

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN VE ATIK SULARIN BİTKİSEL
İSLAHİ**

HATEM ASTEIL AHMED ALJAZWEI

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ
Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK
Yrd. Doç. Dr. İnci S. KRAVKAZ KUŞCU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2017

TEZ ONAYI

Hatem Asteil Ahmed ALJAZWEI tarafından hazırlanan “**KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN VE ATIK SULARIN BİTKİSEL ISLAHI**” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ
Kastamonu Üniversitesi



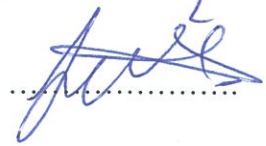
Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK
Artvin Çoruh Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. İnci S. KRAVKAZ KUŞCU
Kastamonu Üniversitesi



04/02/2017

Enstitü Müdür V.

Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ



TAAHHÜTNAME

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

İmza

Hatem Asteil Ahmed ALJAZWEI



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN VE ATIK SULARIN BİTKİSEL ISLAHI

Hatem Asteil Ahmed ALJAZWEİ

Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı
(Toprak İlmî ve Ekoloji)

Danışman: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Özet: Bitkisel arıtım, toprak kirliliğini hafifletmek için ön planda tutulan sağlam çevre teknolojilerindendir. Ağır metal kirliliği, gıda zincirinde yer alan toprak ve su kalitesinin bozulmasına neden olur. Kirletici tedavi için bitki kullanımı, bitkisel beslenme olarak adlandırılır.

Bu çalışmada, yulaf bitkilerinin (*Avena sativa* Linn.) yaprakları, kökleri ve köklerinde bulunan ağır metal (Zn, Cu, Mn, Pb, Fe ve Cd) konsantrasyonları belirlenmiştir. Libya Tarımsal Yeşil Yaylası Projesi kapsamında, altı örnek alandan toplanan yulaf bitkilerinin sulanmasında, kanalizasyon suyu sulama suyu olarak kullandı ve kirlenmiş toprakların ve yulafın ağır metal biriktirme potansiyeli üzerinde çalışıldı. Yulaf bitkileri, kanalizasyon atıklarıyla kirlenmiş topraktan önemli seviyelere ağır metalleri toplama yönünde rol oynamıştır. Yulaf bitkilerinin ağır metallerin dikkate değer miktarda bünyesine aldığı gözlenmiştir. Toprak ve bitki örnekleri arasındaki ağır metal konsantrasyonları karşılaştırıldığında, topraktaki ağır metal konsantrasyonunun azaldığı, yulaf bitkilerinin ağır metalleri topraktan alma yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, yulaf, kanalizasyon suyuyla kirlenmiş topraklardaki ağır metallerin uzaklaştırılması için verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu çalışmanın sonuçları, bu türlerin toprak iyileştirme programlarında potansiyel kullanımını teyit etmek için daha da geliştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, kirlilik, toksiklik, bitkisel ıslah, yulaf (*Avena sativa*), bitkisel arıtım.

2017, 59 sayfa
Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

PHYTOREMEDIATION OF WASTE WATER AND COMTAMINATED SOIL

Hatem Asteil Ahmed ALJAZWEI
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering
(Soil Science and Ecology)

Supervisor: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Abstract: Phytoremediation sound environmental technologies which could be at the forefront to mitigate soil pollution. Heavy metal pollution leads to deterioration of soil and water quality leading to their incorporation in food chain. Use of plants for pollutant treatment is termed as phytoremediation.

In this study, heavy metal (Zn, Cu, Mn, Pb, Fe, and Cd) concentrations in leaves, stems and roots of oat plants (*Avena sativa* Linn.) were determined. The oat plants collected at six sampling sites from Libyan Agricultural Green Plateau Project was irrigated by sewage water and studied for their potential to accumulate heavy metals from the contaminated soils. The Oat plants were fund to accumulate heavy metals to significant levels from the soil contaminated with sewage effluents. The Oat plants were found to exhibit noteworthy removal of heavy metals from the soil. When compared the concentration of heavy metals between soil and plant samples, the results showed that the oat plants decreased the concentration of heavy metals in the soil, and indicated the ability of oat plants to treatment the soil from heavy metals. Thus, it is concluded that oats could be more efficient for removal of heavy metals from sewage-contaminated soils. The results of this study should be further developed in order to confirm the potential use of these species in soil remediation programs.

Key Words: Heavy metals, pollution, toxicity, phytoremediation, oat (*Avena sativa*), plant removal.

2017, 59 pages

Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

Her şeyden önce çalışma süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarımın laboratuvar aşamasında bilgi ve tecrübesinden faydalandığım Sayın Arş. Gör. Gamze SAVACI'ya, Araştırma Görevlisi Edrees IMNEISI'ye ve Orman Mühendisliği Bölümü'ndeki öğretim elemanlarına teşekkür ederim. Kastamonu Üniversitesi'ndeki yüksek öğrenim gören meslektaşlarımıza ve Kastamonu'daki Libya topluluğuna verdikleri desteklerden ötürü çok teşekkür ediyorum.

Son olarak; aileme, ahlaki desteğimden ötürü minnettarlığımı ifade etmek isterim. Çalışmalarımı yürütmek için bana güvendiniz ve sizlere ayırman gereken zaman bu tezi tamamlamak için harcadım ve sonunda bu tezi bitirdim. Umarım bu çalışmanın sonuçları, toprak ile ilgilenen insanlara faydalı olacak ve bu konuda gelecek araştırmalara katkıda bulunacaktır.

Hatem Asteil Ahmed ALJAZWEİ
Kastamonu, Ocak, 2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLOLARIN DİZİNİ.....	xi
GRAFİKLER DİZİNİ	xii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xiii
HARİTALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çevre Kirliliği	1
1.2. Kirlilik Türleri.....	2
1.3. Ağır Metaller: Genel Anlayış.....	2
1.4. Ağır Metallerin Kaynakları	3
1.5. Ağır Metal Kirliliğinin Boyutları	3
1.6. Ağır Metallerin Zararlıları.....	4
1.7. Ağır Metal Kirliliği Arıtımında Güncel Stratejiler	7
1.7.1. Alternatif Olarak Bitkisel Islah	7
1.7.2. Bitkisel Islah Kavramı	8
1.7.3. Bitkisel Islah Altında Yatan Mekanizmalar	8
1.7.3.1. Phytoextraction	9
1.7.3.2. Phytodegradation	10
1.7.3.3. Rhizodegradation.....	11
1.7.3.4. Rhizofiltration.....	11
1.7.3.5. Phytostabilization	11
1.7.3.6. Phytovolatilization.....	12
1.7.4. Bitki Islahının Zn, Cu, Mn, Pb, Fe, Cd 'ye Özel Referanslarıyla Uygulanabilirliği	12

1.7.4.1. Zn birikimi	13
1.7.4.2. Cu birikimi.....	14
1.7.4.3. Mn birikimi	14
1.7.4.4. Pb birikimi	15
1.7.4.5. Fe birikimi	15
1.7.4.6. Cd birikimi.....	15
1.7.5. Bitki Islahının Avantajları ve Sınırlamaları	16
1.7.5.1. Bitki Islahının Avantajları	16
1.7.5.2. Bitki Islahının Dezavantajları	17
1.8. Çalışmanın Amacı	17
2. LİTERATÜR ÖZETİ	18
3. METARYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgi	25
3.2. Çalışma Alanlarının Tanımı	26
3.3. Toprak, Bitki ve Sulama Suyu Örneklemeesi.....	27
3.3.1. Toprak Örneklemeesi	27
3.3.2. Bitki Örneklemeesi.....	27
3.3.3. Sulama Suyu Örneklemeesi	27
3.4. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi.....	28
3.4.1. Toprak Örneklerinin Hazırlanması.....	28
3.4.2. Bitki Örneklerinin Hazırlanması	29
3.4.3. Sulama Suyu Örneklerinin Hazırlanması	29
3.5. Laboratuvarda Toprak, Su ve Bitki Örneklerini Analiz Etmek için Kullanılan Ekipmanlar	29
3.6. İstatistiksel analiz	30
4. BULGULAR	31
4.1. Toprak Özellikleri	31
4.2. Toprak Örnekleri	31
4.3. Bitki Örnekleri	32
4.4. Bitkisel Islahdan Önce ve Sonra Sulama Suyu Örnekleri.....	36
5. TARTIŞMA	38
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	45

ÖZGEÇMİŞ	59
----------------	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

Arsenik	As
Kadmiyum	Cd
Krom	Cr
Kurşun	Pd
Demir	Fe
Çinko	Zn
Selenyum	Se
Nikel	Ni
Bakır	Cu
Alüminyum	Al
Kobalt	Co
Manganez	Mn
Civa	Hg
Metil-tert-bütil eter	MTBE
Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Ksilen	BTEX
Çevre Koruma Kurumu	EPA
Poliklorlu Bifeniller	PCB
Ağır Metaller	HM
Poliaromatik hidrokarbonlar	PAH
Biyokonsantrasyon Faktörü	BCF
Translokasyon Faktörü	TF
Megagram	Mg
Kilogram	Kg
Phytochelatın synthase	PCS
Deoksiriboz Nükleik Asitler	DNA
Litre	L
Mililitre	MI
Merkezi Sinir Sistemi	CNS

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Bitki tarafından fitoremediasyon için uyarlanan farklı modların / mekanizmaların şematik bir gösterimi	9



TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Değişik maruz kalma koşullarının bir fonksiyonu olarak insan üzerindeki ağır metallerin etkisi	6
Tablo 4.1. Araştırmanın bazı toprak özellikleri kontrol olarak.....	31
Tablo 4.2. Topraktaki Betimleyici ağır metal konsantrasyonlarının istatistikleri	32
Tablo 4.3. Bitkilerde ağır metal konsantrasyonunun tanımlayıcı istatistikleri ...	33
Tablo 4.4. Ağır metal konsantrasyon istatistikleri, sulama suyu için tedavi öncesi ve sonrası	36



GRAFİKLERDİZİNİ

	Sayfa
Grafik 4.1.A. Bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonu	34
Grafik 4.1.B. Bitki 1'deki ağır metallerin konsantrasyonunun karşılaştırılması ve toprakta aynı nokta örnekleme 1	34
Grafik 4.1.C. Aralık konsantrasyonun bitki 2 ve toprak 2'deki ağır metallerin aynı puanda örnekleme	34
Grafik 4.1.D. Bitki 3 ve toprak 3'teki ağır metallerin konsantrasyonunun aynı noktada örneklemeyle karşılaştırılması	35
Grafik 4.1.E. Bitki 4 ve toprak 4'teki ağır metallerin aynı noktada örnekleme konsantrasyonunun karşılaştırılması	35
Grafik 4.1.F. Bitki 6 ve toprak 6'daki ağır metallerin aynı noktada örnekleme konsantrasyonunun karşılaştırılması	35
Grafik 4.1.G. Ağır metal konsantrasyonunun karşılaştırılması 6 bitki ve 6 toprakta aynı noktada örnekleme	35
Grafik 4.2.A. Sulama suyu için ağır metal konsantrasyonunun tedavi öncesinde ve sonrasında karşılaştırılması	37
Grafik 4.2.B. Toprakta ağır metal konsantrasyonunun ve sulama suyu kaynağının karşılaştırılması	37

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3.1. Çalışma alanında yetiştirilen Yulaf (<i>Avena sativa</i>) bitkileri	26
Fotoğraf 3.2. Gelişen topraklardan ve ekilen yulaf ve sudan toplanan örnekler	27



HARİTALARIN DİZİNİ

	Sayfa
Harita 3.1. Kuzey Libya haritası	25



1.GİRİŞ

1.1. Çevre Kirliliği

Çevre kirliliği terimi, genel tanımı olan “insanlar tarafından kaynağın kendisine veya sağlığa zarar verebilecek nicelikteki istenmeyen maddelerin çevreye salınımı (Tripathi & Gautam, 2007) şekilde değerlendirilebilir ve daha iyi bir şekilde anlaşılabilir. Son yıllarda, gezegendeki gelişmekte olan ülkelerin gündemi çevre kirliliği olmuştur. Artan kirlilik sorununu çözmeye çalışmak dünya çapında yoğun olarak tartışılmaktadır ve çeşitli insan faaliyetleri doğrultusunda yaygın olarak aşırı miktarda kimyasal kullanımı, çevreye zarar verdiği düşünülerek dünya çapında bir acil durum ortaya çıkarmıştır (Palaniappan vd., 2009).

Tümünün arasında, ağır metallerin su ve toprak kirliliğine sebep olması, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için bir sorun olarak görülmüştür. Döküm ve madencilikle ilişkili teknolojilerdeki hızlı gelişim, metalurji sanayileri, kanalizasyon, savaş ve tabaklama sanayileri bu türde çevre kirliliğine sebep olan etkenler arasındadır. Toprak ve su kaynaklarının ağır metallerle kirlenmesi dünya üzerindeki hayvanlar ve bitkilerin yaşantısını etkilemektedir (Xi vd., 2009). Günümüzde, dünyada hızla gelişen bir ekonomiyle birlikte Çin ağır metaller dolayısıyla ciddi bir toprak kirliliği sorunu yaşıyor. Çindeki işlenebilir toprakların altıda biri ağır metaller dolayısıyla kirlenmiş olarak rapor edildi. Dahası, erozyon ve çölleşme sürecinin Çindeki toplam kullanılabilir alanın %40'ını bozulmaya uğratmasından sorumlu olduğu düşünülüyor (Liu, 2006). Küçük ve orta boyutlu sanayi birimlerinin su yataklarındaki işlenmemiş atık suyu mahkeme kararı olmadan ve rastgele bir biçimle tahliye etmesi, Hindistan, Pakistan ve Bangladeş’de kötüye giden su toprak kirliliği sorununa sebep olan birçok etkenden biridir. Bu ülkelerde, çiftçiler bu kirli suyu kendi tarımsal ihtiyaçları için kullanılabılır hale getirme eğilimindedir. Aslında, bu ülkelerdeki büyük şehirlerin yanında ikamet eden çiftçi topluluğu sebze üretiminde dahi artılmamış pis su kullanıyor.

1.2. Kirlilik Türleri

Kirlilik genel olarak, çevrede bulunan doğal veya insan yapımı materyallerin üzerinde istenmeyen yatay birleşimler açığa çıkması şeklinde adlandırılabilir. Daha geniş kapsamda, kirleticiler, kökünde noktasal ve ya noktasal olmayan kaynaklar olarak tanımlanabilir. Noktasal kaynaklı kirlilik, su ve toprak kaynaklarında kirlilik meydana gelen yerlerdeki kirlenmedir. Örnek olarak, bazı sanayi tesisleri, bir bitkiyedeki atık madde çıkışı, bir petrol deposundaki sızıntı.

Buna karşılık, noktasal olmayan kaynaklardaki kirlilik, diğer yerlerdeki zamansal dağılmalar ve kirlenmeler olarak ortaya çıkar. Örneğin, tarımda kullanılan toprak tarafından emilmemiş yüzey suyu, kentsel yağmur suyu, çöp sahalarındaki sızıntı sular vb. Noktasal olmayan kaynaklarda, tarımda kullanılan böcek ilaçları ve kimyasal tarım ürünleri sızıntısı, günümüzde ABD’de ki su kirliliğine yol açan büyük etmenlerdir (Potters, 2013). Ağır metallerin hayvan dokularında biriktiği ve böylece psikolojik rahatsızlığa sebep olduğu bildirilmiştir (Garg vd., 2007). Çinko, bakır, arsenik, krom, kadmiyum, kurşun ve civa ev ve sanayi tahliyesinde mevcut olan metallerdir.

Bu metallerin su ve toprak içinde bulunması, insan sağlığına ve diğer ekosistemlere ciddi bir risk teşkil etmektedir (Sundar vd., 2010). Ağır metallerle temas etmek akciğerlere, karaciğere ve böbreğe zarar vererek akut toksisite oluşturur ve kronik izler bırakır (Al saleh vd., 2006). Ekolojik düzeyde, ağır metaller hem karada hem de suda yaşayan canlılar için ciddi sağlık tehdidi oluşturur (Malarkodi vd., 2007).

1.3. Ağır Metaller: Genel Anlayış

Ağır metaller klasik olarak, saf suya oranla daha yoğun metalik elementler olarak tanımlanır (Fergusson, 1990). Bunlar metabolizmada yeri olmayan hücreler için zehir görevi gören, yüksek derecede düşük yatay bileşimleri olan önemsiz metaller olarak düşünülebilir (Kabata, 2001). Araştırmacıların tanımladığı aşırı asitlere göre orta seviyede ve ciddi miktarda yağ, su ve hava kirliliğine yol açan ağır metaller şunlardır; Arsenik (As), Kadmiyum (Cd), Civa (Hg), Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Selenyum (Se), Nikel (Ni), Bakır (Cu) (Duffus, 2002; Tyeb, 2009). Ek olarak

aliminyum (Al) gibi atomik kütlesi 100'den düşük olan bazı elementler ağır metallerin özelliklerini gösterir ve çevreye poyansiyel zarar tehditi oluşturur (Abbasi & Abdel-Latif, 2004).

1.4. Ağır Metallerin Kaynakları

Metallerin elementsel formlarının hepsi doğal bir kökene sahiptir ve yer kabuğunda bulunur. Fakat bunların çevreye salınmasındaki en önemli sebep insan kökenli eylemlerdir. Maddesel ağır metal kirliliği, aşınma ve volkanik patlama gibi doğal durumlara yol açabilir (Shallari vd., 1998). Dahası, ülkenin tarımsal, sanayi ve genel ekonomik gelişimi bu doğal ve güvenli çevre gereksiniminden baskın çıkar (Ikhuoria & Okieimen, 2000). Su kaynaklarında görülen toprak erozyonu, sızdırma, aşınma, anlık birikim, çökeltme ve bazen buharlaşma da ayrıca ağır metal kirliliğine katkıda bulunabilir (Nriagu, 1989). Arıtma, madencilik, döküm, imalat, yakıt üretimi, askeri aktiviteler gibi sanayi süreçleri ve diğer evsel ve tarımsal metal içerikli bileşenlerin kullanımı, ağır metal kirliliğine katkı yapan anahtar etmenlerdir (EPA, 1997; He vd., 2005; Shallari vd., 1998). Kentsel atığın yol taraflarına özgürce dökülmesi ve tarımsal sulamada çöp sahası ve kanalizasyon olarak kullanılması, ağır metallerle birlikte oluşan toprak kirliliğinin artmasına sebep olur. Gübrelerin, tarım ilaçlarının ve mantar ilaçlarının ayırım gözetmeden ve mahkeme kararı olmadan kullanılması da toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğinin sebeplerindendir. Böylece besin zincirine, bu zehirli metallerin girişinin önlenemeyecek duruma gelmesiyle karşı karşıya kalınır (Jadia & Fulekar, 2009; Bridge, 2004).

