ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alkan Cafer SÖNMEZ

ÇİLEK (*Fragaria ananassa)* BİTKİSİNİN ÇİNKO VE GÜMÜŞ BİRİKTİRME KAPASİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇİLEK (*Fragaria ananassa)* BİTKİSİNİN ÇİNKO VE GÜMÜŞ BİRİKTİRME KAPASİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Alkan Cafer SÖNMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 09/10/2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

……...	…….	…….....
Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU	Prof. Dr. Fuat BUDAK	Prof. Dr. Nurcan KÖLELİ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof.Dr.Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2013YL1

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.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİLEK (*Fragaria ananassa)* BİTKİSİNİN ÇİNKO VE GÜMÜŞ BİRİKTİRME KAPASİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Alkan Cafer SÖNMEZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
Yıl: 2015, Sayfa: 63
Jüri : Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
: Prof. Dr. Fuat BUDAK
: Prof. Dr. Nurcan KÖLELİ

Bu çalışmada, bitkisel arıtım yöntemi kullanılarak çilek (*Fragaria ananassa)* bitkisinin kök, sap+gövde ve yapraklarında Çinko (Zn) ve Gümüş (Ag) birikim kapasiteleri araştırılmıştır. Çalışmada, $ZnSO_4$ ve $AgNO_3$ formunda hazırlanan ağırmetal çözelti konsantrasyonları her iki ağırmetal çözeltisi için 0, 1000, 2000, 4000 ve 6000 mg/kg olarak belirlenmiş ve bitki yetişme ortamı olarak torf kullanılmıştır. Çalışma 56 gün boyunca devam etmiş ve sonucunda bitkiler yetiştirildiği ortamdan (torf) sökülerek, kök, sap+gövde ve yaprak olarak kısımlarına ayrılmıştır. Bitkilerin bünyelerinde kalan Zn ve Ag miktarları belirlenmiştir. Çilek bitkisinde her iki ağırmetal için en yüksek birikim kök kısmında gerçekleşmiştir. Kökte en fazla Zn birikimi 6000 mg/kg'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir(751 mg/kg). Kökte en fazla Ag birikimi yine 6000 mg/kg'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir (457 mg/kg). Gövdede en fazla Zn birikimi 6000 mg/kg'lik konsantrasyonda (190 mg/kg), en fazla Ag birikimi yine 6000 mg/kg'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir (0.7 mg/kg). Yaprakta en fazla Zn birikimi 4000 mg/kg'lik konsantrasyonda görülmüş(134 mg/kg), yaprakta Ag birikimine rastlanmamıştır. Çalışma sonucunda çilek bitkisinin Zn ve Ag ağırmetallerinin fitostabilizasyonunda değerlendirilebileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çinko, Gümüş, Çilek.

ABSTRACT

MSc THESIS

RESEARCH ON STORAGE CAPACITY OF ZINC AND SILVER OF STRAWBERRY (*Fragaria ananassa)*

Alkan Cafer SÖNMEZ

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
Year: 2015 Pages:63
Jury : Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
: Prof. Dr. Fuat BUDAK
: Prof. Dr. Nurcan KÖLELİ

In this study, Zn and Ag heavy metal accumulation capacity of strawberry's (*Fragaria ananassa)* root, stem and leaves was investigated using phytoremediation technology. For the study the $ZnSO_4$ (Zinc sulfate) and $AgNO_3$ (Silvernitrate) concentration of the prepared solution were determined as 1000 mg/kg, 2000 mg/kg, 4000 mg/kg and 6000 mg/kg and torf growth media is used for growing of the plants. The experimental period was continued 56 days and at the end of the study, the plants were seperated as growth media, root, stems, leaf before the Zn and Ag amount was determined for accumulated concentrations at the plant structures. The heavy metal accumulations were occurred at the root of plant. The highest Zn accumulation in the roots had occurred at the highest concentration applied set (751 mg/kg) and the highest Ag accumulation in the roots had occurred at the highest concentration applied set (457 mg/kg). The highest Zn accumulation in the stem had occurred at the highest concentration applied set (190 mg/kg) and The highest Ag accumulation in the stem had occurred at the highest concentration applied set (0.7 mg/kg). But the highest Zn accumulation in the leaves had occurred at the 4000 mg/kg concentration applied set(134 mg/kg), but the Ag accumulation had not occurred at plant leaves at all concentrations applied. As a result of experiment it was concluded that strawberry plants can be considered in the phyto-stabilization of Ag and Zn heavy metals.

Key Words: Zink, Silver, Strawberry

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren değerli hocam Sayın Prof.Dr.Zeynep ZAİMOĞLU'na ve Sayın Prof.Dr. Fuat BUDAK'a , laboratuar analizlerimde gösterdikleri iyi niyet ve yardımlarından dolayı hocam Sayın Prof.Dr. Nurcan KÖLELİ'ye, Sayın Prof.Dr.Hatice GÜLEN'e ve Dr.Mehmet Ali KURT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen, Biyolog Duygu AYVAZ SÖNMEZ'e, Ar.Gör. Onur IŞIK'a ve Sercan SÖNMEZ'e, Yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan ASKİ Plan Proje Daire Başkanlığı'ndaki amirlerim ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu süreçte her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Babam İlyas SÖNMEZ'e, Annem Figen SÖNMEZ'e, Kardeşim Ayça SÖNMEZ'e, Eşim Fatma YILDIRIM SÖNMEZ ve Kızım Zeynep Asya SÖNMEZ 'e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ……..….. .I
ABSTRACT……II
TEŞEKKÜR……III
İÇİNDEKİLER.....IV
ÇİZELGELER DİZİNİ……...VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....VII
SİMGELER VE KISALTMALAR..... VIII
1. GİRİŞ……..... 1
1.1. Toprak Kirliliği ve Nedenleri 3
1.1.1. Kirletici Türleri ve Etkileri 4
1.2. Ağır Metal Biosorbsiyonu 5
1.2.1. Ağır Metaller ve Özellikleri 7
1.2.2. Ağır Metallerin Canlılara Etkileri 10
1.2.3. Ağır Metallerin Çevresel Etkileri..... 14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... 15
2.1. Ağır Metaller İle İlgili Çalışmalar..... 15
2.2. Bitkilerin Çinko (Zn) Alımı Konusunda Yapılan Çalışmalar 17
2.3. Bitkilerin Gümüş (Ag) Alımı Konusunda Kapılan Çalışmalar 20
3. MATERYAL VE METOT 23
3.1. Materyal..... 23
3.1.1. Kullanılan Bitki ve Özellikleri..... 23
3.1.2. Bitki Yetiştirme Ortamı ve Özellikleri..... 24
3.2. Metod..... 26
3.2.1. Çalışma Düzeneğinin Oluşturulması 26
3.2.2. Kullanılan Bitkilerin Temin Edilmesi ve Dikime Hazırlanması..... 26
3.2.3. Sistemde Bitki Yetişme Ortamlarının Hazırlanması..... 27
3.2.4. Bitki Örneklerinin Hazırlanması..... 27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 29
4.1. İklimsel Şartlar 29
4.2. Bitkisel Gelişim..... 30

4.3. Yaş ve Kuru Kütle Miktarı 36
4.4. Çilek Bitkisinin Zn ve Ag Alımı 45
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER 49
KAYNAKLAR 53
ÖZGEÇMİŞ 63

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. İnsanlar tarafından alınan metaller(Gündüz,2004) 11
Çizelge 1.2. Önemli Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflandırılması (Davies, 1980) 11
Çizelge 3.1. Bitkinin yetiştirildiği Torf'un Özellikleri 25
Çizelge 4.1. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunluklarının Ortalama Ölçüm Sonuçları(cm) (±ss) 30
Çizelge 4.2. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunlukları Ortalama Ölçüm Sonuçları(cm) (± ss) 32
Çizelge 4.3. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sayısı Ortalama Ölçüm Sonuçları(adet) (±ss) 34
Çizelge 4.4. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sayısı Ortalama Ölçüm Sonuçları(adet) (±ss) 35
Çizelge 4.5. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaş ve Kuru Kütlesi……...….37
Çizelge 4.6. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaş ve Kuru Kütlesi……...……...……..41
Çizelge 4.7. Farklı Zn ve Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Biokonsantrasyon Faktörü (BKF) ve Translokasyon Faktörü (TF) Değerleri……47

ŞEKİLLER DİZİNİ SAYFA

Şekil 1.1. Ağır Metallerin Biyosfere Karışması (Lorber, 2011) 6
Şekil 1.2. Fitoremediasyon İle Topraktan Metal Giderim Yöntemleri (Daghan,2004) 13
Şekil 3.1. Her Bir Ağır Metal Çözeltisi İçin Kurulan Deney Düzeneği..... 26
Şekil 3.2. Çilek Fideleri 27
Şekil 3.3. Agilent Marka ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass) 28
Şekil 4.1. Hava Sıcaklığı($^{\circ}$C) 29
Şekil 4.2. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunluğu(cm) .. 31
Şekil 4.3. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunluğu(cm).. 33
Şekil 4.4. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sayısı Değişimi (adet) 34
Şekil 4.5. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sayısı Değişimi (adet) 36
Şekil 4.6. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Kök Yaş Kütlesi(g) 37
Şekil 4.7. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Kök Kuru Kütlesi(g) 38
Şekil 4.8. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Gövde Yaş Kütlesi(g) 38
Şekil 4.9. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Gövde Kuru Kütlesi(g) 39
Şekil 4.10. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Yaş Kütlesi(g) 40
Şekil 4.11. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Kuru Kütlesi(g) 40
Şekil 4.12. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Kök Yaş Kütlesi(g) 41
Şekil 4.13. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Kök Kuru Kütlesi(g) 42
Şekil 4.14. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Gövde Yaş Kütlesi(g) 42
Şekil 4.15. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Gövde Kuru Kütlesi(g) 43
Şekil 4.16. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Yaş Kütlesi(g) 44
Şekil 4.17. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Kuru Kütlesi(g) 44
Şekil 4.18. Zn Analiz Sonuçları 45
Şekil 4.19. Ag Analiz Sonuçları 46

SİMGELER VE KISALTMALAR

$AgNO_3$	: Gümüş Nitrat
$ZnSO_4$	: Çinko Sülfat
EPA	: The U.S. Environmental Protection Agency
°C	: Santigrat Derece
Zn	: Çinko
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Mg	: Magnezyum
mL	: Mililitre
mg/kg	: Milyonda bir
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
K	: Potasyum
Mn	: Mangan
Fe	: Demir
Ag	: Gümüş
Ti	: Titanyum
L	: Litre
cm	: Santimetre
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
PVC	: Polivinil Klorür
Co	: Kobalt
Mo	: Molibden
Hg	: Cıva
ss	: Standart Sapma
BKF	: Biyokonsantrasyon Faktörü
TF	: Translokasyon Faktörü

1.GİRİŞ

Toprak, dünya üzerindeki tüm canlılar için destekleyici bir tabakadır. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin ve kaynak geri dönüşümünü yapabilmekte ve bitkilerin büyüyebilmesi için ortam görevi görmektedir. Yüzeysel sularda ve kirlenmiş nehirlerdeki ağır metaller toprak tarafından absorbe edilmekte ve bu da bitkisel büyüme için yan etki yapmaktadır. Toprakta kök büyürken, toprak çözeltisinden su ve besin almaktadır (Plaster, 2003). Toprak, su ve toprak partikülleriyle birlikte olan ağır metaller bitki kökleri tarafından absorbe edilmekte ve bitkilerde birikim yapmaktadırlar (Alirzayeva, 2006; Arora, 2008; Kachenko, 2004).

Çevre ve doğal kaynakların kirlenmeye karşı korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli olmakla birlikte kirlenmiş alanların temizlenmesi de mevcut çevre kirliliklerinin çözümünde büyük önem arz etmektedir. Bitkilerin veya bitki ürünlerinin kirlenmiş alanları restore veya stabilize etmek için kullanımı, kirliliğin bitki tarafından seçilerek çıkarılması, ayrılması ve arındırılması yeşil ıslah (fitoremediasyon) olarak bilinmekte ve bitkilerin organik veya inorganik maddeleri giderimi, akümüle etmesi, depolaması veya parçalaması gibi doğal yetenekleri avantaj olarak kullanılmaktadır. (Meagher,2000, Mcıntyre,2003). Bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni) ve kobalt (Co) gibi bazı ağır metaller bitki büyüme ve gelişimi için gerekli mikro besin elementleridir.(Niess, 1999). Mikro besin elementi olsun ya da olmasın ağır metallerin, atmosferde, suda ve topraktaki konsantrasyonunun belli bir seviyenin üzerine çıkması, tüm canlılar için ciddi problemlere neden olmaktadır (Benavides, 2005).

Ağır metaller çevre için son derece tehlikeli olan kimyasallar olarak bilinirler (Jiries, 2003, Cooke, 1985). Kullanımlarının artmasıyla birlikte ağır metaller, hava, içme suyu ve beslenme ile canlı bünyesine karışabilmekte buradan da yaşamsal döngüye katılmaktadırlar. Ağır metaller ve bileşiklerinin, bozunmaz, kalıcı, kanser yapıcı ve toksik oldukları için, çevre ve insan sağlığı açısından ciddi kirleticiler olduklarına inanılmaktadır. (Öztürk, 2009).

Ağır metaller ile kirlenme doğal yollarla olabildiği gibi insan ve diğer canlıların aktivitesi, rüzgar ve yağış gibi meteorolojik olayların etkisi ile de meydana gelebilmektedir. Bu süreçler sonunda toprakta biriken bu zararlı maddeler, toprak içinde bazı fiziksel ve kimyasal reaksiyonlara girerek, toprağın niteliğini bozar, yapısını değiştirir, verim gücünü azaltır. Ayrıca toprak canlılarının ölümüne de neden olabilir. Ağır metaller toprakta toplanarak bitki kökleri, toprak canlıları ve toprağın besin maddeleri, dolayısıyla bitki beslenmesi üzerinde zararlı etkiler meydana getirir. Özellikle, ağır metaller bakımından önemli derecede kirlenmiş topraklar, bitkiler tarafından bu ağır metallerin aşırı derecede alınmasını sağlar. Bu şekildeki bir beslenme, bitkilerde zehir etkisi yapar. Bitkisel maddelere aşırı dozda geçmiş olan bu zararlı maddeler, besin zinciri ile diğer canlılara geçerek, onlar için de zararlı olur. Ayrıca yağış suları ile taban sularına da karışarak, suların da niteliğini bozmaktadırlar. Toprağı kirleten ağır metaller (Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, As, Cd, Ag, Tl gibi), toprakta çeşitli ekolojik etkilere neden olurlar (Çepel, 1997).

Bu çalışmada çilek (*Fragaria ananassa)* bitkisinin Çinko (Zn) ve Gümüş (Ag) birikim kapasiteleri araştırılmıştır. Çalışma süresince bitkideki morfolojik değişiklikler takip edilmiş, yaş ve kuru kütleler saptanmış ve ağırmetallerin bitkideki birikimi ve bitki üzerine etkileri izlenmiştir.

1.1. Toprak Kirliliği ve Nedenleri

Toprak, ana materyal adını verdiğimiz kayaçların, organik atıkların uzun bir süreç içinde birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olay ve etkenlerle parçalanıp ayrışması sonucu ortaya çıkan ve dinamikleri devam eden doğal bir varlıktır. Toprak kirliliğine sebep olan doğal ve insan aktivitelerine bağlı olarak topraklara karışan kirleticileri genel olarak; organik (pestisidler, hormonlar) ve inorganik (ağır metaller vb.) bileşikler ve radyoaktif atıklar şeklinde gruplandırabiliriz. Toprak kirliliğinin çevre sağlığı açısından en önemli etkisi; topraktaki kirleticilerin bitki bünyesine geçerek bu bitkilerin ya doğrudan ya da bu bitkilerle beslenen hayvanların besin olarak tüketilmesi sonucu insan bünyesine geçmesidir. Toprak bünyesi, dinamik olup son derece yüksek tamponlama gücüne sahip bir sistemdir. Çünkü toprakta; fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal, biyokimyasal ve biyolojik olayların karmaşıklığı içerisinde doğal bir denge vardır. Bütün bunlar sınırlı kaynaklar olması nedeniyle toprakların insanların geleceği açısından büyük önem taşıdığını, toprak kirliliğinin özellikle insan ve çevre sağlığı açısından son derece önemli bir çevre sorunu olduğunu göstermektedir (Türkoğlu, 2006).

Toprak kirlenmesine yol açan prosesler doğal ve insan yapımı olarak da ikiye ayrılabilirler. Kirletici kaynakların en önemlisi insan faaliyetleri sonucu meydana gelen kirliliktir. İnsan faaliyetleri sonucu meydana gelen kirlilik; evsel, tarımsal ve endüstriyel nitelikli olarak üç kategoriye ayrılabilir. Evsel nitelikli atıklar, katı veya sıvı halinde olabilir. Evsel nitelikli atıkların içinde piller, muhtelif çeşitte yağlar, çözücüler ve boyalar bulunmaktadır. Endüstriyel atıklar (katı ve sıvı) ise rastgele atıldıklarında veya depolandıklarında, çok ciddi toprak kirlenmesine yol açmaktadırlar (Türkoğlu, 2006).

1.1.1. Kirletici Türleri ve Etkileri

1.1.1.1. Ağır Metaller

Ağır Metal teriminin günümüzde standart, özgün bir bilimsel tanımı bulunmamaktadır. Kimyada, biyolojide, tıpta bu terimi ifade etmek için farklı tanımlamalar yapılmıştır. Tıp alanında, toksik özelliklerine göre ağır metallerin tanımı yapılırken, kimya alanında ise yoğunluk ve atom ağırlığına göre tanım yapılmaktadır. Nostrand tarafından 1964 yılında ağır metaller, yoğunlukları 4gr/cm^3 den daha fazla olan elementler olarak tanımlanmışken, Lorber tarafından 2011 yılında ağırmetaller 4,5gr/cm^3'den fazla olan elementler olarak tanımlanmıştır. Thornton ise 1995 yılında ağır metalleri, yoğunluğu 6gr/cm^3'den fazla olan elementler olarak tanımlamıştır. En genel şekli ile "Ağır Metal" terimi düşük konsantrasyonlarda toksik özellik gösteren ve yüksek atom ve özgül kütlelerına sahip kimyasal elementler şeklinde tanımlanabilir.

Ağır metaller periyodik cetvelde B grubu (Cu, Hg gibi) ve sınır elementleri (Fe, Zn, Cd, Pb gibi) olmak üzere ikiye ayrılırlar (Martin ve Coughtrey, 1985). Bütün canlılar normal aktivitelerini sürdürebilmek için ortamda bulunan ağır metallere ihtiyaç duyarlar. Ancak son yıllarda ağır metaller hakkında yapılan bilimsel araştırmaların sayısının artmasının sebebi, aşırı miktarlarının canlı yaşamı üzerindeki toksik etkileri (Alloway ve Ayres, 1997), ortamda ve organizmaların bünyesinde birikebilir olmaları ve doğal proseslerle giderilmelerinin çok yavaş olmasıdır (McEldowney ve ark., 1993).

1.1.1.2. Diğer İnorganik Kirleticiler

Alüminyum, berilyum ve flor gibi elementler eğer topraklarda aşırı miktarlarda bulunurlarsa çevresel kirleticiler olarak dikkate alınır (Mirsal, 2004). Topraklarda flor ve alüminyumun fazla konsantrasyonlarda olması bazı bitkilerde bu iki elementin anormal konsantrasyonlarda olması sonucunu doğurmaktadır. Çay bitkisi flor gibi alüminyumun doğal akümülatörlerine bir örnektir. Alüminyum,

Alzheimer (*Senile dementia)* ya da böbrek yetmezliği gibi bazı rahatsızlıklar ile ilişkili tutulur. Hidro alüminyum oksidin su arıtma işleminde kullanılmasından beri Dünya sağlık örgütü (WHO) içme suyundaki alüminyum konsantrasyonu için tolerans seviyesi olarak 200 mg/L değerini belirtmiştir. Flor ayrıca diş sağlığını iyileştirmek için içme suyuna eklenmesine rağmen içme suyunda 3-6 mg/L'den daha büyük konsantrasyonlarda organ deformasyonları olur ki skelestal flourosis denen toksik bir duruma neden olabilmektedir. 10 mg/L'den daha yüksek konsantrasyonlarda sakatlık riski meydana gelir (Türkoğlu, 2006).

1.1.1.3. Organik Kirleticiler

Kalıcı Organik Kirleticiler, tarım ve diğer alanlarda zararlı böcek, ot ve mantarların yok edilmesi için pestisit olarak kullanılan kimyasalların büyük bölümünü oluşturmaktadır. Başta PVC, plastik ve diğer klor kullanılan prosesler olmak üzere endüstriyel üretimde kullanılmakta ya da atık olarak açığa çıkmaktadır. Bu kirleticiler canlının yağ dokusunda birikerek; hormonal bozukluklar, bağışıklık sistemi bozuklukları, üreme bozuklukları ve kanser olmak üzere çok sayıda sağlık sorununa yol açarlar.

