	Gündüz	**Gece**
Min. sıcaklık	28.2	12.9
Max. sıcaklık	38.3	21.2
Ortalama sıcaklık	33.46	16.4
Min. nem	10	45
Max. nem	35	72
Ortalama nem	24.07	59.84



Şekil 3. 3 Atık su uygulanan pepino fideleri

3. 3 Metodlar

3.3.1 Atık su analizi

Adıyaman Eğri Çay'ından alınan atık su numunesinde sıcaklık, basınç, çözünmüş oksijen (DO), iletkenlik (C), toplam çözünmüş katı madde (TDS), pH, Amonyum (NH_4N) ve Amonyak (NH_3N) ölçümleri YSI Professional plus cihazında, turbidite (bulanıklık) ölçümü ise AL 250 T–IR cihazında okutuldu.

Atık su numunesindeki bazı mineral madde ve ağır metal analizleri AAS (PinAAcle 900 T) ve ICP–MS (350 X Nexion Perkin Elmer) ile belirlendi.

3.3.2 Bitkilerdeki mineral madde analizleri

Kontrol ve atık su uygulanan gruplardan mineral madde analizleri için yaprak örnekleri alındı. Mineral madde analizleri ICP–MS (350 X Nexion Perkin Elmer) cihazına enjeksiyon edilerek okutuldu.

3.3.3 Pigmentlerin belirlenmesi

1 g yaprak örnekleri 50 mL asetonla homojenize edildi. Örnekler + 4 ºC' de 24 saat bekletildi. Daha sonra örneklere distile su ileve edilerek tekrar homojenize edildi ve süzüldü. Süzülmüş örnekler 3000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildi (De Kok ve Graham 1989). Santrifüj işlemi bittikten sonra örnekler Lichtenthaler ve Wellburn (1983)' a göre 662, 645 ve 470 nm' de okutuldu ve hesaplandı.

3.3.4 Toplam fenoliklerin belirlenmesi

Pepino yaprak örneklerinden 50 mg tartıldı ve 2.5 mL etanol ilave edilerek homojenize edildi. Daha sonra örnekler 25 ºC sıcaklıkta 24 saat boyunca çalkalamalı su banyosunda çalkalandı. 24 saat sonra örnekler süzüldü ve 3000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildi. Santrifüj edilen örneklerden 1 mL süpernatant alındı. 1 mL süpernatant üzerine 1 mL etanol, 5mL distile su ve 1 mL folin reaktifi eklendi ve çalkalandı. 3 dakika sonra karışıma 3 mL % 2' lik Na_2CO_3 ilave edilerek 2 saat karanlık ortama bırakıldı ve aralıklı olarak çalkalandı. Son olarak 760 nm' de absorbans değerleri okutulan örneklerin miktarları standart gallik asit eşdeğerliğine bağlı olarak belirlendi (Slinkard ve Singleton 1977, Chandler ve Dodds 1983).

3.3.5 Malondialdehit (MDA) belirlenmesi

Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarından 0.5 g alınıp üzerine % 0.1' lik 5 mL trikoloroasetik asit (TCA) ilave edildi ve homojenize edildi. Daha sonra örnekler 10.000 rpm' de 5 dakika santrifüj edildi. Bu karışımın 2 mL' si alınıp üzerine 2 mL % 0.5' lik thiobarbiturik asit (TBA) ilave edilerek 95 ºC sıcaklıkta ki su banyosunda 30 dakika kaynatıldı. (TBA %20' lik TCA içerisinde hazırlanmıştır). 30 dakika sonra örnekler alınarak buz banyosunda soğutuldu ve 10.000 rpm' de tekrar 15 dakika santrifüj edildi. Örneklerin absorbansı 532 nm ve 600 nm' de okutuldu. 532 nm' de saptanan ölçümlerden 600 nm' de saptanan ölçümler çıkarılarak, 155 $mM^{-1}cm^{-1}$ ekstinksiyon katsayısı ile MDA miktarı hesaplandı (Heath ve Packer 1968).

3.3.6 Prolin analizi

Prolin tayini Bates vd. (1973)' nın yöntemine göre belirlendi. Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarından 0.5 g yaprak dokusu 10 mL % 3' lük sülfosalisilik asit içinde homojenize edildi. Daha sonra örnekler whatman filtre kâğıdı ile süzüldü. Karışımdan 2 mL alındı ve üzerine 2 mL asit ninhidrin, 2 mL glasiyal asetik asit ilave edilerek 1 saat 100 ºC su banyosunda bekletildi. Daha sonra örnekler reaksiyonun durması için 5 dakika buz banyosunda bekletildi. Örneklere ve standartlara 4 mL toluen ilave edilerek karıştırıldı. Üst kısımda oluşan faz otomatik pipet ile alındı ve 520 nm' de absorbansları ölçüldü. Prolin konsantrasyonları kalibrasyon eğrisi ile µg prolin olarak belirlendi ve yöntemde belirtilen eşitlikte değerler yerine konularak yaprakta bulunan prolin miktarı µM g^{-1} taze ağırlık olarak belirlendi.

3.3.7 İstatistik analizler

Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS 16.0 programında yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesi için Duncan, homojen dağılım göstermeyen Kl b, karotenoid ve silisyum için Dunnet–C testi kullanılmıştır. Analizlerde $p<0.05$ önemli kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Atık Su Analizi

Denemelerde kullanılan atık su örneklerinin analizi ile ilgili veriler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4. 1. Denemelerde kullanılan atık suyun bazı özellikleri

Parametreler	**Atık suyun Özellikleri**
Sıcaklık	20.8 ºC
Basınç	698.5 mmHg
DO	39.6 % lt
C	9.4 µs / cm
TDS	6.50 mg / lt
pH	7.46
NH_4 - N	10 mg / lt
NH_3N	0.13 mg / lt
Turbidite	108 ntu

Adıyaman Eğri çay' dan alınan atık su örneklerinde potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), silisyum (Si), mangan (Mn), fosfat (P), demir (Fe), sodyum (Na), çinko (Zn), alüminyum (Al), arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb), gümüş (Ag) ve civa (Hg) gibi bazı ağır metaller ve mineral besin elementleri incelenmiştir (Tablo 4. 2).

Tablo 4. 2 Sulama suyu ve atık su konsantrasyonlarının karşılaştırılması (FAO,1985)

Element	**Sulama Suyunda Elementler İçin Önerilen Maksimum Konsantrasyon (FAO)**	**Atık Sudaki Elementlerin Konsantrasyonu**
K	0 – 2 (mg / l)	8.81 (mg / l)
Mg	0 – 5 (me / l)	1.31 (me / l)
Ca	0 – 20 (me / l)	3.42 (me / l)
Si	1–80 (mg / l)	0.667 (mg / l)
Mn	0.20 (mg / l)	0.003 (mg / l)
P	0 – 2 (mg / l)	1.81 (mg / l)
Fe	5.0 (mg / l)	0.076 (mg / l)
Na	0 – 40 (me / l)	6.38 (me / l)
Zn	2.0 (mg / l)	0.027 (mg / l)
Al	5.0 (mg / l)	0.158 (mg / l)
As	0.10 (mg / l)	0.001 (mg / l)
Cd	0.01 (mg / l)	0.002 (mg / l)
Cr	0.10 (mg / l)	0.002 (mg / l)
Cu	0.20 (mg / l)	0.013 (mg / l)
Ni	0.20 (mg / l)	0.005 (mg / l)
Pb	5.0 (mg / l)	0.003 (mg / l)
Ag	5.0 (mg / l)	0.0002 (mg / l)
Hg	0.2 (mg / l)	0.0004 (mg / l)

(me l^{-1}= mg l^{-1} /eşdeğer ağırlık)

Sudaki bazı ağır metal ve mineral madde analizleri değerlendirildiğinde; FAO (1985)' nun sudaki önerdiği konsantrasyonlara göre denemelerde kullanılan atık suda K elementi hariç diğer elementler ve ağır metallerin toksik düzeyde olmadığı tespit edildi (Tablo 4. 2).

4.2 Morfolojik Değişimler ve Kök Oluşumu

Atık su uygulanan pepino sürgün çeliklerinde bazı morfolojik değişimler gözlendi (Şekil 4. 1). % 100' lük atık su uygulanan sürgün çeliklerinin yapraklarında kloroz ve nekrotik lekelerin oluştuğu görüldü (Şekil 4. 2). Çelik boy uzunluklarının %25 ve %50' lik konsantrasyonlarda diğer gruplara (kontrol ve % 100) göre daha fazla olduğu gözlemlendi. Kontrol ve % 100' lük konsantrasyonlardaki çeliklerin boy uzunluklarının ise birbirine yakın olduğu belirlendi (Şekil 4. 3).



Şekil 4. 1 Denemeler sonundaki pepino yapraklarının görüntüsü



Şekil 4. 2 Atık su uygulanan (% 100) pepino yapraklarındaki kloroz ve nekrotik lekeler



Şekil 4. 3 Kontrol ve atık su uygulanan pepino çeliklerinde boy uzunluklarının karşılaştırılması

Kontrol ve atık su uygulanan çeliklerde köklenmenin olduğu tespit edildi. Pepino çeliklerindeki köklenme oranları, kontrol ve atık su uygulanan bütün gruplarda % 100 olarak belirlendi. Köklenme oranlarındaki değişimlerin kontrole göre atık su uygulanan gruplarda önemsiz olduğu saptandı (Şekil 4. 4, Tablo 4. 3) ($p > 0.05$). Kök uzunlukları ve yoğunluklarının kontrole göre atık su uygulanan gruplarda arttığı saptandı (Şekil 4. 5).