1.5. Ağır Metal Kirliliğinin Boyutları

Günümüzde tüm dünyadaki insan popülasyonu ağır metal kirliliğine bağlı çeşitli boyutlarda ciddi sorunlarla yüzleşiyor. Ülkelerde yaklaşık 10 milyon insan ağır metal kirliliğine bağlı sağlık sorunları yaşıyor (ENS, 2006). ABD çevresel eylem grubunun hazırladığı rapora göre Linfen (Çin), Haina (Dominik Cumhuriyeti) ve Ranipet (Hindistan) gibi şehirlerde yaşayan 4 milyon civarı insan, sırasıyla kömür madenciliği, pil geri dönüşümü ve deri sanayisinden salınan ağır metallerin sıkıntısını çekiyor (Jadia & Fulekar, 2009). Kırgızistan'ın Mailuu-Suu kentindeki

maden sahasında radyoaktif uranyumdan kaynaklanan ayrı bir kirlilik görüldü. Rusya'nın Norilsk kentinde bulunan dünyanın en büyük ağır metal eritme sanayisi 4 milyon ton arsenik, kurşun, kadmiyum, selenyum, çinko, nikel vb. salınımını rapor etti. Dalnegorsk ve Rudnaya Pristanin bölgelerinde yaşayanlar eski bir maden sahasından salınan kurşun sebebiyle zehirlendi. Benzer olarak, Kabwe'de (Zambiya) maden sahalarındaki kazı faaliyetleri ve metal yığınlarının güvensiz taşınmasına bağlı olarak kadmiyum zehirlenmesi yaşandı. Sadece Avrupa'daki ağır metal kirliliği senaryosu düşülecek olursa 300000-1400000 civarında orta düzeyde ağır metal kirliliği olan saha bulunmakta ve rakamlar gün geçtikçe artmaya devam etmektedir (Gade, 2000; McGrath vd., 2001). Benzer şekilde, ABD'de 600000'e yakın sahada ağır metal kirliliği bulunuyor ve boşaltılması bekleniyor (McKeehan, 2000). Rapora göre ABD'de sadece kömür madenlerinden geçen yaklaşık 20000 km suyun oluşturduğu akıntılarda ağır metal kirliliği görülüyor. Ek olarak, 50000-100000 civarında tarıma elverişli arazi ve orman kaybı da yaşandı (Ragnarsdottir & Hawkins, 2005). Ayrıca Çin'in de ağır bir şekilde zehirli metal kirliliği yaşadığı ve mahsül alanlarının 1/6'sının ağır metallerden etkilendiği bildirildi (Liu, 2006). Ağır metal kirliliği ayrıca Hindistan alt kıtasında da ciddi bir sorundur.

1.6. Ağır Metallerin Tehlikeleri

Son 50 yılda insanın maruz kaldığı çok katlı ağır metallerde bir artış görülmüştür. Metaller vücuda hava, su, yiyecek ve cildin emmesi yoluyla giriş yaparlar. Günümüz hayat tarzında, boya ve musluk suyu yoluyla giriş yapan ve dış dolgusunda kullanılan civayla dolu amalgam, işlenmiş gıdalardaki kimsayal kalıntılar, kozmetik ve tuvalet eşyaları gibi kişisel bakım ürünlerinde dahi görünen ağır metallerle maruz kalmayı önlemek oldukça zordur. Ağır metallerle maruz kalmak beyin, akciğer, böbrek ve karaciğer gibi hayati organlarda ciddi zararlara yol açabilir. CNS etkisindeki düşüşe bağlı olarak kan bileşimindeki farklılıklar ve biyoenerji elverişliliği ağır metale maruz kalmakla yakından ilişkilidir. Ağır metallerle uzun süre maruz kalmak Alzheimer göstergesi olan, kronik olmayan fiziksel, zihinsel ve kassal bozulmaya, Parkinson hastalığına, kas distrofisi ve birden fazla doku sertleşmesine yol açabilir. Ek olarak, bu metallerin artmış alerjik reaksiyonlar, genetik mutasyonlar, biyolojik avantajlı bağlanma alanlarında az rastlanan elementlerle ilişkisi olduğuna

inanılmaktadır. Dahası, bütün mikro-biyotaya uyum sağlama potansiyeline sahip geniş kapsamlı antibiyotikler olarak davranırlar (Farr, 2001). Ağır metal zehirliliği ve bunların besin zincirinde birleşmesinin biyolojik birikime sebep olması günümüzdeki düşüncelerin en önemlilerinden biridir. Ağır metallere maruz kalma sonucu görülen şiddetli ve akut zehirler hayatın her yönünde iyi bir şekilde görülebilir. Kronik ve akut hastalık bulunduran bitkilerden fazla miktarda alınan bu metallerin sonucu olarak, bitkilerden oluşan insan besinlerinde de kirlilik ortaya çıkabilir. Örneğin; Cd ve Zn gibi ağır metallere maruz kalmak kalp, beyin, böbrek, sindirim sistemi ve solunum sisteminde ciddi miktarda hasara yol açar. Farklı miktarlarda ağır metallere maruz kalma durumları Tablo 1’de (Nwaichi&Dhankher, 2009) özetlenmiştir. Sadece insanlar ve diğer hayvanlar değil bitkilerde bu metallerin aşırı alınımından olumsuz etkilenir. Ağır metaller bitkilerin fotosentez, solunum ve hücre yenileme görevi gören organları gibi hayati fonksiyonlarına etki etme potansiyeline sahiptirler ve hatta onları ölüme bile götürebilirler (Garbisu & Alkorta, 2001; Schmidt, 2003; Schwartz, 2003). Topraktaki mikrobik çeşitlilik toprağın karakterini değiştiren ve verimsizliğe sebep olan ağır metal kirliliğinden olumsuz etkilenmiştir (Giller vd. 1998; Kozdrój & van Elsas, 2001; Kurek & Bollag, 2004). Ağır metallerle ilişkili zehirlilikten dolayı toplum sağlığı gün geçtikçe daha çok gündeme gelmektedir. Bu kirlilik sorunu ele almak dünya çapında oldukça tartışılıyor, özellikle, ekosisteme zarar vermeye başlayan kirliliği en aza indirme yolları tartışılmaktadır.

Tablo 1.1. *Değişik maruz kalma koşullarının bir fonksiyonu olarak insan üzerindeki ağır metallerin etkisi*

Element	Kronik maruz kalma	Akut-maruz-kalma	Koşul
Bakır	Hepatik siroz, beyin hasarı, demiyelizasyon, böbrek hastalığı, korneada birikim ve hatta ölüm	Grip benzeri durum (metal humması), kusma, ishal, mide krampları ve mide bulantısı	Bakır Zehirliliği
Çinko	Kalp, beyin, böbrek, sindirim sistemi ve solunum sisteminde akut hasar	Bilgi yok	Çinko Zehirliliği
Nickel	Bebeklerdeki anormallikler ve kardiyovasküler ve kas-iskelet sistemindeki kusurlar	Solunum, cilt ve kalp ağrıları	Nikel Zehirliliği
Krom	Akciğer kanseri ve fibrozis	Böbrek yetmezliği, hemoliz ve gastrointestinal kanama	Krom Zehirliliği
Kobalt	Kalp sorunu, tiroid hasarı, astım ve zatürree	Görme, kusma, mide bulantısı ve diğerleri	Kobalt Zehirliliği
Selenyum	Nörotoksisite, tırnak ve saç dökülmesi ve dermatit	Hipotiroidizm, diyabet ve hipofiz bezinde arıza	Selenyum Zehirliliği
Kurşun	Anemi, felç, nefropati ve ensefalopati	Beyin bozukluğu, kusma ve bulantı	Kurşun Zehirliliği
Cıva	Nefrotik sendrom, Nörastheni, metalik tat ve nöbetler	Ateş, kusma ve ishal	Cıva Zehirliliği
Uranyum	Böbrek hastalığı, bozulmuş karbonhidrat metabolizması, meme kanseri insidansının yüksek olması	Hafif ağrılar	Uranyum Zehirliliği
Arsenik	Diyabet, Kanser ve Hiperpigmentasyon / Hiperkeratoz	Kusma, mide bulantısı, ishal, aritmi	Arsenik Zehirliliği

1.7. Ağır Metal Kirliliği Arıtımında Güncel Stratejiler

Ağır metal kirliliğinin boyutlarını ve zehirliliğini öğrenmek için, çevreciler birçok fiziksel-kimyasal methodu denediler. Zararlı atığın iyileştirilerek yıkama ve kısıkaçlama tedavisi kullanılarak labaratuvarlara iletilmesi ve yenisinin yerine getirilmesi geleneksel yöntemlerden biridir (Francis vd., 1999). Bazı tedavi yöntemleri oldukça pahalı ve piyasada bulunması oldukça zor, bu yüzden önerilmiyor (Salt vd., 1995). Dahası, bu kirleticileri hareketsiz hale getirmede kullanılan fosfat, kalsiyum karbonat ve kireç gibi kimyasalların bu sorunun üstesinden geldiği kanıtlansa da etkileri kısa süreli ve ufak bir alanı kapsamaktadır (Ebbs vd., 1998; Krebs vd., 1999; Chen vd., 2000). Bu iyileştirme yolları etkili olmasına rağmen, uzun vadede sorun yaratmaktadır. Bu bilgilerin ışığında, modern biyolojik yaklaşımlar, ağır metallerin ekosistemden çıkarılması için etkili çözümler sunmaktadır.

1.7. 1. Alternatif Olarak Bitkisel Islah

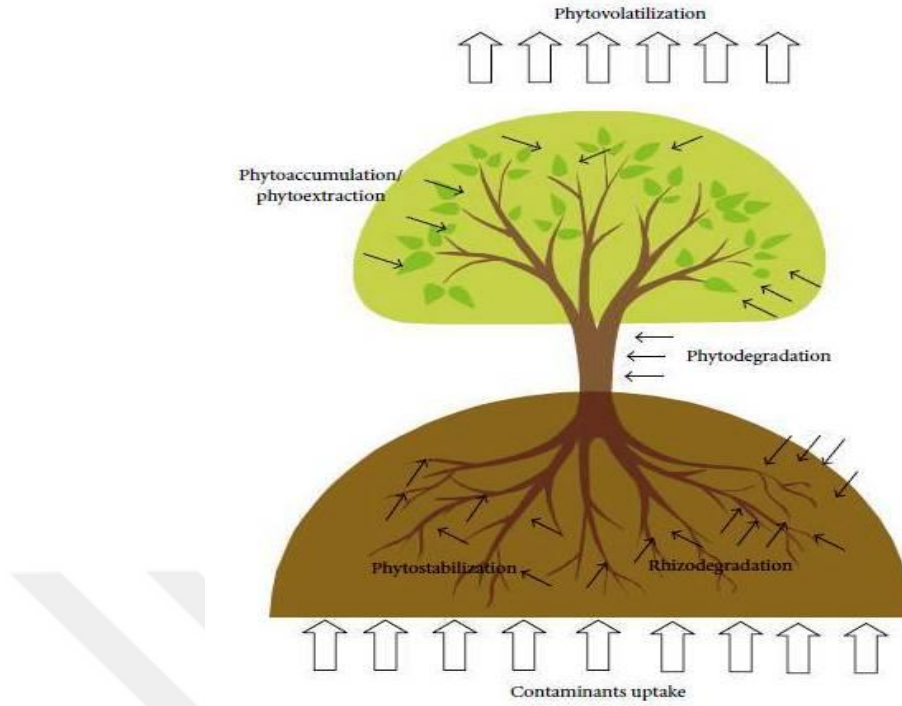
Yukarıda tartışılan metallerin çıkarılması üzerine, fiziko-kimyasal ve mikrobik yöntemlerin eksik yönleri, bilim insanlarını yeni alternatif yöntemler aramaya yöneltti. Yeşil bitkiler, bu konuda çok etkili bir görev görüyor. Ağır metallerin çevreden çıkarılmasında, bitkilerin incelenmesi için geniş biyokütle ve karmaşık metabolizma anahtar görevi görüyor. Kirletici tedavisinde bitkilerin kullanılmasına “bitkisel ıslah” adı veriliyor. Ağır metallerin bitkisel arıtımına ilişkin oldukça geniş bilgi ve veri kümeleri bulunuyor. Bitki birikiminde 1000 ppm’den fazla Cu, Co, Cr, Ni ya da Pb ve 10,000 ppm’den fazla Mn ya da Zn kullanmak aşırı birikim olarak adlandırılıyor (Loeffler, 1989; Wu vd., 2010). *B. Juncea*, *Eichhorniacrassipes*; *Lemna minor*, *Pistia*, *Pterisvitatta*, *Zea maze*, *Heliathusannuas* ve *sorghum vulgare*, alfalfa gibi bitki çeşitlerini kullanmak ağır metallerin su ve topraktan çıkarılması için etkili bir sonuçtur. Son çalışmalarda, *Avena sativa* Linn olarak adlandırılan bir yulaf türünün, su ve topraktan ağır metal çıkarılmasında potansiyel sahibi olduğu bildirilmiştir.

1.7.2. Bitkisel Islah Kavramı

Bitkisel ıslah, yeşil bitki örtüsüyle kirleticileri çevreden ayrıştırmak, ayıklamak, sabitlemek, ayırmak ve toplamak için kullanılan methodlardan biridir (EPA, 2000). Bitkisel ıslahın daha önceden zehirli gazlar, böcek ilaçları, kloantit çözücüler, çöp sahalarındaki kirletici sızıntıları, çok aromalı hidrokarbonlar, petrol, işlenmemiş yağ, poliklorlu binofil, patlayıcılar, radyonüklidler ve hatta cephaneler gibi maddeler içeren kirleticilerin arıtılmasında etkili olduğu kanıtlanmıştır (Pilon-Smits, 2005; Nwoko, 2010). Bu temizleme tekniği sığ ve köklerde kirlenme içeren su ve toprakların arıtılmasında etkilidir. Bitkilerin karmaşık metabolizması ve dayanıklılığı mikroplara kıyasla daha etkili iyileşme fırsatı sunuyor (Schnoor vd., 1995). Bitkilere has özel ve seçici kavrama mekanizmaları, onlara özel bozulma, yer değiştirme ve biyolojik birikim yetenekleri kazandırıyor. Bölgelerin yenilenmesinde kirleticilerden arınma tedavisi bitki fiyatlarında kayda değer bir azalmayla sağlanabilir. Ek olarak, kullanılan bitkinin çiçek, odun, hatta biyoenerji olarak elde edilmesine bağlıdır (Cluis, 2004). Bitkiler ayrıca kölerinde, gövdelerinde ve yapraklarında iyileşme sürecinde artan eşzamanlı çözünen/ayıran mikroplar için doğal ortamlar hazırlarlar. Önceden de belirtildiği üzere kirlenmiş çevrelerden ağır metallerin temizlenmesinde bitkisel ıslah oldukça popüler ve etkili bir yöntemdir. Metallerin bitkisel ıslahı, aşırı birikimi olan bitkiler kullanılarak belirgin bir şekilde uygulanmıştır. Bu bitkiler normal vejetasyona göre 50-100 kat daha fazla metal kavrayabilirler (Pulford & Watson, 2003). Metal biriktiren 400 bitki türü kayıtlara geçmiştir (Salt vd., 1998).

1.7.3. Bitkisel Islah Altında Yatan Mekanizmalar

Bitkisel ıslah genel olarak iki kısma ayrılır; en öne çıkanları: fitoekstrasyon, rizofiltrasyon, fitostabilizasyon, bitki bozunumu ve bitki köpürtmesi (Pulford ve Watson, 2003). Fakat, bu mekanizmalar özel değildir ve kirleticilerin çeşitliliği ve miktarına bağlı olarak eş zamanlı faaliyet gösterebilirler. Bu mekanizmalar aşağıdaki Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Bitki tarafından fitoremediasyon için uyarlanan farklı modların / mekanizmaların şematik bir gösterimi (Tangahu vd., 2011).

Bu mekanizmalar aşağıdaki şekillerde tanımlanabilir:

1.7.3.1. Phytoextraction

Bitkiler atıkları, çevrelerindeki su/topraktan çıkartıp kendi kök, gövde ve yapraklarına taşıma yetisine sahiptirler (Greenwood vd., 2011). Organik ve inorganik atıklar bitki örtüsünden çıkarılabilirse de (Slater vd., 2011), bu mekanizma kirlenmiş çevrelerden ağır metallerin arıtılmasında uygundur (Schnoor vd., 1995). Bitkilerde bulunan metallothionein veya fitoshelatin gibi bağlayıcı proteinler öncelik mekanizmaları olarak şelasyon ve bağlama aşamalarından geçip, ağır metallerin ayrılması için hazır hale gelirler (Mejare & Bülow, 2001). Bu proteinler ilk olarak sonradan bitkiler tarafından kolayca alınabilecek ve dokularında birikebilecek metaller ile bağ yaparak atıkların biyo-elverişliliğini artırır. Böylece, biyo-elverişlilikteki artış, alımı yükseltmiş olur. Suni kenetleme etkenlerinin kullanmak, pH seviyesini düşürmek, rutubeti sağlamak ve bazı durumlarda da tuzluluk daha iyi bir biyo-elverişlilik ve kavramayı artırmaya yardımcı olur (Huang vd., 1997; Salt vd., 1998).

Genetiği değiştirilmiş bitki kullanımı ayrıca bitki ekstraksiyonunda denenmiş ve doğal bitki çeşitlerine oranla daha iyi, daha kolaylaştırılmış metal kavraması olan bir hipotez ortaya sunmuştur. Örneğin, civalı indirgeyici enzim kodlayan merA geni, civalı dipozitif iyonları normal civa elementine indirmeye yetisine sahiptir ve böylelikle bitkilerin havada uçucu olan maddeleri bile kolaylıkla kavramasına katkı sağlar (Wang vd., 2012).

1.7.3.2. Phytodegradation

Bitkiler tarafından salınan enzim, zengin eksudatları nedeniyle toprakta veya suda bozulmalarını takiben, kirleticilerin alınmasını içeren bir süreç yaygın olarak fitodegradasyon olarak bilinir (Lee, 2013; Pilon-Smits, 2005; Gerhardt vd., 2009). Bitki için adlandırılan bir 'Yeşil Karaciğer' sıfatı, bitki için birçok organik kirleticiyi hayvan karaciğeri gibi metabolize etmekte oldukça uygun bir konumda bulunuyor (Cluis vd., 2004). Kirleticilerin fito-bozunmasına, i) toksik kirleticilerin nispeten daha az toksik metabolite dönüşmesine neden olan enzimatik katalizör ve ii) bu metabolitlerin bitki hücrelerinin apoplast ya da vakuollerine bölünmesi ile iki ardışık süreç izleyerek ulaşılır (Coleman vd., 1997). Bitki enzimleri toksik kirleticiyi H₂O CO₂ 'ye tamamen mineralize etme yeteneğine sahiptir veya enzim aracılığında hedef moleküllerin kısmen parçalanması da kararlı ara ürünlerin oluşumuna neden olabilir (Pilon-Smits, 2005). Bitkilere giren organik bileşiğin dönüşümü, nitroreduktaz, peroksidaz ve dehalojenazlar gibi çeşitli oksidoredüktaz enzimlerinin varlığına atfedilebilir (Schnoor vd.,1995; Salt vd., 1998). Pestisitler ve poliklorlu bifeniller de dahil olmak üzere çok çeşitli POP'ların bitkiler tarafından metabolize olduğu rapor edilmiştir (Aken vd., 2010). Trinitrotoluen gibi patlayıcılar ve trikloroetilen gibi klorlu organik bileşikler bile, kirletilmiş bölgelerden fitodegradasyon yaklaşımı kullanılarak uzaklaştırıldığı bildirilmektedir Organik kökenli kirleticiler ilk olarak fitoekstraksiyona ihtiyaç duyduklarından, fitodegradasyon, 0.5-3.0 aralığında değişen logKOW değerine sahip, ılımlı hidrofobik doğaya sahip bileşikler için uygundur (Schnoor vd., 1995). Diğer taraftan, logKOW değeri 0.5'den (hidrofilik) düşük olan bileşiklerin, bitki hücrelerinin elemanlarını geçerken zorluk çektiği, günlük KOW değerinin 3.0'dan (hidrofobik) büyük olan bileşiklerin, translokasyona direnen bitki

köklerine sıkıca bağlanma eğilimine sahip oldukları bitki vücudunda görülen genel bir gözlemdir (Bromilow & Chamberlain, 1995).