1.1.1.4. Radyoaktif Maddeler

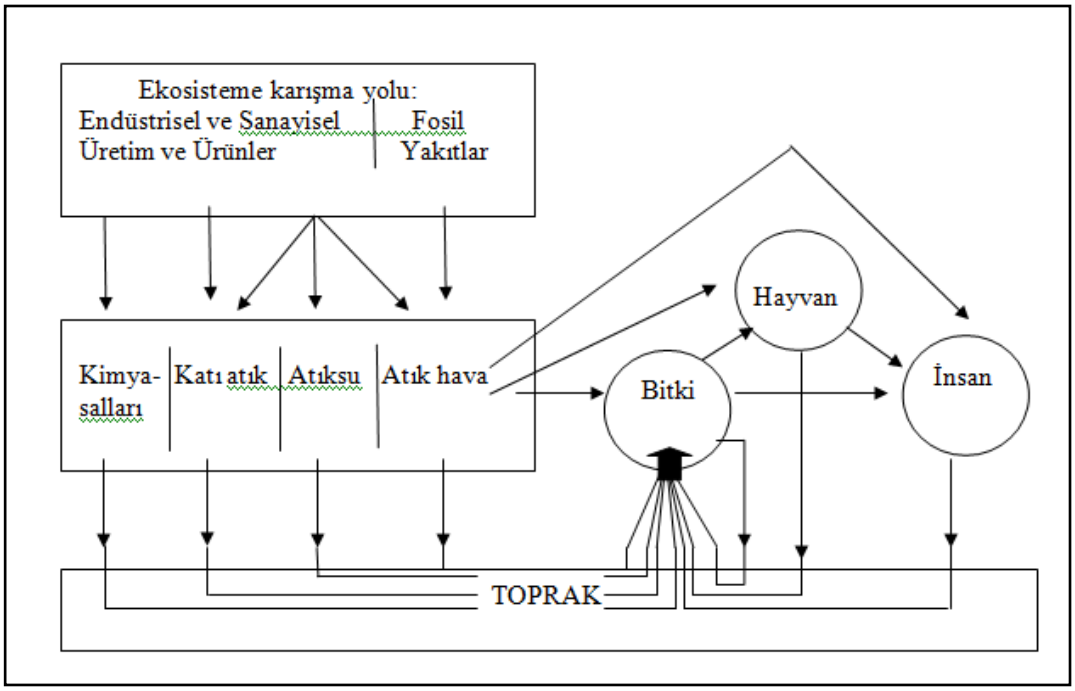
Radyoaktiviteden kaynaklanan toprak kirliliği, nükleer materyalin savaşlarda ve endüstride kullanımı, taşınması, test edilmesi gibi işlemler ile oluşmaktadır. Bunun için ana kaynaklar ise nükleer enerji santralları, atomik testler, savaş olayları ve büyük nükleer kazalardır.

1.2. Ağır Metal Biosorbsiyonu

Ağır metaller yerkabuğunda kendiliğinden var olan elementlerdir. Biyosfere volkanik faaliyetler gibi doğal kaynaklardan girebildikleri gibi antropojenik kaynaklardan da biyosfere girebilmektedir. Bu yüzyılın ortalarına kadar ağır

metallerin büyük bir kısmı, fosil enerji kaynakları ve yenilenemeyen ham maddeler olarak yer kürenin derinliklerinde bulunmaktaydılar. Endüstriyel, evsel ve taşıt kullanımının gereksinim duyduğu hammadde talebi arttıkça, bu madenlerin ve fosil yakıtların aşırı kullanımı ile birlikte ağır metallerin dağılımı da artmıştır (Avcıl, 2005). Tüm bu etkinlikler; kimyasal yan ürünler, hava, toprak ve suları kontamine etmektedirler. Günümüzde, özellikle metal tuzları ile petrol kalıntılarına, doğrudan kirlenme olmayan ortamlarda bile rastlanmaktadır (Landis ve Yu, 1999).

Ağır metalleri diğer toksik elementlerden ayıran en önemli özellikler, insanlar tarafından oluşturulabilir ya da yok edilebilir olmamalarıdır (Karakaş, 2000). Bu yüzden ağır metaller, toprakta, sedimentte, yüzey ve yeraltı su kaynaklarında birikmeye eğilimlidirler. Ağır metaller havaya, suya, toprağa yani biyosfere şu şekilde karışırlar:



Şekil 1.1. Ağır Metallerin biyosfere karışması (Lorber, 2011)

1.2.1. Ağır Metaller ve Özellikleri

1.2.1.1. Çinko (Zn)

Çinko, atom ağırlığı 65.39 g/mol ve atom numarası 30 olan, mavi - beyaz görünümde, sert ve kırılgan bir metaldir. Yüzeyi kolaylıkla matlaşarak metal parlaklığını kaybeder. Çinko 100°C'ye kadar ısıtılırsa yumuşar ve kolay işlenebilir. Soğutulduğunda bu özelliği değişmez. Isıtma 200°C'nin üstüne çıktığında ise tekrar kırılganlık kazanır. Çinko kuru havada oda sıcaklığında etkilenmez, fakat nemli havada üzeri bazik birkarbonat tabakasıyla örtülür. Ancak bu koruyucu bir tabaka olup daha fazla oksitlenmesini önler. Havada ısıtıldığında yeşil – mavi bir alevle yanar ve lifler hâlindeki çinko oksidi verir. Çinko, yer kabuğunun yaklaşık % 1,3.10–2 sini oluşturur. En önemli minerali *çinko blend* [ZnS] dir. Daha az bulunan diğer mineralleri ise *zinkit* [ZnO], *simitsonit* [ZnCO3],*villemit* [Zn2SiO4.H2O] ve *franklinit* [(Zn, Mn)O.Fe2O3]'tir. (MEB,2008)

1.2.1.2. Çinko'nun Kullanım Alanları

Çinko, endüstride metal kaplama ve alaşımlarda kullanılan önemli bir elementtir. Ayrıca; mürekkep, kopya kâğıtları, kozmetik, boya, lastik, muşamba, maden sanayi gibi pek çok sanayide kullanılır. Çinko, kullanım açısından demir dışı metaller içerisinde alüminyum ve bakırdan sonra gelen en önemli üç metalden birisidir. Bu üç metal, başlıca demir ve çeliğin korozyona karşı direncinin arttırılmasında, döküm sanayinde kullanılan özel alaşımlar ile pirinç alaşımların yapımında kullanılmaktadır. Çinko, en çok galvanizlemede kullanılmakla beraber, pirinç alaşımı ile döküm kalıpları yapımı, çinko oksit yağlı boya ve lastik üretimi kullanıldığı diğer alanlardır. Toplam çinko tüketiminin hemen hemen %50'si galvanize çelik üretiminde kullanılmakta, %20'si pirinç üretiminde, %15'i döküm, %8'i çinko oksit üretiminde, %7' si yarı fabrikasyon ürünlerde kullanılmaktadır. Ekotoksik etkisi nedeniyle çinko, bazı alanlarda sınırlı tüketilmektedir (özellikle yapı ve inşaat sektörü gibi). (MEB,2008).

1.2.1.3.Gümüş (Ag)

Sünek ve kolay işlenebilir bir metal olan gümüş; altın ve platin grubu elementlerinden oluşan soy metaller grubunda yer alır. Atom numarası 47; atom ağırlığı 107.87; yoğunluğu 10.50g/cm^3 ve simgesi Ag olan beyazımsı gri renkli bir metaldir (Weber, 2003). Bu özelliği ve parlaklığı nedeniyle, gümüşe, latince beyaz ve parlak anlamına gelen "argentum" adı verilmiştir (Butternam, 2005).

Isı ve elektriği iyi iletir. Kolaylıkla şekil verilebilir. Normal koşullarda oksijenden etkilenmez, ancak hidrojen sülfür veya sülfür içeren maddelerin yanında (yumurta, hardal gibi) oksijenden kolaylıkla etkilenir ve parlaklığını kaybeder. Aktiflik sırasında hidrojenin altında olduğu için gümüş, yükseltgen olmayan hidroklorik asit gibi asitlerde çözünmez. Gümüş tuzlarının çoğu suda çok az, gümüş nitrat ise çok çözünür. Gümüşün değerliği + 1'dir. Ancak AgO ve Ag_2O_3 ve birçok kompleks bileşiklerinde + 2 ve + 3 değerlikli olabilir (MEB,2008). Gümüş değişen miktarlarda olmak üzere yaklaşık 200 mineral içinde bulunabilmektedir. Gümüş cevherleri genellikle beş veya altı bazen de on çeşit gümüş minerali içerebilirler (Gasparrını,1968). Gümüş yataklarında yaygın olarak görülen bazı gümüş mineralleri; arjantit, akandit, Pirarjirit, Prustit, ve Nabit (Element) Gümüş'tür. (DİNÇER,1997)

1.2.1.4. Gümüş'ün Kullanım Alanları

Gümüşün temel kullanım alanlarından biri su arıtma sistemleridir. Gümüş kullanılan filtrelerde, bakteri ve alglerin üremesi önlenir. Gümüş iyonları, hastanelerde su arıtma sistemlerinde, şebeke suyu sistemlerinde ve havuzlarda kullanılmaktadır. Filtre işlemi için en çok tercih edilen madde olan klorun artık yavaş yavaş yerini almaya başlamıştır. Güneş ışınlarını yakalayıp, enerjiye çeviren fotovoltaik hücrelerdeki kristalize silikonların %90'ında gümüşten elde edilen macun kullanılmaktadır. 2015 yılı itibariyle 100 milyon onstan fazla gümüşün bu sektörde kullanılacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca jeneratörleri çalıştırmak için kullanılan güneş enerjisini depolayan, "tuz içerikli kolektörlerin" üzerinde de kullanılmaktadır.

Gümüşün şeffaf olarak pencerelere kaplanması, Güneş ışınlarının dışarıda tutulup, içerideki ısının korunmasını sağlamaktadır. Nano boyuttaki gümüş parçacıkları pigmentlerde, fotoğrafçılıkta, yara tedavisinde, iletken, iletken olmayan bileşimler, katalizörler ve biyosit alanlarında kullanılmaktadır. Çamaşır makinaları, buzdolapları, klimalar, hava arındırıcıları ve elektrik süpürgelerinde yaklaşık 650 tür bakteriye karşı sterilizasyon sağlamak için gümüş nano-parçacıklar kullanılmaktadır. Nanoteknolojide gümüşün kullanımı büyüyen bir ilgi alanı haline gelmektedir. (Anonymous,2014)

Son yıllarda gümüş oksit piller, lityum pillerin yerini almaya başlamıştır. Pahalı olmalarına rağmen, gümüş pillerinin güç/kütle oranı yüksek olduğundan, rakiplerine karşı üstünlük sağlamaktadır. Bundan dolayı, piyasadaki şarj edilebilir ve normal pillerin uçları gümüş alaşımdan üretilmektedir. Gümüş oksit pilin en yaygın olarak düğme şeklinde kameralarda, oyuncaklarda, işitme cihazlarında, saat ve hesap makinalarında kullanılmaktadır. Sadece hafif bir dokunuş gerektiren ve televizyonlar, telefonlar, mikrodalga fırınlar, oyuncaklar, bilgisayar klavyelerinde tuş olarak kullanılan gümüş membranlı anahtarlar bulunmaktadır. Cep telefonlarından, bilgisayarlara kadar birçok üründe bulunan baskılı devre kartlarında elektrik yolları oluşturmak için gümüş bazlı mürekkepler ve filmler kullanılmaktadır. CD, DVD ve plazma görüntü panelleri de gümüş kullanılarak üretilmektedir. Her yıl 150 milyon onstan fazla gümüş, etilen oksit ve formaldehit üretmek için kullanılmaktadır. Katalizör olarak kullanılan gümüşün yaklaşık olarak %90'ı etilen oksit ve formaldehit üretimi esnasında kullanılmaktadır. Lehimleme ve kaynak işlemi esnasında gümüş kullanmak pürüzsüz, sızdırmaz ve korozyona dayanıklı birleşim noktaları oluşturmaya imkan verir. Gümüş lehim ve kaynaklar, yüksek çekme kuvveti, şekil verilebilme ve ısı iletkenliğini bir araya getirir. Gümüş-kalay lehimleri evlerde bakır boruları tutturmak ve anti bakteriyel olması için kullanılır. Büyük musluk üreticileri de bu avantajlarından ötürü gümüş bazlı malzemeler kullanmaktadırlar. Yıllık olarak otomobillerde 36 milyon ons gümüş kullanılmaktadır. Günümüzdeki arabalarda her bir elektriksel olay gümüş kaplı bağlantılar tarafından gerçekleştirilmektedir.(Anonymous,2014)

1.2.2. Ağır Metallerin Canlılara Etkileri

Ağır metaller insan vücuduna hava, su ve besin yoluyla girebilmektedirler. Bitkiler ve hayvanlar yine besin yoluyla aldıkları ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilmektedirler. Dolayısıyla, yine bunlarla beslenen insanlar vücutlarına, bünyelerinde ağır metal birikmiş olan besin maddelerini almaktadırlar. İhtiyaçtan fazla alınan ağır metaller ise bünyede toksik etki göstermektedir. (Karakaş, 2000).

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerini ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır. Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler.

Gümüş iyonları tüm canlılar için toksik etkiye sahiptir. İnsanlarda ve hayvanlarda vücuda gümüş alımı ile bazı organlarda işlev bozukluğu görülebilmektedir. Gümüş, gözler ve derinin gri-mavi renk aldığı argyria hastalığına neden olmaktadır. (Güler ve Çobanoğlu, 2001).

Çizelge 1.1. İnsanlar tarafından alınan metaller(Gündüz,2004)

Metal	Günlük Alınan Miktar(mg)		Zehirleyici Miktar (mg)	Vücuttaki Toplam Miktar(mg)	Vücuttaki Yarılanma Ömrü(gün)
	Besin ve Su	Hava			
Antimon	0,100	0.0017	100	7,9	38
Bakır	1,325	0,0014	250-500	72,0	80
Baryum	0,735	0,030	-	22	65
Berilyum	0,012	0,00004	-	0,03	180
Bizmut	0,020	0,00076	-	0,23	5
Cıva	0,025	-	-	-	70
Çinko	14,50	0,0168	-	2300	933
Demir	15,0	0,084	-	4200	800
Gümüş	0,60	-	60	1	5
Kadmiyum	0,160	0,074	3	0	200
Kalay	7,3	0,0006	2000	17	35
Kobalt	0,390	0,00012	500	1,5	9,5
Kurşun	0,30	0,046	-	12,0	1460
Krom	0,245	0,0011	200	1,8	616
Mangan	4,40	0,0288	-	12	17
Molibden	0,335	0,006	-	9,3	5
Nikel	0,600	0,00236	-	10	667
Titan	1,375	0,0014	-	9	320
Uranyum	0,050	-	-	0,7	100
Vanadin	0,116	0,00916	-	22	42
Zirkonyum	0,490	-	-	420	450

Çizelge 1.2. Önemli Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflandırılması (Davies, 1980)
G: Gerekli K: Kirletici

Element	Özgül Kütle (gr/cm3)	Bitki ve Hayvan İçin Gerklilik	Kirletici Olup Olmadığı
Ag (gümüş)	10.5	-	**K**
Cd (kadmiyum)	8.7	-	K
Cr (krom)	7.2	G	K
Co (kobalt)	8.9	G	K
Cu (bakır)	8.9	G	K
Fe (demir)	7.9	G	K
Hg (cıva)	13.6	-	K
Mn (manganez)	7.4	G	-
Pb (kurşun)	11.3	-	K
Mo (molibden)	10.2	G	K
Ni (nikel)	8.9	G	K
Pt (platin)	21.5	-	-
Tl (talyum)	11.9	-	K
Sn (kalay)	7.3	-	K
U (uranyum)	19.1	G	K
V (vanadyum)	6.1	G	K
W (tungsten)	19.3	G	K
Zn (çinko)	7.1	**G**	**K**
Zr (zirkon)	6.5	-	-

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişmektedir. Küçük ve basit yapılı canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir (Conor, 2004).

1.2.2.1. Ağırmetallerin Bitkilerce Alınımı

Bitkileri agır metallere olan tepkilerine göre metal dıslayıcılar, metal indikatörleri ve akümülatörler olarak üç ana grupta toplamak mümkündür(Baker,1990). Metal dıslayıcılar; toprak üstü kısımlarına metal almayan fakat yüksek miktarlarda metali köklerinde biriktirebilen bitkilerdir. Metal indikatörleri, toprak üstü kısımlarında topraktaki agır metal seviyesi kadarını bünyesine alan indikatör (belirteç) bitkilerdir. Akümülatörler, toprak üstü kısımlarında topraktaki metal seviyesinden daha fazlasını biriktiren dolayısı ile agır metal kirliliginin temizlenmesinde (fitoremediasyon) kullanılan hiperakümülatör bitkilerdir.

1.2.2.1.(1).Fitoremediasyon

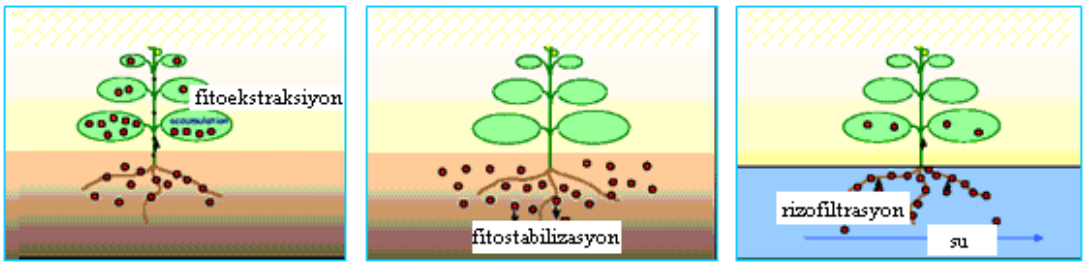
Ağır metallerle kirlenmiş toprakların arıtımında kullanılan fitoremediasyon teknolojisini fitostabilizasyon, rizofiltrasyon ve fitoekstraksiyon olmak üzere üç sınıfta incelemek mümkündür (Şekil 1.2.).

Fitostabilizasyon ağır metallere toleranslı bitkiler kullanarak bu elementlerin hareketinin azaltılması, kirlenmiş karasal arazileri stabilize etmek ve geri kazanmak için bitkilerin kullanımını içerir. Fitostabilizasyon aynı zamanda topraklarda kirleticilerin hareketini azaltmak için kullanılabilecek bir mekanizmadır. Bitki kökleri aynı zamanda toprakta pH ve toprağın nem içeriği gibi şartları da değiştirmektedir(Rai,2009; Rajakaruna ve ark.,2006). Kirleticinin bitkilerle yerinde stabilizasyon yöntemi, kirlenmiş ortamın gerçekten arındırılması için bir teknoloji değil, potansiyel toksik kirleticileri etkisizleştirerek risk azaltma yönetimidir (Vangronsveld ve ark.,2009). Erozyon ve toprak sızdırması sık sık toprakta kirletici maddeleri harekete geçirerek hava veya suyla taşınan kirliliğe neden olmaktadır.

Fitostabilizasyon süresince bitki kökleri tarafından toprakta çökme veya aşırı su sızması önlenerek toprağın kirlenmesi azaltılır. Bununla birlikte, kirlenmiş arazilerde büyüyen bitkiler toprağı stabilize ederek rüzgar ve su erozyonunu azaltmaktadır (Pilon-Smits ve ark. ,2006).

Rizofiltrasyon; Çevreyi kirleten çökelti ve konsantre toksik metal atıklarının bitki kökleri ile absorbe edilmesidir (Rai,2009). Rizofiltrasyon, su ortamından metaller ve diğer kirleticileri absorbe etmek için özellikle Azolla spp., Elodea spp., Eichhornia crassipes, Lemna spp. , Myriophyllum spp., Typha spp. Ve Vallisneria spp gibi su bitkilerinin kullanımını içerir (Rajakaruna ve ark.,2006).

Fitoekstraksiyon; köklerinin hasat edilebilir kısmı ve toprak üstünde kalan bölgesinde metal biriktiren bitkilerle ağır metallerin ortamdan uzaklaştırılması olup topraktan metal ve diğer kirleticileri absorbe etmek için bitkilerin kullanımını gerektirir. Bu yöntemle kirleticilerin bitkinin yer üstü dokularına translokasyonu gerçekleşir ve ardından bu bitki hasat edilir. (Rai,2009; Rajakaruna ve ark.,2006; Pilon-Smits ve ark. ,2006)



Şekil 1.2. Fitoremediasyon ile topraktan metal giderim yöntemleri(Daghan,2004)

1.2.3. Ağır Metallerin Çevresel Etkileri

Yüzeysel sular, yer altı suları ve topraklardaki ağır metaller, doğal veya insani faaliyetlerden kaynaklanabilmektedirler. Kirliliğin ana kaynakları organik ve inorganik olarak ikiye ayrılabilir (Duke, 2008). İnorganik kirlilik temel olarak ağır metallerden kaynaklanmaktadır. Çevre kirliliğine katkısı olan ağır metaller gibi kimyasal maddelerin de canlı ekosisteme zarar verdiği düşünülmekteydi (Kabata-Pendias, 2001). Şimdi ise, artan endüstriyelleşme ve kentleşme sonucunda insani faaliyetler sonucu ortaya çıkan ağır metaller, doğal kaynaklı ağır metallerden daha fazladır. Endüstriyel atıklar, kalabalık şehirlerden kaynaklanan atmosferik birikim ve diğer evsel atıklar yüzeysel sular, yer altı suları ve topraklardaki ağır metallerin ana kaynağıdır (Varalakshimi, 2010).