Şekil 4. 4 Kontrol ve atık sudaki pepino çeliklerinde kök oluşumu

Pepino fidelerinin biyomasları kontrole göre atık su uygulanan gruplarda arttığı bulundu. En yüksek biyomas % 50' lik konsantrasyonda tespit edildi. Biyomas kontrolde 20.43 g, %25' lik atık suda 21.63 g, % 50' lik atık suda 24.10 g, % 100' lük atık suda ise 22.33 g bulundu (Tablo 4. 3). Kontrole göre atık sudaki fidelerin biyomas değişimleri önemsiz bulundu ($p > 0.05$), (Tablo 4. 3).

Tablo 4. 3 Kontrol ve atık su uygulanan pepino çeliklerinde köklenme (%) ve biyomas (g)

	Köklenme %'si	**Biyomas (g)**
Kontrol	100 [a]	20.43±1.2 [a]
% 25	100 [a]	21.63±0.4 [a]
% 50	100 [a]	24.10±1.8 [a]
% 100	100 [a]	22.33±3.1 [a]

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistikî açıdan ($p< 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz ($p> 0.05$) olduğu bulundu (Duncan Testi).



Şekil 4. 5 Kontrol ve atık su uygulanan pepino çeliklerinde gözlenen kök yoğunlukları

4.3 Mineral Madde Değişimleri

Denemelerde kullanılan atık suda ağır metal düzeyleri toksik düzeyde olmadığı için değerlendirilmemiştir (Al, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Ag ve Hg). Bu nedenle yapraklarda bazı mineral maddelerin analizleri yapılmıştır (K, Mg, Ca, Si, Mn, P, Fe, Na ve Zn).

Kontrol ve atık su uygulanan gruplarda potasyum düzeylerinin; kontrole göre atık su uygulanan pepino yapraklarında arttığı bulundu ancak bu artışın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlendi ($p>0.05$), (Tablo 4. 4). Potasyum miktarları kontrol grubunda 18.48 mg L^{-1}, %25' lik atık suda 19.49 mg L^{-1}, % 50' lik atık suda 15.68 mg L^{-1}, % 100' lük atık suda ise 21.65 mg L^{-1}olarak bulundu.

Pepino yapraklarındaki magnezyum düzeylerinin kontrolde 3.94 mg L^{-1}, % 25' lik atık suda 4.19 mg L^{-1}, % 50' lik atık suda 3.53 mg L^{-1}, % 100' lük atık suda ise 4.25 mg L^{-1} belirlendi. Kontrole göre atık su uygulanan gruplardaki Mg değişimlerinin önemsiz olduğu saptandı ($p>0.05$) (Tablo 4. 4).

Kalsiyum değerlerinin uygulanan atık su konsantrasyonlarına bağlı olarak değiştiği belirlendi. Kontrole göre % 25' lik atık suda arttığı (14.83 mg L^{-1}) ($p> 0.05$), % 50' lik atık suda azaldığı (12.41 mg L^{-1}) ($p>0.05$), % 100' lük atık suda ise arttığı (14.70 mg L^{-1}) ($p> 0.05$) bulundu (Tablo 4. 4).

Silisyum elementinin miktarları kontrolde 123.37 mg L^{-1}, % 25' lik atık suda 122.65 mg L^{-1}, % 50' lik atık suda 120.94 mg L^{-1}, % 100' lük atık suda ise 122.99 mg L^{-1} belirlendi. Si değişimlerinin de kontrole göre atık su uygulanan gruplarda önemsiz olduğu bulundu ($p>0.05$) (Tablo 4. 4).

Pepino yapraklarındaki mangan değerleri kontrol grubunda 42.08 mg L^{-1}, %25'lik atık suda 42.02 mg L^{-1}, % 50' lik atık suda 35.42 mg L^{-1}, % 100' lük atık suda 42.00 mg L^{-1} olarak belirlendi. Kontrole göre atık su uygulanan gruplarda Mn değişimlerinin önemsiz olduğu bulundu ($p> 0.05$) (Tablo 4. 4).

Fosfor değerlerinin kontrole göre % 25 ve % 50'lik atık su konsantrasyonlarında azaldığı, % 100' lükte ise arttığı saptandı. Kontrolde 2.01 mg L^{-1}, % 25' lik atık suda 1.90 mg L^{-1}, % 50' lik atık suda 1.86 mg L^{-1}, % 100' lük atık suda 2.24 mg L^{-1} olarak belirlendi. Kontrolle kıyaslandığında, P değişimlerinin önemsiz olduğu belirlendi ($p> 0.05$) (Tablo 4. 4).

Kontrol ve atık su uygulanan gruplardaki demir değişimlerinin önemsiz olduğu bulundu ($p > 0.05$). Fe miktarları kontrolde, 267.25 mg L^{-1}, % 25' lik atık suda 291.19 mg L^{-1}, % 50' lik atık suda 235.16 mg L^{-1}, % 100' lük atık suda 268.58 mg L^{-1} olarak belirlendi (Tablo 4. 4).

Atık su uygulanan pepino yapraklarındaki sodyum değerleri kontrol grubunda 0.27 mg L^{-1}, % 2' de 0.28 mg L^{-1}, % 50' de 0.46 mg L^{-1}, % 100' de ise 0.52 mg L^{-1}, olarak bulundu. Na değişimlerinin kontrole göre % 25 ve % 50' lik atık suda önemsiz ($p > 0.05$), % 100' lük atık suda önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlendi (Tablo 4. 4).

Çinko değerlerinin kontrole göre % 25' de arttığı (105.16 mg L^{-1}), % 50 ve % 100' lük atık suda azaldığı belirlendi. En düşük Zn miktarı % 50' lik konsantrasyonda bulundu (68.76 mg L^{-1}). Zn değişimlerinin kontrole göre % 25' de önemsiz ($p > 0.05$), % 25 ve % 50' lik atık suda önemli ($p < 0.05$) olduğu saptandı (Tablo 4. 4).

Tablo 4. 4 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında bazı elementlerin konsantrasyon değerleri (mg L^{-1})

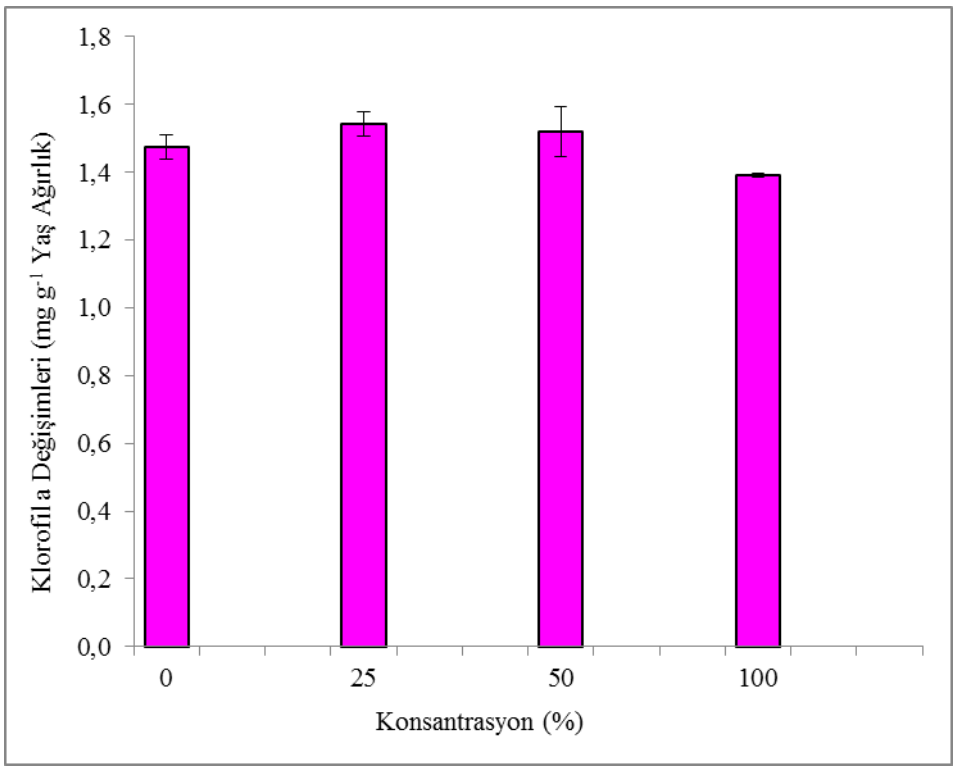
	Konsantrasyonlar			
Element	**Kontrol**	**% 25**	**% 50**	**% 100**
K	18.48±3.5 [a]	19.49 ±1.2 [a]	15.68±4.2 [a]	21.65±2.3 [a]
Mg	3.94±0.25 [a]	4.19±0.16 [a]	3.53±0.58 [a]	4.25±0.36 [a]
Ca	13.74±0.78 [ab]	14.83±0.28 [a]	12.41±1.24 [b]	14.70±0.32 [a]
Si	123.37±1.46 [a]	122.65±4.15 [a]	120.94±5.04 [a]	122.99±0.79 [a]
Mn	42.08±3.85 [a]	42.02±1.74 [a]	35.42±3.98 [a]	42.00±2.96 [a]
P	2.01±0.57 [a]	1.90±0.16 [a]	1.86±0.41 [a]	2.24±0.45 [a]
Fe	267.25±73.27 [a]	291.19±10.10 [a]	235.16±16.97 [a]	268.58±57.07 [a]
Na	0.27±0.11 [a]	0.28±0.03 [a]	0.46±0.14 [ab]	0.52±0.05 [b]
Zn	100.23±5.83 [a]	105.16±3.66 [a]	68.76±11.92 [b]	86.36±4.70 [c]

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistikî açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz ($p > 0.05$) olduğu bulundu (Duncan Testi, Dunnet – C Testi).

