



T.C.

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI TARIM BİTKİLERİ KULLANILARAK KURŞUN
KİRLİLİĞİNİN ŞELAT DESTEKLİ FİTOREMEDİASYON
YÖNTEMİYLE GİDERİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

ASLIHAN İPEK

HAZİRAN 2019

**BAZI TARIM BİTKİLERİ KULLANILARAK KURŞUN
KİRLİLİĞİNİN ŞELAT DESTEKLİ FİTOREMEDİASYON
YÖNTEMİYLE GİDERİLMESİ**

Ashhan İPEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Prof. Dr. D.Duygu KILIÇ

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Aslıhan İPEK tarafından hazırlanan “Bazı Tarım Bitkileri Kullanılarak Kurşun Kirliliğinin Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi” adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Danışman: Prof. Dr. D. Duygu KILIÇ

Biyoloji Anabilim Dalı, A.Ü

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/ onaylamıyorum

Başkan: Prof. Dr. İlkay ÖZTÜRK ÇALI.....

Biyoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin BAYKAL.....

Biyoloji Anabilim Dalı, Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 10/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Meryem EVECEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

ASLIHAN İPEK

Tarih 10./06/2019

BAZI TARIM BİTKİLERİ KULLANILARAK KURŞUN
KİRLİLİĞİNİN ŞELAT DESTEKLİ FİTOREMEDİASYON
YÖNTEMİYLE GİDERİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Aslıhan İPEK

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Fitoremediasyon, toprağın yer altı ve yer üstü sularının, hatta havadaki kirleticilerin ortadan yok edilmesinde bitkilerin kullanıldığı bir yöntemdir. Bu çalışmada, *Brassica napus* L.(kanola), *Chenopodium quinoa* Willd. (kinoa) ve *Allium cepa* L. (soğan), türleri kullanılarak sentetik olarak kirletilmiş topraktan ve doğal kirlilik içeren arıtma çamurundan Pb elementinin fitoremediasyon yöntemi ile temizlenmesi araştırılmıştır. Ayrıca fitoremediasyon kapasitesini artırmak üzere kompleks yapıcı şelat ve mikrobiyal gübre ilave edilip, bitkilerin element giderim performanslarındaki değişimler gözlenmiştir. Ağır metal gideriminde şelat desteği olarak EDTA, nitro, piridin, 1-10 fenantrolin ve hümik asit kullanılmıştır. Tolerans İndeksi (Tİ) değerleri incelendiğinde şelat ilavesinin bitkilerin gelişimi ve kuru ağırlık miktarlarında değişikliğe neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında ağır metal biriktirme miktarları incelenmiş ve türlerin köklerinde biriktirmenin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Özellikle hümik asit, EDTA ve nitro şelatının kullanıldığı deneme saksılarında ağır metal biriktirme miktarı daha yüksek bulunmuştur. Taşıma Faktörü (TF) değerleri incelendiğinde EDTA, hümik asit, piridin ve 1-10 fenantrolin şelatında *A. cepa* > *C. quinoa* > *B. napus*, nitro şelatında ise *C. quinoa* > *A. cepa* > *B. napus* bulunmuştur. En etkili birikim ise *A. cepa* ve *C. quinoa* türlerinde gerçekleşmiştir. Hiperakümülatör olarak bilinen *B. napus* nitro, piridin ve 1-10 fenantrolin şelatları eklendiği zaman bu özelliğini göstermediği belirlenmiştir. Türlerin Pb elementini köklerde biriktirme ve üst organlara taşımasının şelat ekleme ile arttığı tespit edilmiştir. Buna göre, ağır metal alımını artırmak için hümik asit, EDTA ve nitro kullanılabileceğini göstermektedir.