1.7.3.3. Rhizodegradation

Rhizoremediation, 'phytostimulation', 'rhizostimulation', 'rhizodegradation' kelimesinin eş anlamlıları olarak kullanılır. Bitki kökleriyle mikrobiyal ilişkinin bir sonucu olarak gelişmiş mikrobiyal süreçle karakterize edilen kök-toprak ara yüzeyindeki bir bölge "köksüz küre" olarak bilinir. Fitodegradasyon, bitki ve mikrop arasındaki ortak yaşantıyı içerir, bu da ilişkili mikrobiyomun uyarılması yoluyla zehirli organik kirleticilerin bozunmasının artmasına neden olur (Anderson vd., 1993). Çeşitli fungal ve bakteriyel türlerin, toprakta bulunan zehirli kirleticilerin tamamen ayrışımının bir kısmı için dehalojenazlar ve peroksidazinler gibi enzimleri kullandığı bilinmektedir (Gerhardt vd., 2009).

1.7.3.4. Rhizofiltration

Çoğu kirletici, özellikle bitkilerin kökleri tarafından uzaklaştırılmalıdır. Bu özel tedavi tarzına rizofiltrasyon denir. Bu özellikten dolayı, sulu atık akımları iyileştirme, yatay aşağı akım ve / veya süzdürme yoluyla geçen kirleticilerin soğurulması / adsorbe edilmesi için etkili bir şekilde kullanılabilir (Raskin, vd., 1997).

Rizofiltrasyon için ideal bir aday bitki, büyük ve hızla büyüyen kök sistemlerine sahip olmalıdır (Raskin, vd., 1997). Rizofiltrasyonun etkinliği ve genel olarak yüzeyden ve yeraltı sularından metal çıkarılma potansiyeli göz önüne alındığında, çok üstün bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır (Salt vd., 1995).

1.7.3.5. Phytostabilization

Kirleticilerin, toprağa tutunan bitkilerden istikrara kavuşturulması veya hareketsiz hale getirilmesi, fitostabilizasyon olarak adlandırılır (Lee, 2013). Kök bölgesinde pasif olarak salınan bitki kökü sızıntıları ve diğer fitokimyasal maddeler, bazen kirleticiyi bozmamakla birlikte, onları bitki dokusuna inaktif / zehirsiz hale getirirler (Morikawa & Erkin, 2003). Ek olarak, kirletici maddelerin kök bölgesindeki

çökeltirler, toprak ve çamurlardaki yerinde inaktivasyonu, aynı zamanda, hidrorostabilizasyonun önemli bir modudur (EPA, 2000). Bununla birlikte, stabilizasyon, çoğunlukla, doğrudan kirletici teması önleyen, sızdırmaz sızıntı suyuna yol açan toprak erozyonunu ve diğer bölgelere toksik maddelerin dağılımını olumlu bir şekilde önleyen, sünger suyu kullanan toprak matrisi tarafından etkilenir (Raskin & Ensley, 2000).

1.7.3.6. Phytovolatilization

İlk alınıştan sonra kirleticilerin salınması ve daha sonra bu bitkilerin bölgesel dokuları aracılığıyla uçucu hale gelmesi fitovolatilizasyon olarak adlandırılır (Pilon-Smits, 2005). İnorganik selenyumun, dimetil selenit olarak havada uçuculuğu gözlenmiştir (Terry vd., 2000). Hidroponik deneylerde incelendiğinde, trikloroetan çıkarıldı ve havada ateş sisteminde gazla sıkıştırıldı (Yu vd., 2006). Daha önce, Heaton ve ark. (1998), civa (Hg^{2+}) 'nın daha az zehirli elemental (HgO) civaya kadar buharlaştırıldığını göstermiştir. Sodyum tiyosülfat ve EDTA gibi kenetleme maddelerinin civa bulunabilirliğini arttırdığı gösterilmiştir (Wang vd., 2012).

1.7.4. Bitki Islahının Zn, Cu, Mn, Pb, Fe, Cd'ye Özel Referanslarıyla Uygulanabilirliği

Zehirli ağır metallerin bitkiler tarafından alınması ve biriktirilmesi, fitoremediasyonun önemli modlarıdır. Bitkilerde aşırı birikim kapasitesi, kritik çevresel koşullara maruz kaldıklarında, bitkilerdeki birçok adaptif evrimin sonucu olan, bitkilerin hiper toleransı nedeniyle oluşur. Fitoakümüülasyon işlemini çeşitli faktörler düzenler; Kök yüzeylerindeki emilim yerlerinin yoğunluğu, bitki içindeki taşıma hızı, metal kirli bölgedeki köklerin çoğalması, rizosferin asitlendirilmesi ve fitometaloforların rizosfer içine salınması gibi (Hutchinson vd., 2000). Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cunouniaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae ve Euphobiaceae'nin üyeleri arasında, 400'ün üzerinde hiperakümülatör bitki bildirilmiştir Brassicaceae, ağır metal birikimi söz konusu olduğunda çok önemli bir gruptur ve birkaç tür metalden aşırı miktarda hiperakümüülasyon yapabilir (Prasad vd., 2003). Birçok bitki Zn, Cu,

Mn, Pb, Fe, Cd gibi çeşitli ağır metallerin birikimi için daha önce bildirilmiş olsa da; bitkisel ıslah konusunda, metal alımı, translokasyon mekanizmaları, iyileştirme değişiklikleri gibi konularda daha az bilgi sahibi olduğundan tam ölçekli uygulamayı hala engelliyor. Hiperakümüülasyon çalışmalarında biyokonsantrasyon faktörü ve translokasyon faktörü önemli parametrelerdir. Ağır metalin kirli sedimentlerden bitkinin köklerine hareketi ve metallerin kökten havaya taşınması, sırasıyla Biyokonsantrasyon Faktörü (BCF) ve Translokasyon Faktörü (TF) ile değerlendirilir.

$$BCF = \text{Metal kökü} / \text{Metal toprak}$$

Translokasyon Faktörü (TF) bitki sürgünündeki ağır metal konsantrasyonunun bitki kökü içindeki oranıdır. Bu oran, bitkinin köklerdeki metalleri bitkilerin hava kısımlarına yer değiştirme yeteneğini gösterir (Marchiol vd., 2004).

$$TF = \text{Metal (gövde)} / \text{Metal (kök)}$$

$TF > 1$, bitkinin kökten çekime etkili bir şekilde metalleri yer değiştirdiğini gösterir (Bakers & Brooks, 1989).

1.7.4.1. Zn birikimi

Çinko, bitki metabolizması için önemli bir rol oynasa da, aşırı konsantrasyonu enzim aktivitesi, bitkilerin protein sentezi gibi biyokimyasal etkinlikleri etkileyebilir. Zn'nin yüksek alımı, bitki büyümesi ve biyokütle üretimini etkiler. Çinko, 103 ile 105 yıl arasındaki kalıcı, muhafazakâr veya biyolojik olarak bozunmayan elementtir. Çinko (Zn), yerkabuğunda yirmi dördüncü en bol element olup, içeriği 75 mg kg^{-1} 'dir. Toprak, $5-770 \text{ mg kg}^{-1}$ Zn, ortalama 64 mg kg^{-1} , deniz suyu 30 lg Zn L^{-1} ve atmosfer $0.1-4 \text{ lg Zn m}^{-3}$ içermektedir (Emsley, 2001). Çevredeki Zn, çoğunlukla Zn sülfid ve Zn oksitlerin bulunduğu bir ortamda bulunur ve birçok başka elementle kolayca ilişkilendirilir. Canlı sistemlere, özellikle de fitoplanktonlara kolaylıkla dahil edilirler ve bu nedenle, sudaki besin zincirinin farklı trofik seviyeleri yoluyla insanlara aktarılabilirler (Mitra vd., 2000). Kassas ve ark. Tarafından (2003) *Helianthus annuus*,

Linium usitatissimum ve *Coriandrum sativum* çinkoyu toplayıp tolere eden türler olarak bildirilmiştir.

1.7.4.2. Cu birikimi

Diğer ağır metaller arasındaki bakır, yeryüzünde ve tüm besin zincirinin bir parçası olan yaşamın her yerinde ve temel unsurdur. Topraklarda doğal olarak 0.1-100.0 mg kg⁻¹ arasında değişir (Baker & Brooks, 1989). Bakır ortamda nadiren serbest metal olarak bulunur. Kükürt için yüksek kimyasal afiniteye sahiptir ve bu nedenle çoğunlukla kalkopirit CuFeS₂, kalkokas Cu₂S ve bornit Cu₅FeS₄ gibi farklı sülfür mineralleri formlarında bulunur (Polan'ski & Smulikowski, 1969). Bakır ayrıca azurit Cu₃(CO₃)₂(OH)₂ ve malahit Cu₂CO₃ (OH)₂ gibi yararlı önemi olan hidroksikarbonat doğası mineralleri oluşturur.

1.7.4.3. Mn birikimi

Mn genelde demirlerle kombinasyon halinde minerallerde bulunur. Özellikle paslanmaz çeliklerde, endüstriyel metal alaşımının yapımında önemlidir. Mn, bitkiler için vazgeçilmez bir metaldir. Bitkilerin homeostazında rol oynamasına rağmen, toksisiteden kaçınmak için konsantrasyonu sıkı bir şekilde düzenlenmelidir. Her ne kadar bitkilerin homeostazında rol oynasa da, kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), karışık metal çözeltilerinde *Phragmites cummunis*, *Typha angustifolia* ve *Cyperus esculentus*'un konA karşılaştırmalı biyoakümülyasyon paterni ve ultra-yapısal değişiklikler bildirilmiştir. Toksikliği önlemek için demir (Fe), manganez (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) konsantrasyonu sıkı bir şekilde düzenlenmelidir. *C. esculentus* köklerindeki diğer ağır metalleri biriktirirken, ilginç bir şekilde Mn ve Fe'yi yapraklara çevirmiştir (Chandra & Yadav, 2011). Potansiyel manganez akümülatörler olarak tanımlanan diğer bitkiler *Alyxia rubricaulis* (Apocynaceae), *Maytemus bureauvianus* (Celastraceae), Hint Hardal ve Vetiver çim (*Vetiveria zizanioides* L.) 'dir.

Manganez fabrika iyileştirmesinin madencilik için mükemmel bir tamamlayıcı işlem olduğu söylenmektedir. Çevresel olarak maden ve maden atıkları çevresini temizlemekle kalmaz, aynı zamanda ikincil bir manganez çıkarma metodu da sağlar.

Bu madencilik şirketleri için çevreye karşı sorumluluk bilinciyle maliyet etkin bir bitkisel ıslah olarak kazançlı bir durumdur.

1.7.4.4. Pb birikimi

Kirlenmemiş topraklarda büyüyen bitkilerdeki Pb, genellikle ortalama $2 \mu\text{g g}^{-1}$ DW ile 0.1 ila $10 \mu\text{g g}^{-1}$ DW arasındadır (Palacios & diğerleri, 2002). Yoon ve ark.'nın raporuna göre (2006), *Gentiana pennelliana*, Pb, Cu ve Zn (BCF = 11, 22 ve 2.6) ile kirlenmiş alanların fitostabilize edilmesi için en uygundur. Paomaping'teki *S. cathayana*, *Lithocarpus dealbatus*, *L. plyneura*, *Fargesia dura*, *Arundinella yunnanensis* ve *R. annae'nin* altı bitki türü yüksek birikim kapasitesine sahiptir. Paomaping'deki *R. annae* sırasıyla Pb, Cd ve Zn, *L. plyneura* için Pb ve Cd'ye aşırı birikim kapasitesine sahiptir (Yanqun vd., 2004).

1.7.4.5. Fe birikimi

Demir, DNA sentezi ve solunum gibi fotosentez gibi çeşitli metabolik süreçlerde hayati rol oynadığı için tüm canlı organizmalar için gerekli olan mikro besin maddesidir. Bitkilerde, klorofil sentezine girer ve kloroplastın fonksiyonunu ve yapısını korur *Arabidopsis thaliana*'da, kökün belirli bölgelerinde ifade edilen genlerin% 85'e kadarının Fe tarafından farklı şekilde regüle edildiği ve bu da Fe eksikliğinin kök morfolojisinde değişikliğe neden olabileceğini göstermektedir (Dinnyen vd., 2008).

1.7.4.6. Cd birikimi

Cd toksik bir ağır metaldir ve normal olarak topraklarda düşük konsantrasyonlarda oluşur. Aksine, çinko madenciliği, demir dökümhaneleri ve kanalizasyon çamurunun tarımda gübre olarak kullanılması çevre lavabosundaki konsantrasyonunu artırabilir (Zhao vd., 2003). Fitoşelasyon (PC'ler) bitkilerde Cd'yi detoksifiye etmek için fitoremediyasyonun önemli bir yönüdür ve Cd'yi ve diğer bazı ağır metalleri bağlayan fitokhelatinler (PC'ler) olarak adlandırılan kükürtten zengin peptitlerin bir üyesidir (Cobbett & Goldsbrough, 2002).

Fitoshelatin sentaz (PCS), glutatyonun PC'lere dönüştürülmesinde önemli rol oynamaktadır ve topraktaki Cd varlığı ile aktive olduğu gösterilmiştir (Vatamaniuk vd., 2004). Sistein sintazı, sülfatın amino asite asimilasyonunu katalizleyen başka bir enzimdir. Sitozolde sistein sintazı aşırı sentezleyen, yüksek PC konsantrasyonlarına sahip olan, Cd'ye daha toleranslı olan, ancak metali yapraklarda biriktirmeyen transjenik tütün bitkileridir (Choi vd., 2001).

1.7.5. Bitkisel Arıtımın Avantajları ve Kısıtlamaları

1.7.5.1. Bitkisel İslahın Avantajları

Fitoreformasyon geleneksel fiziko-kimyasal yöntemlere ve hatta biyolojik yöntemlere kıyasla birçok avantaja sahiptir.

- Çevre dostu, yeşil, güneş enerjisi tahrikli ve estetik açıdan hoşnut bir teknolojidir.
- Fizikokimyasal yöntemlere kıyasla yaklaşık %50-80 uygulama ile düşük maliyetli, çoğunlukla ucuz bir yöntemdir. hem ex situ hem de in situ tedavi protokolleri için mühendislik açısından oldukça kolaydır.
- Organik ve inorganik kökenli çok geniş bir yelpazedeki çevre kirleticileri, fitoremediasyon ile tedavi edilebilir.
- Doğal coğrafi ve çevresel koşullar, fitoremediasyon denemelerinden etkilenmez.
- Büyük büyüklükteki kirleticilerin ve dalgalı kirletici yüklerin işlenmesi için yararlıdır.
- Bitki iyileştirme, aday bitki biyokütlesinden ekonomik açıdan önemli metallerin toplanmasına olanak tanır.

Bununla birlikte, bitki ıslahı bazı sınırlamaları da beraberinde getirir.

1.7.5.2. Bitkisel Islahın Dezavantajları

- Bitki ıslahın sadece topraktaki ve sudaki sıg kirleticiler için etkili bir şekilde kullanıldığı düşünölmektedir.
- Bitki iyileştirmesi zaman alan bir süreçtir ve değışen iklimsel ve mevsimsel koşullardaki değışim, iyileştirme işleml için kullanılacak aday bitkinin büyümesini değıştirerek iyileştirme etkinliğini engelleyebilir.
- Genel bitki sağlığı, aday bitkinin hayatta kalması için zararlı olabilen toksik kirleticilere maruz kalma ile karşı karşıya kalabilir.
- Hiperakümülatör bitkiler, besin zincirlerinde toksik elementleri taşıyabilirler; zira bitkisel arıtım genellikle yavaş ve halsiz bir teknoloji olarak düşünölür.
- Yerli ve yabancı ot otlayan hayvanlar onlardan beslenebilir.

1.8. Çalışmanın Amacı

- 1- Libya Tarımsal Yeşil Yaylası Projesi kapsamında kanalizsyon atıksuyu kullanımı sonucu kirlenmiş topraktaki ağır matallerin ve toprak özelliklerinin analizi ve izlenmesi
- 2- Kanalizsyon atıksuyu ile kirlenmiş toprakların Yulaf (*Avena sativa*) türü ile ekilmesinin topraktaki ağır metallerin, (Zn, Cu, Mn, Pb, Fe ve Cd) azalmasına etkisinin incenmesi
- 3- Bu ağır metallerin farklı bölgelerde seçilen deneme alanları ve üzerindeki bitkiler arasındaki konsantrasyonlarının karşılaştırılması
- 4- Bitkilerin sulanmasında kullanılan sulardaki ağır metallerin miktarının incelenmesi

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Ağır metallerle çevresel kirlilik, dökümhaneler, madencilik, ergiticiler ve diğer metalle ilişkili endüstriyel süreçler gibi noktasal kaynaklara göre oldukça büyüktür (Duffus, 2002). Kentsel ve endüstriyel kanalizasyonda ağır metal varlığı, toprak ve su kirliliğinin arkasındaki ana nedenlerden biridir (Wang vd., 2005). Ağır metaller sanayileşmiş bir uygarlıkta her yerde var olan çevre kirleticileridir. Son yıllarda, ağır metallerin muhtemel sağlık ve ekosistem tehlikelerine ilişkin endişeler arttı (Srivastava & Thakur, 2006). Günlük hayatta kimyasalların muazzam ve ayırım gözetilmeksizin kullanımı, serbest bırakılmasına ve çevresel lavabonun ağır metallerin akışını arttırmasına neden oldu. Dahası, endüstriyel devrimin başlangıcından beri doğal ekosistemlerin bu toksik metaller tarafından kirlenmesi dramatik bir şekilde hızlanmıştır. Kayıtlara göre, ağır metal emisyonlarının yaklaşık % 90'ı, 20. yüzyılın başlarından beri insan faaliyetleri yüzünden meydana geldi (Nriagu, 1996). Dolayısıyla, insan faaliyetlerinin toprakta ve gezegen üzerindeki sularında toksik ağır metallerin geniş bir birikimine yol açtığını kolayca kabul edebiliriz. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki insanların sürekli artan yaşam biçimleri kirleticiler bir özgür çevreyi talep ediyor ve savunuyor. Öte yandan, kirleticilerin azaltılması için, biyoremediasyon adı verilen ağır metallerin tedavisi için çeşitli sınıflara ait olan mikroplarda kullanılmaktadır.