4.4 Pigmentler

4.4.1 Kl a

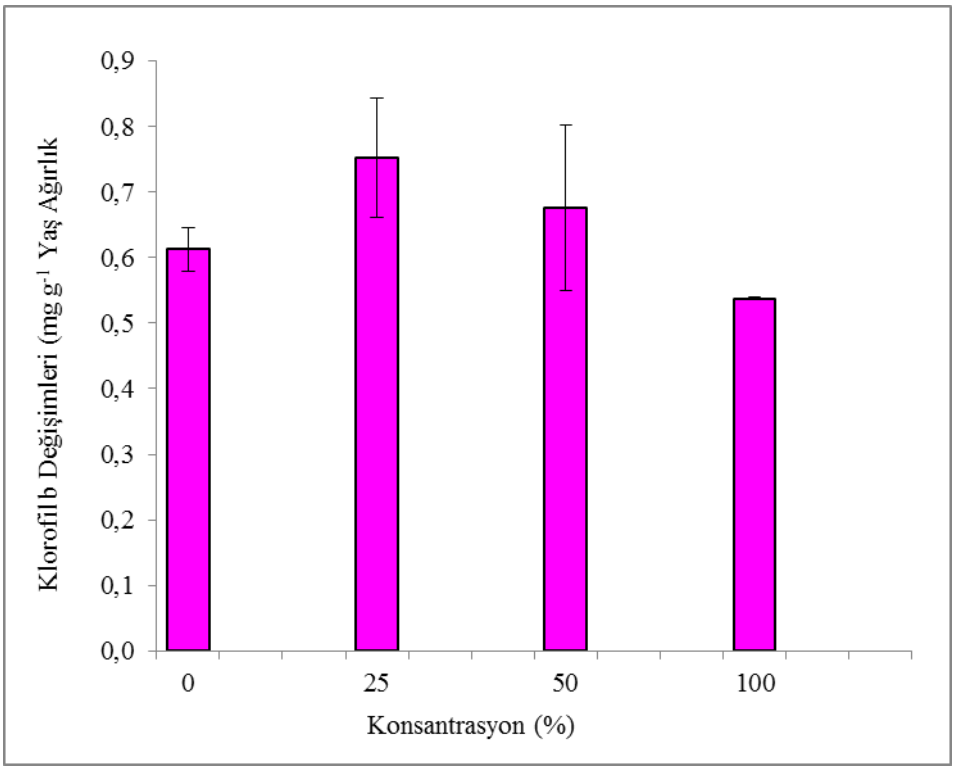
Kl a düzeylerinin kontrole göre % 25 ve % 50' lik atık suda arttığı, % 100' lük konsantrasyonda ise azaldığı belirlendi. Kontrole göre 100' lük atık su uygulanan gruplarda Kl a değişimlerinin önemli olduğu bulundu ($p< 0.05$). Kl a değerleri kontrol grubunda 1.47 mg g^{-1}, % 25' de 1.54 mg g^{-1}, % 50' de 1.51 mg g^{-1} ve % 100' de 1.39 mg g^{-1} olarak belirlendi (Şekil 4. 6, Tablo 4. 5).



Şekil 4. 6 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında Kl a değişimleri (mg g^{-1}Yaş ağırlık)

4.4.2 Kl b

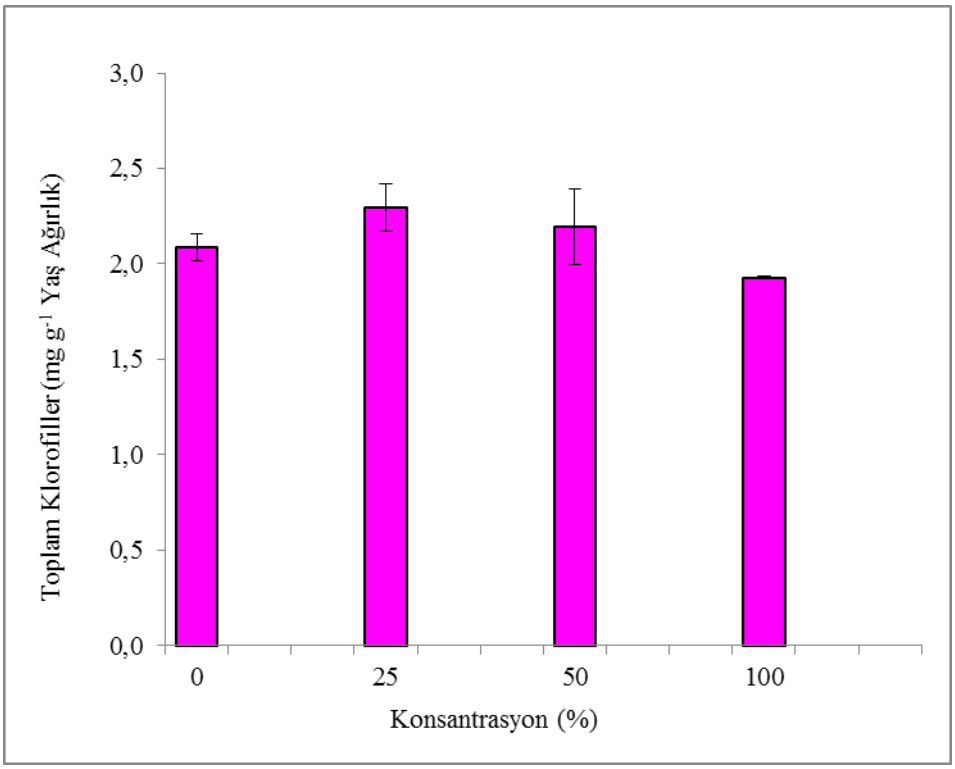
Kl b düzeylerinin atık su uygulamasına bağlı olarak değiştiği saptandı. En yüksek Kl b içeriğinin % 25' lik atık suda, en düşük ise % 100' lük konsantrasyonda belirlendi. Kl b düzeylerinin kontrol grubunda 0.61 mg g^{-1}, % 25' de 0.75 mg g^{-1}, % 50' de 0.67 mg g^{-1}, % 100' de 0.53 mg g^{-1}saptandı. Kl b değişimlerinin kontrole göre atık su uygulanan gruplarda istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlendi (*p> 0.05*) (Şekil 4. 7, Tablo 4. 5).



Şekil 4. 7 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında Kl b değişimleri (mg g^{-1}Yaş ağırlık)

4.4.3 Toplam Klorofiller

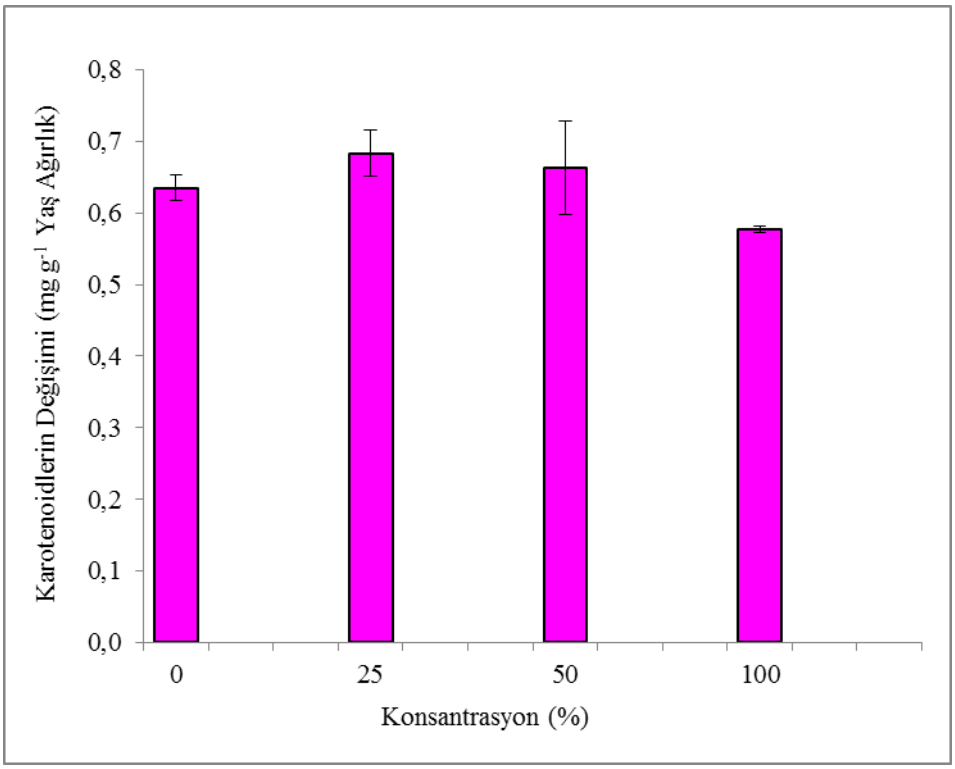
Pepino yapraklarındaki toplam klorofillerin, kontrole göre % 25 ve % 50' lik konsantrasyonlarda arttığı, % 100' lük atık suda ise azaldığı belirlendi. Toplam klorofil içerikleri kontrol grubunda 2.09 mg g^{-1}, % 25' de 2.29 mg g^{-1}, % 50' de 2.19 mg g^{-1} ve % 100' de 1.92 mg g^{-1} saptandı. Kontrole göre atık su uygulanan pepino bitkisinin toplam klorofil içeriklerinde önemli bir değişim gözlenmedi (*p> 0.05*) (Şekil 4. 8, Tablo 4. 5).



Şekil 4. 8 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında toplam klorofil değişimleri (mg g^{-1}Yaş ağırlık)

4.4.4 Karotenoidler

Karotenoid içeriklerinin % 25 ve % 50' lik konsantrasyonlarda kontrole yakın olduğu saptandı. % 100' lük atık suda ise kontrole göre azaldığı bulundu. Karotenoid içerikleri kontrolde 0.63 mg g^{-1}, % 25' de 0.68 mg g^{-1}, % 50' de 0.66 mg g^{-1} ve % 100' lük atık suda 0.57 mg g^{-1} olarak belirlendi. Kontrole göre atık su uygulanan gruplarda karotenoid içeriklerindeki değişimlerin önemsiz olduğu saptandı ($p>0.05$) (Şekil 4. 9, Tablo 4. 5).