Sayfa Adedi : 129
Anahtar kelimeler : *Brassica napus*, *Chenopodium quinoa*, *Allium cepa*, arıtma çamuru
fitoremediasyon, şelat, Pb
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. D. Duygu KILIÇ

ELEMINATION OF LEAD POLLUTION WITH CHELATE
BY USING SOME AGRICULTURAL PLANTS FROM THE SOILS BY FITTING
PHYTOREMEDIATION METHOD
(M. Sc. Thesis)

Aslıhan İPEK

AMASYA UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 2019

ABSTRACT

Phytoremediation is a method which plants are used to eliminate soil, underground, surface waters and even airborne pollutants. In this study, *Brassica napus* L. *Chenopodium quinoa* Willd. and *Allium cepa* L. species are used by the phytomediation method for the removal of the Pb element from the soil that is synthically contaminated and the sludge that is natural contaminated, were investigated. In addition, complex constructor chelate and microbial fertilizer were added to increase phytoremediation capacity and changes in element removal performance of plants were observed. EDTA, nitro, pyridine, 1-10 phenanthroline, and humic acid were used as chelate support in heavy metal removal. When the Tolerance Index (TI) values were examined, it was determined that the addition of chelate caused a change in the growth and dry weight amounts of the plants. In the study, the amount of heavy metal deposition in the root, stem and leaves of the plants were investigated and it was found that accumulation of the species in the roots was more. The amount of heavy metal accumulation was found higher in experimental pots especially used humic acid, EDTA and nitro chelate. When the Transport Factor (TF) values were examined, EDTA, humic acid, pyridine and 1-10 phenantroline chelate were found like *A. cepa* > *C. quinoa* > *B. napus* and also nitro chelate was found like *C. quinoa* > *A. cepa* > *B. napus*. The most effective accumulation was in *A. cepa* and *C. quinoa* species. When *B. napus* nitro, pyridine and 1-10 phenanthroline chelate, which are known as hyperaccumulators, were added, observed that this feature was not shown. It was determined that species Pb element accumulation in the roots and carrying to the upper organs, increased with the chelate addition. Accordingly, it shows that humic acid, EDTA and nitro can be used to increase heavy metal uptake.

Page Number : 129

Key words : *Brassica napus*, *Chenopodium quinoa*, *Allium cepa*, sewage sludge, phytoremediation, chelate, Pb

Adviser : Prof. Duygu KILIÇ

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında ilgi, anlayış ve katkılarını esirgemeyip her zaman çalışmaya teşvik eden, bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. D. Duygu KILIÇ'a teşekkürü bir borç bilirim. Aynı zamanda yüksek lisans eğitimim boyunca maddi, manevi desteklerini eksik etmeyen aileme, arkadaşım Pınar ZENGİN, Abdullah TANYILDIZ, Emrah BAĞ ve diğer tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca, FMB-BAP 17-0246 nolu Bazı Tarım Bitkileri Kullanılarak Metalik Kirliliğin Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi isimli proje ile Amasya Üniversitesi BAP Birim Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
RESİMLER DİZİNİ	xv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Ağır Metal	4
1.1.1. Ağır metal kaynakları	5
1.1.2. Ağır metallerin canlılar üzerine etkileri	6
1.1.3. Ağır metal kirliliğinin topraktan giderim yolları	8
1.2. Fitoremediasyon	9
1.2.1. Fitoremediasyon yöntemleri	10
1.2.2. Fitoremediasyon yönteminin avantaj ve dezavantajları	14
1.3. Kurşun ve Kurşun Kaynaklarının Canlılar Üzerine Etkileri	14
1.4. Arıtma Çamuru	19
1.5. Mikrobiyal Gübre ve Mikrobiyal Gübrelemenin Faydaları	19
1.6. Fitoremediasyonda Kullanılan Bitkiler	20
1.7. Fitoremediasyona Şelat Etkisi	23
1.8. Önceki Çalışmalar.....	24
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	29
2.1. Deneme Alanının Özellikleri.....	29
2.2. Element	30
2.3. Toprak	30