Ağır metaller hem antropojenik hem de doğal kaynaklardan çevreye yayılırlar. Madencilik, döküm ve ilgili aktiviteler, toprak, bitki ve yüzey suları için önemli kirlilik kaynaklarıdır. Ayrıca, madenlerde çalışan işçilerin yanı sıra maden etrafında yaşayanların da sağlıkları yaşadıkları habitatın bozulma riski ile tehlike altındadır (Jung, 2008). Ağır metaller çevrede jeolojik ve biyolojik devirlerle dağılıma uğrarlar. Dağılım ve taşınma sonucu metaller emisyona uğradıkları yerlerden çok uzaklarda birikerek çevredeki konsantrasyonları artar. Grönland buzullarında kurşun konsantrasyonunun daha önceki yıllara göre 200 defa artması, yeniden dağılım ve taşınım olduğunu göstermektedir (Karakaş, 2000).

Madencilik faaliyetleri ve endüstriyel faaliyetler sonucu atmosferik kirlenme, ısıtma sistemleri, hayvan gübreleri, katı sıvı atıkların tarımda kullanımı, pestisit kullanımı gibi etkenlerle ağır metal kirliliği oluşmaktadır. Asit yağmurları sonucunda hidrojen florid, azot oksit ve kükürt dioksit yoğunlaşması ile topraklarda meydana gelen asitleşme topraklarda ağır metal çözünmesini artırarak kirliliği artırmaktadır. Yeryüzüne inen toksik metal bileşikleri nehir, yağmur ve kar sularıyla yeryüzü sularına (deniz, gök gölet baraj gibi) ulaştığı gibi yağmur ve kar sularıyla topraktan sızma suretiyle eser oranda yer altı sularına da karışabilir. Bu nedenle bazı yer altı suları da çeşitli toksik metaller ihtiva edebilir. İçme suları da bu kaynaktan temin edildiğinden içlerinde çeşitli toksik metaller içerebilir. (Kalınbacak ve Ark., 2000).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmayla ilgili yurt içi ve yurt dışı literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın konusu ile ilgili birebir daha önce yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çinko ve Gümüş'ün çeşitli bitkilerdeki davranışları ile ilgili yapılmış olan daha önceki çalışmalar bu çalışmaya ışık tutması açısından derlenmiştir. Ayrıca başka bitkiler kullanılarak yapılan bitkisel ıslah çalışmaları da derlenerek konuyla ilgili deneyimlerden faydalanılmıştır.

2.1. Ağır Metaller İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Sharma ve ark., (2005), ağır metallerin bitkilerde birikimi ve organlarda dağılımı bitkinin ve elementin türüne, kimyasal ve biyolojik aktiviteye, oksidasyon-redüksiyon potansiyeline, pH değerine, katyon değişim kapasitesine, oksijenin çözülmesine, ısıya ve köklerin salgı yeteneğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Miclean ve ark., (2000), özellikle endüstriyel bölge civar topraklarında yetişen bitkilerdeki metal akümülasyonunun insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturduğunu bulmuşlardır.

Baker ve ark., (2000), Bitkilerin hiper akümülatör olabilmeleri için cıvayı (Hg) en az 10 mg/kg, Kadmiyumu 100 mg/kg, Kobalt (Co), Krom (Cr), Bakır (Cu) ve Kursunu (Pb) 1000 mg/kg veya Çinko (Zn) ve Nikeli (Ni) 10000 mg/kg akümüle etmeleri gerektiğini belirtmişlerdir. Bugüne kadar en az 45 bitki familyasından yaklaşık 400 türün hiperakümülatör olarak belirlendiğini ve bu türlerin büyük bir çoğunluğunun Nikel (Ni), yaklaşık 30 tanesinin Kobalt (Co), Bakır (Cu) veya Çinko (Zn), çok az bir miktarının da Mangan (Mn) ve Kadmiyum (Cd) hiper akümülatörü iken Kurşun (Pb) hiperakümülatörüne henüz rastlanmadığını belirtmişlerdir.

Derici ve ark., (2002), tarafından yapılan çalışmada farklı bölgelerden alınan patates, buğday ve sebzelerin kadmiyum ağır metaline maruz bırakılarak kadmiyum birikiminin çinko beslenmesinin ve topraktaki tuzluluğun rolü araştırılmıştır. Çalışma sera ortamında gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda kadmiyumun

özellikle patates ve sebzelerde çok yüksek düzeyde biriktiği çinko eksikliğinin de kadmiyum miktarının taşınımını artırdığı belirtilmiştir.

Pulford ve ark., (2003) yaptıkları çalışmada ağaçların ağır metalleri özümleme kapasitelerini araştırmışlardır. Araştırmalarında hızlı gelişen bir söğüt türü olan *salix spp*. bitkisini kullanmışlardır. Bu türün hızlı büyümesinin ve düzenli hasat edilebilmesinin besi elementlerinin hızlıca alınabileceğini ancak topraktaki ağır metallerin yüksek konsantrasyonları için aynı şeyin geçerli olamayacağını öngörmüşlerdir. Yani bitkinin yüksek konsantrasyonlardaki besi elementlerine veya düşük konsantrasyonlardaki metal kirliliğine tahammülü olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yeşil ıslah çalışmalarının daha anlaşılır olması için daha fazla temel ve uygulama çalışmasına ihtiyaç duyulduğunu da eklemişlerdir.

Jung M.C., ve ark., (2001), Kore'de Au-Ag-Pb-Zn madeni olan Daduk Madeni ve çevresinin ağır metal kontaminasyonunu araştırmışlardır. Maden bölgesi civarı farklı alanlardan topladıkları kırmızı biber (*Capsicum annuum*), soya fasulyesi (*Glycine max*.) yaprakları ve pirinç (*Oryza sativa L*.) sap ve taneleri analizleri sonucu, metal konsantrasyonlarının farklı bitki türlerine göre değiştiği, ancak soya fasulyesi yapraklarının ve pirinç sap ve yapraklarının yüksek derecede ağır metal içerdiğini, özellikle Cd ve Zn elementleri konsantrasyonunun fazla olduğunu saptamışlardır. Bununla birlikte soya fasulyesi yapraklarında çok yüksek derecelerde ağır metal bulunurken, kırmızı biber ve pirinç saplarında da yine yüksek derecelerde ağır metale rastlanmıştır. Toprak örneklerinde de yapmış oldukları ağır metal tayinleri sonucu, Cd, Cu, Pb, Zn kirlenmesi bulunmuştur.

Yağdı ve ark., (2000), bitkiler üzerinde ağır metallerin toksitesinin bitkinin büyüme ve gelişiminde gözle görülür yavaşlama, depolama faaliyetlerinde bozulma, fotosentez aktivitesinde gerileme, enzim aktivitesinde bozulma, bitki kökünde zarar ve diğer besin elementlerinin alımında yavaşlama ve veriminde düşme gibi zararlara neden olduğu belirtmişlerdir.

Manios ve ark., (2003), yaptıkları çalışmada ağır metallerin *Typha latifolia* bitkisi tarafından sudan alımını incelemişlerdir. Bu araştırmada yaptıkları analizlerle *Typha latifolia*'nın kök, gövde ve yaprakları tarafından en fazla miktarda aldığı ağır metaller (Cu, Ni, Zn) hakkında bilgi vermişlerdir. Yapılan analizlerde A,

B, C ve D olmak üzere 4 grubu Cu, Ni ve Zn' nin farklı konsantrasyonlarını içeren bir çözelti ile her iki haftada bir kez sulamışlardır. 10. hafta sonunda alt tabaka ve bitkiler kurutulmuş tartılmış ağır metaller için analiz edilmiştir. Analizler sonucunda *Typha latifolia*'nın yaprak, gövde ve köklerinde Zn konsantrasyonu 391,7 mg/kg değerine ve kuru kütlede 60,8 mg/kg' a ulaşmıştır.

Soltan ve Rashed (2001), tarafından su sümbülünün, destile su, Nil nehri suyu, atıksu ve farklı ağır metal konsantrasyonlarda ki sularda yetiştirilerek bu şartlar altında yaşam ve davranışları incelenmiştir. Deneyin başında, sonunda ve deney süresince farklı ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları, pH ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. 5, 7, 10, 50, 100 mg/L ağır metal çözeltilerinde konsantrasyon artışına paralel olarak zamanla artan solmalar olmuştur. 100 mg/L kadmiyum çözeltisinde de bitkinin fazla yaşayamadığı gözlenmiştir. Atık suda ise bitkinin fazla yaşayamadığı, bunun sudaki yüksek amonyak ve pH ile çözülmüş oksijen azlığından gerçekleştiği tahmin edilmiştir. İletkenlik, ağır metal konsantrasyonu ve maruz kalma süresindeki artışa paralel olarak artmıştır. pH'ta ise maruz kalma süresindeki artış ile azalma olduğunu ortaya koymuşlardır.

Wang ve ark., (2003), tarafından yapılan çalışmada saksılarda dört farklı konsantrasyonda ağır metal içeren topraklarda ürünler yetiştirilmiştir. Ürünlerdeki ve topraktaki ağır metal birikimi zamana bağlı olarak ölçülmüştür. Sonuçta ürünlerden farklı zamanlarda alınan numunelerin ölçüm sonuçlarına göre ağır metal konsantrasyonlarının farklı ve bu farklılıktaki sıralamanın kök > gövde > tohum, yaprak olduğunu belirtmişlerdir. Topraktan bünyelerine aldıkları ağır metallerin de Zn, Cr > Cd, Cu > Pb şeklinde olduğunu gözlemlemişlerdir.

2.2. Bitkilerin Çinko (Zn) Alımı Konusunda Yapılan Çalışmalar

Haktanır (1984), topraktaki çinkonun bir kısmının toprağın organik ve inorganik kolloidal fraksiyonları tarafından tutulmuş bulunduğunu, bu nedenle topraktaki toplam Zn miktarının bitkiye yarayışlı Zn miktarını tayin yönünden kesin

bir kriter olarak ele alınamayacağını bildirmiştir. Bitkiler öncelikle toprak çözeltisinde çözünmüş şekilde bulunan Zn olmak üzere değişim komplekslerinde absorbe edilmiş ve toprak çözeltisinde ya da toprağın katı fazında organik kompleks oluşturmuş Zn dan yararlanırlar. Miktarlarının çok az olması nedeniyle, toprakta değişik şekillerde bulunan Zn miktarlarını kesin sınırlarla birbirlerinden ayırmak olanaksızdır.

Özdemir ve ark. (2000), Maden Çayı (Elazığ-Maden) ve çevresinde yetişen ağaç türleri ile toprak ve su örneklerinin Zn düzeylerini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda Platanus orientalis (Çınar), Salix acmophylla (söğüt) ve Populus nigra (karakavak) türlerinin dallarında Zn konsantrasyonunun fazla olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu bitki türlerini Zn için belirtgen bitki olarak saptamışlardır.

Neue ve ark., (1998), çinko ile diğer mikro besin elementleri arasında bitkilerin alımı açısından bir rekabet söz konusu olduğunu, çinko ve bakırın her ikisinin de birbirlerinin alımını gerilettiğini ve çinko noksanlığında çeltikte Cd absorpsiyonunun da arttığını saptamışlardır.

Rout ve Das., (2003), çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesinin azaldığı, köklerin inceldiği, genç yaprakların kıvrıldığı ve kloroz görüldüğü, hücre büyümesi ve uzamasının engellendiği, hücre organellerinin parçalandığı ve klorofil sentezinin azaldığını belirtmişlerdir.

Yalçın ve ark. (1989), Çinko, demir, mangan ve bakır gibi ağır metallerin mısır bitkisi üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre artan miktarlarda çinkonun mısır bitkisinin kuru madde miktarı ile çinko kapsamını önemli düzeyde azalttığı gözlenmiştir.

Barrutia ve diğ., (2011), tarafından İspanyanın kuzeyinde yer alan Pb-Zn işletmesi ve çevresinden alınan *Thlaspi caerulescens* bitkisinin kökünde ve üzerinde yetiştiği toprakta Pb, Zn ve Cd konsantrasyonlarının belirlenmesi için örnekleme yapılmış ve bu bitkinin kökünde bulunan Zn'nun , Pb ve Cd'a göre daha yüksek değer olduğu tespit edilmiştir. Kökteki Zn-Cd'un hiperakümülatör olduğu belirlenmiştir.

Şafak (2011), tarafından yapılan çalışmada**,** kurşun (Pb) ve çinko (Zn) stresinin *Brassica oleracea* var. *Acephala* (kara lahana) ve *Beta vulgaris* var. *Cicla* (pazı) üzerine etkileri araştırılmış ve bitkilerdeki bu metallerin dağılımı ve birikimi incelenmiştir. Bitkilere 50 ve 200 mg/kg Zn ile 100 ve 400 mg/kg Pb uygulanmıştır. Bitkilerin yaprak, gövde ve köklerinde Zn ve Pb miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak; Pb ağır metali uygulanan bitkilerin farklı organlarında aşırı miktarda birikim görülmemiştir. Diğer taraftan Zn ağır metali uygulanan bitkilerin köklerinde aşırı miktarda birikim görülmüştür. Uygulanan ağır metal türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak, *Brassica oleracea* var. *acephala* ve *Beta vulgaris* var. *cicla* yapraklarında kloroz oluşmuştur. Buna ilaveten, her iki bitkinin taze ve kuru kütleleri ile klorofil miktarlarında azalmalar görülmüş ve araştırmaya göre bu bitkilerin fazla miktarda Zn biriktirdiğinden dolayı Zn bakımından zengin topraklarda yetiştirilebileceği kanısına varılmıştır.

Demirayak (2008), tarafından yapılan çalışmada Samsun ilinde bazı egzotik bitkilerin yaprak ve dallarında kurşun (Pb), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve bakır (Cu) konsantrasyonları belirlenmiş ve ağır metal kirliliği ile ilgili hangi egzotik bitkilerin biyomonitor olarak kullanılabileceği araştırılmıştır. Yaz mevsiminde çinko birikimi bakımından toplanan örnekler değerlendirildiği zaman *Magnolia grandiflora* (manolya) ve *Clematis vitalba* (yaban sarmaşığı) en fazla öne çıkan türler olarak tespit edilmiştir. Bu türlerden *Magnolia grandiflora* diğer türlerin çinko içerikleri göz önüne alındığında kat kat fazla çinko içerdiği belirlenmiştir. Kış mevsiminde toplanan bitki türleri çinko birikimi bakımından değerlendirildiğinde ise en fazla bünyesinde çinko biriktiren türün *Ligustrum vulgare* olduğu belirlenmiştir. Buna karşı en az çinko biriktiren türün ise *Platanus orientalis* olduğu ortaya konmuştur.

Kim ve ark. (2010) nın Çinko ve Çinkooksit nanopartikülleri ve çinko metalinin toprak enzim aktivitesine etkisi ve çinko metalinin Salatalık (*Cucumis sativus*) bitkisindeki birikimini inceledikleri çalışmada, Salatalık (*Cucumis sativus*) bitkisini 2000 mg/kg $ZnCl_2$ ile kirletilen doğal toprakta ve kontrollü ortamda 8 hafta büyütmüşlerdir. 8 hafta sonunda bitki kök, gövde ve yaprak kısımlarına ayrılarak çinko içerikleri analiz edilmiş ve en fazla Zn birikimi kök ve gövde kısımlarında görülmüştür. Ayrıca bitki kuru ağırlığında önemli derecede azalma görülmüştür.

Taban vd.(1998), tarafından Muscat Rein des Vignes, Alphonse Lavallé, Perlette, Uslu ve Italia üzüm çesitlerinde yapraktan uygulanan çinkoya duyarlılıklarını araştırmak için iki kez yapraktan % 0.1 Zn olacak şekilde ZnSO4.7H2O uygulamışlardır. Çalısma sonucunda yapraktan çinko uygulamalarının tüm çesitlerde yas üzüm verimi ile yaprak ve meyve çinko içerigini arttırdıgını, fosfor miktarını ise azalttığını belirtmişlerdir.

Brown ve ark., (1995), 100 mg/kg'den fazla alındığı zaman birçok bitki için toksik olan Çinkonun *Thlaspi caerulescens* ve *Alpine pennycress* bünyesinde herhangi bir toksik etki göstermeden 26000 mg/kg'e kadar çıkabildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, hiper akümülatör bitkilerin, örneğin *Thlaspi caerulescens* metal çıkarma özelliklerinin, daha fazla canlı kütle üreten türlere, *Brassica juncea* (L.) Czern. ve mısıra nakledilebilmesi durumunda fitoekstraksiyon yönteminin ticari yönden çok faydalı olabileceğinden söz etmişlerdir.

2.3. Bitkilerin Gümüş (Ag) Alımı Konusunda Yapılan Çalışmalar

Smith ve Carson (1977) yaptıkları araştırmada 9.8 mg Ag/L içeren spraylerin mısır bitkisini (*Zea mays*) öldürdüğü ve 100-1000 mg çözünmüş Ag/L içeren spraylerin ise genç domates (*Lycopersicon esculentum*) ve fasulye (*Phaseolus* spp.) bitkilerini öldürdüğünü göstermişlerdir.

Hirsch ve diğ. (1993) yaptıkları çalışmada mısır, marul (*Lactuca sativa*), yulaf (*Avena sativa*), turp (*Brassica rapa*), soyafasulyesi (*Glycine max*), ıspanak (*Spinacia oleracea*), ve çin lahanası (*Brassica* spp.) tohumlarını, gümüş silfid ve kuru kütlelerinde 10, 50 ve 100 mg/kg gümüş içeren atık çamurlu toprakta yetiştirmişlerdir. Tüm bitkiler çimlenmiş ve en yüksek gümüş konsantrasyonunda tüm bitkilerin normal olarak büyüdüğünü gözlemlemişlerdir.

EPA (1980) tarafından bitkilerde gümüş konsantrasyonlarının genellikle kuru kütlede 1,0 mg/kg dan daha az (en az 0,1 mg/kg) ve ağaçlarda, çalılar, gümüş madenlerine yakın bölgelerde bulunan diğer bitkilerde ise daha yüksek olduğu, tohumlar, fındık, meyve ve genellikle diğer bitki parçalarının daha yüksek gümüş konsantrasyonları içerdiği belirtilmiştir.

Qian ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada, gümüş nanopartiküllerinin ve gümüş iyonlarının *Arabidopsis thaliana* (Fare Kulağı Teresi) bitkisindeki fizyolojik, ultrayapısal ve moleküler düzeyde davranışlarını ve toksik etkilerini karşılaştırmışlardır. Gümüş nanopartiküllerinin tohum çimlenmesine etkisi olmadığını, fakat kök büyümesine Gümüş iyonundan daha fazla engelleyici etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Yapılan metal analizleri ve elektron mikroskobu inceleme sonuçları gümüş nanopartiküllerin bitkinin yapraklarında akümüle olduğunu ve bitkinin tilakoid membran yapısını bozarak klorofil içeriğini azalttığını ve bitki gelişimini engellediğini göstermiştir. Az miktarda gümüş iyonunun fideler tarafından absorbe edildiği ancak nanopartiküller gibi kloroplast yapısına ve diğer metallerin alımına olumsuz etki etmediği görülmüştür. Fizyolojik, ultrayapısal ve moleküler düzeydeki verilerden elde edilen veriler sonucunda Gümüş nanopartiküllerinin iyon formundan daha toksik olduğu kanaatine varılmıştır.

Harris ve Bali, (2007),, *Brassic juncea* (hardal) ve *Medicago sativa* (yonca) bitkilerinde gümüş alım limitlerini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, bütün bitkileri hidroponik ortamda 24, 48 ve 72 saatlik periyotlarda sırasıyla 500,1000, 2500 ve 10000 mg/kg gümüş nitrat çözeltisine maruz bırakarak bitkilerin metal biriktirme ve alım kapasitesini incelemişlerdir. *Medicago sativa* (yonca) için konsantrasyon ve maruz kalma süresi arttıkça metal alımının da arttığı gözlenmiştir. *Brassic juncea* (hardal) için ise metal alımının konsantrasyon ve maruz kalma süresine göre değişiklik göstermediği tespit edilmiştir. Bitki dokularında biriken metal miktarı ile çözelti konsantrasyonları oranlandığında (metal alım oranı) her iki bitki için gümüş hiperakümülatörü oldukları sonucuna varılmıştır.

Karakaya, (2006) tarafından yapılan çalışmada *Cucumis sativus* L. (hıyar) bitkisine 250 mg/kg, 500 mg/kg, 750 mg/kg ve 1000 mg/kg' lik dozlarda bitkiye $AgNO_3$ çözeltisi uygulanmış ve dozların kontrole göre bitki boyları üzerine etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmustur. Uygulanan $AgNO_3$ dozlarının artmasıyla bitki boylarının genelinde azalma görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan Bitki ve Özellikleri

Çalışmada bitki türü olarak Kabarla cinsi çilek kullanılmıştır. Bu bitkinin seçilmesindeki nedenler; Çukurova bölgesinin iklimsel koşullarında kolaylıkla yetişiyor olması ve insanlar tarafından besin olarak tüketilmesidir. Ayrıca bitkinin, kök yüzey alanı geniş olan saçak kök yapısına sahip olması ve kol atma yeteneğinin olması ile ağırmetalleri biriktirebilme potansiyeli çalışma için avantaj sağlamaktadır.