Şekil 4. 9 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında karotenoidlerin değişimleri (mg g^{-1}Yaş ağırlık)

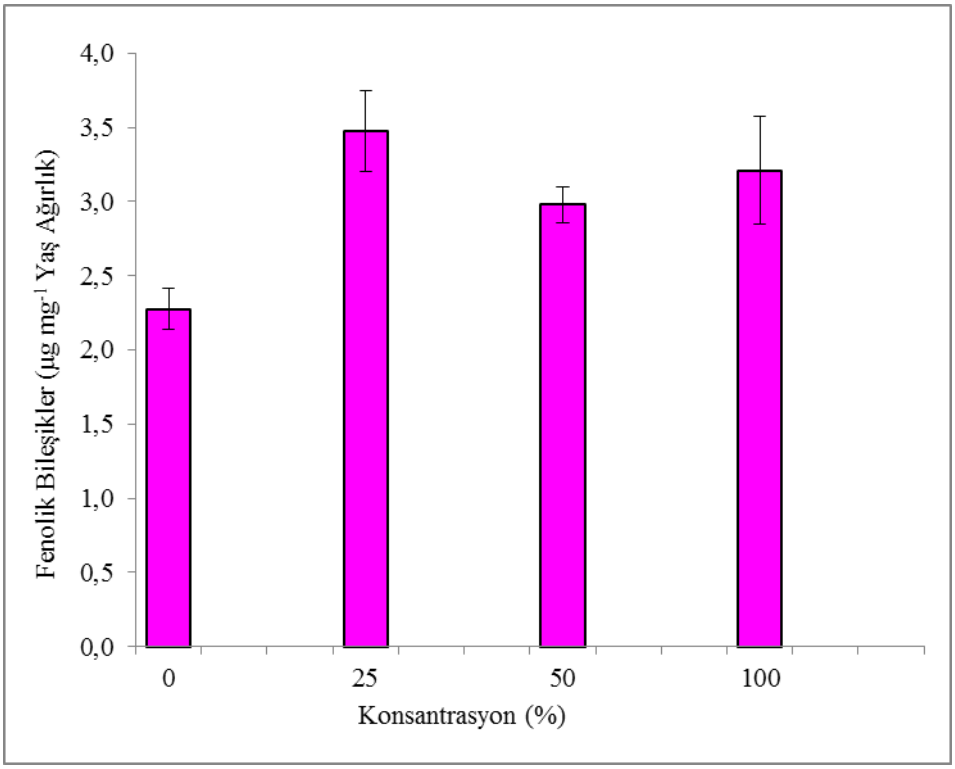
Tablo 4. 5 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında Kl a, Kl b, karotenoidler ve toplam klorofil içeriklerinin istatistiksel değerlendirilmesi (mg g^{-1} Yaş ağırlık)

	Kl a	**Kl b**	**Toplam Klorofiller**	**Karotenoidler**
Kontrol	1.47 ± 0.03 **a**	0.61 ± 0.03 **ab**	2.09 ± 0.07 **ab**	0.63 ± 0.01 **ab**
%25	1.54 ± 0.03 **a**	0.75 ± 0.09 **a**	2.29 ± 0.12 **a**	0.68 ± 0.03 **a**
%50	1.51 ± 0.07 **a**	0.67 ± 0.12 **ab**	2.19 ± 0.19 **a**	0.66 ± 0.6 **a**
%100	1.39 ± 0.00 **b**	0.53 ± 0.00 **b**	1.92 ± 0.00 **b**	0.57 ± 0.00 **b**

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistikî açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz ($p>0.05$) olduğu bulundu (Duncan Testi, Dunnet - C Testi).

4.5 Toplam Fenoliklerin Değişimi

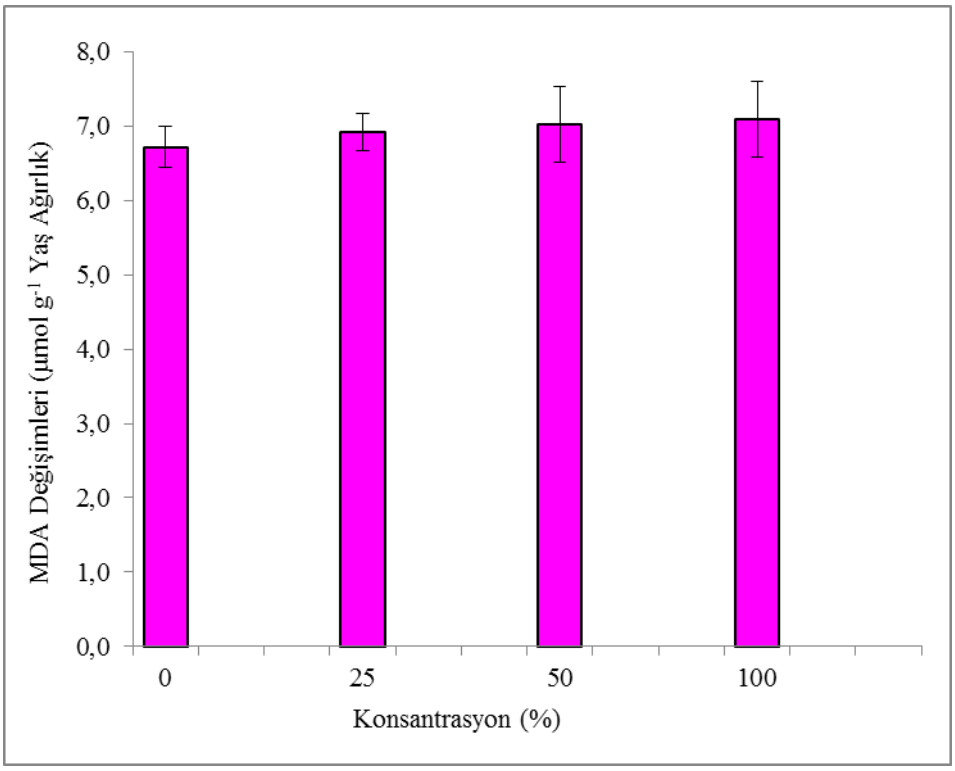
Atık su uygulanan pepino bitkisinin yapraklarındaki toplam fenoliklerin kontrole göre önemli farklılıklar gösterdiği saptandı (p<0.05) (Şekil 4.10, Tablo 4. 6). En yüksek fenolik bileşik düzeyi % 25' lik atık suda (3.47 µg mg^{-1}), en düşük ise kontrol grubunda (2.27 µg mg^{-1}) belirlendi (Şekil 4. 10, Tablo 4. 6).



Şekil 4.10 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında toplam fenolik bileşiklerin değişimi (µg mg^{-1}Yaş ağırlık)

4.6 Malondialdehit (MDA) Değişimleri

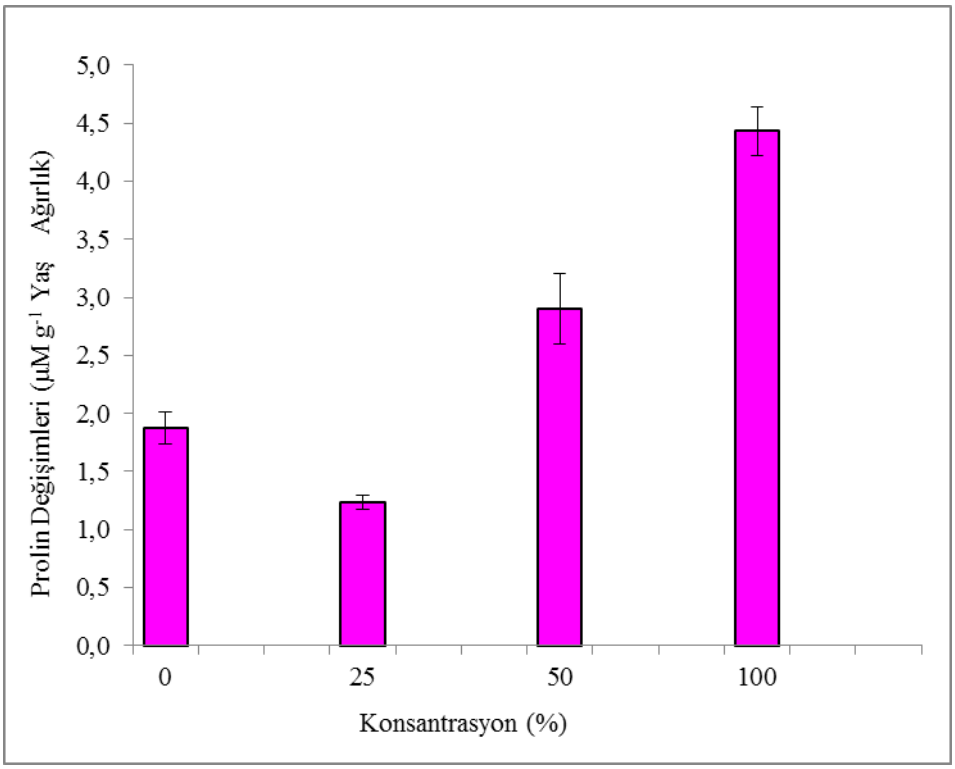
Atık su uygulanan pepino yapraklarında kontrole göre MDA içeriklerinin arttığı belirlendi. MDA içerikleri kontrol grubunda düşük, % 100' lük atık suda yüksek bulundu. MDA içeriklerindeki değişimlerin kontrole göre atık su uygulanan gruplarda önemsiz (p>0.05) olduğu belirlendi (Tablo 4. 6). MDA değerleri kontrol grubunda 6.71 µmol g^{-1}, % 25' de 6.92 µmol g^{-1}, % 50' de 7.02 µmol g^{-1} ve % 100' de 7.09 µmol g^{-1} bulundu (Şekil 4. 11, Tablo 4. 6).