	Sayfa
2.4. Kullanılan Şelatlar	31
2.5. Bitkiler.....	33
2.5.1. Kanola (<i>Brassica napus</i> L.) genel özellikleri	33
2.5.2. Kinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) genel özellikleri	35
2.5.3. Soğan (<i>Allium cepa</i> L.) genel özellikleri	35
2.6. Toprak ve Bitki Örnekleri Üzerinde Yapılan Çalışmalar	36
2.6.1. Toprak örneklerinin hazırlanması	36
2.6.2. Bitki örneklerinin hazırlanması ve analizleri.....	37
2.6.3. Toprak örneklerinin hazırlanması ve analizleri	39
2.6.4. Toprak analizleri	40
2.6.5. Bitki gelişimi ile ilgili ölçümler	41
2.6.6. Verileri değerlendirme	42
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
3.1. Fenolojik Bulgular	44
3.2. Arıtma Çamuru ve Arıtma Çamuru Kullanılan Örneklerdeki Fenolojik Bulgular.....	71
3.3. Şelat Uygulanan Saksılarda Ağır Metal Akümülyasyonları İle İlgili Bulgular ...	73
3.3.1. <i>B. napus</i> ile ilgili bulgular	73
3.3.2. <i>C. quinoa</i> ile ilgili bulgular.....	78
3.3.3. <i>A. cepa</i> ile ilgili bulgular	83
3.4. Denemede Kullanılan Türlerin BCF (Biriktirme Faktörü) Değerleri	88
3.5. Denemede Kullanılan Türlerin TF (Taşıma Faktörü) Değerleri	90
3.6. Arıtma Çamurunda Yetiştirilen Şelat Uygulanan Saksılardaki Ağır Metal Akümülyasyonları İle İlgili Bulgular	91
3.7. Şelat + Mikrobiyal Gübre Uygulanan Saksılardaki Ağır Metal Akümülyasyonları İle İlgili Bulgular	98
3.7.1. <i>B.napus</i> ile ilgili bulgular	98
3.7.2. <i>C. quinoa ile ilgili bulgular</i>	103

	Sayfa
3.7.3. <i>A. cepa</i> ile ilgili bulgular	108
3.8. Denemede Şelat + Mikrobiyal Gübre Kullanılan Türlerin BCF Değerleri	113
3.9. Şelat + Mikrobiyal Gübre Uygulanan Saksılarda Türlerin TF Değerleri	114
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	116
KAYNAKLAR	121
ÖZGEÇMİŞ	128



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Çeşitli endüstri kollarının çevreye yaydığı ağır metaller	5
Çizelge 1.2. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması.....	8
Çizelge 1.3. Fitoremediasyon tekniklerinin kirletici çeşitlerine göre sınıflandırılması	10
Çizelge-1.4. Hiperakümülatör bitkiler	22
Çizelge 2.1. Denemede kullanılan toprağın kimyasal özellikleri	31
Çizelge 2.2. Denemede kullanılan türler ve ilave edilen şelatlar	33
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan şelat karışımlarında <i>B. napus</i> bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri	45
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan şelat karışımlarında <i>C. quinoa</i> bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri	47
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan şelat karışımlarında <i>A. cepa</i> bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri	50
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan şelat+mikrobiyal gübre karışımlarında <i>B. napus</i> bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri	53
Çizelge 3.5. Denemede kullanılan şelat+mikrobiyal gübre karışımlarında <i>C. quinoa</i> bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri	56
Çizelge 3.6. Denemede kullanılan şelat + mikrobiyal gübre karışımlarında <i>A. cepa</i> bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri	59
Çizelge 3.7. Arıtma çamuru kullanılan şelat karışımlarında yetiştirilen türlerinin hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri	62
Çizelge 3.8. <i>B. napus</i> türünde şelat ve şelat+mikrobiyal gübre uygulanan deneme saksılarında büyüme parametrelerinin karşılaştırılması	64
Çizelge 3.9. <i>C. quinoa</i> türünde şelat ve şelat+ mikrobiyal gübre uygulanan deneme saksılarında büyüme parametrelerinin karşılaştırılması	67
Çizelge 3.10. <i>A. cepa</i> türünde şelat + şelat mikrobiyal gübre uygulanan deneme saksılarında büyüme parametrelerinin karşılaştırılması	69