Mikroorganizmaların kullanımı düşük maliyetli bir teknik olarak düşünülmüş olsa da (Cunningham vd., 1997), bazı organik kirleticilerin bozunması ve detoksifikasyonu için bunların kullanımı genel olarak etkili bulunmuştur. Bununla birlikte, metaller mikroplar tarafından parçalanamaz ve bu nedenle kirli alanlardan metal kirlenmesine kadar potansiyelleri sınırlıdır (Marschner, 1995). Ek olarak, gerçek kirlilik alanındaki aşırı koşullar, yerinde ıslah stratejileri için daha az müsaittir. Ayrıca, mikroplar için kültür koşullarının sürdürülmesi çok zordur. Toprakların sıcaklığı, pH, nem içeriği vb. gerçek sahadaki kirleticiler yükleri göre değişmez.

Bitkilerin kullanımı, düşük maliyetli, güneş enerjisi tahrikli, düşük etkili, pasif, çevreye duyarlı ve yeşil bir kirlenici azaltma yöntemi gibi bir takım avantajlara sahiptir. Daha da önemlisi, gerçek ve büyük kirlilik büyüklüğü için yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Ağır metallerin fabrikasyon yöntemi, diğer bazı organik kirlenitçiler ve metal kirlenmiş alanların tedavisi için en başarılı, inşa edilmiş ve kanıtlanmış sistemdir (Khandare & Govindwar, 2015).

Hiperakümülatörlerin, toplam biyokütlenin içindeki metallerin yaklaşık% 1-5'ini toplayabildikleri, bitki rekonstrüksiyonu yaptıkları görülmüştür (Chaney vd., 1997). Ayrıca, bir bitki düzenleyici adayı bitki, yüksek konsantrasyonda metal alabilmeli, hızlı büyüyebilir, yüksek biyokütle üretebilir, hastalıklara ve zararlılara karşı direnebilir, dalgalanan çevre koşullarına vs dayanabilir olmalıdır. (Watanabe, 1997; Lee, 2013). Bitkiler, ağır metal kontaminasyonu da dahil olmak üzere kirlen çevreye karşı koymak ve üstesinden gelmek için farklı mekanizmalar geliştirmiştir. Fito ekstraksiyonu genellikle ağır metallerin hiperakümüülasyonunu gösteren bitkilerin, fito-ekstraksiyon sürecini takip ettiğı gözlenmiştir. Bununla birlikte, hiperakümülatörler olarak belirli bir bitkinin belirlenmesi için özel kriterler yoğun bir şekilde tartışılmaktadır (Van der Ent vd., 2013). Ağır metal hiperakümülatör tesisleri, bu metalleri çevreleyen çevreye kıyasla çok daha yüksek konsantrasyonlarda çeşitli vasküler yapılara depolama kapasitesine sahiptir (Baker & Brooks, 1989; Memon & Schröder, 2009). Bu çok yüksek konsantrasyon biriktirme yetisi, ileride kullanılmak üzere bu bitkilerden metallerin çıkartılması için bir yol sağlar. Bitkilerden metallerin maliyet etkin ekstraksiyonu için birincil olarak i) Metal fiyatı; ii) mevcut bitki biyokütlesi; ve iii) bitki dokusunda istenen metalin ulaşılabilir konsantrasyonu gereklidir (Brooks & Robinson, 1998). Fito ekstraksiyon süreci sadece metaller için değil aynı zamanda birçok organik bileşiklerden çıkarılmak için kullanılan bir tekniktir. Yosun ve diğer bitkiler tarafından topraktan ve sudan poliklorlu bifenillerin başarılı bir şekilde çıkarılması, birkaç araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Zeeb vd., 2006; Ficko vd., 2010; Teng vd., 2010; Liu & Schnoor, 2008; Greenwood vd., 2011). Bitkilerin ayrıca çevresindeki çevreden klorlanmış dioksinler çıkardığı da bildirildi (Campanella & Paul, 2000; Huelster vd., 1994). Bazı hidrokarbonların fotoreformasyonu bu bileşimlerin 0.37 ila 6.57 arasında değişen bir log'a sahip olması nedeniyle istenen verimlilikle başarılmamaktadır (Heath vd., 1993). Belli bir

bileşimin hâlâ hidrofobik ve hidrofiliği, fitodegradasyonunun dikkate alınması için hariç tutulma kriterleri olamaz. Kabukların eksuda'larının bağlanmasından sonra bitki tarafından diyoksilerin alınmasının arttığı gözlemlenmekte ve bu bağlanma, diyoksilerin log KOW'sunun azalmasına neden olmuştur (Campanella vd., 2002). Ayrıca, bitkide dönüştürülen bileşiklerin translokasyon potansiyelinde artış ile sonuçlanarak bozulma artışına neden olabileceği de unutulmamalıdır. Ilımlı hidrofobikliğe sahip kirleticiler, log KOW değeri 1.2, BTEX (benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen) olan sırasıyla 2.13, 2.69, 3.15 ve 3.12-3.2 log KOW değerlerine sahip olan MTBE (metil-tert-butil eter) (EPA, 1995), klorlu solventler ve kısa zincirli alifatik hidrokarbonlar (Newman ve Reynolds, 2004; Schnoor vd., 1995; Lee, 2013). Çeşitli çalışmalar PCB'lerin (Zeeb vd., 2006; Ficko vd., 2010) ve bitki dokusuna dioksinlerin (Huelster vd., 1994) alımını bildirmiştir. Fakat, planta PCB'lerin metabolizma hızı çok yavaş görülürken, bitkilerde dioksin bozunması henüz rapor edilmemiştir (Campanella vd., 2002).

Bakteriler tarafından parçalanmayan organik kirleticiler, popüler Mikorizam kök ilişkili mantarlarla mineralize edildiği bulunmuştur (Schnoor vd., 1995). Rizosferik mikropların hayatta kalma ve bozunma potansiyelinin, kök salgı maddeleri tarafından uyarıldığı ve bunun sonucunda, kirleticilerin bozunmasını hızlandırdığı / arttırdığı görülür (Kuiper vd., 2004; Salt vd., 1998). *Pseudomonas putida* ve *Azospirillum* spp. bitkilerden besin salınımını etkinleştirmek için kimyasal sinyaller kullanır (Anderson vd., 1993). BTEX, PAHs ve petrol hidrokarbonlarını içeren geniş bir zehirli organik kirletici kalıntısının giderilmesi kirli topraklardan rhizoremediation yaklaşımı kullanılarak başarıyla kaldırılmaktadır (Cook & Hesterberg, 2013). Lee vd., (2008), rizosferik uyarı için bir takım bitki türlerinin kullanımını bildirmiş ve kontrollü çevresel koşullar altında kirletilen fenantren ve piren bozunumunu göstermiştir. *Medicago sativa*, *Brassica napus* ve *Lolium perenne* dahil olmak üzere bitki türleri, in vitro topraktaki piren konsantrasyonlarının azaltılmasında etkili olmuş ve bu da toprağın mikrobik bir toplulukla zenginleştirilmesine yardımcı olmuştur (D'Orazio vd., 2013). Petrol hidrokarbonlarının (PHC) iyileştirilmesi için Poaceae çim türlerinin kullanımını belirten raporlardan anlaşılabacağı üzere, sadece çalılar değil, bir takım otlar rizosfer uyarımı potansiyeline sahiptir (Hall vd., 2011). Rizosferin uyarılması, dioksinler ve

poliklorlu bifeniller de dahil olmak üzere birçok POP 'un iyileştirilmesinde faydalı olabilir. Bitkiler, i) kök sızıntıları yoluyla bakteri üremesini teşvik eden maddelerin sağlanması; ii) rizosferik oksijen içeriğini arttırmak; iiii) etkili metabolizması için mikroplar tarafından istenen kimyasal maddelerin kolayca temin edilmesi ve iv) yapısal olarak kirleticiye benzeyen bileşiklerin sentezlenmesi (Campanella vd., 2002). *Phalaris arundinacea* ve *Panicum virgatum*, zenginleştirilmiş enzim aktivitesi göstererek ve ilişkili rizosferi uyararak poliklorlanmış bifenilin bozunma hızını artırabilir (Chekol vd., 2004). Birkaç araştırmacı tarafından, poliklorlu bifenillerin bozunmasının, kök hücre giderme işlemini birincil bozulma stratejisi olarak izlediği ve bunun artan mikrobik sayı ve gelişmiş enzim aktiviteleri gösteren gözlem ile desteklendiği hipotezine tabi tutuldu (Chekol vd., 2004; Xu vd., 2010; Teng vd., 2010). Diament, kirletici maddeleri (dioksinler) bağlama yeteneğine sahip olan belirli bileşiklerin bu bileşiklerin hidrofiliklik ve biyo-temin edilebilirliklerini arttırmasına neden olur. Bu sonuçta, bu bileşiklerin bozunma sürecinde yer alan mikroplara daha iyi erişmesi sağlandı ve bu da nihayetinde hedef bileşiklerin etkili şekilde parçalanmasını sağladı. Aynı zamanda bozunum için hedef bileşik ile rekabet eden yapısal olarak benzer bir bileşik de mikrobiyal bozunmanın geciktirildiği gözlemlenir. Bu gerçek, hedef moleküllerin ve diğer spesifik olmayan varlıkların moleküler etkileşimi *Burkholderia xenovorans* LB400 tarafından karbon kaynağı olarak kullanılmak üzere poliklorlu bifenillerle rekabet ettiği poli aromatik hidrokarbonun rekabeti gözlemlendiğinde, rizo-bozunum oranını engelleyen bir rapor sonrasında ortaya çıktı. Araştırmamızı, kirletici moleküller ile yarışarak parçalanma sürecine müdahale edebilecek moleküllerin belirlenmesine doğru odaklamak zorundayız (Secher vd., 2013). Rizoremediasyon yaklaşımının kullanılması umut verici görünse de, aşağıdaki gerçekler göz önünde bulundurulmalıdır: i) laboratuvar ve alan koşullarındaki farklılıklar, iyileştirme etkinliğini etkileyebilir ve ii) topraktaki kirleticilerin kesin konsantrasyonlarını tahmin etmek için üstün yöntemler uygulanmalıdır; süreç düzgün çalışıyor ya da çalışmıyor.

Özellikle bitkisel besleme potansiyelleri metal çıkarımı için verimli olan sulu ortamlardan büyük kök sistemlerine sahip bitkilerin uygulanması bu nedenle rizofiltrasyon için etkili olabilir (EPA, 2005). Özel olarak belirtilmesi gerekiyorsa,

kirli sudan metallerin uzaklaştırılması etkili olabilir. Ensley (2000), rizofiltrasyonun öncelikle atık su, yüzey suyu ve yer altı sularının düşük konsantrasyonlarda kirleticilerin iyileştirilmesi için kullanılabileceğini önermiştir.

Rhizofiltrasyon esas olarak bitkilerin kökleri içinde saklanan Zn, Cu, Ni, Cr, Cd ve Pb için araştırılmıştır (EPA, 2000). Fibröz ve çok uzun kök sistemine sahip karasal bitkiler, rizofiltrasyon için tercih edilir, çünkü artan kök çevrelere sahiptirler (Raskin & Ensley, 2000). Klasik bir örnek vermek gerekirse, ayçiçeği, Rusya'da Çernobil'deki uranyum kontaminasyonunun tedavisi için başarıyla uygulandı. Pisti, duckweed ve su sümbülü ile yapılan sera denemelerinin, ağır metallerin rizofiltrasyonu için başarılı olduğu bulunmuştur Cu Zn ve Cr'nin, pisti yanında duckweed ve su sümbülü ile en etkin biçimde iyileştirildiği bulunmuştur. Fitastabilizasyon, çökme, emme, kompleksleşme veya metal değerlilik değişikliği gibi birkaç mekanizmayı araştırır. Bakır, krom, çinko, kadmiyum, kurşun, arsenik vb. Uzaklaştırmada kullanılır. Bu mod, tehlikeli biyokütle / materyallerin ikincil kirletici maddeler üreten atıkların tedavisi için yararlı olabilir (EPA, 2000) ve yüzey ve yeraltı sularını korumak için kirleticilerin hızla ele geçirilmesi gerektiğinde daha da etkili olduğunu kanıtlar. Madencilğe maruz kalmış bölgeler fitostabilizasyon ile düzeltildi.

Ağır metallerin (40-50 ppm konsantrasyon) bir vermikompost yardımıyla uzaklaştırılması, sorgumun fibröz kök sistemi kullanılarak başarıyla gerçekleştirildi (Jadia & Fulekar, 2008). Sorgum çiminin fibröz kök sistemi tarafından sağlanan geniş yüzey alanının, ayrıca, rizosferdeki ağır metallerin fitostabilize edilmesinden sonra sızıntıyı azalttığı bulunmuştur. Phytovolatilization, kirleticinin hasat edilmesini ve eliminasyon yolunun kontrol edilmesini gerektirmediği için avantajlıdır çünkü iyileştirme için çok potansiyel bir araç olduğunu ispatlayabilir (Pilon-Smits, 2005). Bununla birlikte, kirleticilerin atmosfere serbest bırakılmasından dolayı, fitovolatilizasyon işlemlerini iyice kontrol etmeyi kaçınılmaz kılmaktadır. Genetik olarak modifiye edilmiş merA geni için değiştirilmiş eksprese sahip olan söğütler ve tütün bitkileri, merkür kontaminasyonuna karşı geliştirilmiş direnç ve cıvanın uçucu hale gelmesinden on kat daha üstün bir oran sağladı (Rugh vd., 1996, 1998). Bir başka gen (MerB) ekspresyonu cıva-organomercurial ligazın aşırı eksprese

edilmesine ve Hg^{2+} 'yi üretmesine neden olur, bu daha sonra merkürük redüktaz tarafından kullanılır ve daha da uçucu hale getirilir (Meagher vd., 2000).

Biyokonsantrasyon faktörü, bitkinin çökelti içindeki konsantrasyonuna göre belirli bir metal biriktirme yeteneğinin bir göstergesidir ve bitki kökleri içindeki ağır metal konsantrasyonunun toprağın oranına oranı olarak hesaplanır (Ghosh & Singh, 2005; Yoon vd., 2006). Yüksek BCF değeri, bitkinin, fitoekstrasyon için daha uygun olduğunu gösterir (Blaylock vd., 1997). Son derece yüksek Zn içeriği biriktiren benzersiz bir yeteneği gösteren çok sayıda bitki türü hiperakümülatör olarak sınıflandırılır.

(Verbruggen vd., 2009), ≥ 1.0 Zn biriktirebilen 6 familyaya ait 14 bitki türünü tespit etmiştir. Birçok başka bitki türü, kirlenmiş toprağın fitoakümülatör olarak fitoremediasyonu için maruz bırakılmış ve yerinde kullanılmıştır. Son zamanlarda (Almeida vd., 2009) non-iyonik yüzey aktif madde Triton X-100'in ve daha az anyonik yüzey aktif madde SDS'nin, tuz bataklık bitkisi *Halimione portulacoides* köklerinde Cu birikimini desteklediğini, ancak Cu adsorpsiyonunda yüzey aktif cisimlerin rolünü belirten ve Cu translokasyonunu desteklediğini göstermiştir. Moso bambu kökleri, sapları ve yapraklarındaki Cu konsantrasyonu sırasıyla 340, 60, 23 mg kg⁻¹ farklı seviyelere ulaşmıştır. Bu çalışma, bitki vakuollerinde Cu birikimini ve bunun TEM-DEX teknolojisi ile azaltılmış toksisitesini ortaya çıkarmıştır (Chen vd. 2015). Buna ek olarak, pirinç ve sebzelerde ağır metal içeriği araştırıldığında, pirincin şaşırtıcı derecede yüksek konsantrasyonlarda Pb ve Cd (1.44 ve 0.82 ppm) biriktirebildiği bulunmuştur. Bu seviye, Çin'deki tahıllar için izin verilen azami limiti (0,2 ppm) aşmaktadır (Zhuang vd., 2009). Son zamanlarda, Salazar & Pignata (2014), *T. minuta* ve *B. Pilosa*'ya doğal hoşgörülü türlerin metal toleranslı olduğunu ve kurşunla kirlenmiş topraklarda yetişen diğer incelenen bitkilerden daha fazla Pb biriktirebildiklerini göstermiştir. Ancak, aynı bölgedeki diğer çalışılmış yerli bitkiler, doğal translokasyon ve biyoakümülyasyon kabiliyetleri Pb toksisitesinden etkilenecek aşırı biriktirici veya biriktiriciden dışlayıcıya değiştirildi. Pirinç, Fe'nin alımını arttırmak için birçok transjenik fitoakümülatör çeşidinde bir model bitki olarak kullanılan iyi bilinen bir Fe akümülandır. Fe⁺² nikotinamin nakil geni OsYSL2 veya demir raportör geni OsIRT1 / OsYSL1 gibi çeşitli genlerin aşırı ekspresyonu, Fe fitoakümülyasyonunu arttıran farklı stratejilerdir (Rout & Sahoo, 2015). Fe birikimi

için *Salvinia molesta* da bildirilmiştir (Preetha & Kaladevi, 2014). Buna karşın, (Dominguez-Solis vd., 2004) *A. thaliana*'nın sitozolünde sistein sintazı aşırı eksprese etmiştir. Bir transgenik hattın, özellikle Cd'ye dirençli olduğu ve çoğunlukla trikomlardaki yapraklarda yüksek konsantrasyonlarda birikmelerinin sağlandığı gösterilmiştir. Goldschmidt (1954) tarım üst tabakasında Cd, Zn, Mo, Cu, As, Hg, Cr, Pb, Na, Mg, Fe, Al, K, Ti ve Mn'nin üç gruba ayrıldığını bildirmiştir. Birinci grup As ve Hg'yi içeriyordu; İkinci grupta Mo, Cu, Cd, Zn ve Pb; ve üçlü grup Cr, Fe, Al, K, Na, Mg, Ti ve Mn'dir. Tarım dışı toprağın içinde iken, sınıflandırma tarımsal topraktaki dağılımdan nazikçe farklıdır. Birinci grup As, Cd, Pb ve Zn; İkinci grup Cr, Fe, Mg, K, Na, Al, Mn ve Ti'yi kapsar; Üçüncü grup Cu ve Mo'yu içermektedir. Goldschmidt'in jeokimyasal sınıflamasına göre, Cr, Mg ve Fe siderofil grubuydu; Mo, Cu, Hg, Cd, Pb ve Zn, kalkopofil grubudur; ve, K, Na ve Al litofil grubudur. Kangiyofil grubuna (Cu, Pb, Cd, Hg, As ve F) ve siderofil grubuna (Ni, Cr, V, Co, Co) ait 12 element, Kiangsi eyaletinin toprak zemininin araştırılmasında (He vd., 2001) Zn & Mn).

3. MATARYELLER VE METHODLAR

3.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgi

Bitki örnekleri, 1968 yılında inşa edilen Libyan Tarımsal Yeşil Plato projesinin çiftliğinden toplandı. Alanı, 15 hektara bölünmüş 1000 hektara kadar ulaşmıştır ve her bir yer yaklaşık 66,60 metreye sahiptir. Çalışma çiftlik 2'de gerçekleştirildi. Siteler arasındaki alanlar, hayvan yemi için kullanılan yulaflarla (*Avena sativa*) ekildi. Bu tarlalar, arıtma istasyonlarındaki işlemlerden sonra kanalizasyon suyu ile sulandı..Kuzey Libya haritası Harita 3.1. 'de gösterilmektedir.