Şekil 4. 11 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında MDA değişimleri (µmol g^{-1} Yaş ağırlık)

4.7 Prolin Değişimleri

Pepino yapraklarındaki prolin değişimlerinin kontrol ve atık su uygulanan gruplarda farklılıklar gösterdiği bulundu ($p<0.05$) (Şekil 4. 12, Tablo 4. 6). Prolin miktarlarının kontrole göre % 25' lik konsantrasyonda azaldığı, % 50 ve % 100' lük konsantrasyonlarda ise arttığı saptandı. Prolin içerikleri kontrolde 1.87 µM g^{-1}, % 25' de 1.23 µM g^{-1}, % 50' de 2.90 µM g^{-1}, % 100' de 4.43 µM g^{-1} belirlendi (Şekil 4. 12, Tablo 4. 6).



Şekil 4.12 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında prolin değişimleri (µM g^{-1} Yaş ağırlık)

Tablo 4. 6 Kontrol ve atık su uygulanan pepino yapraklarında toplam fenolikler (µg mg^{-1} Yaş ağırlık), MDA **(**µmol g^{-1} Yaş ağırlık**)** ve prolin (µM g^{-1} Yaş ağırlık) değişimlerinin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi

	Fenolikler	**MDA**	**Prolin**
Kontrol	2.27 ± 0.13 [a]	6.71 ± 0.28 [a]	1.87 ± 0.13 [a]
%25	3.47 ± 0.26 [b]	6.92 ± 0.25 [a]	1.23 ± 0.05 [b]
%50	2.97 ± 0.11 [c]	7.02 ± 0.50 [a]	2.90 ± 0.30 [c]
%100	3.20 ± 0.36 [bc]	7.09 ± 0.50 [a]	4.43 ± 0.20 [d]

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistikî açıdan ($p< 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz ($p> 0.05$) olduğu bulundu (Duncan Testi) .

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada, Adıyaman İlindeki Eğri Çay'dan alınan atık suyun (0, %25, %50 ve %100), pepino sürgün çeliklerinde bazı morfolojik parametreler, kök oluşumu ve fizyolojik değişimler üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Zeytinyağı fabrikası atık suyu uygulanan domates (*Lycopersicon esculentum* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.), bakla (*Vicia faba* L.), buğday (*Triticum durum* Desf.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkilerinin yapraklarında nekrozis ve düşük verimliliğin meydana geldiği belirtilmiştir (Mekki vd. 2006). Kağıt fabrikasının farklı konsantrasyonlardaki atık suyunun sazlık bitkileri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, atık su konsantrasyonunun artması ile kök uzunluğu ve biyomas artışının yanı sıra malondialdehit içeriği, süperoksit anyonları ve hidrojen peroksit içeriğinin konsantrasyon artışı ile azaldığı saptanmıştır (Meng vd. 2015).

Bira atık suyunun mısır, ayçiçeği ve susam bitkileri üzerindeki etkileri araştırıldığında, bitki boyu, kök kalınlığı, yaprak sayısı, yaprak alanı, toplam klorofil içeriği, prolin ve çözünür protein gibi büyüme parametrelerinin, uygulanan bira atık suyunun yüksek konsantrasyonlarında arttığı belirlenmiştir (Senthilraja vd. 2013).

Bhati ve Singh (2003) tarafından yapılan çalışmada, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. üzerinde saf tekstil atık suyun bitki büyümesini ve biyomasını azalttığı, belediye atık suyu ve tekstil atık suyu karışımının bitki büyümesi ve biyomas artışına neden olduğunu, belediye atık suyu ile sulanan fidelerin optimum büyüme gösterdiğini bildirmişlerdir. Atık suyun bitki büyümesi ve biyomas üzerine etkisinin, büyük ölçüde suda bulunan kimyasal maddelerin özellikle metal iyonların farklı olmasına yani atık suyun kalitesine bağlı olabileceğini rapor etmişlerdir.

Tekstil atık suyu uygulanan buğday (*Triticuma aestivum* L.) çeşitlerinde büyüme performansı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, farklı konsantrasyonlarda uygulanan atık suyun tüm buğday çeşitlerinde kök ve sürgün uzunluklarında artışa neden olduğu, en fazla artışın % 6.25' lik konsantrasyonda görüldüğü rapor edilmiştir. Sulama için atık su kullanımının, seyreltildikten sonra gübre özellikleri olan ek su kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Kaushik vd. 2005).

Parameswaran (1999) kentsel atık su ile sulanan *Helianthus tuberosus* L. bitkisinde kök boyu ve biyomas da artışa neden olduğunu saptamıştır. Süt endüstrisi atık su (% 50, % 70 ve % 100) ve zeytinyağı endüstrisi atık su (% 2.5, % 5 ve %10)

uygulanan *Elodea canadensis* Michx. (bataklık seven) bitkisinde, zeytinyağı atık su uygulanan grupta ana sürgün uzunlukların artan konsantrasyonla azaldığı, süt atık su uygulanan grupta ise ana sürgün uzunlukların artan konsantrasyon ile arttığı saptanmıştır. Zeytinyağı atık su uygulaması sonucu bitki de kısa ve az kök oluşumu, kısa gövde ve küçük yaprak oluşumu gözlenmiştir. Süt atık su uygulaması ile gövde ve yapraklarda nekroz oluşumu gözlenmiş ancak, artan konsantrasyon ile nekroz oluşumunda azalma görülmüştür (Aksoy 2013).

Yukarıda bahsettiğimiz çalışmalarda görüldüğü gibi atık sularla sulanan bitkilerin, kök yoğunluğu, kök uzunluğu, fide uzunluğu ve biyoması atık suyun niteliğine göre azalmakta ya da artmaktadır. Yaptığımız çalışmada pepino sürgün çeliklerinde, bütün atık su konsantrasyonlarında köklenmenin gerçekleştiği ve atık suyun artan konsantrasyonu ile kök yoğunluk ve uzunluğunun arttığı saptanmıştır (Şekil 4. 4, Şekil 4. 5, Tablo 4. 3). Atık suyun % 25 ve % 50' lik gruplarında sürgün çeliklerinin boy uzunluğunun diğer gruplara (kontrol ve % 100) göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 4. 3). Biyomaslarının konsantrasyona bağlı olarak arttığı fakat artışın önemsiz olduğu ve atık suyun yüksek konsantrasyonlarında (% 100) çelik yapraklarında kloroz ve nekrozların olduğu saptanmıştır (Şekil 4. 2, Tablo 4. 3). Bu konuda yapılan çalışmalar ve pepino bitkisindeki sonuçlar, atık suyun olumlu ya da olumsuz etkilerinin içeriğine, konsantrasyonuna, bitki ve bitki organlarına göre değişebileceğini göstermektedir.

Sulamada kullanılan bazı atık sularda, atık suyun çeşidine bağlı olarak bazı element ya da ağır metaller bulunmaktadır ve bu element ya da ağır metaller bitki büyüme ve gelişmesini olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir.

Atık su ile sulanan sebzelerde ağır metallerin biyolojik birikimi ve biyokimyasal değişikliklerinin etkisinin incelendiği çalışmada, atık su da ağır metaller (Fe, Mn, Pb, Cd ve Cr) düşük düzeylerde bulunsa da bitki örneklerinde birikim nedeniyle yüksek değerler gösterdiği saptanmıştır. Bitkilerin yaprak örneklerinde Cd ve Cr ağır metallerinin önemli ölçüde biriktiği belirtilmiştir. Atık su uygulanan toprakta yetişen sebzelerin *Brassica nigra* L. (karalahana), *Colocasia esculentum* L. (gölevez), *Raphanus sativus* L. (uzun beyaz turp)' un yenilebilir kısımlarında ağır metallerin birikiminin önemli olduğu belirtilmiştir. Ağır metal birikimi nedeniyle atık suyun

bitkilerde strese neden olduğu ve bunun sonucunda biyokimyasal değişimlere yol açtığı saptanmıştır (Gupta vd. 2010).

Endüstriyel atık suya maruz bırakılan *Eichhornia crassipes* Mart. (su sümbülü) bitkisinde ağır metal birikimi, tolerans limit ve biyokimyasal yanıtlarının araştırıldığı çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (0, 25, 50, 75 ve % 100) atık su uygulanan su sümbülü bitkisinde artan konsantrasyon ile ağır metal birikiminin arttığı tespit edilmiştir. *E. crassipes*' de ağır metal birikiminin atık suya bağlı olarak Cr > Ni > Zn > Cu yönünde olduğu bildirilmiştir. Ayrıca endüstriyel atık suyun *E. crassipes* bitkisinde, antioksidan (katalaz, peroksidaz aktivitesi ve prolin içeriği) ve biyokimyasal bileşenleri (pigmentler, protein, şeker içeriği ve amilaz aktivitesini) inhibe ettiği rapor edilmiştir (Singh vd. 2015).

Kisku vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada, karışık endüstriyel atık suyun bazı bitkiler üzerine uygulanması sonucu, bitkide Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr ve Cd ağır metallerinin en yüksek birikimi sırasıyla *Spinacea oleracea* L. (ıspanak), *Raphanus sativus* L. (uzun beyaz turp), *Amaranthus viridis* L. (horozibiği), *Lycopersicon esculentum* L. (domates), *Coriandrum sativum* L. (kişniş) ve *Solanum melongena* L. (patlıcan)' da saptanmıştır. Bitki dokularında Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarının kritik yoğunluğunun çok altında olmasına rağmen, Cu, Pb, Ni, Cr ve Cd bitki için öngörülen kritik konsantrasyon aralığı içindedir. Bu toksik ağır metallerin bitki yaşamını etkilediği ve verim kapasitesini azalttığını tespit etmişlerdir. Tarımsal alanların su sistemine boşaltılan atık suların ağır metal içermeleri ve bu ağır metallerin gıda zincirinin içine transfer olmaları nedeni ile risk teşkil ettiğini rapor etmişlerdir.