3.1.1.1. Çilek

Çilek, ülkemizde yetiştiriciliği en karlı ve en çok tercih edilen meyve türleri içinde yer almaktadır. Çalışmada kullanılan kabarla cinsi, fidesi iri, sert, tatlı ve parlak kırmızı meyvelere sahip olan bir çilek fidesi çeşididir. Ticari olarak yetiştiriciliği yapılan kültür çileklerinin büyük bir bölümü *Fragaria X ananassa* türüne girerler ve bu tür 2 yerli Amerikan türünün (*F. chiloensis* X *F. virginiana*) melezlenmesi ile elde edilmiştir (Staudt,1989). Önemli bir ılıman iklim meyvesi olan çilek, yaygın olarak kışın ve erken ilkbaharda pazarlanan, üzümsü meyveler grubunda yer alan bir meyve türüdür. (Özgüven, 2009). Nötr gün bir çeşit olan kabarla uzun süre meyve vermeye devam eder. Sahil bölgelerindeki verimi daha fazladır. Yayla bölgelerinde yaz boyunca meyve vermeye devam eder. Oldukça yüksek verimli bir çilek fidesi çeşididir. Fazla azot verilmemeli , ilaçlama ve gübreleme programına özenle dikkat edilmelidir (Anonymous,2014). Çilek, kumlu-tınlı, hafif bünyeli ve pH'sı 6.5-7.0 olan topraklarda en iyi gelişme ortamını bulmaktadır (Çakıcı ve Arslan 2012). İdeal pH aralığı 6.0-6.2'dir. Ancak 5.0-7.0 aralığında çilek bitkileri normal bir gelişim sergileyebilir.

3.1.1.2. Çilek Bitkisinin İklim İstekleri

Çileğin büyümesine etki eden ekolojik faktörlerin başında iklim gelmektedir. Çilek -10 °C'ye kadar özel bir önlem almadan yetiştirilebilir. Daha soğuk bölgelerde bitkilerin saman, kuru yaprak vs gibi materyalle örtülerek dondan korunması gerekmektedir. İlkbaharın geç donları, Akdeniz Bölgesi ve benzeri yerlerde zararlı olabilmektedir. Çilekte çiçeklenme uzun bir döneme dağıldığı için, don ürünün tümüne zarar veremez. Bu nedenle çilek, yetiştiricilik riski en az olan meyve türlerinden biridir. Soğuk Doğu Anadolu bölgesinden sıcak Akdeniz bölgesine kadar her yörede yetiştirilebilen hemen hemen tek meyve türü çilektir. (Anonymous,2014)

3.1.2. Bitki Yetiştirme Ortamı ve Özellikleri

Bu çalışmada, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirli olması, herhangi bir yabancı ot tohumu ihtiva etmemesi ve hastalık etmenleri barındırmaması, gübrelemeyi gerektirmemesi, suyun bitkiye yavaşça, düzenli bir şekilde alınmasını sağlayarak bitkilerin çimlenme ve köklenmesini hızlandırması, gözenekli yapısı ile bitki köklerinin hava almasını sağlaması ve hacim ağırlığının az olması nedenleri ile bitkilerin yetiştirileceği ortam olarak torf kullanılmıştır.

3.1.2.1.Torf

Torf, göl yataklarındaki su seviyesinin düşmesiyle, bitki faaliyetlerinin ön plana çıkması, kışın su seviyesindeki artış ile bitkinin ölümü ve bu doğa olayının sürekli tekrarlanması sonucunda bitki kök ve gövdelerinin binlerce yıl süren birikimleri sonucunda oluşan; sebze, fidan ve saksılı süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılan organik bir materyaldir. pH'sı 5.5-6.0 aralığındadır, azot dışında besin maddelerince fakir olup her türlü bitki yetiştirilmesinde kullanılan su tutma kapasitesi yüksek doğal bir maddedir (Kaptan, 1990). Bitkilerinin yetiştirildiği ortam olan torfun özellikleri de Çizelge 3.2. 'de verilmiştir.

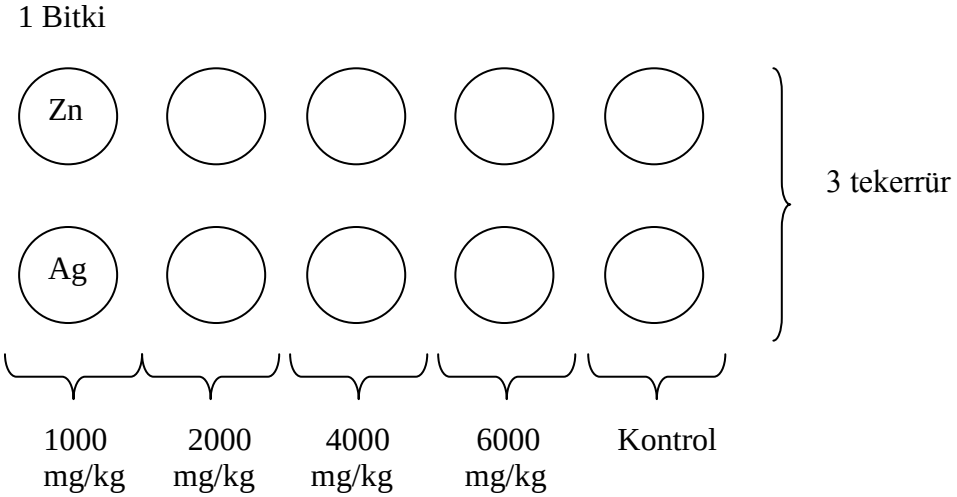
Çizelge 3.1. Bitkinin yetiştirildiği Torf'un Özellikleri

	Değerler
pH	5,5 – 6,5
Kuru Madde(%)	51.5
Tuzluluk (g/L)	0,82
Elektriksel iletkenlik (mS/cm)	1,5
Nitrat Azotu (mg/L)	48
K (mg/L)	207
Mg (mg/L)	78
P (mg/L)	159
N (mg/L)	110
NH_4^+ (mg/L)	62

3.2. Metod

3.2.1. Çalışma Düzeneğinin Oluşturulması

Çalışma düzeneği için 10x12 cm büyüklüğünde her bir bitki için 1 tane olmak üzere 30 adet saksı kullanılmıştır. Şekil 3.3. de görüldüğü gibi her bir ağır metal çözeltisi için 12 bitki ve 6 kontrol olacak şekilde toplam 30 adet bitki fidesi kullanılmış ve saksılara dikilmiştir. Çalışma 3 tekrarlı yapılmıştır.



Şekil 3.1. Her bir ağır metal çözeltisi için kurulan deney düzeneği

3.2.2. Kullanılan Bitkilerin Temin Edilmesi ve Dikime Hazırlanması

Araştırmada kullanılmak üzere seçilen çilek bitkisi Yaltır A.Ş.'den fide olarak temin edilmiştir. Kök kıvrılmalarının yaşanmaması için, dikim öncesi, köklerde kısaltmalar yapılmıştır. Deneyin hassasiyeti açısından alınan bitkilerin ekilmeden önce kökleri önce çeşme suyu daha sonra saf su ile yıkanmıştır.



Şekil 3.2. Çilek fideleri

3.2.3. Sistemde Bitki Yetişme Ortamlarının Hazırlanması

Çalışma Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuarında yürütülmüştür. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan torftan bir miktar alınıp saksıların alt kısımlarına yerleştirilerek bitki yetişme ortamının kirletilmesi için konsantrasyonları 1000 mg/kg, 2000 mg/kg, 4000 mg/kg ve 6000 mg/kg olacak şekilde $ZnSO_4$ ve $AgNO_3$ çözeltileri hazırlanmış ve topraklara eklenmiştir. Hazırlanan kirletilmiş torf 1 hafta kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan torfta daha sonra bitki ekimi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ortama bitkiler yerleştirilirken kök sistemlerine zarar vermeden ve her saksıda eşit biokütlede bitki olacak şekilde ayarlanmıştır. Kullanılan bitkilerin kök sistemi toprağın altında kalacak şekilde dikkatle dikilmesine özen gösterilmiştir. Bitkiler dikildikten sonra can suyu olarak 250 ml çeşme suyu verilmiştir. Çalışma boyunca bitkiler gün aşırı 250 ml çeşme suyu ile sulanmıştır. Araştırma boyunca bitkilerin kuruyarak dökülen yaprakları toplanarak etiketlenmiş ve analize kadar saklanmıştır. Ayrıca bitkilerin büyüme miktarının belirlenebilmesi için 8 haftalık süreçte her hafta yaprak miktarı sayılmış ve boy ölçümleri cm cinsinden ölçülmüştür.

3.2.4. Bitki Örneklerinin Hazırlanması

Sistemin sökülmesinden sonra bitkiler kök, gövde, yaprak olarak ayrılmıştır. Her bir haznedeki torf numuneleri ve bitki kısımları hassas terazide tartılarak yaş kütleleri alınmıştır. Bitki kökü, gövdesi, yaprağı ve torf numunelerinin ise bir

miktarı örnek alınarak ısıya dayanıklı etüv kaplarına yerleştirilmiş ve sabit ağırlığa ulaşmasını sağlamak üzere 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 5 gün boyunca bekletilmiştir. Beş gün sonunda bitkilerin kuru kütleleri ölçülmüştür. Kurutulmuş bitkiler ve torf numuneleri öğütülerek elekten geçirilmiş ve eş boyutta olmaları sağlanmıştır. Numuneler söküldükleri hazne numaralarına göre isimlendirilerek hava almayacak şekilde özel tüplere konulmuştur. Agilent marka 7500ce ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) cihazı ile ağır metal analizlerine hazırlamak için numunelerden 0,5 g tartılarak CEM Mars marka mikrodalga yakma ünitesinin teflon kaplarına konulmuştur, üzerine 1 mL H_2O_2, 2 mL HNO_3 ve 4 mL HCI eklenmiş ve parçalanmaya bırakılmıştır. Parçalanan numuneler etiketlenmiş şişelere konulmuş ve üzerleri ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEİTAM) laboratuvarında Agilent marka 7500ce ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) cihazı ile numunelerin içindeki çinko ve gümüş içeriği ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Agilent Marka ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

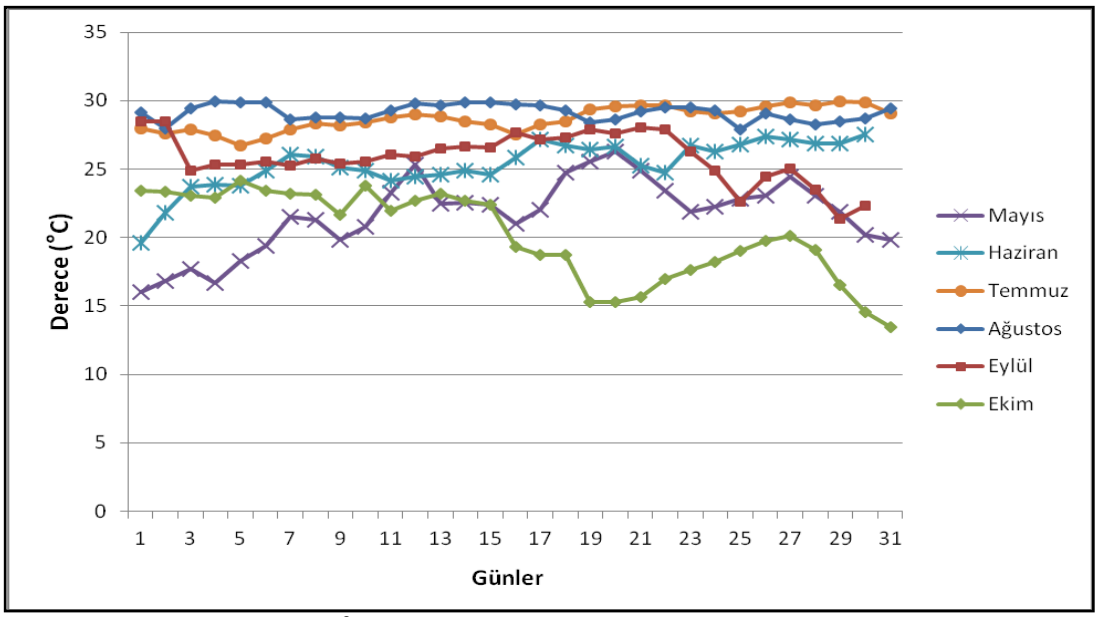
Yapılan çalışmada üç yönlü değerlendirme yapılmıştır. Bunlar;

- Bitkisel gelişim,
- Yaş ve Kuru Kütle Miktarı,
- Bitkinin ağırmetal alımının tespiti,

olarak belirlenmiştir.

4.1. İklimsel Şartlar

Adana ilinde 2015 yılı aylık ortalama sıcaklık ölçümleri Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Çalışmanın yapıldığı, Ağustos ayı günlük maximum sıcaklık değeri ortalama 30 ^{o}C, minimum sıcaklık değeri ortalama 28 ^{o}C, ortalama sıcaklık değeri ise 29 ^{o}C' dir. Eylül ayı günlük maximum sıcaklık değeri ortalama 28 ^{o}C, minimum sıcaklık değeri 21 ^{o}C, ortalama sıcaklık değeri ise 26 ^{o}C' dir. Ekim ayı günlük maximum sıcaklık değeri ortalama 24 ^{o}C, minimum sıcaklık değeri 13 ^{o}C, ortalama sıcaklık değeri ise 20 ^{o}C' olarak ölçülmüştür.(DMİ,2015)



Şekil 4.1. Hava Sıcaklığı($^{\circ}$C)

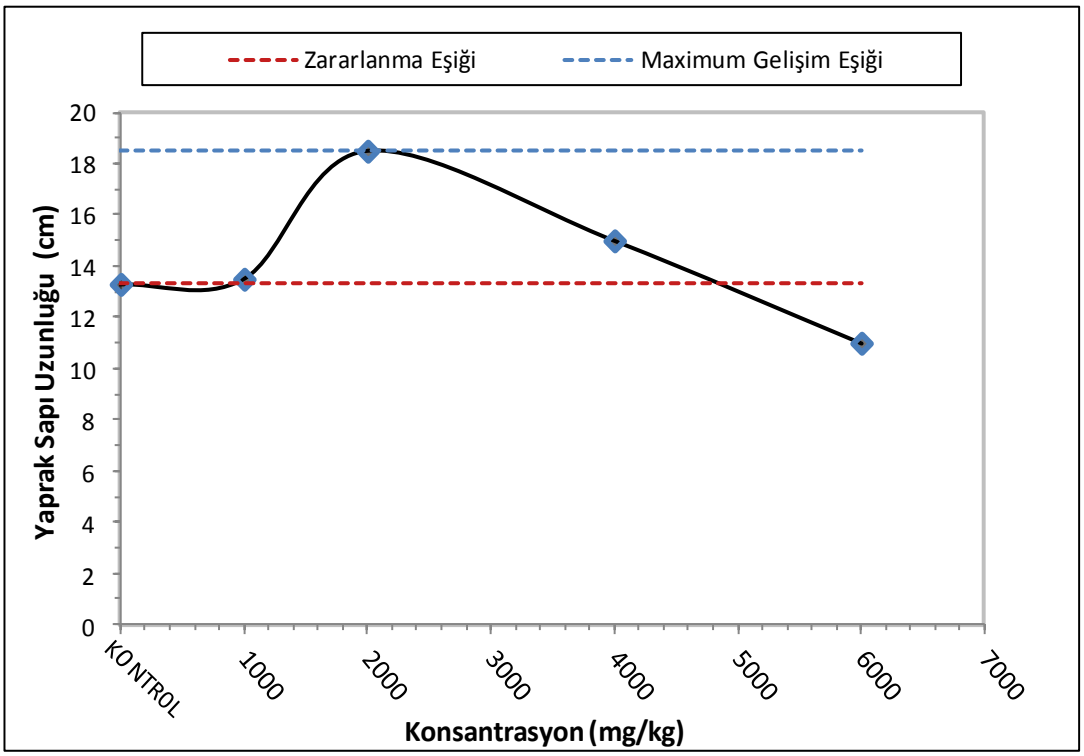
4.2.Bitkisel Gelişim

Çalışma boyunca farklı konsantrasyondaki her bir ağır metal çözeltileri için bitki gelişimi düzenli olarak gözlemlenmiş ve bitkilerin yaprak sapı uzunlukları ile yaprak sayıları haftalık olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., tablolarla ve Şekil 4.2., 4.3., 4.4. ve 4.5.'de grafiklerle gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunluklarının Ortalama Ölçüm Sonuçları (cm) (±ss)

Tarih	Konsantrasyon (mg/kg)				
	Kontrol	1000	2000	4000	6000
8/17/2014	4.0 ± 0.00	4.0 ± 0.35	4.5 ± 0.71	4.0 ± 0.00	4.0 ± 0.00
8/24/2014	6.0 ± 0.00	6.3 ± 0.71	6.5 ± 0.71	6.5 ± 0.71	6.0 ± 0.00
8/31/2014	8.0 ± 1.41	9.5 ± 0.71	10.0 ± 1.41	10.0 ± 0.00	8.5 ± 0.71
9/7/2014	11.0 ± 1.41	11.5 ± 0.71	13.5 ± 2.12	12.0 ± 0.00	11.0 ± 0.00
9/14/2014	12.0 ± 1.41	12.5 ± 0.71	16.0 ± 1.41	14.5 ± 0.71	11.0 ± 0.00
9/21/2014	12.5 ± 0.71	13.0 ± 0.00	17.0 ± 1.41	15.0 ± 0.00	11.0 ± 0.00
9/28/2014	13.0 ± 0.00	13.5 ± 0.71	18.0 ± 1.41	15.0 ± 0.00	11.0 ± 0.00
10/5/2014	13.3 ± 0.35	13.5 ± 0.71	18.5 ± 0.71	15.0 ± 0.00	11.0 ± 0.00

Çizelge 4.1'de tablo incelendiğinde 8.hafta sonunda kontrol grubundaki yaprak sapı uzunluk ortalaması 13.3 cm iken farklı Zn konsantrasyonları uygulanan bitkilerde yaprak sapı uzunluk ortalaması sırasıyla 13.5 cm, 18.5 cm, 15 cm, ve 11 cm olarak ölçülmüştür. 8.hafta sonunda en yüksek konsatrasyonda (6000 mg/kg) yaprak sapı uzunluğu kontrol grubu ortalamasının altında kalmış ve bu dozda bitkinin yaprak sapı gelişiminin 4.haftadan sonra durduğu gözlemlenmiştir.



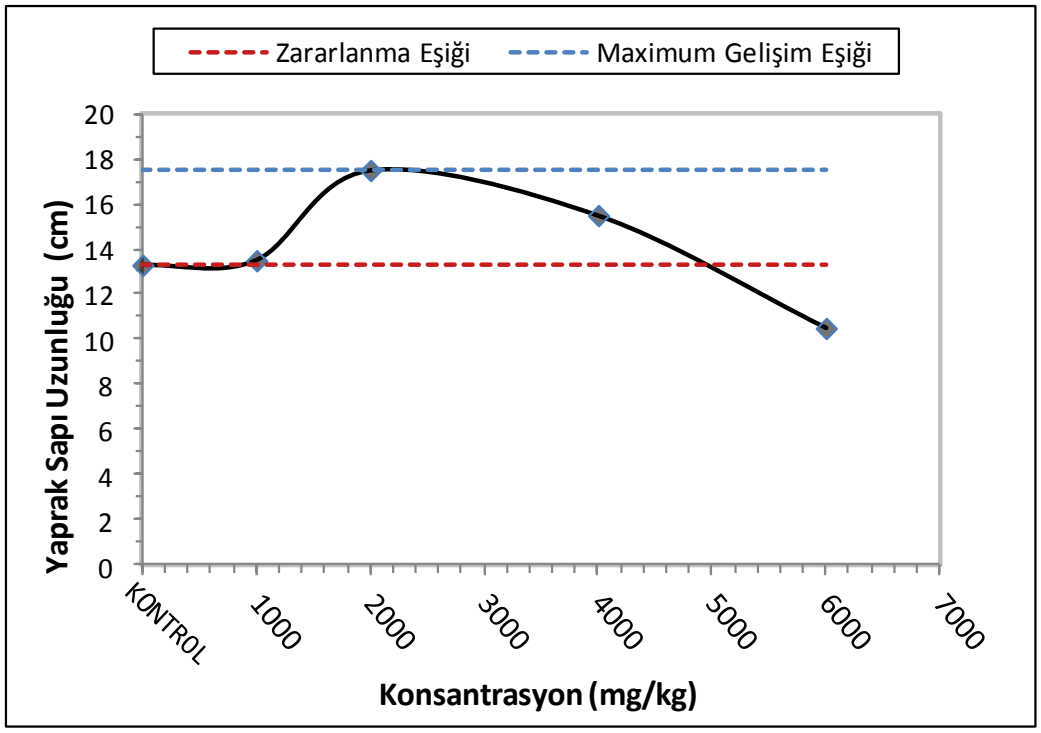
Şekil 4.2. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunluğu

Şekil 4.2.'deki grafik incelendiğinde bitkilerin uygulanan Zn konsantrasyonlarına göre yaprak sapı uzunluğu en fazla 2000 mg/kg dozda olması bu dozun bitkide yaprak sapı gelişimini arttırdığı ve bitkinin 5000 mg/kg düzeyine kadar çinkodan yararlanabileceği söylenebilir. Çalışmamıza benzer şekilde Çelik (2012) tarafından yapılan çalışmada Zn ağırmetali kullanılarak kişniş bitkisinin gelişimi ve element alımı belirlenmiş ve ağırmetal uygulamasının yüksek dozlarında bitki gelişimi belirgin şekilde sınırlanmış, düşük dozlarda ise olumsuz etki görülmemiştir.