Harita 3.1. Kuzey Libya haritası

Bu alanlar $30^{\circ}38'$ ve $32^{\circ}26'$ kesitleri arasındadır (Harita 3.1). Alanlar 398 metre kadar denizin üstünde yükseldi ve yüksek doğurganlığı nedeniyle ilan etti ve Roma yüzyılından zeytin ağacının ekimi ile karakterize edildi. Aynı zamanda üretim faaliyetleri ile de karakterizedir. Bu alan ayrıca tuğlalardan, kaya mübadelecileri ve

binaların ve çimento endüstrisinin ihtiyaçları ile ünlüdür. Yıllardan beri, bu alanda bulunan süt ürünleri ve süt endüstrileri çiftlikleri iyi bilinmektedir.

3.2. Çalışma alanlarının tanımı

Bu site Libya - Tripoli'de (Harita 3.1) bulunur ve çiftlik hayvan yemi yulaf (*Avena sativa*) ile yetiştirilmektedir (Fotoğraf 3.1). Bu çiftlik, atıksu arıtımının bir parçası olarak kanalizasyon atığı ile sulandırılmıştır. Bu arazideki (yulaf) üretimi, hayvan besleme için kullanılır. Bu nedenle, kirleticiler, besin zinciri boyunca insanlara ve diğer hayvanlara bazı toksik maddeler iletebilir. Numuneler, yeni bölgelerdeki yeşilliklerle yetiştirilen yulaf ve sudan (Fotoğraf 3.2) toplanmış ve kimyasal analiz için laboratuara taşınmıştır.



Fotoğraf 3.1. Çalışma alanında yetiştiren Yulaf (*Avena sativa*) bitkileri



Fotoğraf 3.2. Örnekler, gelişen topraklardan ve ekilen yulaf ve sudan toplanan örnekler

3.3. Toprak, Bitki ve Kanalizasyon Örneklemesi

3.3.1. Toprak Örneklemesi

Zemin numuneleri farklı alanlardan 0 - 30 cm arasında değişen derinliklerde çalışma alanından 6 toplama noktasından toplanmıştır. Toplam numune sayısı iç ve dış toprak numuneleri dahil 24 numuneydi. Her toprak numunesi 1 Kg ağırlığında ve sıkıca kapatılmış plastik poşetlere konuldu ve belirli bir sayı verildi ve analiz için laboratuara gönderildi.

3.3.2. Bitki Örneklemesi

Bitki örneği, drenaj kanalizasyon atığı ile sulandırılmış olan Libyan Tarımsal Yeşil Plato projesinin (Harita 3.1) çiftliğinden toplandı. Yaygın olarak hayvan yemi rotasyon olarak kullanılan bitki ve tohumlar da belirlenen yerlerden toplanmıştır.

Yulaf Zn, Mn, Cu, Pb, Fe ve Cd gibi ağır metalleri emme kabiliyeti ile bilinir. Numuneler, proje alanındaki 6 farklı yerdeki Yulaflardan toplanmış ve bir kontrol de dahil olmak üzere toplam 21 numune alınmış ve buna göre numaralandırılmıştır.

Örnekler, bitkinin yüzeyinde bulunan ağır metallerin çökmesini gidermek ve plastik poşetlere koymak için dikkatle damıtıldı suyla birçok kez yıkandı. Numuneler daha sonra analiz için laboratuara alındı.

3.3.3. Sulama Suyu Örneklemesi

Sulama suyu örnekleri, arıtma istasyonundan gelen çökel havuzlarındaki drenaj suyundan alınmıştır. Çökeltme havuzlarından iki numune toplandı, bir numune muamele sonrası, bir numunenin muamele edilmesinden önce kontrol olarak kullanıldı. Her örnek, belirli sayıdaki plastik şişelere kondu ve analiz için laboratuara gönderildi.

3.4. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi

3.4.1. Toprak Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada, saklanan numuneler kullanılmıştır. Toprak numuneleri nemden boşaltılmak üzere (100 - 105 °C) elektrikli hunide aerobik olarak kurutulmuştur. Kurutmadan sonra alınan numuneler, yerel olarak üretilen ve metal ile mükemmel bir şekilde galvanize edilmiş ahşap harçla öğütüldü. Zemin örnekleri, (ASTM) karakterlerine göre yaklaşık 2 mm çapında açılan giriş ile dikildi. Numuneler, Zn, Mn, Cu, Pb, Fe, Cd ve aşağıdaki basamaklara göre, (EPA, 1996) metnine göre muamele edilen numuneler içeren ağır metallerin tayini için plastik şişelerde korunmuştur: Kurutulmuş toprak numunelerinden iki gram ağırlıklandırılmış ve yaklaşık 200 ml'lik bir kapasiteye sahip şişeye konmuştur. Sıklıkla çalkalanarak, 10 mililitre nitrik asit giderek ilave edildi. Şişe, yaklaşık 15-20 dakika boyunca 15-100°C arasında değişen sıcaklık derecesinde su banyosuna kondu. Kaynama sıcaklığına kadar ısıtıldıktan sonra sık sık sallayarak ve harekete geçirerek 2 saat boyunca 1 ml yoğunlaştırılmış nitrik asit yavaş yavaş ilave edildi. Karışımlar 30 dakika boyunca su banyosuna kondu. Dört mililitre Hidrojen peroksit (H₂O₂, %30) daha sonra sıkça çalkalandı. Karışımlar daha sonra hidrojen peroksit buharlaştırılana kadar yaklaşık 15 dakika boyunca ısıtıldı. Daha sonra, şişenin içeriği soğumaya bırakıldı. Karışımlar daha sonra 100 ml'lik bir şişe içinde Whatmann kağıdı No-4 filtrat vasıtasıyla filtre edildi. Filtre kağıdı ve şişe daha sonra birçok kez damıtılmış su ile yıkandı. Daha sonra hacim kademeli işaretleyicilerden oluştu.

Numuneler daha sonra buzdolabında saklandı ve kimyasal analiz için hazırıldı. Toprağın pH's, aşağıdaki adımlara göre (ASTM, 1998) tarafından belirtilen yöntemi kullanarak topraktaki numunelerde belirlenmiştir: pH metre, (9.2, 6.9, 4.0) ayar çözeltisi kullanılarak kalibre edildi, elektrot pH tespiti için çözeltiye maruz bırakıldı. Yirmi mililitre süzölmüş su bir bardağa alınmış, içerik lixlenmiş ve 15 dakika boyunca bırakılmıştır. Elektrot damıtılmış su ile yıkandı ve çözeltiye daldırıldı ve pH okumaları kaydedildi. Her bir numune için elektrodu yükseltildi ve elektrotun numuneden diğerine ayarını tekrarlandı.

3.4.2. Bitki Örneklerinin Hazırlanması

Toplama işleminden sonra yulaf numuneleri alınır ve damıtılmış su ile yıkanır. Numuneler kurutulmuş ve 1 saat veya daha fazla bir süre boyunca sıcaklık derecesi 100 - 115 °C arasında değişene kadar fırına aktarılmıştır. Numuneler, yerel olarak üretilen ahşap harçla öğütülmüştür. Daha sonra numuneler, toprak yulafının kül haline getirilmesi için 4 saat boyunca 450-500 °C arasında değişen sıcaklık derecesinde elektrikli harç kullanılarak yakıldı. Numuneler kurutuldu ve hafif toz haline gelene ve ağır metaller olana kadar ikinci kez öğütüldü. Zn-Mn, Cu, Pb, Fe, Cd, tip (AL-PHA-4) 'dan Atomik absorpsiyon (Spektrofotometre) kullanılarak belirlendi.

3.4.3. Sulama Suyu Örneklerinin Hazırlanması

Su örnekleri, 10 ml nitrik asit ve 10 ml HCl ilave edilerek bağımsız bir şekilde sindirildi. Numune laboratuvarında 4-6 saat soğutuldu ve fosforik asit eklendi. Numuneler daha sonra 3 ml hacme ulaşana kadar buharlaştırıldı ve damıtılmış su ilavesi ile daha da soğutuldu ve süzüldü ve damıtılmış su ile cam toplama kabında 100 ml kapasitesinde seyreltilti. Ağır metaller, tipten (AL-PHA-4) Atomik absorpsiyon (Spektrofotometre) kullanılarak belirlendi.

3.5. Laboratuvarında Toprak, Su ve Bitki Numunelerini Analiz Etmek İçin

Kullanılan Ekipmanlar

Toprak, su ve yulaf bitkilerinden toplanan örnekleri analiz etmek için aşağıdaki ekipmanlar kullanıldı:

- 1) AL-PHA-4 türünün spektrofotometresi ve diğeri ise PHELPSPU-490 tipi.
- 2) 2004 tip su distilatörü (CG.F.L).
- 3) Elektrikli çalkalayıcı, Edmund Buhler tipi.
- 4) pH Ölçer, W.T.W.

- 5) pH Metre türü (CG820).
- 6) Spektrofotometre CG820 tipi.
- 7) Yerel olarak üretilen Galvanizli ahşap harç.
- 8) ASTM'nin karakterlerine göre 2 ml'lik çapını açarak giriş.
- 9) Sensitive dengesi 0.001 ve diğeri SARTRIUS tipinden 0.00001 ile okundu.
- 10) 250 - 200 ml kapasiteli cam bardaklar.
- 11) 50, 100, 250 ve 1000 ml kapasiteli cam vials.
- 12) Filtre kağıdı türü WHATMAN NO 42.
- 13) Büyük ve küçük filtre hunileri.
- 14) Buchnar hunileri.
- 15) İçindeki elektrikli su banyosu, tromstat ile G.F.L.
- 16) Cam kapasitesi 2.5 ve 10.25 ml faze.

3.6. İstatistiksel Analiz

Minimum değer, maksimum değer, ortalama değer, ortalama standart sapma standard sapması belirlemek ve ağır metal konsantrasyonları (Zn, Cu, Cu) için Pearson korelasyonlarını uygulamak için Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket (SPSS) (Windows 2008 için Sürüm 19.00) Mn, Pb, Fe, Cd) artıp korelasyonların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için örnek arsaların toprak ve bitkileri. P <0.05 değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Toprak Özellikleri

Toprak veya suyun genel özelliklerini, fitoremediasyon ve tedaviyi incelemekten önce incelemek önemli bir husustur (Tablo. 1.1). 0-30 cm'lik toprak derinliğinde farklı sahalardan toplanan toprak genellikle 7.68'lik bir pH'a sahipti. Elektriksel iletkenlik 0.788 mmhos / cm civarındaydı. Topraktaki kalsiyum karbonat konsantrasyonunun %2.40 olduğu gözlenmiştir. Toplam kum %86 idi. Toprağın geri kalan kısmı sırasıyla %8 ve %6 civarında toz ve kil idi. Bu nedenle, çalışma alanlarının toprak tektürü genel olarak kumlu olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Çalışma alanının bazı toprak özellikleri

Toprak özellikleri (Kontrol planı)	pH	EC mmhos/cm	CaCO ₃ %	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Tipi
Toprak derinliği (0-30cm)	7,68	0,788	2,40	86	8	6	Kumlu

4.2. Toprak Örnekleri

Altı istasyon yerinden toplanan toprak numunelerindeki ağır metal konsantrasyonu Tablo 4.2 de verilmektedir. Toprak numunelerindeki ağır metaller, örnek arsalarında kontrol arsasından çok daha yüksektir. Toprakta Zn konsantrasyonu, 6 örneklem parseli arasında benzerdi, ancak kontrol parseline göre daha yüksek değerlerdi. Cu konsantrasyonu örnek parseller 2 ve 5'te en yüksek seviyededir. Örnek arsa 3 en yüksek Mn konsantrasyonuna sahipken, örnek arsa 2 ve 3 en yüksek Pb konsantrasyonuna sahiptir. Örnek arsa 2 de en yüksek Cd konsantrasyonuna sahiptir. Bununla birlikte, Fe yoğunluğu, örnek arsa 4 ve 5 'te en yüksek seviyede idi.

Tablo 4.2. *Betimleyici Topraktaki ağır metal konsantrasyonlarının istatistikleri*

(n=3).		Zn	Cu	Mn	Pb	Fe	Cd
Konum 1	Minimum	0,03	0,016	0,055	0,02	0,049	0,06
	Maksimum	0,042	0,02	0,061	0,025	0,055	0,065
	Ortalama	0,037	0,018	0,058	0,023	0,052	0,062
	Std. Sapma	0,0062	0,002	0,003	0,0026	0,003	0,0026
Konum 2	Minimum	0,04	0,039	0,065	0,099	0,09	0,019
	Maksimum	0,045	0,042	0,068	0,1	0,011	0,022
	Ortalama	0,041	0,041	0,066	0,099	0,01	0,021
	Std. Sapma	0,0028	0,017	0,0015	0,00057	0,0011	0,0017
Konum 3	Minimum	0,039	0,022	0,099	0,068	0,04	0,08
	Maksimum	0,042	0,025	0,109	0,099	0,045	0,6
	Ortalama	0,04	0,023	0,105	0,087	0,043	0,253
	Std. Sapma	0,0015	0,0015	0,005	0,016	0,002	0,30
Konum 4	Minimum	0,044	0,023	0,083	0,06	0,073	0,043
	Maksimum	0,049	0,025	0,093	0,066	0,075	0,054
	Ortalama	0,046	0,024	0,088	0,062	0,074	0,046
	Std. Sapma	0,0026	0,0011	0,005	0,0032	0,0011	0,0063
Konum 5	Minimum	0,008	0,039	0,065	0,042	0,076	0,033
	Maksimum	0,043	0,043	0,066	0,044	0,084	0,038
	Ortalama	0,021	0,04	0,065	0,043	0,080	0,035
	Std. Sapma	0,019	0,002	0,0005	0,0011	0,0041	0,0025
Kontrol	Minimum	0,008	0,001	0,001	0,014	0,007	0,007
	Maksimum	0,012	0,020	0,003	0,015	0,011	0,01
	Ortalama	0,01	0,007	0,002	0,014	0,009	0,009
	Std. Sapma	0,002	0,010	0,001	0,005	0,002	0,0017

4.3. Bitki Örnekleri

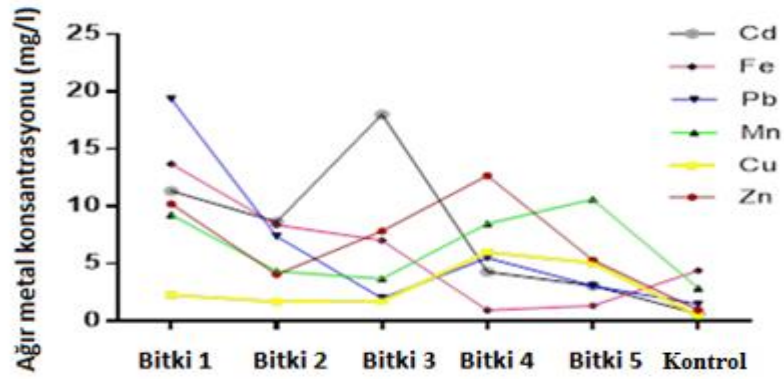
Altı istasyon sahasından toplanan bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonu Tablo 4.3.de verilmiştir ve Grafik 4 A-G’de gösterilmiştir. Toprak numunelerinde ve bitki

örneklerinde ağır metallerin konsantrasyonunun kompaksiyonu da Grafik 4 A-G 'te gösterilmektedir.

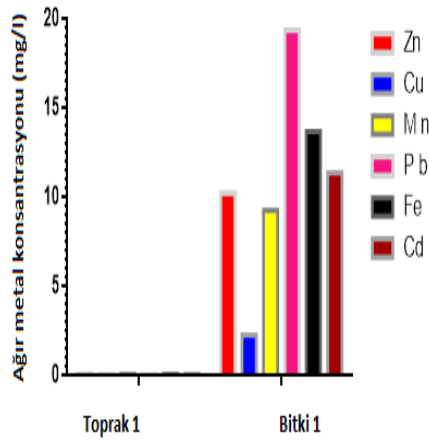
Kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, yulaf türlerine ait tüm örneklem parselleri önemli ölçüde daha ağır metallerle sahiptir. Örneklem parselleri arasında, örneklem parselleri 4 üzerine döşenen yulaf türleri en yüksek Zn ve Cu konsantrasyonlarını gösterdi (Tablo 4.3). Pb, Fe ve Cd konsantrasyonları, ancak örneklem 1'deki yulaf türlerinde en yüksek seviyededir. Mn konsantrasyonu, örneklem parselleri 1 ve ayrıca örnek parsel 5'de en yüksek seviyededir.