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.11. Arıtma çamuru kullanılan şelat karışımlarında yetiştirilen türlerin hasat öncesi bitki organlarının uzunluk, yaş ağırlık, kuru ağırlık ve Tİ değerlerinin ortalaması.....	72
Çizelge 3.12. <i>B. napus</i> türünün bitki organlarında ve toplam bitkide farklı şelat dozlarında Pb alımı.....	75
Çizelge 3.13. <i>B. napus</i> türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları	77
Çizelge 3.14. <i>C. quinoa</i> türünün bitki organlarında ve toplam bitkide farklı şelat dozlarında Pb alımı.....	80
Çizelge 3.15. <i>C. quinoa</i> türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları	82
Çizelge 3.16. <i>A. cepa</i> türünün bitki organlarında ve toplam bitkide farklı şelat dozlarında Pb alımı.....	85
Çizelge 3.17. <i>A. cepa</i> türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları	87
Çizelge 3.18. <i>B. napus</i> , <i>C. quinoa</i> ve <i>A. cepa</i> türlerinde BCF değerleri.....	88
Çizelge 3.19. <i>B. napus</i> , <i>C. quinoa</i> ve <i>A. cepa</i> türlerinde TF değerleri	90
Çizelge 3.20. Arıtma çamuru kullanılan saksılarda kök, gövde, yaprak ve toplam bitkideki Pb değerleri.....	95
Çizelge 3.21. Deney öncesi ve sonrası saksılarda bulunan arıtma çamurunda Pb (mg kg ⁻¹) değerleri.....	96
Çizelge 3.22. Denemede kullanılan türlerin arıtma çamuru karışımlarında Pb için biyokonsantrasyon faktörü (BCF) ve taşıma faktörü (TF) değerleri	96
Çizelge 3.23. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>B. napus</i> türünün bitki organlarında Pb alımı	100
Çizelge 3.24. <i>B. napus</i> türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat+mikrobiyal gübre ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları.....	102

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.25. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>C. quinoa</i> türünün bitki organlarında Pb alımı	106
Çizelge 3.26. <i>C. quinoa</i> türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat+mikrobiyal gübre ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları.....	107
Çizelge 3.27. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>A. cepa</i> türünün bitki organlarında Pb alımı	111
Çizelge 3.28. <i>A. cepa</i> türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat+mikrobiyal gübre ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları.....	112
Çizelge 3.29. <i>B. napus</i> , <i>C. quinoa</i> , <i>A. cepa</i> türlerinin BCF değeri	113
Çizelge 3.30. <i>B. napus</i> , <i>C. quinoa</i> ve <i>A. cepa</i> türlerinde TF değerleri.....	114

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Kirlenici maddelerin yeryüzü ve atmosferde olan hareketi	2
Şekil 1.2. Şematik olarak ağır metallerin doğaya yayınımları.....	6
Şekil 1.3.. Fitoekstraksiyon yönteminin gösterimi.....	10
Şekil 1.4. Fitostabilizasyon yönteminin gösterimi	11
Şekil 1.5. Fitovolatilizasyon yönteminin gösterimi.....	12
Şekil 1.6. Rizodegradasyon yönteminin gösterimi.....	12
Şekil 1.7. Fitodegradasyon yönteminin gösterimi.....	13
Şekil 1.8. Rizofiltrasyon yönteminin şematik gösterimi	13
Şekil 1.9. Kurşun yayınımları (katı ve sulu ortam toplam) $\text{kg}/\text{km}^2/\text{yıl}$	16
Şekil 1.10. Kanda bulunan kurşun miktarına bağlı olarak ortaya çıkan semptomlar.....	18
Şekil 1.11. Kurşundan etkilenen sistem ve organlar	19
Şekil 1.12. Şelat yapısı	23
Şekil 2.1. Deneme alanı haritası.....	30
Şekil 3.1. <i>B. napus</i> türünün bitki organlarında farklı şelat dozlarında Pb alımı	73
Şekil 3.2. <i>B. napus</i> türünde farklı şelat dozlarında Pb alımı.....	76
Şekil 3.3. <i>C. quinoa</i> türünün bitki organlarında farklı şelat dozlarında Pb alımı	78
Şekil 3.4. Toplam bitkide <i>C. quinoa</i> türünün farklı şelat dozlarında Pb alımı	81
Şekil 3.5. <i>A. cepa</i> türünün bitki organlarında farklı şelat dozlarında Pb alımı	83
Şekil 3.6. <i>A. cepa</i> türünde farklı şelat dozlarında Pb alımı.....	86
Şekil 3.7. Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin köklerine ait Pb (mg kg^{-1}) değerleri .	91
Şekil 3.8. Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin gövdeye ait Pb (mg kg^{-1}) değerleri....	92
Şekil 3.9. Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin yaprağa ait Pb (mg kg^{-1}) değerleri....	93
Şekil 3.10. Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin toplam bitkiye ait Pb (mg kg^{-1}) değerleri	94
Şekil 3.11. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>B. Napus</i> türünün bitki organlarında Pb alımı	98