Çizelge 4.2. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunlukları Ortalama Ölçüm Sonuçları (cm)(± ss)

Tarih	Konsantrasyon (mg/kg)				
	Kontrol	1000	2000	4000	6000
8/17/2014	4.0 ± 0.00	4.0 ± 0.00	4.0 ± 0.00	4.0 ± 0.00	4.0 ± 0.00
8/24/2014	6.0 ± 0.00	5.5 ± 0.00	6.0 ± 0.00	6.5 ± 0.71	5.5 ± 0.71
8/31/2014	8.0 ± 1.41	8.0 ± 1.40	10.0 ± 1.40	9.3 ± 0.35	8.0 ± 0.00
9/7/2014	11.0 ± 1.41	10.5 ± 0.71	14.5 ± 0.71	12.5 ± 0.71	10.0 ± 0.71
9/14/2014	12.0 ± 1.41	12.5 ± 0.71	16.5 ± 0.71	15.5 ± 0.71	10.5 ± 0.71
9/21/2014	12.5 ± 0.71	13.5 ± 0.71	17.5 ± 0.71	15.5 ± 0.71	10.5 ± 0.71
9/28/2014	13.0 ± 0.00	13.5 ± 0.71	17.5 ± 0.71	15.5 ± 0.71	10.5 ± 0.71
10/5/2014	13.3 ± 0.35	13.5 ± 0.71	17.5 ± 0.71	15.5 ± 0.71	10.5 ± 0.71

Çizelge 4.2.'te 8.hafta sonunda kontrol grubundaki bitkilerde yaprak sapı uzunluk ortalaması 13.3 cm iken farklı Ag konsantrasyonları uygulanan bitkilerde yaprak sapı uzunluk ortalamaları sırasıyla 13.5 cm, 17.5 cm, 15.5 cm ve 10.5 cm olarak ölçülmüştür. 8.hafta sonunda en yüksek konsatrasyonda (6000 mg/kg) yaprak sapı uzunluğu kontrol grubu ortalamasının altında kalmış ve bu dozda bitkinin yaprak sapı gelişiminin 5. haftadan sonra durduğu gözlemlenmiştir. Benzer şekilde Karakaya, (2006) tarafından yapılan çalışmada *Cucumis sativus* L. bitkisine 250, 500, 750 ve 1000 mg/kg' lik dozlarda Ag çözeltisi uygulanmış ve bitkide en az boy gelişimi en yüksek dozda gerçekleşmiştir.



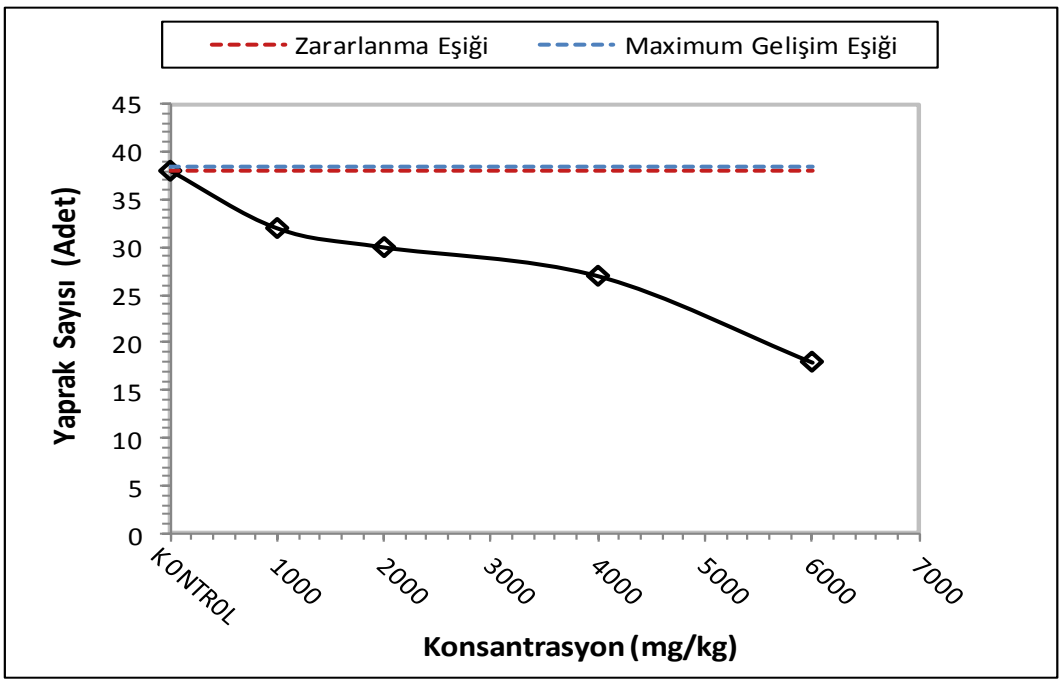
Şekil 4.3. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sapı Uzunluğu

Şekil 4.3.'deki grafik incelendiğinde bitkilere uygulanan Ag konsantrasyonlarına göre yaprak sapı uzunluğunun en fazla 2000 mg/kg dozda gerçekleştiği görülmüştür. Zn denemesinde olduğu gibi Ag denemesinde de bu dozun bitkide yaprak sapı gelişimini arttırdığı ve gümüş ağırmetalinin 5000 mg/kg düzeyine kadar bitkide zararlanmaya neden olmadığı söylenebilir.

Çizelge 4.3.Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sayısı Ortalama Ölçüm Sonuçları (adet) (±ss)

Tarih	Konsantrasyon (mg/kg)				
	Kontrol	1000	2000	4000	6000
17.08.2014	9.0 ± 2.12	9.0 ± 0.00	9.0 ± 0.00	9.0 ± 0.00	9.0 ± 0.00
24.08.2014	14.0 ± 2.12	12.0 ± 0.00	12.0 ± 0.00	12.0 ± 0.00	12.0 ± 0.00
31.08.2014	20.0 ± 4.24	15.0 ± 0.00	18.0 ± 0.00	18.0 ± 0.00	16.5 ± 2.12
07.09.2014	24.0 ± 2.12	20.0 ± 2.12	22.5 ± 2.12	21.0 ± 0.00	19.5 ± 2.12
14.09.2014	29.0 ± 2.12	26.0 ± 2.12	28.5 ± 2.12	25.5 ± 2.12	24.0 ± 0.00
21.09.2014	35.0 ± 2.12	32.0 ± 2.12	31.5 ± 2.12	30.0 ± 4.24	19.5 ± 2.12
28.09.2014	38.0 ± 2.12	32.0 ± 2.12	34.5 ± 2.12	30.0 ± 4.24	19.5 ± 2.12
05.10.2014	38.0 ± 2.12	32.0 ± 2.12	30.0 ± 0.00	27.0 ± 4.24	18.0 ± 0.00

Çizelge 4.3. ve Şekil 4.4.'e bakıldığında uygulanan Zn konsantrasyonu arttıkça bitki yaprak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir. Bitkideki ortalama yaprak sayısının kontrol grubunda 38 adet yaprak, 1000, 2000, 4000 ve 6000 mg/kg konsantrasyonlarda sırasıyla 32, 30, 27 ve 18 adet yaprak olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Bitkinin Yaprak Sayısı Değişimi

8 hafta sonunda en az ortalama yaprak sayısı 6000 mg/kg konsantrasyonda yetişen bitkilerde görülmüştür. Çalışmamıza paralel olarak Sönmez (2006), yaptığı bir çalışmada, artan dozlarda Zn uygulamalarının, mikorizalı ve mikorizasız kosullarda domates bitkisinin fide gelişimi üzerine etkisini belirlemiş ve kontrol gruplarının yaprak sayısı ortalamasının, her iki koşulda Zn uygulanan (100 ve 200 mg/kg) bitki gruplarından daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

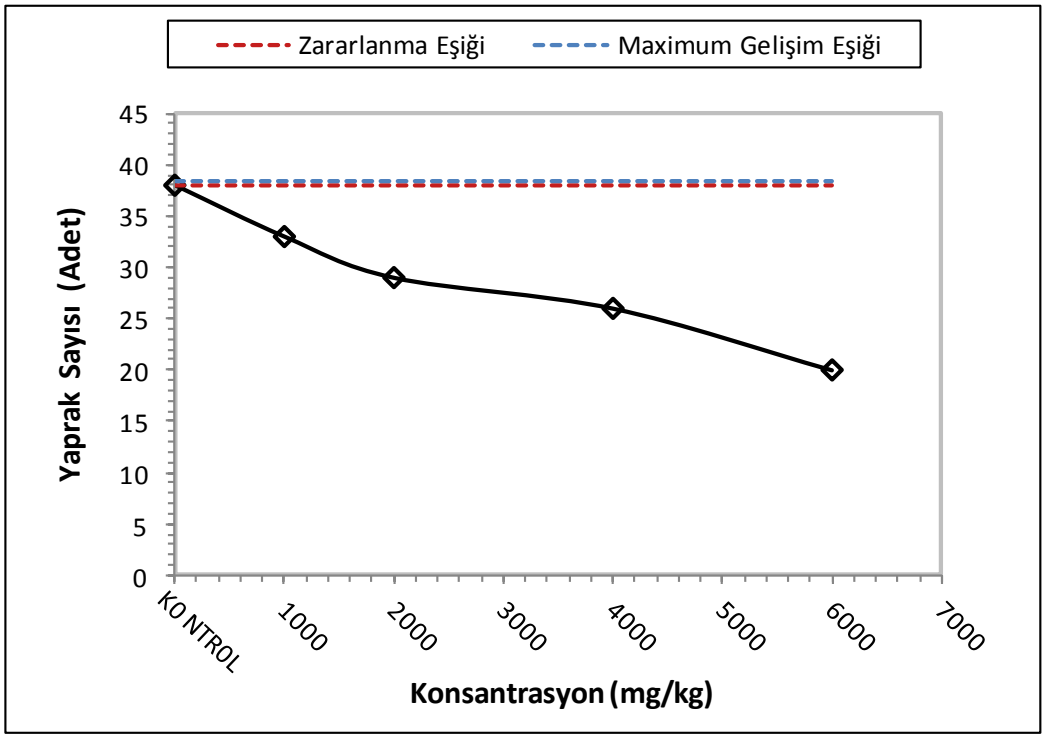
Benzer olarak Ece,(2008), tarafından yapılan çalışmada keten bitkisine 2000,4000 ve 6000 mg/kg dozlarda Zn çözeltisi verilmiş ve üçüncü haftada 6000 mg/kg çinko uygulanan saksılarda bazı bitkilerin öldügü, 4000 ve 2000 mg/kg çinko uygulanan saksılarda ise bitkilerin alt yapraklarında sararmaların oldugu gözlenmiş, beşinci haftada ise 6000 ve 4000 mg/kg çinko uygulanan bitkilerde alt yapraklarda kuruma üst yapraklarda sararmalar görüldüğü belirtilmiştir. Çalışmamızda ise 6000 ve 4000 mg/kg konsantrasyonlarda bitkilerin alt yapraklarında kuruma ve dökülme görülmüş olmasına karşın bitkiler canlılıklarını korumuştur.

Çizelge 4.4. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Sayısı Ortalama Ölçüm Sonuçları (adet)(±ss)

Tarih	Konsantrasyon (mg/kg)				
	Kontrol	1000	2000	4000	6000
17.08.2014	9.0 ± 2.12	9.0 ± 0.00	9.0 ± 0.00	9.0 ± 0.00	9.0 ± 0.00
24.08.2014	14.0 ± 2.12	12.0 ± 0.00	12.0 ± 0.00	12.0 ± 0.00	12.0 ± 0.00
31.08.2014	20.0 ± 4.24	17.0 ± 2.12	18.0 ± 0.00	18.0 ± 0.00	18.0 ± 0.00
07.09.2014	24.0 ± 2.12	24.0 ± 0.00	24.0 ± 0.00	24.0 ± 0.00	23.0 ± 2.12
14.09.2014	29.0 ± 2.12	32.0 ± 2.12	30.0 ± 0.00	29.0 ± 2.12	26.0 ± 2.12
21.09.2014	35.0 ± 2.12	33.0 ± 0.00	30.0 ± 0.00	29.0 ± 2.12	24.0 ± 0.00
28.09.2014	38.0 ± 2.12	33.0 ± 0.00	30.0 ± 0.00	29.0 ± 2.12	22.0 ± 1.41
05.10.2014	38.0 ± 2.12	33.0 ± 0.00	29.0 ± 2.12	26.0 ± 2.12	20.0 ± 2.12

Çizelge 4.4. ve Şekil 4.5.'e bakıldığında bitkideki ortalama yaprak sayısı kontrol grubunda 38 adet yaprak, 1000, 2000, 4000 ve 6000 mg/kg konsantrasyonlarda sırasıyla 33, 29, 26, 20 adet yaprak olarak tespit edilmiştir. 5.haftaya kadar uygulanan tüm konsantrasyonlardaki bitkilerin yaprak sayılarında artış gerçekleşmiştir. 5. haftadan sonra bitkilerin yapraklarında kuruma ve dökülme

olduğu gözlemlenmiştir. Zn uygulamasındada olduğu gibi, uygulanan Ag ağır metal çözelti konsantrasyonu arttıkça bitki yaprak sayılarının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.5. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Bitkinin Yaprak Sayısı Değişim Grafiği

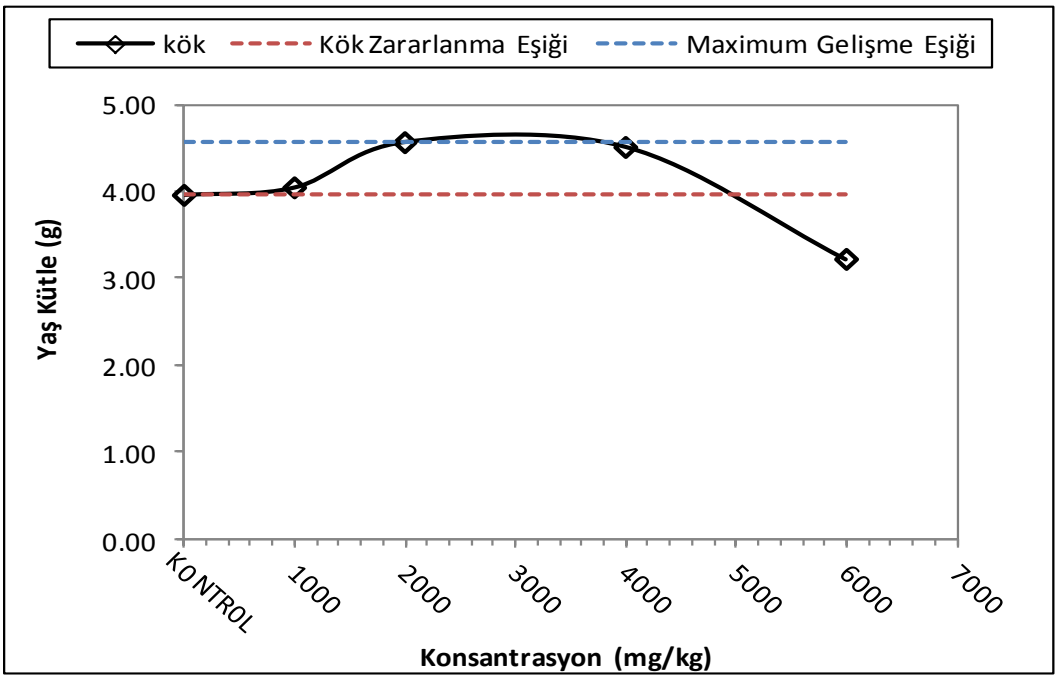
4.3. Yaş ve Kuru Kütle Miktarı

Yapılan çalışmada bitki söküm işleminden sonra bitkiler kök, sap+gövde ve yaprak olmak üzere kısımlarına ayrılarak tartılmış ve yaş kütleleri kaydedilmiştir. Aynı şekilde numuneler etüvde 60 °C de 5 gün boyunca kurutulmaya bırakılmış ve bu işlemden sonra tekrar tartılarak kuru kütleleri kaydedilmiştir. Elde edilen verilerin ortalamaları alınarak her iki ağırmetal denemesi için Çizelge 4.5, 4.6, tablolarla ve Şekil 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17'de grafiklerle gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaş ve Kuru Kütlesi (g)

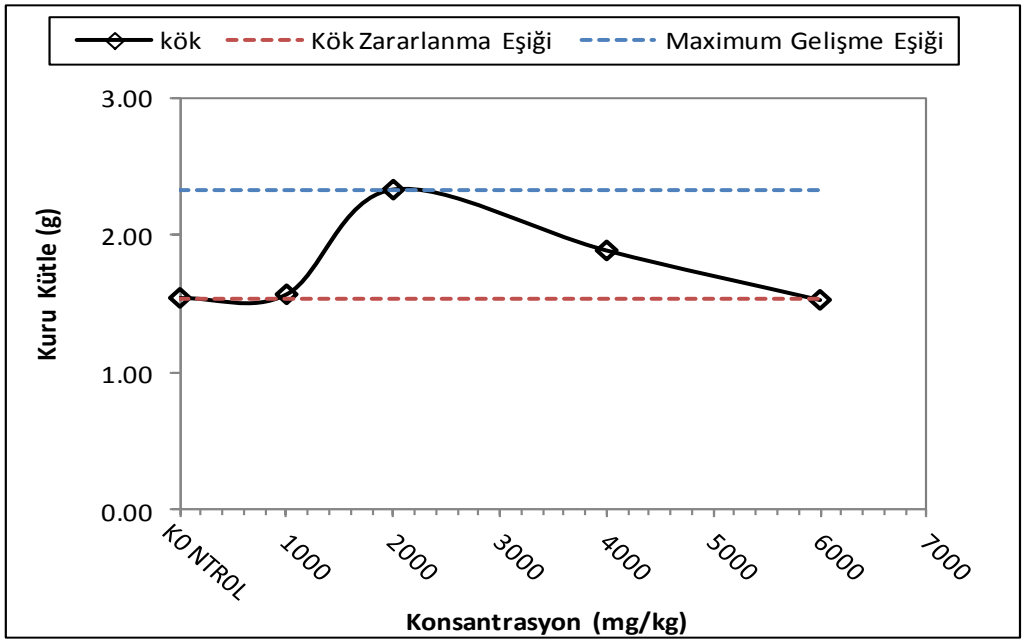
Konsant-rasyon (mg/kg)	Kök		Sap+Gövde		Yaprak	
	Yaş Kütle	Kuru Kütle	Yaş Kütle	Kuru Kütle	Yaş Kütle	Kuru Kütle
kontrol	3.95 ± 0.95	1.54 ± 0.37	4.74 ± 0.69	1.31 ± 0.17	5.85 ± 0.13	1.42 ± 0.06
1000	4.04 ± 0.30	1.57 ± 0.14	4.80 ± 0.11	1.89 ± 0.06	5.83 ± 0.15	1.75 ± 0.07
2000	4.56 ± 1.09	2.33 ± 0.59	7.14 ± 0.98	2.30 ± 0.19	5.87 ± 0.78	1.83 ± 0.23
4000	4.50 ± 0.49	1.89 ± 0.15	7.02 ± 0.39	2.21 ± 0.15	4.95 ± 0.39	1.55 ± 0.15
6000	3.22 ± 0.21	1.53 ± 0.10	3.62 ± 0.22	1.21 ± 0.06	3.51 ± 0.09	1.16 ± 0.12

Çizelge 4.5'te çilek bitkisinin Zn uygulanan tüm konsantrasyonlarında kök, sap+gövde ve yaprak, yaş ve kuru kütleleri karşılaştırıldığında suyun daha çok sap+gövde ve yaprak kısmında tutulduğu görülmektedir. Bitki aksamlarının tümünde, en yüksek konsantrasyonda su tutma kapasitelerinde kontrole göre azalma gerçekleşmiştir. Bitki aksamlarının tümünde en yüksek yaş kütle ve kuru kütle miktarı 2000 mg/kg konsantrasyon uygulanan bitkilerde görülmüştür.