Tablo 4.3. *Bitkilerde ağır metal konsantrasyonunun istatistikleri*

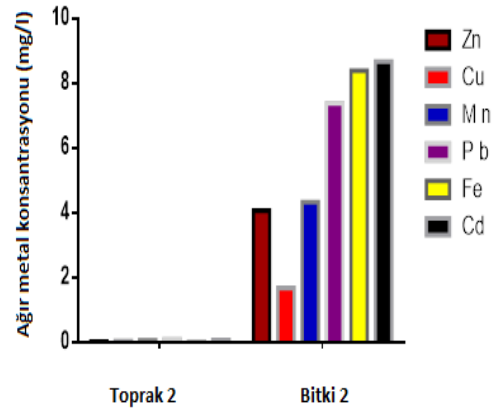
(n=3).		Zn	Cu	Mn	Pb	Fe	Cd
Bitki 1	Minimum	7,053	2,007	9,24	19,03	12,09	9,99
	Maksimum	13,6	2,5	9,26	19,55	14,51	12,04
	Ortalama	10,22	2,28	9,25	19,36	13,7	11,35
	Std. Sapma	3,27	0,25	0,008	0,287	1,39	1,18
Bitki 2	Minimum	0,1	1,01	4,004	7,3	8,09	8,66
	Maksimum	9,022	3	5,01	7,51	8,99	8,66
	Ortalama	4,07	1,69	4,34	7,38	8,39	8,66
	Std. Sapma	4,54	1,13	0,57	0,111	0,521	0,0032
Bitki 3	Minimum	6,06	1,5	3,2	2	7,012	18,01
	Maksimum	9,5	1,9	4,6	2,01	7,03	18,01
	Ortalama	7,85	1,77	3,70	2	7,02	18,01
	Std. Sapma	1,72	0,233	0,78	0,0069	0,0105	0,002
Bitki 4	Minimum	12,03	4,01	8,002	5,5	0,88	4,29
	Maksimum	14	7	9,44	5,5	0,996	4,33
	Ortalama	12,68	6	8,48	5,5	0,95	4,3
	Std. Sapma	1,13	1,72	0,82	0,0049	0,061	0,017
Bitki 5	Minimum	2,95	5,02	9,79	3	1	3,09
	Maksimum	8,01	5,13	12,08	3,10	2	3,10
	Ortalama	5,33	5,07	10,62	3,06	1,34	3,09
	Std. Sapma	2,54	0,057	1,26	0,052	0,57	0,004
Kontrol	Minimum	0,023	0,3	2,655	1,49	4,09	0,11
	Maksimum	1,9	0,8	3,01	1,5	5	0,901
	Ortalama	0,999	0,46	2,88	1,49	4,40	0,637
	Std. Sapma	0,94	0,288	0,202	0,0064	0,52	0,45



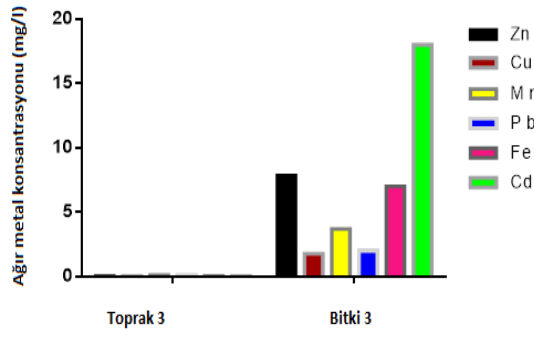
Grafik 4.1.A. Bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonu



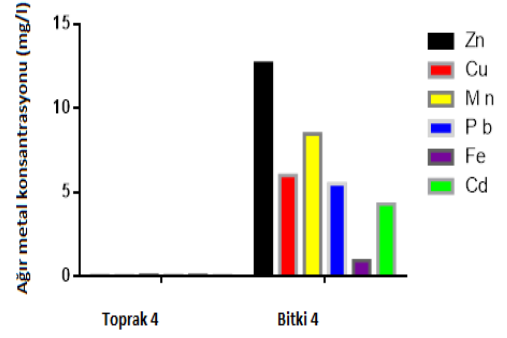
Grafik4.1.B) Aynı örnekleme alanında toprak 1 ve bitki 1'deki ağır metallerin karşılaştırılması



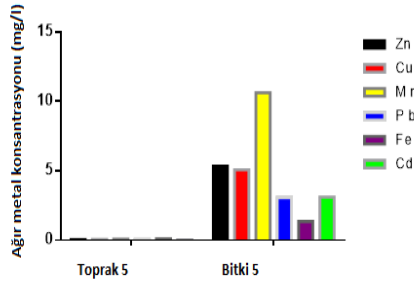
Grafik4.1.C) Aynı örnekleme alanında toprak 2 ve bitki 2'deki ağır metallerin aynı puanda örnekleme



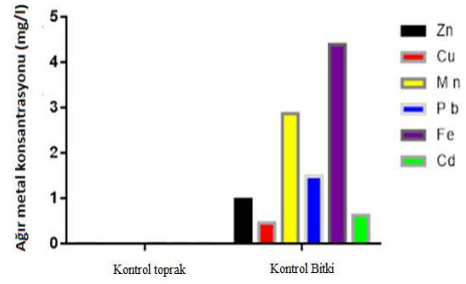
Grafik.4.1.D) Bitki 3 ve toprak 3'teki ağır metallerin konsantrasyonu aynı noktada örneklenmesiyle karşılaştırılması



Grafik.4.1. E) Bitki 4 ve toprak 4'teki ağır metallerin aynı noktada örneklenmesinde konsantrasyonun karşılaştırılması



Grafik4.1.F) Bitki 5 ve topraktaki 5 ağır metal konsantrasyonunun aynı noktalarda örneklenmesiyle karşılaştırılması



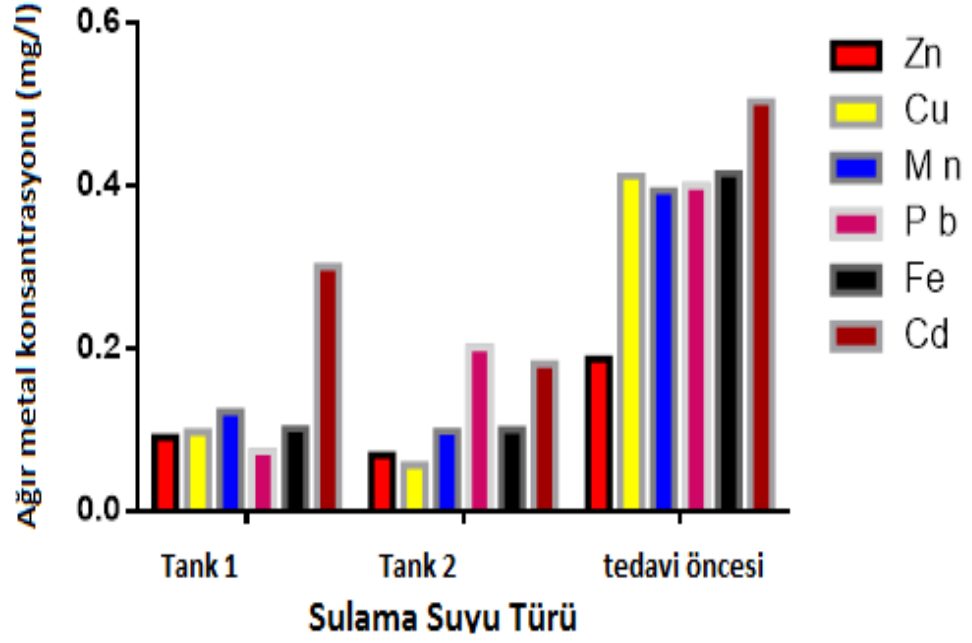
Grafik4.1.G) Bitki 6 ve toprak 6'daki ağır metallerin aynı noktada örneklemeye konsantrasyonunun karşılaştırılması

4.4. Bitkisel Islahdan Önce ve Sonra Sulama Suyu Örnekleri

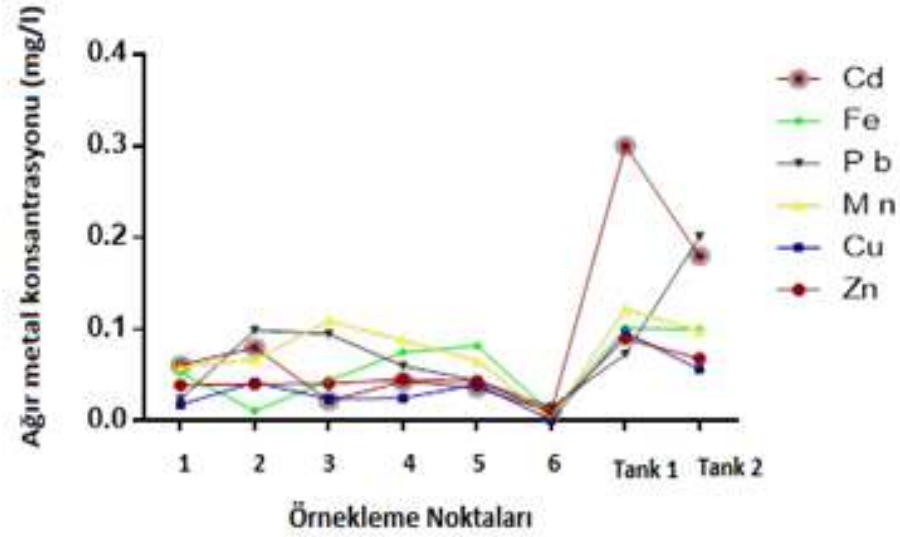
İstasyon sahasından toplanan sulama suyu numunelerindeki ağır metal konsantrasyonu Tablo 4.4.de verilmiştir ve Grafik 5 H-I’de gösterilmiştir. Toprak numunelerinde ve sulama suyu numunelerindeki ağır metal konsantrasyonunun karşılaştırılması da Grafik 5 H-I’ de gösterilmektedir. İyileştirmeden önce, sulama suyu tankındaki ağır metaller iyileştirme sonrası sulama suyu tanklarına göre daha yüksek Zn, Cu, Mn, Pb, Fe ve Cd konsantrasyonlarına sahipti. Yulaf ekimiyle birlikte kanalizasyon deposunda 1, sırasıyla Zn, Cu, Mn, Pb, Fe ve Cd sırasıyla% 52, 76, 69, 82, 76 ve 40 oranında azaltılmıştır. Deney tankında 2 metal konsantrasyonu test edildiğinde Zn, Cu, Mn, Pb, Fe ve Cd konsantrasyonlarının yulaf bitkileri tarafından yapılan muameleden sonra sırasıyla 63, 86, 75, 50, 78 ve 64 oranında azaldığı bulundu. (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Ağır metal konsantrasyon istatistikleri, sulama suyu için tedavi öncesi ve sonrası

(n=3).		Zn	Cu	Mn	Pb	Fe	Cd
Tank 1, bitkisel ıslahdan sonra	Minimum	0,09	0,097	0,099	0,073	0,089	0,61
	Maksimum	0,093	0,097	0,122	0,077	0,101	0,066
	Ortalama	0,091	0,097	0,11	0,074	0,097	0,062
	Std. Sapma	0,0017	0,0000	0,012	0,0023	0,0069	0,0028
Tank 2, bitkisel ıslahdan sonra	Minimum	0,06	0,098	0,089	0,0201	0,099	0,155
	Maksimum	0,068	0,098	0,098	0,098	0,1	0,18
	Ortalama	0,065	0,098	0,094	0,046	0,099	0,171
	Std. Sapma	0,004	0,0000	0,004	0,044	0,0005	0,0144
bitkisel ıslahdan önce	Minimum	0,099	0,4120	0,39	0,4	0,041	0,5
	Maksimum	0,2	0,412	0,397	0,42	0,416	0,522
	Ortalama	0,162	0,412	0,393	0,407	0,290	0,508
	Std. Sapma	0,054	0,0000	0,003	0,011	0,215	0,011



Grafik 4.2.A. Sulama suyu için ağır metal konsantrasyonunun tedavi öncesinde ve sonrasında karşılaştırılması



Grafik 4.2.B.) Toprakta ağır metal konsantrasyonunun ve sulama suyu kaynağının karşılaştırılması

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, ağır metal konsantrasyonunun izlenmesi ve Libya'nın Tripoli kentinde bulunan atık sahasında kirletilen toprağın diğer toprak parametrelerinin test edilmesini amaçlıyordu. Topraklarda, kirletilmemiş doğu topraklarına kıyasla çok yüksek Zn, Cu, Mn, Pb, Fe ve Cd metal konsantrasyonları bulunduğu tespit edildi. Site genellikle yemlik yulaf bitkileri (*Avena sativa*) ekilerek geliştirildi. Mevcut çalışmada, sahadaki bitkilerde, kirli olmayan bölgeden alınan bitki örtüsü ile karşılaştırıldığında daha ağır metal iyonu konsantrasyonları bulunduğu gözlenmiştir. Ispanak, mısır, çavdar, Hint hardal, ayçiçeği ve tütün gibi yenilebilir bitki çeşitlerinin, kurşunun sudan uzaklaştırılma potansiyeli olduğu gösterildi. Ayçiçeği, kurşun için en yüksek uzaklaştırma potansiyeline sahiptir ve hardal, 4 mg / L -500 mg / L kurşun konsantrasyonu ile test edilen üstün birikim katsayısına sahiptir (Raskin & Ensley, 2000). Avantajlı bölümden bahsetmek gerekirse, hem yeryüzündeki hem de yerinde uygulamalar için rizofiltrasyon için hem suda yaşayan hem de karasal bitkiler etkili bir şekilde araştırılabilir. Daha da önemlisi, yer değiştirme daha sonra bitki sürgünlerine yapılır. *Betula pendula*, *Brachiaria ramosa* (Lakshmi vd., 2013), *Thlaspi caerulescens* (Jiang vd., 2010), *Festuca rubra* (Gray vd. 2006) ve *Arabidopsis halleri* (McGrath & Zhao, 2003) Zn ile diğer bitki türlerinden çok daha yüksektir. Yapraklarda yüksek Zn içeriği biriktiren aynı özellikler, altı analiz edilen huş ağacı türünde bulundu (Dmuchowski vd., 2012). Ayçiçeği ile vermicomposting ile birlikte yapılan bitki ıslahı, kirli topraklardan Cu ve diğer birçok ağır metalin uzaklaştırılmasının etkili bir şekilde yapıldığı kanıtlanmıştır (Jadia & Fulekar 2008). Ayçiçeği, *Macadamia nörofil*, Pasifik Sivrisinek Eğreltiotu, *Gossia bidwillii*, *Phytolacca acinosa Roxb*, *Stanleya Pinnata*'nın doğal olarak yüksek Mn metal seviyesine sahip bir bölgede manganez detoksifikasyonuna özel olarak uygulanması önerilmiştir. *S. cathayana*, *L. dealbatus*, *L. plyneura*, *F. dura*, *A. yunnanensis* ve *R. annae* bitkilerinde Pb birikiminde çok etkili olduğu bulunmuştur (Yanqun vd., 2004). Pirinç çeşidi ve *Salvinia molesta*'nın Fe'yi topraklardan uzaklaştırdığı bulunmuştur (Preetha & Kaladevi, 2014). Bitkilerdeki çok yönlü bitki sağlığı etkinlikleri, topraktan ağır metallerin çıkarılmasının yanı sıra suyun tedavi potansiyelini ortaya çıkarmasıyla

kanıtlamaktadır. Fiyoakümülyasyon kaldırma ve temizleme arkasındaki kilit mekanizmasıydı.

Doğal ortamda en az 45 bitki ailesi hiperakümülatör olarak tanımlanmıştır; Bazı aileler Brassicaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Lamiaceae ve Scrophulariaceae'dir (Salt vd., 1998; Dushenkov, 2003). Çoğunlukla alpin pennycress olarak bilinen *Thlaspi caerulescens*, 26.000 mg kg⁻¹'e kadar Zn biriktirdiği için en iyi bilinen hiperakümülatörlerdir; ve Cd, herhangi bir yaralanma olmaksızın kontamine olmuş bölgeden değiştirilebilen toprağın %22'sine kadar bulunabilir (Kochian, 1996; Brown vd., 19995; Gerard vd., 2000). Hint hardalı (*Brassica juncea*), köklerden filiz soyma katsayısı 1.7 olan filizlere kurşun taşıma kabiliyeti sergilemiştir. Bitki özütleme katsayısı, bitkinin yüzey biyokütlesi içinde bulunan metal konsantrasyonunun topraktaki metal konsantrasyonuna oranıdır. Brassica Juncea'nın, kurşun tolerans potansiyeli 500 mg / l'ye kadar olan dönüm başına 11550 kg kurşun çıkarma kapasitesine sahip olduğu bildirildi (Henry, 2000). Dünya geneline bakıldığında Ni (320 bitki türü), Co (30 bitki türü), Cu (34 bitki türü), Se (20 bitki türü), Pb (14 bitki türü) ve Cd gibi ağır metallerin (Tek bitki türleri) 1000 mg Kg-1'den fazla bitki türü tarafından biriktirilmiştir. Hiperakümülyasyona karışan türler Reeves ve Baker (2002) tarafından kısa bir süre önce listelenmiştir; bu türlerin önemli bir kısmı Kongo ve Zaire'den gelmektedir. Zn (11 sps.)ve Mn (10 sps.) İçin 10,000 mg kg-1'i aşan konsantrasyon kaydedildi. Bu elementler için hiperakümülyasyon eşik seviyeleri, bitkilerdeki normal aralığı 20 ila 500 mg kg⁻¹, diğer ağır metaller için daha yüksek olduğu için daha yüksek olarak belirlenmiştir. Yüzen *Eichhornia crassipes* (su sümbülü), *Lemna minor* (duckweed) ve *Azolla pinnata* (su kadife), *Azolla filliculoides*, *Typha orientalis* ve *Salvinia molesta* gibi su bitkileri, rizofiltrasyon, fitogradasyon ve fito-ekstraksiyonda kullanımı için araştırılmıştır (Salt vd., 1997).

Farago ve Parsons, *Eichhornia crassipes*'i kullanarak platin biyoemovalini bildirdiler. Jin-Hong vd. daha hızlı gelişmesi ve yüksek bitki yoğunluğu nedeniyle ağır metal fitorlemesinde *Polygonum hidropiperoides* Michx'in (smartweed) en iyi olduğunu bildirildiler (Qian vd., 1999). Son yıllarda, ıspanaklarda *Pteris vitatta*'nın toksisitesi olmadan 14.500 mg kg-1'e kadar arsenik biriktiği gösterilmiştir (Ma vd., 2001).

Ağır metal bitki hücresi içerisinde fitokhelatinler (PC'ler) ve metalotiyoininler (MT) olarak bilinen oligopeptid ligandlarının üretimini tetikleyebilir (Cobbett, 2000). Bu peptitler, ağır metal ile kararlı kompleksi bağlar ve oluşturur ve toksisitesini etkisiz hale getirir (Grill vd., 1987). Fitoshelatin (PC'ler), yapısal bloklar olarak glutatyon ile sentezlenir; bu şekilde, Gly- (γ -Glu-Cys-) n yapısına sahip bir peptid oluşur; {Burada, n = 2-11}. Ağır metallere maruz kalmış yüzlerce bitki türü içerisinde fitokallaştırıcı ligandların ortaya çıktığı bildirilmiştir (Rauser, 1999). Metallothioneinler (MT), küçük gen kodlu, Cys bakımından zengin polipeptitlerdir. PC'ler işlevsel olarak MT'lere eşdeğerdir (Grill vd., 1987). Ağır metal alımında hayati rol oynayan kenetleme maddeleri ve bunların detoksifikasyonu bitkilerden izole edilmiştir. Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) gibi kenetleme maddeleri topraktaki kurşun biyoyararlanımını artıran ve daha büyük bir birikime yol açan Pb kontamine topraklara uygulanır (Huang vd., 1997). Pb konsantrasyonu 2500 mg kg⁻¹ olan, kurşunla kirlenmiş toprakta şelat ilavesi, Zea mays (mısır) ve Pisum sativum'un (kurutulmuş) kurşun konsantrasyonunu 500 ila 10,000 mg kg⁻¹'den daha düşük bir oranda artırdı. EDTA'nın toprağa ilave edilmesi buna yardımcı oldu, benzer şekilde sitrik asit uranyum birikimini artırdı da gözlemlendi. Zehirli metallerin birikimi, medyaya şelat ilavesi yapıldıktan sonra etkili olduğu kanıtlanmıştır; Köklerden sürgüne artan kurşun hareketi kaydedildi. Test edilen tüm kenetleme maddeleri arasında, Pb emiliminin arttırılmasında etkinliğin, EDTA > Hidroksietilen-diaminetriasetik asit > Dietilentriaminpentaasetik asit > Etilendiamin idi (o-hidroksifenilasetik asit) (Huang vd. 1997). Vassil vd (1998), kurşunla kirlenmiş toprakta dikilmiş Brassica juncea'nın, suda çözünür çözeltide EDTA ile takviye edildiğinin, sürgünlerde 55 mM kg⁻¹ Pb'ye kadar biriktiği tespit edilmiştir (% 1.1 [w / w]). Bu, ateş dokularındaki birikimde 75 kat artışa eşitti. Kapı kanadı, sürgün sisteminde hem Pb hem de EDTA'nın hiperakümüülasyonunu uyarmak için 0,25 mM EDTA'nın kullanılması esastır.