Paliwal vd. (1998), kanalizasyon suyu ile sulanan *Hardwickia binata* Roxb. bitkisinin büyüme performansı, biyokütle ve beslenme üzerine birikiminin araştırıldığı çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (0, 25, 50, 75 ve % 100) kanalizasyon atık suyu uygulanan *H. binata* bitkisinde ağır metallerin birikimi sırayla Mn > Zn > Pb > Cu olarak saptanmıştır. *H. binata* bitkisinde azot ve fosfor konsantrasyonlarının genellikle artan atık su konsantrasyonları ile arttığı saptanmıştır. Ayrıca % 75 ve % 10' luk atık su konsantrasyonlarının fide büyümesini geciktirdiği ve sadece % 50' lik konsantrasyonun *H. binata* için uygun olacağını bildirmişlerdir. Çalışmada kanalizasyon suyu ve sulama suyunun birlikte kaliteli fidan yetiştirme için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Pandey (2006), endüstriyel atık ile sulanan *Raphanus sativus* L. (turp) ve *Spinacia oleracea* L. (ıspanak) bitkilerinde ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn) birikimini incelediği çalışmasında, farklı konsantrasyonlarda (0, % 50 ve % 100) atık su uygulanan turp ve ıspanak bitkilerinde Cr, Cu, Ni ve Zn gibi metallerin yüksek birikim göstererek kontrol grubuna göre arttığını saptamıştır. Endüstriyel atık suya maruz bırakılan bitkilerde ağır metal birikimi sonucu bitkilerde bodur büyüme, bükülmüş ve düzensiz yaprak ayası, daha az genç yapraklar, kloroz, nekroz, eski yaprakların solması ve ölüm gibi toksik semptomlarada rastlanmıştır. Toksisitenin % 50 seyreltilmiş atık suya maruz bırakılan gruplarda daha az olduğunu belirlemiştir. Yapılan başka bir çalışmada belediye atık suyu ile sulanan *Beta vulgaris* L. (şekerpancarı) bitkisinde ağır metaller ve morfo-fizyolojik özellikler incelenmiştir. Atık suya maruz bırakılan şekerpancarı bitkisinde ağır metal alınımı maksimum Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr ve Cd olduğu gösterilmiştir. Ağır metallerin alınımı ve translokasyon oranı atık su uygulanan gruplarda yüksek görülmüştür. Ayrıca yer altı suyu ile sulanan gruba kıyasla atık su ile sulanan grupta bitki kök uzunluğu azalmış, yaprak alanı ise genişlemiştir. Atık su içindeki ağır metallerin şekerpancarı büyümesi üzerine olumlu etki yaptığı fakat atık suyun kullanılmasının çok uygun olmadığını rapor etmişlerdir (Singh ve Agrawal 2010). Yukarıdaki çalışmalarda da görüldüğü gibi bitkilerde ki ağır metal ya da mineral madde birikimi, bitki türüne, atık su çeşidine, atık su içerisinde bulunan ağır metallere, yoğunluğuna, miktar ve süresine göre değişmektedir. Bizim çalışmamızda da pepino bitkisine uygulanan atık suya bağlı olarak K, Mg, Ca, Si, Mn, P ve Fe elementlerinin birikiminde önemli bir değişiklik olmazken, atık suyun bazı konsantrasyonlarında Na ve Zn' daki değişimlerin önemli olduğu bulunmuştur (Tablo 4. 4).

Gübre, deterjan–sıvı yağ ve kanalizasyon atık sularının uygulandığı ayçiçeği bitkilerinde kontrole göre transpirasyonun ve klorofil içeriklerinin önemli derecede azaldığı ve aylara göre değiştiği belirtilmiştir (Gadallah 1995). Marwari ve Khan (2012)'nın farklı konsantrasyonlardaki tekstil atık suyunun domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, artan atık su konsantrasyonuna bağlı olarak domates bitkisinde toplam klorofil miktarının azaldığını saptamışlardır.

Khan vd. (2011) farklı konsantrasyonlarda (0, 10, 25, 50 ve 100) tekstil atık suyuna maruz bırakılan bezelye (*Pisum savitum* L.), mercimek (*Lens esculentum* L.),

nohut (*Cicer arietinum* L.) tohumlarında çimlenme ve bazı fizyolojik parametreleri incelemiştir. Klorofil miktarının düşük konsantrasyonda arttığını, yüksek konsantrasyonda ise azaldığını bildirmişlerdir.

Tekstil atık suyunun iki farklı fıstık (*Arachis hypogaea* L.) çeşidi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, atık su uygulamasına bağlı olarak çimlenmenin, klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğinin, büyüme parametrelerinin ve verimin arttığı belirtilmiştir (Saravanamoorthy ve Kumari 2007). Şehir atık suyunun mercimek (*Lens culinaris* Medik.) bitkisi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, atık su ile sulanan bitkilerin üç büyüme dönemlerinde de toplam klorofil içeriğinin ve karotenoid miktarının önemli derecede arttığı saptanmıştır (Azad 2006). Bizim yaptığımız çalışmada atık su konsantrasyonun artmasıyla pepino bitkisinin yapraklarındaki klorofil a, klorofil b ve karotenoid içeriklerinin, kontrole göre diğer gruplarda (% 25 ve % 50) arttığı ancak önemli olmadığı, % 100' lük gruplarda ise azaldığı ve önemli olduğu saptanmıştır (Şekil 4. 6, Şekil 4. 7, Şekil 4. 8, Şekil 4. 9, Tablo 4. 5). Yukarıdaki pigmentle ilgili bazı çalışmalarda artan atık su konsantrasyonlarına bağlı olarak pigment içeriklerinin azaldığı, bazı çalışmalarda ise arttığı belirtilmiştir. Atık suyun pigmentler üzerindeki etkilerinin konsantrasyona ve bitki çeşidine bağlı olarak değişebildiği görülmektedir.

Zeytinyağı fabrikası atık suyu uygulanan *Mentha piperita* L. (nane)' da fenollerin ve diğer fizyolojik parametrelerin değişimleri incelenmiştir. Atık su uygulanan nane yapraklarında biyokütle, su içeriği, klorofil miktarı ve köklerde toplam proteinlerin genel olarak azaldığı, fenollerin ise arttığını bildirmişlerdir (El – Hassanı vd. 2009). Makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) üzerine zeytinyağı fabrikası atık suyunun enzimatik uygulamayla birlikte, toplam fenollerinin azaldığı ve buna bağlı olarak çimlenmenin inhibe edildiği rapor edilmiştir. Fenollerin fitotoksite için ana belirleyici bir parametre olduğu belirtilmiştir (Casa vd. 2003).

Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) bitkileri üzerine zeytinyağı fabrikası atık suyunun toksik etkilerinin araştırıldığı çalışmada büyüme, fotosentez ve polen morfolojisi incelenmiştir. Atık suya maruz bırakılan ıspanak bitkisinde biyomas, yükseklik, toplam klorofil içeriği ve yaprak alanında azalış, polifenol içeriklerinde ise artış olduğu saptanmıştır (Asfi vd. 2012).

Zeytinyağı fabrikası atık suyunun domates ve karahindiba tohumlarına ön uygulaması yapılarak, tohumların çimlenmeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan zeytinyağı fabrikası atık suyunun fitotoksisiteye neden olduğu belirlenmiştir. Fenolik bileşiklerin ve organik asitlerin azalması ile beraber besin tuzlarında, partiküler maddelerde ve organik madde içeriğinde azalmalar meydana gelmiştir (Komilis vd. 2005). Bu çalışmada da, pepino yapraklarındaki fenolik bileşiklerin atık su uygulamasına bağlı olarak arttığı saptanmıştır (Şekil 4. 10, Tablo 4. 6). Bu sonuç, bitkilerin değişik stres koşullarında savunma amaçlı olarak fenolik bileşikleri üretebildiğini ve atık suya bağlı olarak da fenolik bileşiklerin artabileceğini göstermektedir.

Tekstil fabrikası atık su stresi ve bu strese karşı eksojen kalsiyum etkisinin incelendiği çalışmada, tekstil atık suyunun maş fasulyesinde (*Vigna radiate* L.) çimlenme, fide boyu ve taze ağırlığını, MDA ve prolin birikimini olumsuz etkilediği, tekstil atık suyu ve kalsiyumun birlikte uygulanması durumunda MDA ve prolin birikimini azalttığı belirtilmiştir (Mansoor ve Baig 2014).

Çavuşoğlu vd. (2010), bakla (*Vicia faba* L.) bitkisinin kök ucu hücreleri üzerine petrol atık suyunun neden olduğu toksisiteye karşı *Ginkgo biloba* L.'nın koruyucu etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, petrol atık suyuna maruz kalan bitkilerin kök dokularındaki MDA seviyesinin önemli derecede arttığı saptanmıştır. *G.* biloba' nın ise ağır metallerin olumsuz etkilerini baskıladığını tespit etmişlerdir.