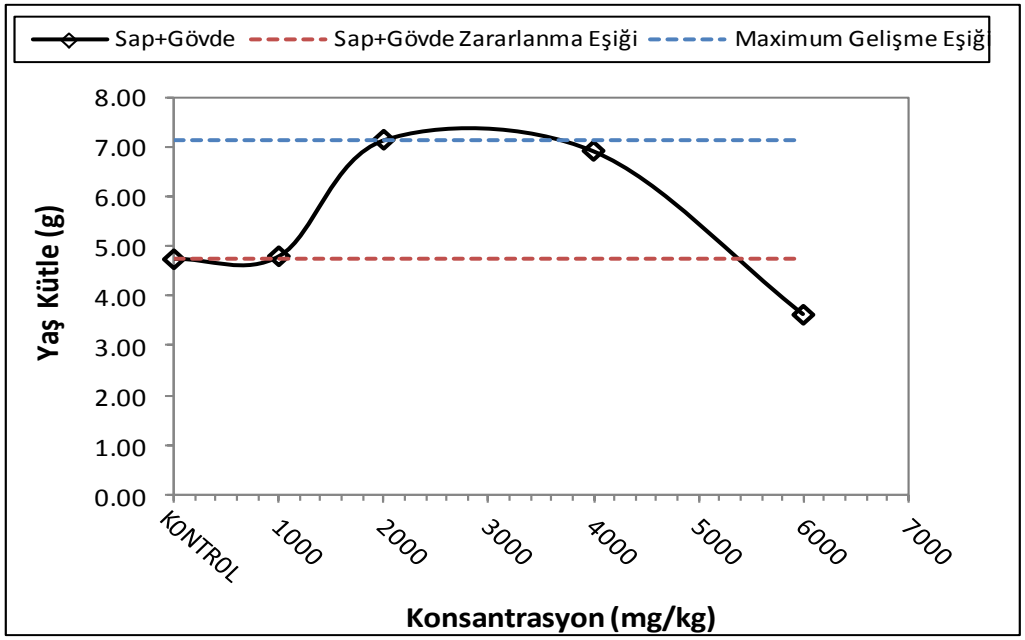


Şekil 4.6. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Kök Yaş Kütlesi

Şekil 4.6.'da 6000 mg/kg Zn uygulanan bitkide kök yaş kütle miktarı kontrole göre alt seviyededir, 5000 mg/kg seviyesinden sonra kontrole göre kök yaş ağırlığında azalma gerçekleşmiştir. Şekil 4.7'de ise 6000 mg/kg konsantrasyonda kök kuru ağırlığı kontrole yakın bir değerde görülmektedir.

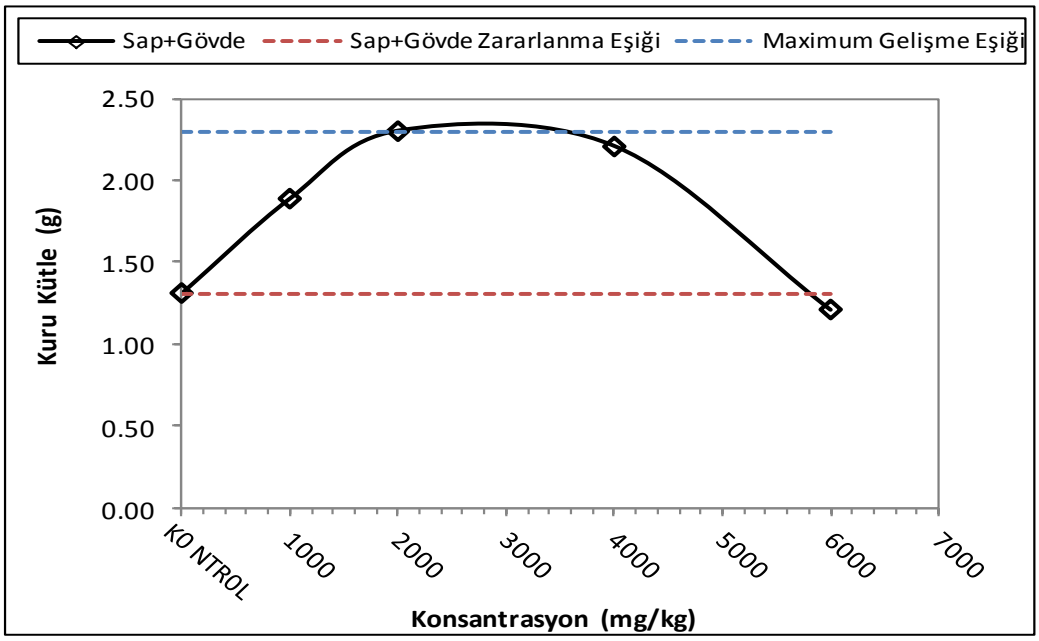


Şekil 4.7. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Kök Kuru Kütlesi

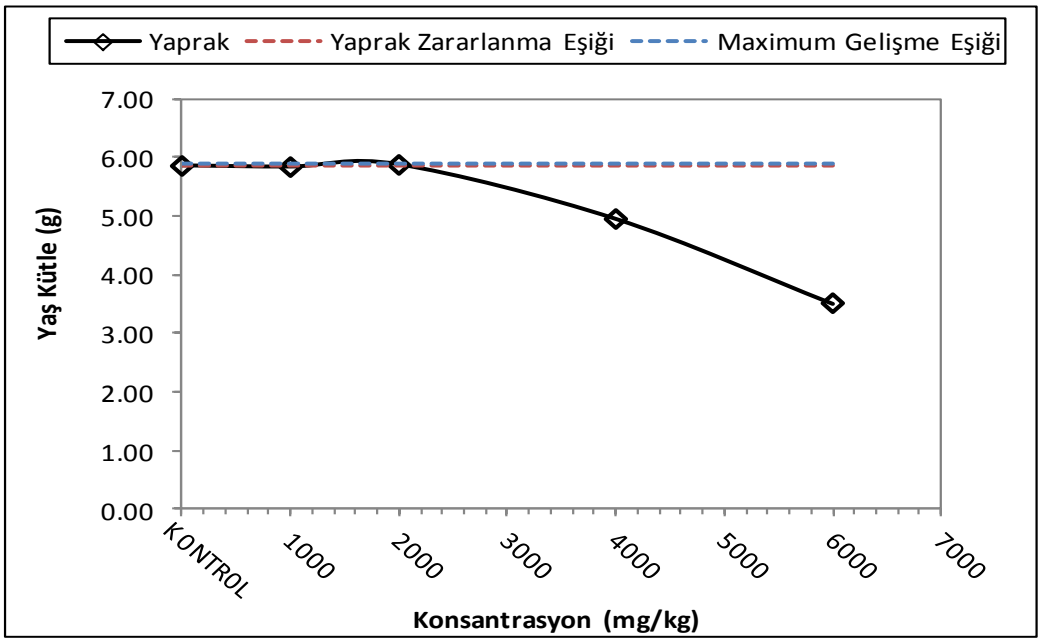


Şekil 4.8. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Sap+Gövde Yaş Kütlesi

Şekil 4.8.'de en yüksek konsantrasyon olan 6000 mg/kg Zn uygulanan çilekte, sap+gövde yaş ağırlığı kontrole göre alt seviyede kalmıştır, 5200 mg/kg konsantrasyon seviyesinden sonra kontrole göre yaş kütlede azalma gerçekleşmiştir. Şekil 4.9'a bakıldığında 5900 mg/kg konsantrasyon seviyesinden sonra kontrole göre sap+gövde kuru ağırlığında azalma gerçekleştiği görülmektedir.

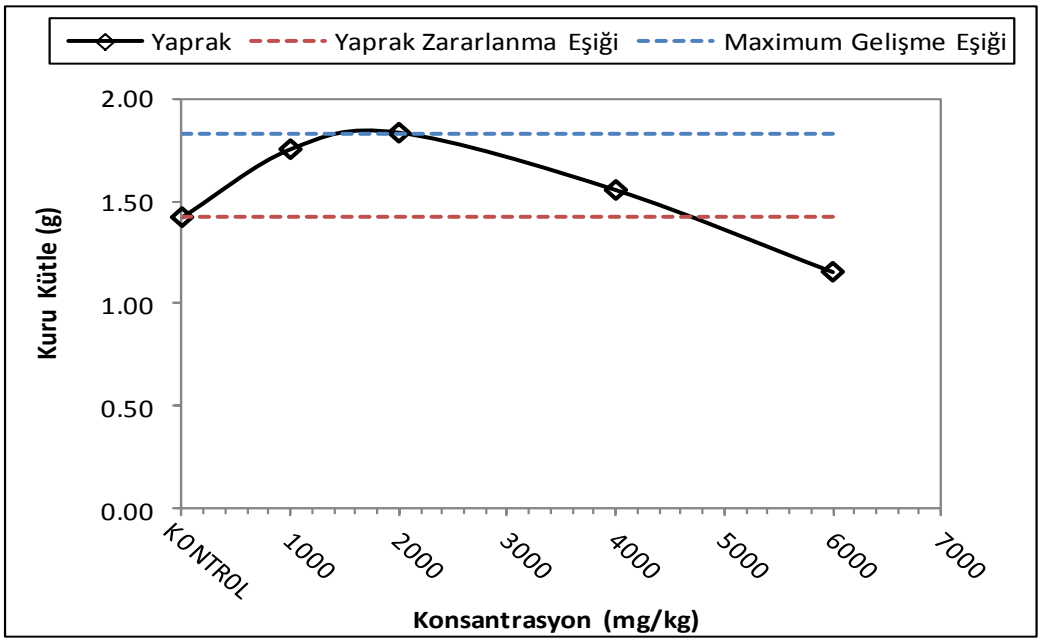


Şekil 4.9. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Sap+Gövde Kuru Kütlesi



Şekil 4.10. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Yaş Kütlesi

Şekil 4.10.'a bakıldığında 2000 mg/kg'den fazla konsantrasyonlarda Zn uygulanan çilekte yaprak yaş ağırlığında kontrole göre azalma gerçekleşmiştir. Şekil 4.11'de yaprak kuru ağırlığında kontrole göre azalma 4000 mg/kg konsantrasyon seviyesinden sonra gerçekleştiği görülmektedir.

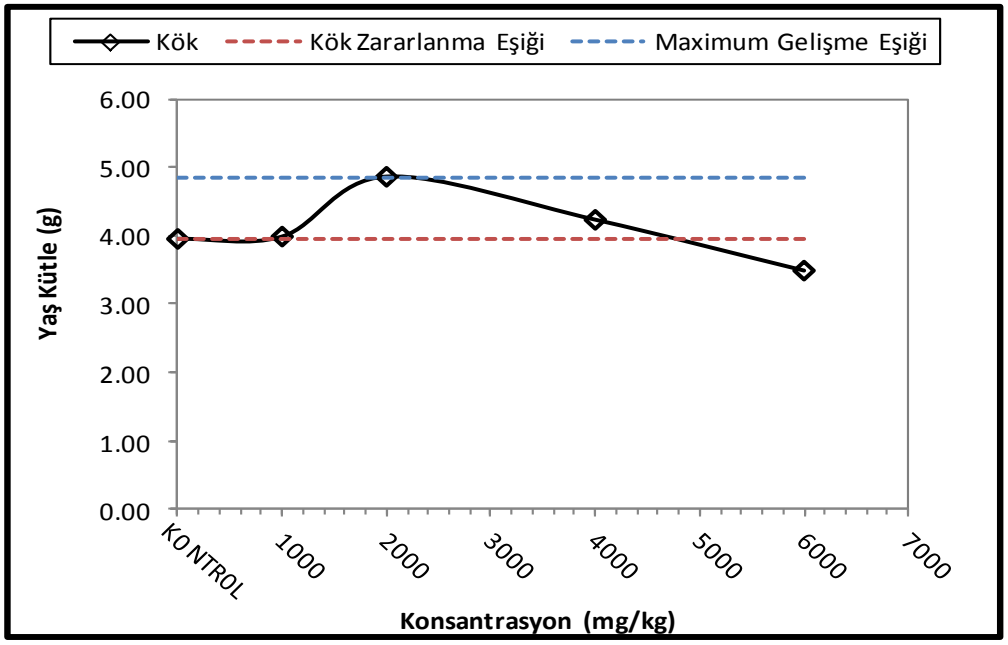


Şekil 4.11. Farklı Zn Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Kuru Kütlesi

Çizelge 4.6. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaş ve Kuru Kütlesi(g)

Konsant-rasyon (mg/kg)	Kök		Sap+Gövde		Yaprak	
	Yaş Kütle	Kuru Kütle	Yaş Kütle	Yaş Kütle	Kuru Kütle	Yaş Kütle
kontrol	3.95 ± 0.95	1.54 ± 0.37	4.74 ± 0.69	1.31 ± 0.17	5.85 ± 0.13	1.42 ± 0.06
1000	3.99 ± 0.95	1.56 ± 0.09	4.84 ± 0.09	1.31 ± 0.09	4.96 ± 0.47	1.38 ± 0.08
2000	4.87 ± 0.39	1.87 ± 0.13	7.11 ± 0.28	2.02 ± 0.11	4.63 ± 0.27	1.22 ± 0.10
4000	4.23 ± 0.14	1.43 ± 0.14	6.74 ± 0.48	1.75 ± 0.21	4.20 ± 0.13	1.14 ± 0.04
6000	3.49 ± 0.21	1.39 ± 0.10	3.63 ± 0.16	1.17 ± 0.03	3.26 ± 0.11	1.08 ± 0.03

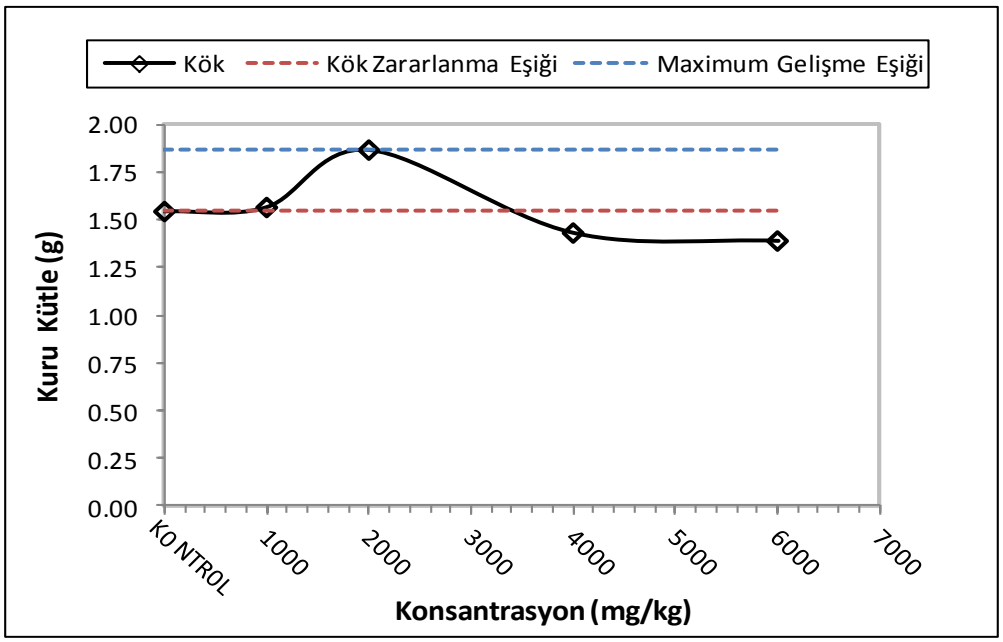
Çizelge 4.6 ‘da çilek bitkisinin tüm Ag konsantrasyonlarında kök, sap+gövde ve yaprak, yaş ve kuru kütleleri karşılaştırıldığında Zn uygulamasına benzer bir şekilde en fazla yaş kütle sap+gövde kısmında 2000 mg/kg konsantrasyonda görülmüş ve 6000 mg/kg konsantrasyonda bitkinin tüm aksamlarının su tutma kapasitelerinde kontrole göre azalma gerçekleşmiştir.



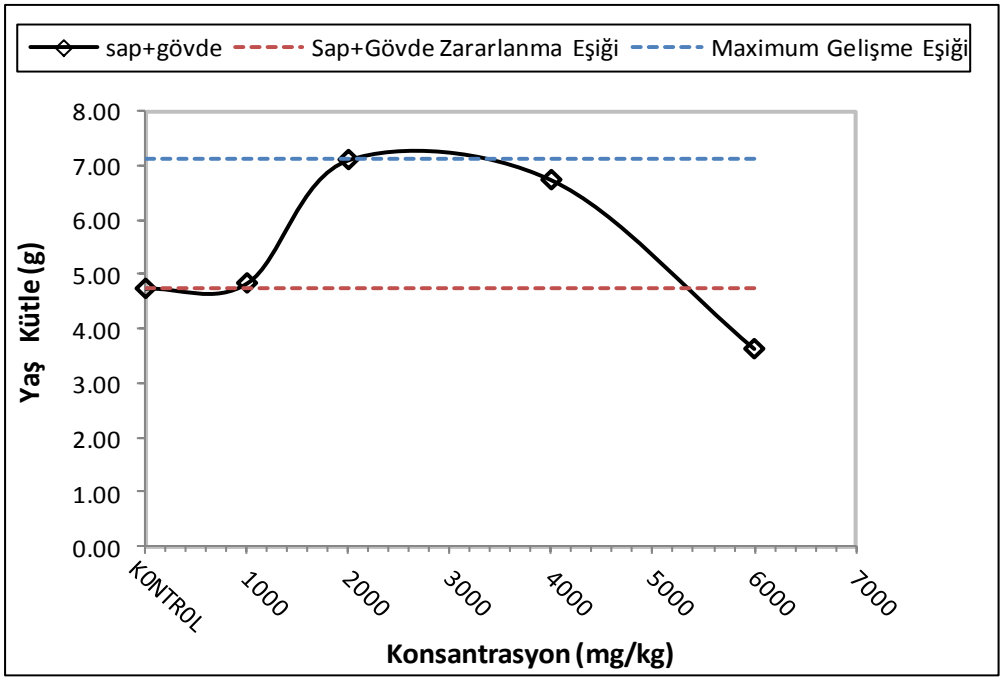
Şekil 4.12. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Kök Yaş Kütlesi

Şekil 4.12.’ye bakıldığında farklı konsantrasyonlarda Ag uygulanan çilekte kök yaş ağırlığında 4300 mg/kg konsantrasyondan sonra kontrole göre azalma

gerçekleşmiştir. Şekil 4.13'de ise kök kuru ağırlığında 3000 mg/kg konsantrasyondan sonra kontrole göre azalma gerçekleştiği görülmektedir.

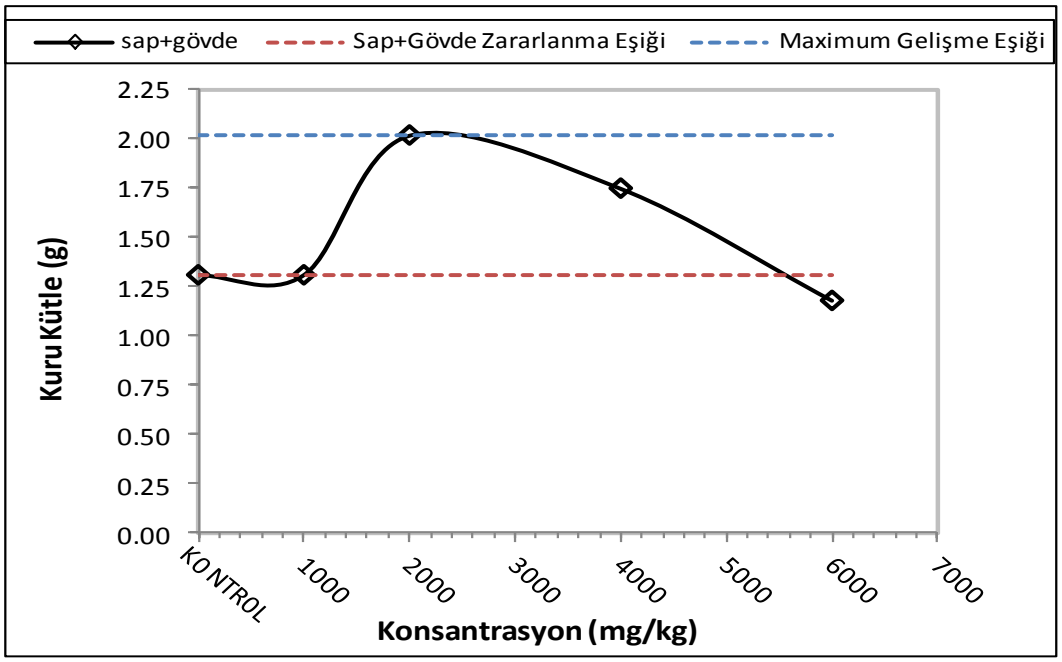


Şekil 4.13. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Bitkinin Kök Kuru Kütle Grafiği



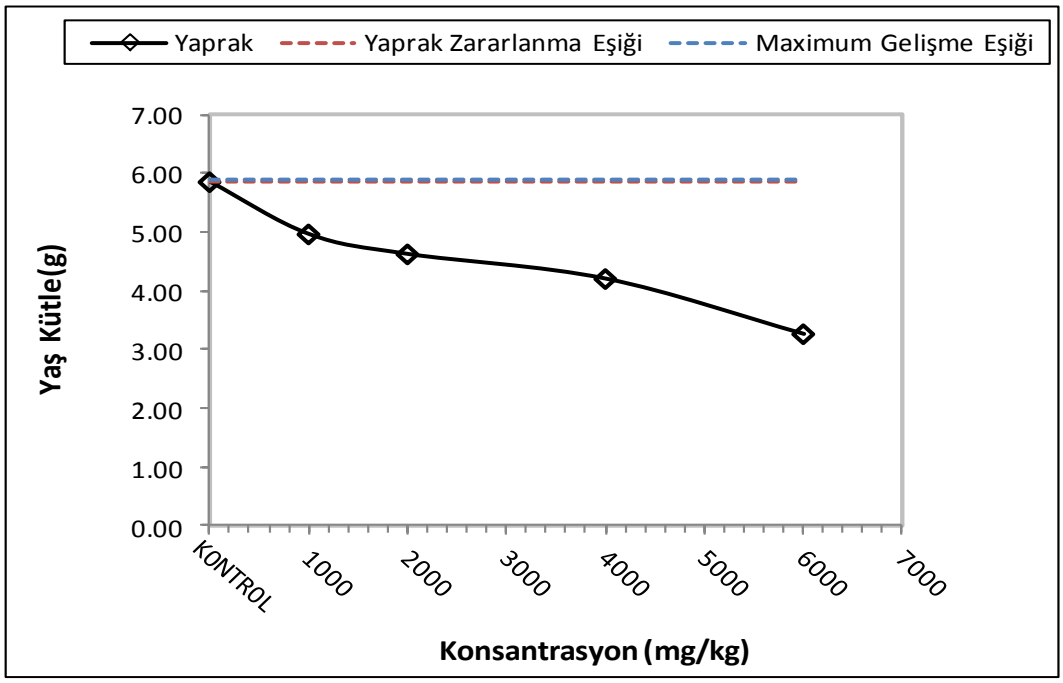
Şekil 4.14. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Bitkinin Sap+Gövde Yaş Kütlesi

Şekil 4.14.'te farklı konsantrasyonlarda Ag uygulanan çilekte sap+gövde yaş ağırlığında 4000 mg/kg konsantrasyondan sonra kontrole göre azalma gerçekleşmiştir. Şekil 4.15'te ise sap+gövde kuru ağırlığında 3000 mg/kg konsantrasyondan sonra kontrole göre azalma gerçekleştiği görülmektedir.