Daha yüksek biyokütle üretimi ile prospektif olan daha iyi bitkisel besleme yaptırmak için yetiştirme tesisleri, bitki iyileştirme sürecini iyileştirmek için çekici bir alternatif olabilir. Genellikle, bitki verimliliği birçok gen tarafından yasaklanmış ve tek bir gen girişi ile güçlendirilmesi zor. Daha yetkin koruyucu geni diğer bitkilere yerleştirmek için genetik mühendislik araçları birçok işçi tarafından

savundu (Cunningham vd., 1996; Brown vd., 1995, Chaney vd., 2000). Üstün akümülatör genleri hedef bitkilere gömülür. (Zhu vd., 1999). Fitoshelatin üretimi ve glutasyon varlığı için hız sınırlayıcı özelliği araştırmak için genetik olarak tasarlanmış Brassica Juncea; Escherichia coli-gshl geni tanıtıldı. y-ECS transjenik bitkileri, vahşi türe ait türlere kıyasla, kadmiyuma karşı arttırılmış bir fitoksilazin γ -GluCys, glutasyon ve proteinsiz tiyol konsantrasyonlarıyla arttırılmış bir tolerans gösterdi. Genetik mühendisliğin başarısı, anatomik kısıtlamalar ve diğer histolojik sınırlar nedeniyle yetersiz olabilir (Ow, 1996). Organik asitler ve Glutasyon metabolizması bitkilerin metal toleransında büyük rol oynamaktadır (Arisi vd., 1997; Huang vd., 1998; Schäfer vd., 1998; Zhu vd., 1999; Arisi vd., 2000; Ma vd., 2001). Her yerde bulunan hücre bileşeni olan Glutathione, bakterilerde hayvanlara ve bitkilere bulunur. Bitkilerde, ana düşük molekül ağırlıklı tiyol bileşiğidir.(Brooks vd., 1998). Glutasyon sentezine enzim glutamil sistein sentetaz (EC 6.3.2.2) ve glutasyon sentetaz (EC 6.3.2.3) aracılıdır. Glutasyon metabolizması da doğrudan bitkilerdeki sistein ve kükürt metabolizması ile ilgilidir. Ağır metal iyonları, düşük molekülü tiol peptidlerin fitokhelatinlerin (PC'ler) sentezinden sorumludur ve sıklıkla glutasyonlu bitkilerde sınıf III metalotiyoinleri olarak adlandırılırlar (Mejare & Bulow, 2001; Prasad & Strzalka, 2002). Fitokhelatin sentaz (PCS), sitozolik, yapıcı bir enzimdir ve Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Ag^{1+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} ve Au^{2+} gibi metal iyonları tarafından aktive edilir. PC'ler böylece sentezlenmiş ağır metaller ve form kompleksleri çelatlardı ve bu kompleksler, tonoplast yoluyla vakuole ATP'ye bağımlı bir şekilde sitozol yoluyla taşınır. Zehirli metaller böylece sitosoldan uzaklaşır. S-2 ile bazı yüksek molekül ağırlıklı kompleksler (HMW) da vakuollerdeki bu daha hafif komplekslerden oluşturulabilir (Clemens vd., 1999, Clemens, 2001).

Glutasyon sentez enzimleri ve PCS genlerinin değiştirilmiş genleri ile transjenik bitkiler üretimi: α -GCS ve GS ve kükürt metabolizmasına bağlı enzimler, örneğin serin asetil transferaz, daha iyi bir başarıya ulaşmak için odaklanmalıdır (Liang vd., 1999; Pilon-Smits vd., 1999). Ağır metal stresi altındaki bitkiler genellikle reaktif oksijen türleri ve serbest radikalleri üretirler ve toksik metallere saygı göstermeden önce oksidatif stresinden kurtulmak zorundadırlar Glutasyon, dithiol (GSSG) üretimi ve PC sentezi için kullanılır. Askorbat glutasyon yolu, oksidatif strese karşı bitki savunmasında yer alır. Metal kabulünde organik asitler önemli bir rol oynamaktadır

(Ma vd., 2001a) metaller ile kompleksler oluşturarak. Bu nedenle, rizosferdeki ve rizosferik süreçlerdeki organik asitlerle yapılan şelasyon, bitki sağlığı için araştırmanın çok önemli bir parçasıdır. Bu metabolik yollar, ağır metal toleransı için fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler temelin altını çizmektedir (Prasad & Strzalka, 2002). Bu nedenle, genetiği değiştirilmiş bitkiler, bitkisel beslenme amaçları için kullanılabilir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ağır metaller ve toksisitelerinin ciddi çevresel tehlikelere neden olduğu bilinmektedir. Ağır metaller doğal olarak antropojenik faaliyetler vasıtasıyla çevresel lavaboya salınırlar. Besin zincirlerinde ağır metallerin girmesi, beyin, kalp, karaciğer gibi önemli organların zarar görmesi gibi insan hastalıklarına neden olabilir. Toprağın, suyun ve hava kirliliğinin orta derecede zehirlenmesi, Arsenik, Kadmiyum (Cd) Cıva (Hg) Kurşun (Pb) (Zn) ve Selenyum (Se), Nikel (Ni), Bakır (Cu) vb. de iyi belgelenmiştir. Bu çalışmada, *Avena sativa* bitkileri, kuzey Libya'daki kanalizasyonu imha alanı araştırılıyor. Bu bitkilerin dokularında büyük miktarlarda ağır metal içerdiği tespit edilmiştir. Bu alanlarda yetiştirilen bitkiler ve tohumlar sığır yemi olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, metal içerikleri bilmek, onların izlenmesi zorunlu hale gelir. Ayrıca, bu alanların toprak parametreleri de kontrol edilmiştir. Toprağın ağır metallerle aşırı derecede kirlendiği gözlemlendi. Bertaraf alanındaki yulaf bitkileri de metalleri özümseme ve biriktirme yeteneğine sahipti. Yulaf bitkilerinin fitoremedasyon potansiyeline bakıldığında, bunlar ağır metallerin kirli sudan uzaklaştırılması için daha fazla kullanıldı. Mikroorganizmalarla biyolojik giderme ve fizikokimyasal yaklaşımlar genellikle metalleri topraktan ve sudan çıkarmak için uygun değildir. Bunun yerine, bitki ıslahı, yerinde iyileştirme için pratik bir tedavi modu görünür. Tanklarda test edildiğinde, yulaf bitkilerinin ağır metalleri atık sudan önemli seviyelere kadar çıkardığı bulundu. Kontrol koşulları altında yapılan bu deneyler, ağır metal içeren atık suyun arıtılması için yulafın fitoremediasyon potansiyelinin altını çizdi. Özetle, metal kirli topraklar ve su yulaf bitkileri ile etkili bir şekilde iş görebilir.

Bitki iyileştirme, dünyada hızla gelişmekte olan bir alandır, tarla uygulaması başlatılmış olup, Organik, İnorganik ve Radyonüklidlerin Phytoremediation'ını içermektedir

- Bitkiler sığır yemi olarak kullanıldıklarından ve böylece gıda zincirine girebildiklerinden, metalle kirlenmiş toprakların ve suyun sık izlenmesi gerçekleştirilmelidir.

- Metalin mikrobiyal, amfibiyal, bitkiler ve hayvan toksisiteleri incelenmelidir.
- Metal birikim tesisleri de dokularda metal birikimi seviyeleri açısından izlenmelidir.
- Yulaflara veya diğer plantasyonlara yapılan su deşarjı, eşit dağılım ve metal salımı için doğru şekilde yönetilmelidir.
- Yeraltısuyu metal varlığı ve toksisitesi açısından test edilmelidir.
- Daha geniş ölçekte uygulanması için daha ayrıntılı olarak, bitki özümleme sınırlamaları eleştirel olarak anlaşılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aiken, L., Slane, D., Cimiotti, J., Clarke, S., Flynn, L., Seago, J., Spetz, J. & Smith, H. (2010). Implications of the California Nurse Staffing Mandate for Other States. *Health Service Research*, 45(4), 904–921.
- Aliyu, H. & Adamu, H. (2014). The potential of maize as phytoremediation tool of heavy metals. *Euresian Science Journal*, 10, 30–37.
- Almeida, J., Karhumaa, K., Bengtsson, O., & Gorwa-Grauslund, M. (2009). Screening of *Saccharomyces cerevisiae* strains with respect to anaerobic growth in non-detoxified lignocellulose hydrolysate. *Bioresource Technology*, 100(14), 3674–3677.
- Al-Saleh, I., Al-Enazi, S., & Shinwari, N. (2009). Assessment of lead in cosmetic products. *Regulation in Toxicology and Pharmacology*, 54, 105–113.
- Anderson, T.A., Guthrie, E.A., & Wahan, B.T. (1993). Bioremediation in the rhizosphere. *Environmental Science and Technology*, 27, 2630–2636.
- Arisi, A., Mocquot, B., Lagriffoul, A., Mench, M., Foyer, C.H. & Jouanin, L. Responses to cadmium in leaves of transformed poplars overexpressing g-glutamylcysteine synthetase. *Physiologia Plantarum*, 2000, vol. 109, no. 2, p. 143-149.
- Arisi, A.C.M., Noctor, G., Foyer, C.H. & Jouanin, L. (1997). Modification of thiol contents in poplars (*Populus tremula* x *P. alba*) overexpressing enzymes involved in glutathione synthesis. *Planta*, 203, 362-372.
- Baker A., & Brooks R. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, 1, 81–126.
- Blaylock, M., Salt D., Dushenkov, S., Zakharova, O., Gussman, C., Kapulnik, Y., Ensley B.D., & Raskin I. (1997). Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environmental Science and Technology*, 31, 860–865.
- Bridge, G. (2004). Contested terrain: mining and the environment. *Annual Reviews Environmental Resour.* 29, 205-259.
- Bromilow, R., & Chamberlain, K. (1995). Principles governing uptake and transport of chemicals. In: Trapp, S., McFarlane, J. (Eds.), In Plant

Contamination: Modelling and Simulation of Organic Chemical Processes. Lewis, Boca Raton, pp. 37–68.

Brooks, R., & Robinson, B. (1998). The potential use of hyperaccumulators and other plants for phytomining, in *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals* (Brooks, R.R., ed.), pp. CAB International, 12, 327–356.

Brooks, R.R., Lee, J., Reeves, R.D., & Jaffre, T. (1977). Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. *Journal Geochemical Explorations*, 7, 49–57.

Brown, S.L., Chaney, R.L., Angle J.S. & Baker A.J.M. (1995). Zinc and cadmium uptake by hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solution. *Soil Science Society of America Journal* 59, 125–133.

Brown, S.L., Chaney, R.L., Angle J.S. & Baker A.J.M. (1995). Zinc and cadmium uptake by hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solution. *Soil Science Society of America Journal* 59, 125–133.

Campanella, B., & Paul, R. (2000). Presence, in the rhizosphere and leaf extracts of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) and melon (*Cucumis melo* L.), of molecules capable of increasing the apparent aqueous solubility of hydrophobic pollutants. *International Journal of Phytoremediation*, 2(2), 145–158.

Campanella, B.F., Bock, C., & Schroeder, P. 2002. Phytoremediation to increase the degradation of PCBs and PCDD/Fs: Potential and limitations. *Environmental Science and Pollution Research*, 9, 73–85.

Chandra, R., & Yadav, S. (2011). Phytoremediation of Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, Pb and Zn from aqueous solution using *Phragmites communis*, *Typha angustifolia* and *Cyperus esculentus*. *International Journal of Phytoremediation*, 13, 580–591.

Chaney, R.L., Li, Y.M., Angle, J.S., Baker, A.J.M., Reeves, R.D., Brown, S.L., Homer, F.A., Malik, M. & Chin, M. (2000). In *Phytoremediation of contaminated soil and water*. (ed Terry N. and G. Banelos) – Lewis Publishers, Boca Raton, FL. pp. 129–158

Chaney, R.L., Malik, M., Li, Y.M., Brown, S.L., Brewer, E.P., Angle, J., & Baker, A. (1997). Phytoremediation of soil metals. *Current Opinion Biotechnology*, 8, 279–284.

Chekol, T., Vough, L., & Chaney R. (2004). Phytoremediation of polychlorinated biphenyl-contaminated soils: the rhizosphere effect. *Environment International*, 30, 799–804.

- Chen, H., Zeng, C., Tu, C., & Shen, Z. (2000). Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals. *Chemosphere*, 41, 229-234.
- Chen, X., Xue, F., Zhou, J., & Yao, Y. (2015) Effect of In on microstructure, thermodynamic characteristic and mechanical properties of Sn-Bi based lead-free solder. *Jornal of Alloys and Compounds*, 633, 377–383.
- Choi, Y., Harada, E., Wada, M., Tsuboi, H., Morita, Y., & Kusano, S., (2001). Detoxification of cadmium in tobacco plants: formation and active excretion of crystals containing cadmium and calcium through trichomes. *Planta*, 213, 45–50.
- Clemens, S. (2001). Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. *Planta*, 212, 475-486.
- Clemens, S., Palmgren, M.G. & Krämer, U. (2002). A long way ahead. understanding and engineering plant metal accumulation. *Trends in Plant Science*, 7, 309- 315.
- Cluis, C. (2004). Junk-greedy greens: phytoremediation as a new option for soil decontamination. *BioTeach Journal* 2, 61–67.
- Cobbett, C. & Goldsbrough, P. (2002). Phytochelatins and Metallothioneins: Roles in Heavy Metal Detoxification and Homeostasis. *Annual Review of Plant Biology*, 53(1), 159-82.
- Cobbett, C.S. (2000). Phytochelatins and their role in Heavy Metal Detoxification. *Plant Physiology* 123, 825-832.
- Coleman, J., Blake-Kalff, M., & Davies, E. (1997). Detoxification of xenobiotics by plants: chemical modification and vacuolar compartmentation. *Trends in Plant Science*, 2, 144–151.
- Cook, R., & Hesterberg, D. (2013). Comparison of trees and grasses for rhizoremediation of petroleum hydrocarbons. *International Journal of Phytoremediation*, 15(9), 844-60.
- Cunningham, S., Shann, J., Crowley, D., & Anderson, T. (1997). Phytoremediation of contaminated water and soil. In: Kruger EL, Anderson TA, Coats JR (eds.) Phytoremediation of soil and water contaminants. ACS symposium series 664. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 2-19.
- Cunningham, S.D., & Ow, D.W. (1996). Promises and prospects of phytoremediation. *Plant Physiology* 110, 715-719.

- Dinneny, J., Long T.A., Wang J., Jung J., Mace D., Pointer S., Barron C., Brady S.M., Schiefelbein J., & Benfey P. (2008). Cell identity mediates the response of Arabidopsis roots to abiotic stress. *Science*, 320, 942–945.
- Dmuchowski, W., Gozdowski, D., & Baczewska, A. (2011). Comparison of four bioindication methods for assessing the degree of environmental lead and cadmium pollution. *Journal of Hazardous Materials*, 197, 109-118.
- Dominguez-Solis, J., Lopez-Martin, M., Ager, F., Ynsa, M., Romero, L. & Gotor, C. (2004). Increased cysteine availability is essential for cadmium tolerance and accumulation in Arabidopsis thaliana. *Plant Biotechnology Journal*, 2, 469–476.
- D'Orazio, V., Ghanem, A., & Senesi, N. (2013). Phytoremediation of Pyrene Contaminated Soils by Different Plant Species. *Clean Air Water Soil*, 41, 377–382.
- Duffus, J. (2002). Heavy metals-a meaningless term. *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793–807.
- Duffus, Journal H. (2002). " Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793-807.
- Dushenkov, D. (2003). Trends in phytoremediation of radionuclides. – Plant and Soil. 249, 167-175.
- Ebbs, S., Brady, D., & Kochian, L. (1998). Role of uranium speciation in the uptake and translocation by plants. *Journal of Experimental Botany* 49, 1183-1190.
- Elkassas, H., Sharaf, M., Mousa, A., & Niazy, M. (2003). Phytoremediation of zinc and copper phyto remediation of zinc and copper contaminated soils using different hyper accumulating plants. *Journal Environmental Science*, 7, 1-23.
- Ensley, B. (2000). Rational for use of phytoremediation In: Raskin, I. and Ensley, B. eds. Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean- up the environment. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2000, pp. 3-12.
- arago, M. E. & Parsons, P. J. (1994). The effects of various platinum metal species on the water plant Eichhornia crassipes (MART.) *Chemistry of Specific Bioavailability* 6, 1-12
- Farr, B. (2002). Prevention and control of nosocomial infections. *Business briefing: Global health care issue*. 3, 37-41.
- Fergusson, J. (1990). The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Oxford: Pergamon Press.

- Ficko, S., Rutter, A., & Zeeb, B. (2011). Phytoextraction and Uptake Patterns of Weathered Polychlorinated Biphenyl–Contaminated Soils Using Three Perennial Weed Species. *Journal of Environmental Quality*, 40, 1870-1877.
- Francis, C., Timpson, M., & Wilson, J. (1999). Bench- and pilot-scale studies relating to the removal of uranium from uranium contaminated soils using carbonate and citrate lixiviants. *Journal of Hazardous Materials* 66, 67-87.
- Gade, L. (2000). Highly polar metal–metal bonds in “early-late” heterodimetallic complexes. *Angewandte Chemie-International Edition*, 39, 2658-2678.
- Garbisu, C., & Alkorta, I. (2001). Phytoextraction: A cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Bioresource Technology*, 77, 229–236.
- Garg, U., Kaur, M., Garg, V., Sud, D., (2007). Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agricultural waste biomass. *Journal of Hazardous Materials*, 140, 60–68.
- Gerard, E., Echevarria, G., Sterckeman, T. & Morel, J.L. P. (2000). Availability of Cd to three plant species varying in accumulation pattern. – *Journal of Environmental Quality* 29, 1117-1123.
- Gerhardt, K., Huang, X., Glick, B., & Greenberg, B. (2009). Phytoremediation and Rhizoremediation of Organic Soil Contaminants. *Potential and Challenges. Plant Science*, 176, 20–30.
- Ghosh, M., & Singh, S., (2005). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. *Applied Ecology and Environmental Research*, 3(1), 1-18.
- Giller, K., Witter, E., & McGrath, S. (1998). Toxicity of heavy metals to microorganism and microbial processes in agricultural soils: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 1389-1414.
- Goldschmidt, V.M., 1954. Geochemistry. In: Muir, A. (Ed.), *Oxford University Press*, London.
- Gray, C. W., Dunham, S. Journal, Dennis, P. G., Zhao, F. Journal, & McGrath, S. P. (2006). Field evaluation of in situ remediation of heavy metal contaminated soil using lime and red mud. *Environmental Pollution*, 142, 530–539.
- Greenwood, S. Journal, Rutter, A., & Zeeb, B.A. (2011). The absorption and translocation of polychlorinated biphenyl congeners by Cucurbita pepo ssp pepo. *Environmental Science Technology*, 45, 6511-6516.