Bazı sucul bitkilerle tekstil atık suyunun remediasyonu sırasında antioksidant enzimlerin değişimlerini inceledikleri çalışmada, değişik konsantrasyonlardaki tekstil atık suyunda MDA düzeylerinin yüksek olduğu, katalaz ve peroksidaz aktivitelerinin arttığı saptanmıştır (Al-Taee ve Witwit 2015). Yukarıdaki çalışmalarda belirtildiği gibi, bizim yaptığımız çalışmada da atık su konsantrasyonlarına bağlı olarak MDA miktarlarının arttığı saptanmıştır ancak artışın önemsiz olduğu belirlenmiştir (Şekil 4. 11, Tablo 4. 6). Bitkilerde oksidatif strese bağlı olarak MDA miktarları artabilmektedir. Bitkilerde atık su uygulamasına bağlı olarak MDA düzeylerinin arttığı ve bu artışın nedeninin diğer çalışmalarda belirtildiği gibi atık su içerisinde bulunan ağır metaller ve bazı elementlerle ilgili olduğu söylenebilir.

Endüstriyel atık ile sulanan zeytin (*Olea europaea* L.) bitkilerinin büyümesi ve biyokimyasal içeriğinde meydana gelen değişimlerin araştırıldığı çalışmada, atık su ile

sulanan zeytin çeşitlerinde prolin miktarının önemli derecede arttığı bulunmuştur (Al-Absi 2008). Yapılan diğer bir çalışmada, kanalizasyon atık suyuna maruz kalan köpek üzümü (*Solanum nigrum* L.) bitkisinin prolin, glisin betain, flavonoidler ve fenolik bileşikler gibi osmoprotektan ve antioksidan moleküllerinin birikiminin arttığı belirtilmiştir (Saad-Allah ve Elhaak 2015).

Noori vd. (2014) kanalizasyon atık suyunun *Aegilops columnaris* Zhuk. bitkisinde kök ve toprak üstü kısımlarındaki prolin, çözünür karbonhidrat ve katalaz aktivitesinin arttığını ve bu artışların nedeninin bitkinin savunma tepkisi olduğunu saptamışlardır.

Arıtılmış atık su ile sulanan soğan (*Allium cepa* L.) bitkisinde, kontrol bitkilerine göre atık su uygulanan bitkilerin klorofil miktarlarının arttığı saptanmıştır. Ayrıca çözünür şeker, prolin ve toplam protein seviyelerinin de kontrol bitkilerine kıyasla önemli oranda arttığı belirtilmiştir (Bedouh ve Bekhouche 2012). Yukarıdaki çalışmalarda belirtildiği gibi bizim çalışmamızda da atık suyun bazı konsantrasyonlarında (% 50 ve % 100), pepino yapraklarında prolin seviyesinin arttığı bulunmuştur (Şekil 4. 12, Tablo 4. 6). Atık su uygulamasına bağlı olarak prolin seviyesinin artması, bitkilerin stres koşullarına karşı göstermiş oldukları savunma tepkileri olarak düşünülebilir.

Sonuç olarak çalışmada, Adıyaman Eğri Çay' ından alınan atık suyun (sanayi bölgesi ve kanalizasyon karışımı) pepinonun (*Solanum muricatum* Ait.) sürgün çeliklerinde kök oluşumu ve bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Atık su uygulamasına bağlı olarak pepinonun sürgün çeliklerinde kök oluşumu ve kök yoğunluğunun arttığı, pigment düzeylerinin (Kl a, Kl b ve karotenoidler) yüksek konsantrasyonlarda (% 100) azaldığı, MDA, prolin ve toplam fenolik bileşiklerin arttığı bulunmuştur. Yapraklardaki K, Mg, Ca, Si, Mn, P ve Fe birikimlerinin önemsiz, Na ve Zn değişimlerinin önemli olduğu belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, atık suyun seyreltilerek kullanılmasının pepinoda köklenme için uygun olabileceği saptanmıştır. Atık su uygulamasına bağlı olarak pepinoda bazı savunma bileşiklerinin (fenolik bileşikler ve prolin) düzeyleri artmış olsa da, yüksek konsantrasyonlarında bazı fizyolojik parametreler (Kl a, Kl b ve karotenoidler) üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Akın, B., Leblebici, S. ve Bingöl, N. A., (2013). Porsuk, Kocasu ve Emet Çayları' na (Kütahya) Ait Suların Lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.*)* Bitkisinin Bazı Çimlenme Parametreleri ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 32: 13 – 26.

Aksoy, Ö., (2013). The Phytotoxic and Genotoxic Effects of Olive Oil and Milk Industry Wastewater on *Elodea canadensis,* Journal of Functional and Environmental Botany, 3 (1): 43 – 53.

Al – Taee, M. M. S. and Witwit, R. T. A., (2015). Evaluation of antioxidant enzymes activities during phytoremediation of textile waste water exposed of structurally different dyes by some aquatic plants, Mesopotamia Environmental Journal, 1 (2): 35 – 65.

Al Absi, K. M., (2008). Effect Of İrrigation With Treated İndustrial Effluent On Growth And Biochemical Constituents Of Olives (*Olea europaea* L.), Bulg. J. Agric. Sci., 14 (6): 564 – 575.

Asfi, M., Ouzounidou, G., Panajiotidis, S., Therios, I., Moustakas, M., (2012). Toxicity effects of olive - mill wastewater on growth, photosynthesis and pollen morphology of spinach plants, Ecotoxicology and Environmental Safety, 80: 69 – 75.

Aybeke, M., Olgun, G., Sıdal, U. ve Kolankaya, D., (2000). Zeytinyagı Fabrikası Atık Suyunun Buğday (*Triticum aestivum* L.) Kök Ucu Hücrelerindeki Mitoz Bölünme ve Total Protein Miktarı Üzerine Etkisi, Turk J Biol, 24: 127 – 140.

Ayers, R. S. and Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture: FAO irrigation and drainage paper, Rome, Rev. 1. FAO.

Azad, S., (2006). Studies On The Effect Of City Wastewater On Lentil Lens Culinaris, Aligarh Muslim University, Department Of Botany Aligarh Muslim University, Aligarh, India.

Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D., (1973). Rapid Determination of Free Proline for Water - Stress Studies, Plant and Soil, 39: 205 - 207.

Bedouh, Y., and Bekhouche, F., (2012). Influence Of Treated Wastewater İrrigation On Some Biochemical Parameters Of Onion (*Allium cepa*), Annals of Biological Research, 3 (10): 4820 – 4827.

Bhati, M., and Singh, G., (2003). Growth and mineral accumulation in Eucalyptus camaldulensis seedlings irrigated with mixed industrial effluents. BioresourceTechnology, 88: 221 – 228.

Casa, R., Annibale, A. D., Pieruccetti, F., Stazi, S.R., Giovannozzi Sermanni, G., Lo Cascio, B, (2003). Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (Triticum durum Desf.) germinability, Chemosphere, 50: 959 – 966.

Cavusoglu, K., Yapar, K., Kinalioglu, K., Turkmen, Z., Cavusoglu, K., and Emine Yalcin, E., (2010). Protective Role Of *Ginkgo biloba* On Petroleum Wastewater-İnduced Toxicity İn *Vicia faba* L. (Fabaceae) Root Tip Cells, Journal of Environmental Biology, 319 – 324.

Chandler, S. F. and Dodds, J. H., (1983). The Effect Of Phosphate, Nitrogen And Sucrose On The Production Of Phenolics And Solasidine İn Callus Cultures Of *Solanum Lacinitum*, Plant Cell Rep., 2: 105 – 110.

Çay, Ş., (2013). Konya Kentsel Atık Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılması ve Mısır Bitkisi Yetiştiriciliğine Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Day, A. D. and Tucker, T. C., (1977). Effects of Treated Wastewater on Growth, Fibre, Protein and Amino Acid Content of Sorghum Grains, Journal of Environmental Quality. 6 (3): 325 - 327.

De Kok, L. J. and Graham, M., (1989). Levels Of Pigments, Soluble Proteins, Amino Acids And Sulfhydryl Compounds İn Foliar Tissue Of *Arabidopsis Thaliana* During Darkinduced And Natural Senesence, Plant Physiol. Biochem., 27: 203 – 209.

Deveci, T., (2012). Gaziantep' te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS ile Tayini, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.

Doğan, M., (2003). Şanlıurfa' da Karakoyun Deresi Atık Suları ile Sulanan Soğanda (*Allium cepa* L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma**,** Ekoloji Çevre Dergisi, 12 (48): 1 – 3.

El - Hassanı, F., Z., Bendriss Amraoui, M., Zinedine, A., Aissam, H., Mdaghri Alaouı, S., Merzoukı, M., Benlemlıh, M., (2009). Changes in Leaf Phenols and other Physiological Parameters of Peppermint in Response to Olive Mill Wastewater Application**,** Internatıonal Journal of Agrıculture & Biology, 11 (4): 413 –418.

Fendri, I., Ben Saad, R., Khemakhem, B., Ben Halima, N., Gdoura, R., Abdelkafi, S., (2013). Effect of treated and untreated domestic wastewater on seed germination, seedling growth and amylase and lipase activities in Avenasativa L., J Sci Food Agric.,93 (7): 1568 - 74.

Gadallah, M. A. A., (1995). Phytotoxic Effects Of Industrıal Waste And Sewage Waters On Growth, Chlorophylle Content, Transpiration Rate And Relatıve Water Content Of Potted Sunflower Plants, Botany Department, Faculty Of Science, Assiut University, Assiut, Egypt.

Gupta, S., Satpati, S., Nayek, S., Garai, D., (2010). Effect of wastewater irrigation on vegetables in relation to bioaccumulation of heavy metals and biochemical changes, Environ Monit Assess. 165:169 – 177.

Gutierez, R., Sebe, M. C., Sommer, I., (1995). Effects of Land Application of Waste Water from Mexico City on Soil Fertility and Heavy Metal Accumulation, Environmental Reviews, 3 (3 - 4): 318 – 330.

Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A., (2000). Bitki Besleme ve Gübreleme, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Yayın No: 1514 Ders Kitabı: 467, Ankara.