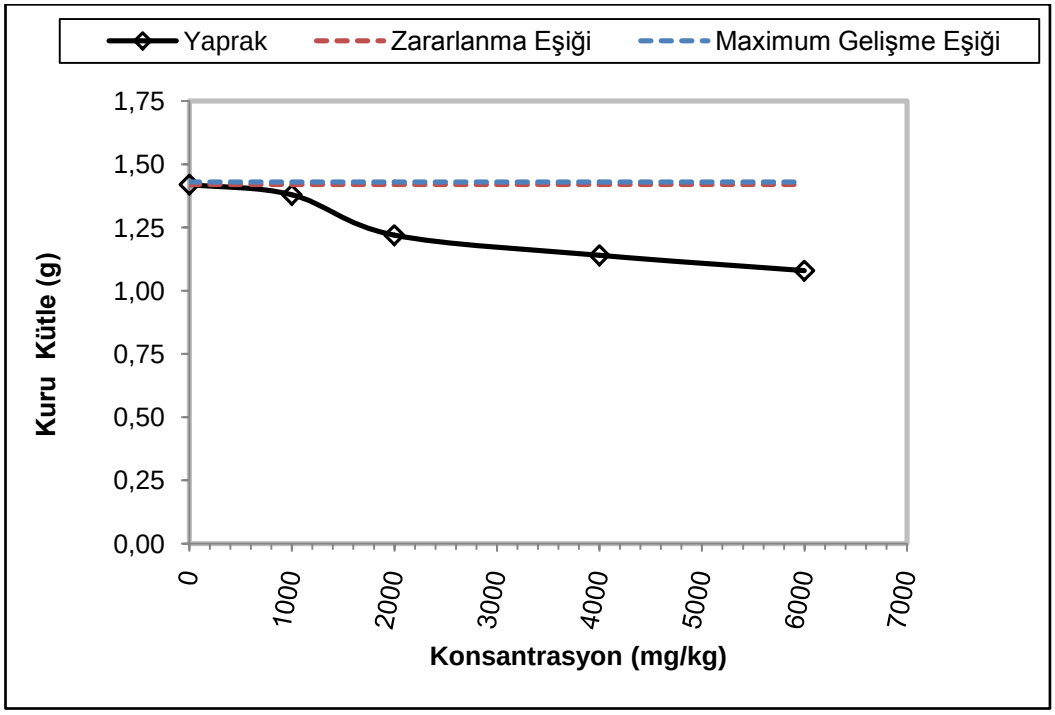


Şekil 4.15.Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Sap+Gövde Kuru Kütlesi

Şekil 4.16.'da uygulanan Ag konsantrasyonlarının tümünde çilekte yaprak yaş kütleleri kontrole göre alt seviyelerde ölçülmüştür. Şekil 4.17'de aynı şekilde Ag konsantrasyonlarının tümünde yaprak kuru kütlelerinin kontrol grubunun altında ölçüldüğü görülmektedir.



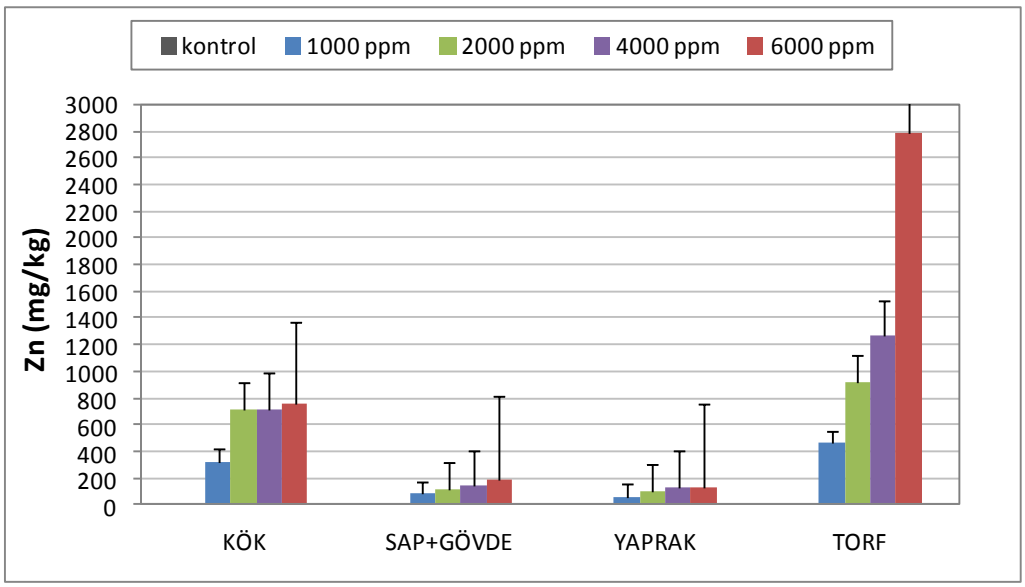
Şekil 4.16. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Yaş Kütlesi



Şekil 4.17. Farklı Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Yaprak Kuru Kütlesi

4.4. Çilek Bitkisinin Zn ve Ag Alımı

Çalışmada çilek bitkisinin, artan konsantrasyonlarda ağır metal çözeltisine maruz bırakılarak yetiştirme ortamı olarak kullanılan torftan Zn alımı belirlenmeye çalışılmıştır. Kontrol grubu dahil olmak üzere 5 farklı konsantrasyonda ağır metal çözeltisine maruz bırakılan çilek bitkisinin kök, gövde ve yapraklarında Zn birikimi şekil 4.18'de gösterilmektedir.

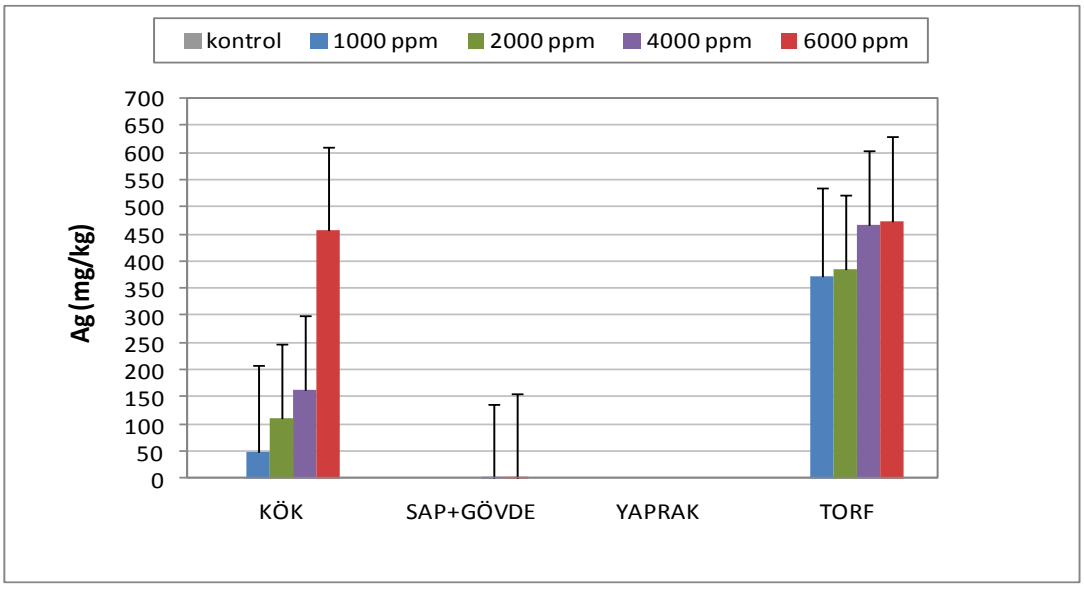


Şekil 4.18. Zn Analiz Sonuçları

Çilek bitkisinde en fazla Zn birikiminin kök kısmında gerçekleştiği görülmüştür. Bitki en fazla 6000 mg/kg konsantrasyona karşı dayanıklık göstermiş, bitki kökünde en fazla Zn iyonu birikimi 2000, 4000 ve 6000 mg/kg konsantrasyonlarda gerçekleşmiştir (710 mg/kg, 720 mg/kg, 751 mg/kg). Gövdede en fazla birikim 6000 mg/kg konsantrasyonda (190 mg/kg) yaprakta ise en fazla birikim 4000 mg/kg konsantrasyonda (134 mg/kg), gerçekleşmiştir. Bitkinin tüm aksamlarına Zn'yu iletebildiği görülmüştür. Şafak (2011) tarafından yapılan, kurşun (Pb) ve çinkonun (Zn) kara lahana *(Brassica oleracea* var. *Acephala)* ve pazı (*Beta vulgaris* var. *Cicla)* bitkilerinde birikiminin incelendiği çalışmada bitkilere 50 ve 200 mg/kg Zn uygulanmış ve Zn uygulanan bitkilerin köklerinde aşırı miktarda birikim görülmüştür. 200 ppm Zn uygulanan karalahananın yapraklarında 249 ppm, gövdede

181 ppm ve kökte ise 508 ppm Zn birikimi gözlenmiştir. 50 ppm Zn uyguladığımız karalahananın yapraklarında 150 ppm, gövdede 175 ppm ve kökte ise 50 ppm birikim gözlenmiştir. 50 ppm Zn uygulanan pazının yapraklarında 284 ppm, kökte ise 343 ppm birikim gözlenmiştir. 200 ppm Zn uygulanan pazının yapraklarında 223 ppm, köklerinde ise 503 ppm birikim gözlenmiştir.Çalışmamıza paralel olarak Kim ve ark. (2010) yılında yaptıkları çalışmada çinko metalinin Salatalık (*Cucumis sativus)* bitkisindeki biyoakümülasyonu incelenmiş, 2000 mg/kg $ZnCl_2$ ile kirletilen doğal toprakta ve kontrollü ortamda 8 hafta büyütülen Salatalık (*Cucumis sativus)* bitkisinin kök, gövde ve yaprak kısımlarında en fazla Zn birikimi kök ve gövde kısımlarında ve en çok kök kısmında görülmüştür(2500g g^{-1}).

Çalışmada çilek bitkisinin, artan konsantrasyonlarda ağır metal çözeltisine maruz bırakılarak yetiştirme ortamı olarak kullanılan torftan Ag alımı belirlenmeye çalışılmıştır. Kontrol grubu dahil olmak üzere 5 farklı konsantrasyonda ağır metal çözeltisine maruz bırakılan çilek bitkisinin kök, gövde ve yapraklarında Ag birikimi şekil 4.19'da gösterilmektedir.



Şekil 4.19. Ag Analiz Sonuçları

Şekil 4.19 'da bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılan torfta yetiştirilen ve farklı dozlarda ağır metal çözeltisine maruz bırakılan çilek bitkisinin kök, gövde ve yapraklarının Ag iyonu alım grafiği görülmektedir. Bitkide en fazla Ag birikimi 6000 mg/kg lik konsantrasyonda ve kök kısmında olduğu görülmüştür. 1000, 2000, 4000 ve 6000 mg/kg'lik konsantrasyonlarda bitkinin Ag birikimi en çok kök kısmında gerçekleşmiştir (48 mg/kg, 112 mg/kg, 163 mg/kg, 457 mg/kg). Gövde kısmında sadece 4000 mg/kg ve 6000 mg/kg konsantrasyonlarda Ag birikimi görülmüştür (0,3 mg/kg, 0,7 mg/kg). Bitki yapraklarında ise Ag birikimi gerçekleşmediği görülmüştür. Bu durumda ölçümün, analizler için kullanılan ICP-MS cihazında Ag için minimum ölçüm değeri olan 0,001 mg/kg değerinin altında kaldığı söylenebilir.

Bitkilerin fitoremediasyon kapasitesi, biyokonsantrasyon faktörü (BKF) ve translokasyon faktörü (TF) ile belirlenir. Biyokonsantrasyon faktörü, bitki kökündeki toplam metal derişiminin toprak metal konsantrasyonuna oranıdır (Malik vd., 2010). Translokasyon faktörü ise bitki gövdesindeki metal derişiminin kök metal derişimine oranıdır (Karami ve Shamsuddin, 2010).

$$\textbf{Biyokonsantrasyon Faktörü (BF)} = \frac{\text{Kök Yada Gövde Metal Konsantrasyonu(mg/kg)}}{\text{Toprak Metal Konsantrasyonu, (mg/kg)}}$$

$$\textbf{Translokasyon Faktörü (TF)} = \frac{\text{Gövde Metal Konsantrasyonu, (mg/kg)}}{\text{Kök Metal Konsantrasyonu(mg/kg)}}$$

Çizelge 4.7. Farklı Zn ve Ag Konsantrasyonlarında Yetişen Bitkinin Biokonsantrasyon Faktörü (BKF) ve Translokasyon Faktörü (TF) Değerleri

Konsantrasyon (mg/kg)	Zn		Ag	
	BKF	TF	BKF	TF
1000	0.71	0,26	0,13	0
2000	0.77	0,16	0,39	0
4000	0.57	0,20	0,31	0
6000	0.27	0,25	0.96	0

Çizelge 4.7 ‘de bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılan torfta yetiştirilen ve farklı dozlarda ağır metal çözeltisine maruz bırakılan çilek bitkisinin biyokonsantrasyon faktörü ve translokasyon faktörü değerleri görülmektedir.

Bitki kökünün topraktaki metali alım derecesini göstermek için kökteki metalin topraktaki metal oranına bölünmesi sonucu elde edilen değer, eğer 1‟e eşit veya üzerinde ise bu bitki kökünün topraktaki metali çok iyi akümüle ettiğini göstermektedir (Baker vd.,l994). Bitki kökünden üst aksama metal taşınımını gösteren Translokasyon Faktörünün(TF) 1’den büyük olması üst aksamda akümülasyonun iyi olduğunu göstermektedir(Olowoyo et al. 2010).Buna göre Çizelge 4.7’de hesaplanan BKF ve TF değerlerine bakıldığında çalışmamızda Zn ve Ag uygulanan bitkilerde tüm konsantrasyonlarda, BKF değerinin 1’in altında kaldığı görülmektedir ve çinko ile gümüşün bitki kökü tarafından iyi akümüle edilmediği ve kökten sap+gövdeye taşınımının iyi olmadığı söylenebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sanayileşme ile artan yakıt kullanımı, trafik ve tarımsal ilaç kullanımı gibi antropojenik aktivitelerin artması sonucu alıcı ortamlara daha fazla karışan ağır metaller, çevre kirliğinini arttırarak çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada artan konsantrasyonlarda çinko (Zn) ve gümüş (Ag) ile kirletilmiş torf ortamında yetiştirilen çilek (*Fragaria ananassa)* bitkisinin kök, gövde ve yapraklarında ağır metal birikimi incelenmiştir.

Çalışma sırasında fenolojik gözlemler yapılmış ve 8 hafta sonunda çilek bitkisinin kontrol grubunda ortalama yaprak sapı uzunluğu 13.3 cm olarak gözlenmiş, en yüksek konsantrasyon olan 6000 mg/kg'lik konsantrasyonda Zn uygulanan bitkilerde ortalama yaprak sapı uzunluğu 11 cm, 6000 mg/kg'lik konsantrasyonda Ag uygulanan bitkilerde ise ortalama yaprak sapı uzunluğu 10,5 cm olarak belirlenmiştir. Kontrol grubunda ortalama yaprak sayısı 38 adet yaprak, 6000 mg/kg'lik konsantrasyonda Zn ve Ag uygulanan bitkilerde ortalama yaprak sayısı sırasıyla 20 adet ve 18 adet yaprak olarak belirlenmiştir. Yaprak sayısı ölçümlerinde, artan ağırmetal konsantrasyonuna bağlı olarak bitkinin yaprak sayısında kontrol grubuna göre azalma görülmüş ve bu konsantrasyonlarda bitkide zararlanmaya neden olduğu görülmüştür. Özbek ve diğ.,(1995) bitkilerdeki Zn konsantrasyonlarının normal bitkilerde 5-100 mg/kg arasında olduğu ve görülen toksisitelerin genellikle 400 mg/kg'den sonra başladığını belirtmişlerdir.

Toprakta bulunan toksik elementler (Pb, Cd, As, Hg vb.) ve bitki beslenmesi açısından gerekli olan elementlerin fazlalığı bitki büyümesini engellemektedir. (Yıldırım,2012). Çalışmada her iki ağırmetal çözeltisinin en yüksek konsantrasyonda çilek bitkisinin gelişimini olumsuz etkilediği söylenebilir. Zengin ve Munzuroğlu, (2005),tarafından çinkonun, fasulye bitkisinde kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada artan çinko konsantrasyonlarıyla ilişkili olarak kök, gövde ve yaprak büyümesinin azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada her iki ağır metale maruz bırakılan bitkiler aksamlarına ayrılarak yaş ve kuru kütleleri ölçülmüştür.

Yapılan bitki verimlilik ölçümlerinde en yüksek konsantrasyonda (6000 mg/kg) Zn ve Ag uygulanan bitkilerde tüm aksamlarda su tutma kapasitesinde kontrol grubuna göre azalma olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Şafak (2008) tarafından yapılan çalışmada, pazı ve karalahana bitkilerine verilen Zn konsantrasyonunun artmasıyla bitkilerin köklerindeki yaş kütleler ve kuru kütleler kontrole göre belirli oranda azaldığı belirtilmiştir. Gupta ve ark.(2008) tarafından yaş kütledeki azalmanın bitkinin çok fazla nem kaybından, kuru kütledeki azalmanın ise bitkinin bazı elementleri biriktirmesinden, fotosentezdeki ve klorofil sentezindeki azalmadan kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir.

Çilek bitkisinde en fazla Zn birikimi bitki kökünde 2000,4000 ve 6000 mg/kg konsantrasyonlarda gerçekleşmiştir (710 mg/kg, 720 mg/kg, 751 mg/kg). Diğer konsantrasyonların uygulandığı bitkilerde de diğer aksamlara göre en fazla birikimin kökte gerçekleştiği ve bitkinin tüm aksamlarına Zn'nun iletilebildiği görülmüştür. Çalışmamıza benzer olarak, Santa-maria (1998) tarafından yapılan çalışmada, buğday bitkisine verilen çinko konsantrasyonunun artması ile bitkinin kök ve sürgünlerinin çinko alımında artış olduğu belirtilmiştir. Benzer olarak, Wenger ve ark.(2002) yaptıkları bir çalışmada farklı miktarlarda ZnSO4 (02,50,150,350,750,1550 mg/kg) ile kirletilen topraktan tütün ve mısır bitkilerinin Zn kapsamlarındaki değişimi araştırılmıştır. Çalışma sonunda toprağın Zn konsantrasyonunun artışına bağlı olarak bitkilerin Zn kapsamının da arttığını buna karşın bitki biyokütlesinin ise azaldığını saptamışlardır.