- Grill, E., Winnacker L. & Zenk, H.M. (1987). Phytochelatins, the Heavy-Metal-Binding Peptides of Plants, are synthesized from Glutathione by a Specific - glutamylcysteine Dipeptidyl Transpeptidase (Phytochelatins Synthase). *Proceeding of National Academy of Sciences* 86, 6838-6842.
- Hall, J., Soole, K., & Benthall, R., (2011). Hydrocarbon Phytoremediation in the Family Fabaceae—A Review. *International Journal of Phytoremediation*, 13, 317-332.
- He, J., Xu, G., Zhu, H., & Peng, G., (2001). Soil background values of Jiangxi Province. *Chinese Environmental Science Press, Beijing*. 105, 33-34.
- Heath, A., Kessler, R., Neale, M., Hewitt, J., Eaves, L., & Kendler, K. (1993) Testing Hypotheses About Direction of Causation Using Cross-Sectional Family Data. *Behavioral Genetics*, 23, 29-50.
- Heaton, A., Rugh, C. L., Wang, N., & Meagher, R. (1998). Phytoremediation of mercury and methylmercury polluted soils using genetically engineered plants. *Journal of Soil Contamination*, 7, 497-509.
- Henry J. R. (2000). In An Overview of Phytoremediation of Lead and Mercury. – NNEMS Report. Washington, D.C., pp, 3-9.
- Henry J. R. (2000). In An Overview of Phytoremediation of Lead and Mercury. – NNEMS Report. Washington, D.C., pp, 3-9.
- Huang J., Chen J., Berti W., & Cunningham S.D. (1997). Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. *Environmental Science and Technology*, 31, 800–805.
- Huang, J.W., Chen, J., Berti, W.R. & Cunningham, S.D. (1997). Phytoremediation of lead contaminated soils—Role of synthetic chelates in lead phytoextraction. *Environmental Science and Technology*, 31, 800-806.
- Huelster, A., Mueller, J., & Marschner, H. (1994). Soil-Plant Transfer of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans to Vegetables of the Cucumber Family (Cucurbitaceae). *Environmental Science and Technology*, 28(6), 1110-1115.
- Hutchinson, J., Scott D.Y., McGrath S.P., West H.M., Black C.R., & Baker A., (2000). Determining uptake of ‘non-labile’ soil cadmium by *Thlaspi caerulescens* using isotopic dilution techniques. *New Phytologist*, 146, 453-460.

- Ikhuoria, E., & Okieimen, F. (2000). Scavenging Cadmium, copper, lead, Nickel and Zinc ions from aqueous solution by modified cellulosic sorbent. *International Journal Environmental Studies*, 57(4), 401-412.
- Jadia, C., & Fulekar, M. (2009). Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. *African Journal of Biotechnology*, 8 (6), 921-928.
- Jiang, R. F., Ma D. Y., Zhao F. Journal, McGrath S. P. (2005). Cadmium hyperaccumulation protects *Thlaspi caerulescens* from leaf feeding damage by thrips (*Frankliniella occidentalis*). *New Phytologist*, 167, 805–814.
- Kabata, P., A. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001.
- Karkhanis, M., Jadia, C., & Fulekar M. (2005). Rhizofiltration of metals from coal ash leachate. *Asian Journal Water, Environmental Pollution*, 3(1), 91-94.
- Khandare, R., Govindwar, S., (2015). Phytoremediation of textile dyes and effluents: Current scenario and future prospects. *Biotechnol Adv* 33(8), 1697-714.
- Kochian, L. (1996). In International Phytoremediation Conference, Southborough, MA. May 8-10
- Kozdroj, J., & van Elsas, J. (2001). Structural diversity of microorganisms in chemically perturbed soil assessed by molecular and cytochemical approaches. *Journal of Microbiological Methods*, 43, 197–212.
- Krebs, R., Gupta, S., Furrer, G., & Schulin, R. (1999). Gravel sludge as an immobilizing agent in soils contaminated by heavy metals - a field study. *Water, Air, Soil, Pollution*, 115, 465-479.
- Kuiper, I., Lagendijk, E., Bloemberg, G., & Lugtenberg, B., (2004) Rhizoremediation: a beneficial plant-microbe interaction. *Molecular Plant and Microbe Interactions*, 17(1), 6-15.
- Kurek, E., Bollag, J., (2004). “Microbial immobilization of cadmium released from CdO in the soil”. *Biogeochemistry*, 69(2), 227–239.
- Lakshmi, N., S., Arunkumar, C., Perumal, R., Saravanan, P. & Arun Prasad, A. (2013). A Batch Study On the Removal Of Nickel (II) Using Low Cost Adsorbent Flyash. *International Journal of Chemical & Petrochemical Technology*, 4, 31-36.
- Lee, S., Lee, W., Lee, C., & Kim, J. (2008). Degradation of phenanthrene and pyrene in rhizosphere of grasses and legumes. *Journal of Hazardous Materials*, 153, 892–898.

- Liang Zhu, Y., Pilon-Smits, E.A., Jouanin, L. And Terry, N. (1999). Overexpression of glutathione synthetase in indian mustard enhances cadmium accumulation and tolerance. *Plant Physiology*, 119, 73-80.
- Liu, J., & Schnoor, J. (2008). Uptake and translocation of lesser-chlorinated polychlorinated biphenyls (PCBs) in whole hybrid poplar plants after hydroponic exposure. *Chemosphere*, 73, 1608–1616.
- Loeffler, S., Hochberger, A., Grill, E., Winnacker, E.-L., & Zenk, M. H. (1989). Termination of the phytochelatin synthase reaction through sequestration of heavy metals by the reaction product. *FEBS letters*, 258(1), 42-46.
- Ma, L.Q., Komar, K.M., Tu, C., Zhang, W., Cai, Y. & Kenelley, E.D. (2001). Bioremediation. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature*. 409, 579.
- Malarkodi, M., Krishnasamy, R., Kumaraperumal, R. & Chitdeshwari, T. (2007). Characterization of heavy metal contaminated soils of Coimbatore district in Tamil Nadu. *Journal of Agronomy*, 6(1), 147-151.
- Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., & Zerbi, G. (2004). Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environmental Pollution*, 132, 21-27.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd (eds) *Academic Press*, New York.
- McGrath, S., Zhao, F., & Lombi, E. (2001). Plant and rhizosphere process involved in phytoremediation of metal-contaminated soils. *Plant and Soil*, 232, 207-214.
- McGrath, S.P., Zhao F. (2003). Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. *Current Opinion in Biotechnology*, 14, 277–282.
- Meagher, R., Rugh, C., Kandasamy, M., Gragson, G., & Wang N. (2000). Engineered phytoremediation of mercury pollution in soil and water using bacterial genes. In: Terry N, Banuelos G, editors. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water. Boca Raton, FL: Lewis Publishers*, pp. 203–221.
- Mejare, M. & Bülow, L. (2001). Metal binding proteins and peptides in bioremediation and phytoremediation of heavy metals. *Trends in Biotechnology*, 19, 2, 67- 75.
- Mejáre, M., & Bülow L. (2001). Metal-binding proteins and peptides in bioremediation and phytoremediation of heavy metals. *Trends in Biotechnology*, 19(2), 67-73.

- Memon, AR., & Schröder, P. (2009). Implications of metal accumulation mechanisms to phytoremediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(2), 162-175.
- Mitra, A., & Flynn, K. (2005). Predator-prey interactions: is “ecological stoichiometry” sufficient when good food goes bad? *Journal of Planktonic Research*, 27, 393–399.
- Morikawa, H., & Erkin, O. (2003). Basic processes in phytoremediation and some applications to air pollution control. *Chemosphere*, 52, 1553-1558.
- Newman, L., & Reynolds, C. (2004) Phytodegradation of organic compounds. *Current Opinion in Biotechnology*, 15, 225-230.
- Nriagu, J. (1989). A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338, 47–49.
- Nwaichi, E., & Dhankher, O. (2016). Heavy Metals Contaminated Environments and the Road Map with Phytoremediation. *Journal of Environmental Protection*, 7, 41-51.
- Nwoko, C. (2010). Trends in phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *African Journal of Biotechnology*, 9, 6010–6016.
- Palacios, H., Iribarren, I., Olalla, M. Journal & Cala, V. (2002). Lead poisoning of horses in the vicinity of a battery recycling plant. *Science of the Total Environment*, 290, 81-89.
- Palaniappan, P., Krishnakumar, N., & Vadivelu M. (2009). Bioaccumulation of lead and the influence of chelating agents in *Catla catla* fingerlings. *Environmental Chemistry Letters*, 7, 51 - 54.
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation, *Annual Reviews in Plant Biology*, 56, 15-39.
- Pilon-Smits, E.A.H., Hwang, S., Lytle, C.M., Zhu, Y.L., Tay, J.C., Bravo, R.C., Chen, Y., Leustek, T. & Terry, N. (1999). Overexpression of ATP sulfurylase in Indian mustard leads to increased selenate uptake, reduction, and tolerance. *Plant Physiology*, 119, 123-132.
- Polański, A., & Smulikowski K. (1969). *Geochemia*, Warszawa, *Wydawnictwa Geologiczne* 1969, 431-441.
- Potters, G. (2013). Marine Pollution. (Eds.) *Geert Potters*, ISBN 978-87-403-0540-1, ISBN 978-87-403-0540-1.

- Prasad, M.,N.,V., & Freitas, H. (2003). Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6, 275-321.
- Prasad, M.N.V. & Strzalka, K. *Physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2002, 432 p. ISBN 1-40-200468-0.
- Preetha, S. & Kaladevi, V. (2014). Phytoremediation of Heavy Metals Using Aquatic Macrophytes. *World Journal of Environmental Biosciences*, 3, 34-41.
- Pulford, I., & Watson, C. (2003). Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees-a review. *Environment International*, 29, 529–540.
- Qian, J.H., Zayed, A., Zhu Y.L., Y.M. & Terry, N. P. (1999). Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants. Uptake and accumulation of ten trace elements by twelve plant species. *Journal of Environmental Quality* 28,1448-1455.
- Ragnarsdottir, K.,& Hawkins, D. (2005). Trace metals in soils and their relationship with scrapie occurrence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, A196.
- Raskin, I. and Ensley, B.D. (2000). eds. Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment. *New York, John Wiley and Sons*, 2000, 352 p. ISBN0-47-119254-6.
- Raskin, I., Smith, R., & Salt, D. (1997). Phytoremediation of metals: Using plants to remove pollutants from the environment. *Current Opinion in Biotechnology*, 8, 221-126.
- Rausser W. E. (1999). Structure and function of metal chelators produced by plants. the case for organic acids, amino acids, phytin, and metallothioneins. *Cell Biochemistry and Biophysics* 31, 19-48.
- Reeves, R.D. & Baker, A.J.M. (2000). Metal accumulating plants. In Phytoremediation of Toxic Metals. *Using plants to clean up the environment*. (ed. Raskin, I. and Ensley, B.) – Wiley, New York., pp 193-229
- Reeves, R.D. (2003). Tropical hyperaccumulators of metals and their potential for phytoextraction. *Plant and Soil*. 249, 57-65.
- Rogoff, B.,& Mistry, Journal (1985). Memory development in cultural context. M. Pressley & C. Journal Brainerd (Eds.), *Cognitive learning and memory in children* (pp. 117-142). New York: Springer-Verlag.

- Rout, G. & Sahoo, S. (2015). Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 1-24.
- Rugh, C., Gragson, G.M., Meagher, R.B. & Merkle, S.A. (1998). Toxic mercury reduction and remediation using transgenic plants with a modified bacterial gene. *Hortscience*, 33, 618-621.
- Rugh, C.L., Wilde, H.D., Stacks, N.M., Thompson, D.M., Summers, A.O. & Meagher, R.B. (1996). Mercuric ion reduction and resistance in transgenic *Arabidopsis thaliana* plants expressing a modified bacterial merA gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 3182-3187.
- Salazar, M., & Pignata M. (2014). Lead accumulation in plants grown in polluted soils: screening of native species for phytoremediation. *Journal of Geochemical Explorations*, 137, 29–36.
- Salt, D.E., Pickering, I.J., Prince, R.C., Gleba, D., Dushenkov, S., Smith, R.D. & Raskin, I., (1997). Metal accumulation by aquacultured seedlings of Indian Mustard. *Environmental Science and Technology* 31, 1636-1644.
- Salt, D.E., Smith, R.D., & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annual Reviews in Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 643–668.
- Schäfer, H.J., Haag-Kerwer, A. & Rausch, T. (1998). Cdna cloning and expression analysis of genes encoding GSH synthesis in roots of the heavy-metal accumulator *Brassica juncea* L. evidence for Cd-induction of a putative mitochondrial g-glutamyl cysteine synthetase isoform. *Plant Molecular Biology*, 37, 87-97.
- Schmidt, U. (2003). Enhancing Phytoextraction: The effects of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation, and leaching of heavy metals. *Journal of Environmental Quality* 32, 1939-1954.
- Schnoor, J. (1995). Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environmental Science Technology*, 29, 318-323.
- Schwartz, C., Echevarria, G. & Morel, J. (2003). Phyto extraction of cadmium with *Thlaspi caerulescens*. *Plant and Soil*, 249(1), 27–35.
- Secher, C., Lollier, M., Jézéquel, K., Cornu, J., Amalric, L., & Lebeau, T. (2013) Decontamination of a polychlorinated biphenyls-contaminated soil by phytoremediation-assisted bioaugmentation. *Biodegradation*, 24, 549–562.

- Shallari, S., Schwartz, C., Hasko, A., & Morel, J. (1998). Heavy metals in soils and plants of serpentine and industrial sites of Albania. *Science of the Total Environment* 19209, 133–142.
- Slater, H., Gouin, T., & Leigh, M. (2011). Assessing the potential for rhizoremediation of PCB contaminated soils in northern regions using native species. *Chemosphere*, 84(2), 199–206.
- Srivastava, S., & Thakur, I. (2006). Biosorption potency of *Aspergillus niger* for removal of chromium (VI). *Current Microbiology* 53(3), 232-237.
- Sundar, K., Mukherjee, A., & Chandrasekaran, N. (2010). High Chromium Tolerant Bacterial Strains from Palar River Basin: Impact of Tannery Pollution. *Research Journal of Environmental and Earth Science*, 2(2), 112-117.
- Tangahu, B., Abdullah, S., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2011, 1-31.
- Teng, Y., Ni, S., Wang, J., Zuo, R., & Yang, J. (2010). A geochemical survey of trace elements in agricultural and non-agricultural topsoil in Dexing area, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 104 (3), 118–127.
- Terry, N., Zayed, A.M., de Souza, M.P. and Tarun, A.S. (2000). Selenium in higher plants. *Annual Reviews Plant. Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 401-432.
- Tripathi, A., & Gautam, M. (2007). Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. *Journal of Environmental Biology*, 28(1), 127-132.
- Tyeb, T. (2009). Study to evaluate the water quality Along *The coastline of al-Gabal EL-khaddar*, 5, 73-74.
- U. S. Environmental Protection Agency (EPA), (2000). “Introduction to Phytoremediation,” National Risk Management Research Laboratory, EPA/600/R-99/107.
- URL 1. <http://www.worldwatch.org>. Liu, Y. (2006). Shrinking Arable Lands Jeopardizing China’s Food Security. Worldwatch Institute. It has been taken on 22/09/2016.
- URL 2. <http://www.csa.com/discoveryguides/brown/overview> Mc. Keehan, P., (2000). The financial, legislative and social aspects of the redevelopment of contaminated commercial and industrial properties. It has been taken on 02/10/2016.

- Van der Ent, A., Baker, A., van Balgooy, M., & Tjoa, A. (2013). Ultramafic nickel laterites in Indonesia (Sulawesi, Halmahera): Mining, nickel hyperaccumulators and opportunities for phytomining. *Journal of Geochemical Exploration*, 128, 72–79.
- Vassil, A.D., Kapulnik, Y., Raskin, I., and Salt, D.E. (1998). The role of EDTA in lead transport and accumulation by Indian mustard. *Plant Physiology* 117, 447- 491.
- Vatamaniuk, O.K., Mari, S., Lang, A., Chalasani, S., Demkiv, L.O. & Rea, P.A. (2004). Phytochelatase, a dipeptidyltransferase that undergoes multisite acylation with gamma-glutamylcysteine during catalysis: stoichiometric and site-directed mutagenic analysis of *Arabidopsis thaliana* PCS1-catalyzed phytochelatase synthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 279, 22449–22460.
- Verbruggen, N., Hermans, C., & Schat H. (2009). Molecular mechanisms of metal hyperaccumulation in plants. *New Phytologist*, 181, 759–776.
- Wang, Y., Boyd, E., Crane, S., Lu-Irving, P., Krabbenhoft, D., King, S., Dighton, J., Geesey, G., & Barkay, T. (2012). Environmental conditions constrain the distribution and diversity of archaeal merA in Yellowstone National Park, Wyoming, USA. *Microbial Ecology*, 62, 739–752.
- Wanga, X., Satoa, T., Xing, T., & Tao, S., (2005). Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment*, 350, 28 – 37.
- Wanga, X., Satoa, T., Xing, T., & Tao, S., (2005). Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment*, 350, 28 – 37.
- Watanabe, Y. (1997). Genomic constitution of genus *Oryza*. Food and Agriculture Policy. *Research Center, Tokyo, Japan*. 132, 15-16.
- Wu, G., Kang, H., Zhang, X., Shao, H., Chu, L., & Ruan, C., (2010). A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1), 1-8.
- Xi, S., Sun, W., Wang, F., Jin, Y., & Sun, G. (2009). Transplacental and early life exposure to inorganic arsenic affected development and behavior in offspring rats. *Archives of Toxicology* 83, 549-56.

- Yanqun, Z., Yuan, L., Schvartz, C., Langlade, L. & Fan, L. (2004). Accumulation of Pb, Cd, Cu and Zn in plants and hyperaccumulator choice in lanping lead-zinc mine area. china, *Environment International*, 30, 567-576.
- Yoon, Journal, Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the Total Environment*, 368, 456–464.
- Yu, X., & Gu, J. (2006). Uptake, metabolism, and toxicity of methyl tert-butyl ether (MTBE) in weeping willows. *Journal of Hazardous Materials*, 137, (3), 1417-1423.
- Zeeb, B., Amphlett, J., Rutter, A., & Reimer, K. (2006). Journal Potential for phytoremediation of polychlorinated biphenyl- (PCB-) contaminated soil. *International Journal of Phytoremediation*, 8, 199–221.
- Zhao, F., Lombi, E., & McGrath, S. (2003). Assessing the potential for zinc and cadmium phytoremediation with the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant and Soil*, 249, 37–43.
- Zhu, Y. L., Pilon-Smits, E.A.H., Tarun, A.S., Weber, S.U., Jouanin, L. & Terry, N. (1999). Cadmium tolerance and accumulation in Indian mustard is enhanced by overexpressing glutamylcysteine synthetase. *Plant Physiology* 121, 1169-1177.
- Zhu, Y.L., Pilon-Smits, E.A., Tarun, A.S., Weber, S.U., Jouanin, L. & Terry, N. (1999). Cadmium tolerance and accumulation in Indian mustard is enhanced by over expressing gamma-glutamylcysteine synthetase. *Plant Physiology*, 1999, 121, 1169-1178.
- Zhuang, P., McBride, M., Xia, H., Li, N., & Li, Z. (2009). Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Science of the Total Environment*, 407, 1551–1561.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hatem Asteil Ahmed Aljazwei
Doğum Yeri ve Yılı : Tamizawah. 11/05/1985
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : astilhateim@gmail.com



Eğitim ve öğretim

Lise : Ortaöğretim Biyoloji Okulu
Lisans : Ziraat Bilimleri, Toprak ve Su Bölümü - Zawia Üniversitesi

Profesyonel deneyim

İş yeri : Kapsamlı meslekler için yüksek teknik enstitüdeki inşaat ve inşaat meslekleri bölümü / Al Shati. (01/01 / 2011- hala)