Şekil	Sayfa
Şekil 3.12. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>B. napus</i> türünde Pb alımı	101
Şekil 3.13. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>C. quinoa</i> türünün bitki organlarında Pb alımı	103
Şekil 3.14. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>C. quinoa</i> türünde Pb alımı.....	105
Şekil 3.15. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>A. cepa</i> türünün bitki organlarında Pb alımı	108
Şekil 3.16. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda <i>A. cepa</i> türünde Pb alımı.....	110

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. <i>B. napus</i>	34
Resim 2.2. <i>C. quinoa</i>	35
Resim 2.3. <i>A. cepa</i>	36
Resim 2.4. Öğütülmüş Bitki Örneği	39
Resim 2.5. Örneklerde Yakma İşlemi	39



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

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

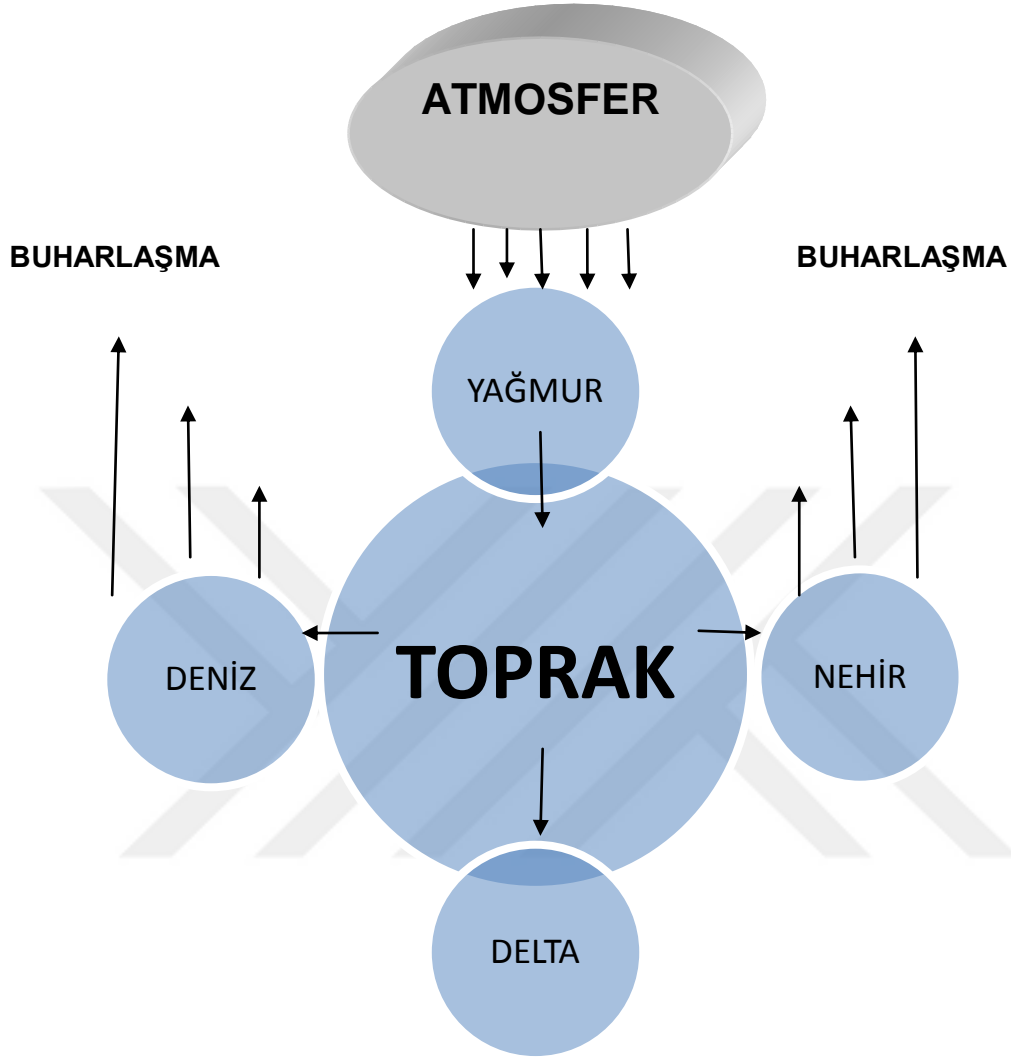
Simgeler	Açıklama
Pb	Kurşun
EDTA	Etilen di amin tetra asetik asit
Cu	Bakır
Fe	Demir
Zn	Çinko
Hg	Civa
Co	Kobalt
Cr	Krom
Ni	Nikel
Cd	Kadmiyum
BCF	Biriktirme Faktörü
TF	Taşıma Faktörü
mg	Milligram
mmol	Milimol
kg	Kilogram
cm	santimetre