Güneysu, E., (2004). Çanakkale İlindeki Sanayi Kuruluşu Atık Sularının Ekonomik Öneme Sahip Bitki Türleri Üzerinde Enzimatik ve Genetiksel Değişimlerin İncelenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Hamdy, A. and Lacırıgnıola, C., (1999). Mediterranean Water Resources: Major Challenges Towards the 21st Century, Cıheam Iam-B Tecnomack-Bari Italy, 570.

Hamoda, M. F., Abu Qdais, H.A., Newham, J., (1998). Evaluation of Municipal Solid Waste Composting Kinetics, Resources, Conservation and Recycling, 23 (4):209-223.

Heath, R. L. and Packer, L., (1968). Photoperoxidation İn İsolated Chloroplast, I. Kinetics And Stoichiometry Of Fatty Acid Peroxidation, Arch. Biochem. Biophys, 125: 180 – 198.

Huma, Z., Naveed**,**S., Rashid, A., Ullah, A. Khattak, I., (2012). Effects of domestic and industrial waste water on germination and seedling growth of some plants, Current Opinion in Agriculture Curr. Opin. Agric, 1(1): 27 – 30.

Kafadar, F.N.ve Saygıdeğer, S., (2010). Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları ile Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun (Pb) Miktarlarının Belirlenmesi, Ekoloji Dergisi 75, 41 - 48.

Kanber, R. ve Ünlü, M., (2007). Country Survey on Water Use for Agriculture and Rural Development of Turkey: Country Profile. FAO, Aquastat Report, Rome, 27.

Kanber, R., Çullu, M. A. Kendırlı, B. Anteplı, S.ve Yılmaz, N.,(2004). Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik, Kongresi, Ankara, .213-252.

Karaca, A. ve Turgay, O.C., (2012). Toprak Kirliliği, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 1(1): 13 - 19.

Kaushik, P., Garg ,V. K., Singh, B., (2005). Effect of textile effluents on growth performance of wheat cultivars, Biores. Technol., 96: 1189 - 1193.

Khan, M. G., Daniel, G., Konjit, M., Thomas, A., Eyasu, S. S. , Awoke, G., (2011). Impact of Textile Waste Water on Seed Germination and Some Physiological Parameters in Pea (*Pisum sativum* L.), Lentil (*Lens esculentum* L.) ve Gram (*Cicer arietinum* L.), Asian Journal of Plant Sciences, 10 (4): 269 – 273.

Kırmızı, A. ve Ayaz, F. A., (1992). Bazı Kültür Bitkilerinin Çimlenmesinde Deterjan Etkisinin Araştırılması, XI. Ulusal Biyoloji Kongresi, Genel Biyoloji Seksiyonu, 163 – 172.

Kisku, G. C., Barman, S. C., Bhargava, S. K., (2000). Contamination of soil and plants with potentially toxic elements and its impact on the environment, Water Air Soil Poll. 120: 121 - 137.

Koç, H. ve Kandemir, N., (1996). Yeşilırmak' ın Almus - Erbaa Kolu Üzerinde Bulunan Yerleşim Yeri ve Sanayiye Ait Sıvı Atıkların Bazı Kültür Bitkilerinde Çimlenme, Bitki Boyu ve Bitki Ağırlığına Etkisi, Ekoloji Dergisi 20: 21 - 25.

Komilis, D. P., Karatzas, E. ve Halvadakis, C. P., (2005). The Effect Of Olive Mill Wastewater On Seed Germination After Various Pretreatment Techniques, Journal Of Environmental Management, 74: 339 – 348.

Kukul, Y.S., Çalışkan, A.D., Anaç, S., (2007). Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44 (3):101-116.

Kumbur, H., Özsoy, H. D. ve Özer, Z., (2008). Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Ekoloji Dergisi 68, 54 - 58.

Lichtenthaler, H. K., ve Wellburn, A. R., (1983). Determinations Of Total Carotenoids And Chlorophylls a And b Of Leaf Exracts İn Different Solvents, Biochem. Soc. Trans., 11: 591 – 592.

Mansoor, S. and Baig, A.I., (2014). Morpho-Biochemical Evaluation of Mung Bean under Textile Industrial Wastewater Stress and Alleviation of Stress by Exogenous Application of Calcium, Proceedings Book of Icetsr, Handbook on the Emerging Trends in Scientific Research, 285 – 296.

Marwari, R. and Khan, T., (2012). Effect Of Textile Waste Water On Tomato Plant, *Lycopersicon esculentum*, J. Environ Biol., 33 (5): 849 – 54.

Mekki, A., Dhouib, A., Aloui, F., Sayadi, S., (2006). Olive Wastewater As An Ecological Fertiliser, Agron. Sustain. Dev., 26: 61 – 67.

Meng, F., Su, F., Wang, T., Li, H., (2015). Effects Of Paper Mill Wastewater On Seedling Growth And The Antioxidant System Of Reeds, J Fundam Renewable Energy Appl, 14 (2): 379 – 384.

Noori, M., Mahdye, M., Norozi, R., (2014). Effects Of Municipal Wastewater Irrigation On Physiological And Phytochemical Parameters Of *Aegilops columnaris* Zhuk (Poaceae=Graminae), International Journal of Research In Agriculture and Food Sciences, 1(4): 1 – 9.

Özcan, S., (2007). Bazı Çim Bitkilerinin Yetiştirilmesi Üzerine Farklı Gübrelemenin ve Arıtılmış Atık Su İle Sulamanın Etkileri, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3 (1): 23 – 28.

Paliwal, K., Karunaichamy, K. S. T. K., Ananthavalli, M., (1998). Effect of sewage water irrigation on growth performance, biomass and nutrient accumulation in

Hardwickia binata under nursery conditions. Bioresource Technology. 66: 105 – 111.

Pandey, S. N., (2006). Accumulation of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Ni and Zn) in Raphanus sativus L. and Spinacia oleracea L. Plants irrigated with industrial effluent, Journal of Environmental Biology, 27 (2): 381 - 384.

Parameswaran, M., (1999). Urban wastewater use in plant biomass Production. Resources, Conservation and Recycling 27: 39 – 56.

Saad-Allah, K. M. ve Elhaak, M. A., (2015). Hyperaccumulation Activity And Metabolic Responses Of Solanum Nigrum İn Two Differentially Polluted Growth Habitats, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, Tanta University, Tanta, Egypt.

Sağlam, N. ve Cihangir, N., (1995). Ağır metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi 11: 157 - 161.

Saravanamoorthy, M. D. and Ranjitha Kumari, B. D., (2007). Effect Of Textile Waste Water On Morphophysiology And Yield On Two Varieties Of Peanut (*Arachis hypogaea* L.), Journal of Agricultural Technology, 3 (2): 335 – 343.

Senthilraja, K., Jothimani, P. and Rajannan, G., (2013). Effect Of Brewery Wastewater On Growth And Physiological Changes İn Maize, Sunflower And Sesame Crops, Ijlser, 1(1) : 36 – 42.

Shatanawi, M. R., Hamdy A., Smadi, H., (2010). Urban Wastewater: Problems, Risks and Its Potential Use for Irrıgatıon, Proceedings of the International Workshop Alger, Algeria, 15 - 45.

Singh, A. and Agrawal, M., (2010). Effects of municipal waste water irrigation on availability of heavy metals and morpho-physiological characteristics of Beta vulgaris L., Journal of Environmental Biology, 31 (5): 727 - 736.

Singh, K., Pandey, S. N., Mishra, A., (2015). Preference of heavy metals accumulation, tolerance limit and biochemical responses of Eichhornia crassipes (mart.) exposed to industrial waste water, International Journal of Current Research, 7(1): 11818 - 11822.

Slinkard, K. and Singleton, V. L., (1977). Total Phenol Analyses: Automation And Comparison With Manual Methods. Am. J. Enol. Vitic., 28: 49 – 55.

Şahin Dönmez M., Ceylan, Ö., Konuk, M., (2011). Dokuz Sele Çayı' na (Ulubey - Uşak) Bırakılan Sanayi Atıklarının Bazı Kültür Bitkilerinin Çimlenme ve Büyümeleri Üzerine Etkileri, Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 4 (2): 157 – 163.

Toze, S., (2006). Reuse of effluent water - benefits and risks, Agricultural Water Management, 80: 147–159.

Yurtseven, E., Çakmak, B., Kesmez, D., Polat, H. E., (2010). Tarımsal Atık Suların Sulamada Yeniden Kullanılması, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Ankara, 1: 135-154.

Zengin, K. F. ve Munzuroğlu, Ö., (2003). Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum (Cd^{++}) ve Civa (Hg^{++})'nın Etkileri, Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi 24 (1): 64 - 75.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Kübra BABA
Doğum Yeri: Adıyaman / Besni
Doğum Tarihi: 24. 09. 1989
Medeni Hali: Bekâr
Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise: Mustafa Erdemoğlu Anadolu Lisesi, Adıyaman / Besni – 2009
Lisans: Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman – 2013
Yüksek Lisans: Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman – 2016

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl –
Vetal Hayvan Sağlığı Ürünleri A. Ş. / 2013 - 2014

Yayınları (SCI ve diğer)

Kongreler:

1 – SIVACI, A., TEKTAŞ, M., BABA, K., ALTUN, P., *Solanum muricatum* ve *Eichhornia crassipes* Bitkilerinin Yaprak Özütlerinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Tohumlarının Çimlenme ve Büyümesi Üzerindeki Etkileri, I. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu, Erzurum, 2015.

2 – SIVACI, A., TEKTAŞ, M., BABA, K., ALTUN, P., Mısır *(Zea mays* L.*)* Tohumlarının Çimlenme ve Büyümesi Üzerinde *Eichhornia crassipes*' in Allelopatik Etkileri, XII. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi, Muğla, 2015.