Çilek bitkisinde en fazla Ag birikiminin yine 6000 mg/kg lik konsantrasyonda ve kök kısmında olduğu görülmüştür(457 mg/kg). Bitki yapraklarında Ag birikimi görülmemiştir. Bu durumun nedeni bitkinin ağır metal stresini engellemeye yönelik bir savunma mekanizması geliştirmiş olması şeklinde yorumlanabilir. Fernandes ve Henriques (1991) yaptıkları araştırmada bitkilerin ağır metal stresini hafifletmek için çeşitli tolerans ve direnç mekanizmaları geliştirdiğini, bunlardan bir tanesinin metalin köklerde tutulması ve gövdeye dağılımının engellenmesi olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda çilek bitkisinin bünyesine aldığı çinko (Zn) miktarının gümüşten (Ag) daha fazla olduğu ve çinkonun bitki aksamlarına daha çok taşındığı görülmüştür. Grytsyuk ve diğ. (2005) tarafından yemlik çim ve yonca bitkilerinde ağırmetal (Cu, Cd, Pb, Zn) birikimlerinin araştırıldığı çalışmada bitkiler diğer metallerle aynı konsantrasyonlarda Zn ile kirletilmiş ve çalışmamıza benzer şekilde en fazla birikim gösteren metal her iki bitki için de Zn olmuştur.

Çalışmamızda çilek bitkisine uygulanan farklı konsantrasyondaki Zn ve Ag ağırmetallerinin bitki tarafından alındığı, verilen ağır metallerin aynı zamanda bitki için gerekli besin elementi olması nedeniyle bitkiler tüm ağırmetal konsantrasyonlarında canlılıklarını korumuştur. Fakat verilen en yüksek konsantrasyonda bitki gelişiminin kontrole göre azalma göstermesi daha yüksek konsantrasyonların toksisiteyi arttırabileceğini göstermektedir. Tüm çinko ve gümüş konsantrasyonlarında yetişen çilek bitkisinin translokasyon faktörü değerlerinin 1'den az olmasının gösterdiği üzere yüksek konsantrasyonlardaki ağır metallerin varlığında bitkinin sap+gövde aksamına bu ağırmetalleri en az seviyede transloke etmesi bu bitkinin fitostabilizasyon için kullanılabileceğini göstermektedir.

Çilek bitkisinin, Ag ve Zn ağır metallerini köklerinde biriktirip toprak üstü organlarına daha azını ilettiğinden, Ag ve Zn kirlenmiş topraklarda yetiştirilerek kökleri ile bu kirleticileri immobilize etmesi, kirlenmiş toprakların toksik metallerden arındırılmasında avantaj sağlayabilir. İlerideki çalışmalarda, çilek bitkisini yüksek dozlarda farklı ağırmetallere maruz bırakarak veya Türkiye'nin genel iklim koşullarına uyum sağlayabilen farklı bitkiler seçilerek denemeler yapılabilir.

KAYNAKLAR

ALIRZAYEVA, E. G., SHIRVANI, T. S., YAZICI, M. A., ALVERDIYEVA, S. M., SHULUROV, E. S., OZTURK, L., ALI-ZADE, V. M. ve CAKMAK, I., 2006, Heavy Metal Accumulation in Artemisia and Foliaceous Lichen Species from the Azerbaijan Flora. Forest snow and landscape research. 80(3): 339-348.

ALLOWAY, B.J., AYRES, D.C., 1997. "Chemical Principles of Environmental Pollution." Chapman and Hall, Uk.

ANONYMOUS,2014, https://www.silverinstitute.org/site/silver-intechnology

ANONYMOUS,2014, http://www.yaltir.com.tr/main.aspx?SId=13

ANONYMOUS,2014,http://www.tarimkutuphanesi.com/CILEK_YETISTIRICILIGI_00296.html

ANONYMOUS,2014.http://duzce.ormansu.gov.tr/Duzce/AnaSayfa/CYCEDSubeMudurlugu/suKirliligi.aspx?sflang=tr

ARORA, M., KIRAN, B., RANI, S., RANI, A., BARINDER, K. ve MITTAL N. (2008). Heavy Metal Accumulation in Vegetables Irrigated with Water from Different Sources. Food Chemistry. 111: 811-815.

AVCIL E., 2005, Zonguldak İli Merkezindeki Ağır Metal Birikiminin Biyomonitör Olan Karayosunları Üzerinden Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.

BAKER, A.J.M., WALKER, P.L.,1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants, in: Shaw A.J. (Ed.), Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary Aspects, CRC Press, Boca Raton, 155-177.

BAKER, A. J. M., REEVES, R. D. and HAJAR, A. S. M., 1994b, Heavy-metal Accumulation and Tolerance in British Populations of the Metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presi. (Brassicaceae). New Phytologist 127, 61

BAKER, A.J.M., MCGRATH, S.P., REEVES, R.D., SMITH, J.A. C., 2000. Metal

BARRUTIA O., ARTETXE U., HERNÁNDEZ A., OLANO J. M., GARCÍA PLAZAOLA J. I., GARBISU C., BECERRIL J. M., 2011 ,Native Plant Communities in an Abandoned Pb-Zn Mining Area of Northern Spain: Implications for Phytoremediation and Germplasm Preservation. International Journal of Phytoremediation. Volume 13, Issue 3, pages 256-270

BENAVİDES, M.P.,GALLEGO,S.M.,TOMARO M.L.,2005.Cadmium toxicity in plants, Brazilian Journal of Plant Physiology, 17, 21-34.

Biological Resource For Phytoremediation Of Metal-Polluted Soils, pp: 85 107.

BROWN, H.J. SKOUSEN, J., RENTON. A., 1995. Floc Generation By Chemical

BUTTERNAM, W.C., Hilliard, H.E., Silver, Open-File Report 2004-1251, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, (2005).

Hyperaccumulator Plants: A Review Of The Ecology And Physiology Of A Neutralization Of Acid Mine Drainage. Green Lands 24(1): 33–51

COOKE,M., DENNİS AJ.,1985.Polynuclear aromatic hydrocarbons: mechanism, method and metabolism. Ohio Battelle Press, Columbus, USA, 1-457

ÇAKICI,H.,ARSLAN H., 2012, Yapraktan Potasyum, Bor ve Çinko uygulamalarının *Camarosa* Çilek Çeşidinde Verim ve Kaliteye Etkisi Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 49 (3): 293-298 ISSN 1018 – 8851

ÇELİK B.,2012, Bazı ağır metallerin kişniş (Coriandrum sativum L.) bitkisi tarafından alımı ve gelişimi üzerine etkileri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

ÇEPEL, N., 1997. "Toprak Kirliliği, Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar". TEMA Vakfı Yayınları, Yayın No.14, Istanbul.

ÇELİK, B.,2012 Bazı Ağır Metallerin Kişniş (*coriandrum sativum* l.) Bitkisi Tarafından Alımı ve Gelişimi Üzerine Etkileri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

DAGHAN H (2004). Phytoextraction of heavy metal from contaminated soils using genetically modified plants. PhD Thesis, RWTH-Aachen University, Germany

DAVIES B.E., 1980, Applied Soil Trace Elements, John Wiley and Sons, NY.

DEMİRAYAK A.,2008, Samsun il merkezindeki bazı doğal ve egzotik bitkilerde ağır metal birikimi.Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Biyoloji Anabilim Dalı, Samsun.

DERİCİ, R., EVLİYA, H., AĞCA, N., ÖZKUTLU, F., EKER, S., ÖZTÜRK, L., 2002. Çukurova Bölgesinde Toprak ve Bitkilerde Kadmiyum Konsantrasyonunun Araştırılması ve Bitkilerde Kadmiyum Birikimini Etkileyen Faktörlerin Toprak Analizleri ve Sera Denemeleri ve İncelemesi. Tübitak Togtag Tarp . Proje No: 2382, 2002, pp: 1–87.

DİNÇER,H., 1997. Gümüşköy Artıklarının Değerlendirilmesi ve Tesis Gümüş Kazanma Veriminin Arttırılması. İ.T. Ü. Maden Fakültesi – Doktora Tezi 92 sayfa.

DUKE, C.V.A. ve WILLIAMS, C.D, 2008, Soil Pollution. In: Chemistry for Environment and Earth Sciences. CRC Press: Taylor and Francis Group.

ECE, H., 2008, Bazı ağırmetallerin keten bitkisi (*linum usitatissimum* l.)'nin kambiyum faaliyetleri üzerine etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yükseklisans Tezi,Erzurum

FERNANDES, J.C., HENRİQUES, F.S., 1991. Biochemical, physiological and structural effect of excess copper in plants. ***TheBot. Revi.***, 57: 246-273.

GASPARRINI,C.1968 "The Geohemistry of Silver and İts Deposts", Geological Survey of Canada Bulletin, No: 160.

GÜLER, Ç., ÇOBANOĞLU Z., 1997. Kimyasallar ve Çevre ,Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 50,Ankara.

GÜNDÜZ, T., 2004, Çevre Sorunları, Üçüncü baskı, Gazi Büro Kitabevi, Ankaras. 1, 49-58, 131-147.

GUPTA, K.D., 2008 Phytoremediation of ınduced lead toxicity in vigna mungo (L) hepper by vetiver grass. The vetiver system for Environmental Protection and Natural Disaster Management pp.126-135 cochin india.

HAKTANIR, F. 1984. Trakya Bölgesi Topraklarının Zn Durumu ve Bu Toprakların Yarayıslı Zn Kapsamının Belirlenmesinde Kullanılacak Yöntemler. T.A.E.K. Ankara Nükleer Arastırma ve Egitim Merkezi Nük. Tar. Böl.6-84.

HİRSCH M., RİTTER M., ROSER K., GARRİSİ P., FORSYTHE S.,1993. The effect of silver on plants grown in sludge-amended soils. In: Andren A, Bober T, Crecelius E, Kramer J, Luoma S, Rodgers J, Sodergren A, eds. *Transport, fate, and effects of silver in the environment. Proceedings of the 1st international conference*. 8–10 August 1993.Madison, WI, University of Wisconsin Sea Grant Institute, pp. 69–73.

ISMAİL, S., (2012). "Phytoremediation: A Green Technology", Iranian Journal of Plant Physiology, 3 (1): 567 - 576.

JİRİES, A,.Vehicular contamination of dust in Amman, Jordon, The Environmentalist, 23, 205-210.

JUNG, M.C., CHON, H.T., LEE, C.G.; 2001, Heavy Metal Contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb-Zn Mine in Korea, Applied Geochemistry 16, 1377 – 1386

JUNG M.C., 2008, Heavy Metal Concentrations in Soils and Factors Affecting Metal Uptake by Plants in the Vicinity of a Korean Cu-W Mine, Sensors, 8, 2413 - 2423

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. 2001, Trace Element in Soil and Plant. (3rd ed.) USA: CRC Press.

KACHENKO, A. ve SINGH, B. (2004). Heavy Metals Contamination of Home Grown Vegetables Near Smelters in NSW. SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference. 5-9 December 2004. University of Sydney, Australia.

KALINBACAK, K., TONGARLAK, Ş., GÜRBÜZ, M.A., 2000, Mikro Element ve Ağır Metal Analizleri İçin Bitki Örneklemesi İle Yeterlilik ve Toksik Seviyeleri, s. 3-9, Ankara.

KİM S., KİM J., LEE I., 2011,Effects of Zn and ZnO nanoparticles and Zn^{2+} on soil enzyme activity and bioaccumulation of Zn in Cucumis sativus , Chemistry and Ecology, 27:1, 49-55

KARAKAYA D., 2006, Gümüş nitrat uygulamalarının hıyarda (Cucumis sativus l.) cinsiyet oluşumuna etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı,Isparta.

KARAKAŞ D., 2000. "Ağır Metallerin Toksik Etkileri" TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Eğitim Notları.

KARAMİ, A., SHAMSUDDİN, Z., 2010, Phytoremediation of heavy metals with several efficiency enhancer methods.Department of Land Management, Faculty of Agriculture, UPM, Serdang, Selangor, Malaysia. African Journal of Biotechnology Vol. 9(25), pp. 3689-3698,

KAPTAN, H., 1990. Türkiye' de Turba Yatakları Ve Kullanılma Alanlarının Saptanması, Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yalova.

LANDIS W.G.,YU M.H., 1999, Introduction to Environmental Toxicology, Impacts on Chemicals Upon Ecological Systems, Lewis Publishers, CRC Press, USA.

LORBER K.E., 2011, Umweltschadstoffe, Montan Universitat.

MALIK, R.N., HUSAIN, S.Z., NAZIR, I., 2010, Heavy metal contamınatıon and accumulatıon ın soıl and wıld plant specıes from ındustrıal area of Islamabad, Pakıstan. Environmental Biology Laboratory, Department of Plant Sciences, Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan. Pak. J. Bot., 42(1): 291-301.

MANIOS, T., STENTIFORD, E. I., MILLNER, P. A., 2003. The Effect of Heavy Metals Accumulation on the Chlorophyll Concentration of *Typha Latifolia* L. Plants, Growing in A Substrate Containing Sewage Sludge Compost and Watered with Metaliferus Water. Ecologicalengineering, 20(1), pp: 65-74.

MARTIN, M. H., COUGHTREY, P. J., 1985. "Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution." Land and Air Applied Science Publishers, England.

MCELDOWNEY, S., HARDMAN, D.J., WAITE, S., 1993. "Pollution: Ecology And Biotreatment." Addison Wesley Longman, Malaysia.

MEAGHER, R.B.,2000. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants, Current Opinion in Plant Biology, 3, 153-162.

MCINTYRE, T.,2003. Phytoremediation of heavy metals from soils, Advances in Biochemical Engineering/Biotechhnology, 78, 97-123.

MICLEAN, M., ROMAN, C., LEVEI, E., SENILA, M., ABRAHAM, B. and CORDOS, E., 2000, Heavy Metals Availability for Plants in a Mining Area from North-Western Romania. Research Report INCDO-INOE 2000, Research Institute for Analytical Instrumentation, Romania. Plants to Heavy Metals. Journal of Phmt Nutrition 3, 643-654.

MIRSAL I.A., 2004. Soil Pollution: Origin, Monitoring and Remediation. Springer – Verlag Berlin Heidelberg 2004.

MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, Metaller2-KimyaTeknolojisi, http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/Metaller2.pdf,25-48

NEUE, H.U., C. QUİJANO, D. SENADHİRA and T. SETTER 1998. Strategies for dealing with micronutrient disorders and salinity in lowland rice systems. *Field Crops Research,* 56, 139-155.

NİESS, D.H.,1999.Microbial heavy-metal resistance, Applied Microbiology and Biotechnology, 51, 730-750.

NOSTRAND, V., 1964, International Encyclopaedia of Chemical Science. New Jersey.

OLOWOYO JO, VAN HEERDEN E, FİSCHER JL, BAKER C (2010) Trace metals in soil and leaves of *Jacaranda mimosifolia* in Tshwane area, South Africa. Atmospheric Environment 44: 1826-1830.

ÖZBEK, H., KAYA, Z., GÖK, M ve KAPTAN, H., 1995, *Toprak Bilimi*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, ADANA.

ÖZDEMİR Z., SAĞIROĞLU A., 2000, Salix acmophylla, Tamarix smyrnensis and Phragmites australis as biogeochemical indicators for copper deposits in Elazığ, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences Vol: 18, Issue 5, Pages 595–601

ÖZGÜVEN, A.,I., YILMAZ C., 2009, Bazı Çilek Çeşitlerinin Adana Ekolojik Koşullarındaki Morfolojik ve Pomolojik Özellikleri , Alatarım 2009, 8 (2): 17-21

ÖZTÜRK M., 2009, Ağır Metal Kirlilik Haritası Çıkartılmalı, www.mozturk.com, web sitesi yayınlar, haberler.

PİLON-SMİTS, E. VE FREEMAN J.L., (2006). "Environmental Cleanup Using Plants: Biotechnological Advances and Ecological Considerations", Frontiers in Ecology and the Environment, 4 (4): 203–210.

PLASTER, E.J., 2003, Heavy Metals Contamination: Soil Sciences and Management. (4th ed.) Thomson Delmar Learning.

PULFORD, I.D., WATSON C., 2003. Phytoremediation Of Heavy Metal Contaminated Land By Trees—A Review Environment International 29 2003: 529–540.

QIAN, H., PENG, X., HAN, X., REN, J., SUN, L., FU, Z., Comparison of the toxicity of silver nanoparticles and silver ions on the growth of terrestrial plant model *Arabidopsis thaliana*. Journal of Environmental Sciences 2013, 25(9) 1947–1955

RAİ, P.K., (2009). "Heavy Metal Phytoremediation from Aquatic Ecosystems with S pecial Reference to Macrophytes", Environmental Science and Technology, 39: 697-753.

RAJAKARUNA, N., TOMPKİNS, K.M. VE PAVİCEVİC, P.G., (2006). "Phytoremediation: An Affordable Green Technology for the Clean-Up of Metal-Contaminated Sites in Sri Lanka", Ceylon Journal of Science, 35 (1): 25-39.

ROUT, G.R. ve DAS, P., 2003, Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism, Agronomie, 23, 3-11.

SANTA-MARİA, E.,G. ,(1998). The regulation of zinc uptake in wheat plants. Plant Science 137 (1998) 1-12

SHARMA, P., DUBEY, R.S.,2005. Lead toxicity in plants, Brazilian Journal of Plant Physiology, 17(1), 35-52.

SMITH, I., CARSON, B., 1977. Trace metals in the environment. Volume 2 Silver. Ann Arbor, MI, Ann Arbor Science Publishers, 469 pp.

STAUDT, G., 1989. The spcies of Fragaria. The taxanomy and geographical distribution. Acta Horticulturae. 439: 55-62

SOLTAN M.E., RASHED, M.N., 2001. Laboratory Study On The Survival Of Water Hyacinth Under Several Conditions Of Heavy Metal Consantrations, Chemistry Department, Faculty Of Science, Aswan, Egypt

SÖNMEZ,E., 2006. Artan dozlarda Zn ve Cd uygulamalarının, mikorizalı ve mikorizasız kosullarda, domates bitkisin fide gelişimi ve N,P,K içeriğine etkisi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yükseklisans Tezi.

ŞAFAK N.,2011, Kara lahana (*brassica oleracea* var. *acephala*) ve pazı (*beta vulgaris* var. *cicla*) 'da kurşun ve çinko stresinin araştırılması ,Biyoloji Anabilim Dalı Botanik Programı,İstanbul Üniversitesi ,Yüksek Lisans Tezi.

TABAN, S., MARASALI, B., ERDAL, 8., ERGÜL, A. VE TURAN, M.A. 1998. Asma çesitlerinin yapraktan uygulanan çinkoya duyarlılıkları. I. Ulusal Çinko Kongresi, s.431-436, 12-16 Mayıs 1997, Eskisehir.

THORNTON I.,1995, Metals in the Global Environment — Facts and Misconceptions, ISBN/ISSN, 1-895720-09-5, ICME, Ottawa.

TOKER, R.D., 2009. UV Işınlarıyla Sertleşebilen Aşınma ve Yanma Dayanımlı, Nanokompozit Kaplmaların Hazırlanması ve Antimikrobiyal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TÜRKOĞLU, B., 2006 Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı Çukurova Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı, Yükseklisans Tezi

US EPA (1980) *Ambient water quality criteria for silver*. Washington, DC, US Environmental Protection Agency (440/5-80-071).

VANGRONSVELD, J., HERZİG, R., WEYENS, N., BOULET, J., ADRİENSEN, K., RUTTENS, A., THEWYS, T., VASSİLEV, A., MEERS, E., NEHNEVAJOVA, E., LELİE, D. VE MENCH, M., (2009). " Phytoremediation of Contaminated Soils and Groundwater: Lessons from the Field", Environmental Science and Pollution Research, 16 (7): 765-94

VARALAKSHIMI, L. R. ve GANESHAMURTHY, A. N., 2010, Heavy metals Contamination of Water Bodies, Soils and Vegetables in Peri Urban Areas of Bangalore City of India. 19th. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1-6 August 2010. Brisbane, Australia.

YAĞDI, K., KAÇAR, O., AZKAN, N. 2000. Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği ve Tarımsal Etkileri. On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 15(2): 109–115.

YALÇIN, R.S., USTA, S. 1989. Çinko Uygulamasının Mısır Bitkisinin Gelişmesi ile Çinko, Demir, Mangan ve Bakır Kapsamları Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı. 41(1–2): 195–203.

YILMAZ, H., 2007. Çileklerde gübreleme ve besin noksanlıkları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. www.uzumsu.com

WANG, C.X., MO, Z., WANG, H., WANG, Z.J., CAO, Z.H., 2003. The Transportation, Time-Dependent Distribution Of Heavy Metals In Paddy Crops. Chemosphere. 50: 717–723.

WENGER,K., GUPTA, S.K., FURRER, G., SCHULİN, R., 2002. Zinc extraction potential of two common crop plant, *Nicotinana tabacum* and *Zea mays*.Plant and Soil 242:217-225.

WEBER, M., *Handbook of Optical Materials*, CRC Handbook, CRC Press LLC, Chapter 4,(2003).

W. H. O.,1995.Principles and Methods for Assesing Direct Immunotoxicity Associated with Exposure to Chemicals Criteria No. 180.

ZENGİN, K.F ve MUNZUROĞLU, Ö., 2005, Fasulye Fidelerinin (Phaseolus vulgaris L.Strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni+2, Co+2, Cr+3, Zn+2) Etkileri, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (1), 164-172.

ÖZGEÇMİŞ

30/06/1986 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 2005 yılında başladığı Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında mezun oldu ve 1 yıl sonra Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Adana Su ve Kanalizasyon İdaresinde Çevre Mühendisi olarak çalışmaktadır.