1.GİRİŞ

Canlıların yaşamı boyunca içinde bulunduğu, ilişkilerini sürdürdüğü etkileyip etkilendiği dış ortam çevredir. İlk canlının var olmasıyla oluşan çevre hava, su, toprak gibi fiziksel unsurlar ve insan, bitki, hayvan gibi biyolojik unsurlardan oluşmaktadır. Bu unsurlar ekosistemi meydana getirmektedir. Bunlardan herhangi birinde oluşacak sorun tüm sistemin dengesini etkileyecek çevre kirliliğinin ortaya çıkmasına neden olabilir.

Özellikle 20.yüzyılın ikinci yarısından sonra sanayi alanında meydana gelen gelişmeler hayat standartlarını iyileştirmiştir olmasına karşın çevre kirliliğinin artmasına sebep olmuştur. Gelişen sanayi ile birlikte ağır metal içeriği yüksek yakıtların kullanılmaya başlanması ve endüstriyel faaliyet yapılan bölgelerde, gün geçtikçe artan trafik yoğunluğuna maruz kalan çevrelerde, çok sayıda kirleticiyle beraber ağır metal derişimi artış gösterdiğinden, ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmıştır. İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirleticilerin çeşitleri ve bunların miktarlarının artarak çeşitli şekillerde çevreye yayılması, çevrenin doğal yapısının ve ekolojik dengenin gün geçtikçe bozulmasına neden olmaktadır.

Çevre kirliliği çevrenin özelliğine, çevre unsurlarına ve kirlilik kaynaklarına bağlı olarak sınıflandırılabilir. Ancak bunlara kirlilik çeşidi açısından bakıldığı zaman genel bir sınıflama olup birbiriyle bağlantılıdır. Özellikle endüstriyel atıkların ve tarımsal kaynaklı atıkların ağır metal içeriği yüksek olduğundan hem çevre hem su hem de toprak çok büyük oranlarda kirlenmeye maruz kalmaktadır. Tarımsal ilaçlar, gübreler, bitkisel hormonlar, yanlış toprak işleme, erozyon ve anız yakımı gibi faaliyetler çevre kirletici etmen olarak yer alan ağır metallerin dünyamızdan atmosfere, atmosferden dünyamıza ve dolayısıyla tekrardan canlılara taşınmasına neden olmaktadır. Şekil 1.1’de görüldüğü üzere insan etkisiyle toprağa verilen zararlı veya zararlı olmayan maddeler yağmurlar, sıcaklık ve diğer başka yollarla çözünerek yer altı sularına karışırlar. Buradan denizlere ve nehirlere karışırlar ve daha önce oluşmuş olan deltalara da ulaşarak kirliliğin aşamalarından birini oluştururlar. Daha sonra yine bulunduğu yerlerden buharlaşmanın da etkisiyle ya atmosfere tekrar ulaşırlar ya da havada asılı şekilde kalarak etkilerini devam ettirirler.



Şekil 1.1. Kirlenici maddelerin yeryüzü ve atmosferde olan hareketi

Çevresel faktörlerden en fazla etkilenen toprak, belirli bir süreç içerisinde canlıların, iklimin ve topografyanın etkisi ile ana materyal denilen kayaların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar sonucu organik atıkların parçalanmasıyla meydana gelen belli oranlarda hava ve su içeren, aynı zamanda canlıları içinde barındıran 3 boyutlu doğal, dinamik bir yapıdır. Genel olarak bakacak olursak toprak, katı kısım (%5 organik ve %45 inorganik maddeler) ve gözeneklerden (%25 sıvı ve %25 gaz) meydana gelir.

Toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik yapısının çeşitli nedenlerle çeşitli kirlenicilerle bozulması toprak kirliliğine yol açar. Toprak birçok canlıya yaşam ortamı sağlar. Bitkiler kökleri aracılığı ile toprağa tutunur ve topraktan ihtiyacı olan besin elementlerini ve suyu alır.

Birçok çevresel etki karşısında yani pestisit, gübre, toprak düzenleyici kullanımı sonucunda ayrıca arıtma çamurlarının tarım arazilerinde yerini alması kullanılan suların arıtılmadan toprağa verilmesi sonucu filtre görevi gören toprak, hem taban suyunun daha temiz olmasını sağlar hem de toprakta bulunan diğer canlıların yaşam kalitesinin artmasına yardımcı olur. Ancak bu olaylar neticesinde de toprak kirlenmiş olur.

Toprak kirliliği nedenlerine bakıldığında kimyasal maddeler, petrol ürünleri, termik ve nükleer santraller, toprak üzerinde biriken katı atıklar, metaller, kâğıt, deri, tekstil, çimento, sanayide fabrika akıntıları, bir takım katı atıkların uygun olmayan yerlerde biriktirilmesi veya gömülmesi, gübreler ve gelişmeyi düzenleyici maddeler (pestisit, fungusit, herbisit) gibi birçok etken görülmektedir. Toprak kirliliğinin giderilmesinde fiziksel ve kimyasal teknikler bulunmaktadır. Kirlenen alanın kolay temizlenmesi oldukça güç zaman isteyen bir olaydır. Bu yüzden temizleme yöntemleri hem pahalı hem de çevreye beklenmedik, kalıcı zararlar verebilmektedir. Bunların yerine alternatif bir yöntem olarak kendi doğal süreci içerisinde gerçekleşen hem maddi anlamda kazanç sağlayan hem de ekolojik olarak avantajları bulunan bir yöntem olan fitoremediasyon tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, sentetik olarak ağır metal iyonu ile kirletilen ve doğal kirlilik içeren toprakların bölgede daha önce yetişmiş ve yeni yetişme alanı olan bazı bitkiler kullanılmasıyla temizlenebilirliği ve aynı zamanda şelatların bitkilerin ağır metal alma kapasitesine etkisi araştırılmıştır. Çalışma içerisinde *Brassica napus* (kanola), *Chenopodium quinoa* (kinoa) ve *Allium cepa* (soğan) bitkileri kullanılmıştır. Sera koşullarında saksı denemesi yapılan bu bitkilerde;

1. Pb iyonları ile sentetik olarak kirletilmiş toprakların ağır metal iyonlarını temizleme yeteneği
2. Doğal kirlilik içeren arıtma çamurunun ağır metal temizleme özelliği,
3. Mikrobiyal gübre eklenen toprakta bulunan bitkilerin ağır metali alma kapasitesi,
4. Metal iyonlarının temizlenmesinde EDTA, nitro, piridin, 1-10 fenontralinin ve hümik asitin olumlu veya olumsuz etkileri araştırılmıştır.

1.1. Ağır Metal

Yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten büyük olan veya atom ağırlığı 50 ve daha büyük olan elementlere ağır metaller denir. Bakır (Cu), demir (Fe), çinko (Zn), kurşun (Pb), Civa (Hg), kobalt (Co), krom (Cr), nikel (Ni) ve kadmiyum (Cd) başta olmak üzere 53'den fazla ağır metal bulunmaktadır. Doğada genellikle oksit, sülfür ve karbonat gibi güçlü bileşikler halinde veya silikat mineralleri içine tutulu halde bulunur (Baba, Gündüz, Save, Gürdal, Sülün, Bozcuve Özcan, 2009; Özay ve Mammadov, 2013).

Ağır metallerin kaynağı; toprak oluşumu sırasındaki etkiler, biyolojik arıtım çamurları, belediye kanalizasyonları, hayvan dışkıları, evsel atıklar ve atmosferik taşınım olabilir. Toprakta ağır metallerin birikimine endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin yanı sıra ağır metal içeren kayaçların suda çözünmesi de olabilir (Özay ve Mammadov, 2013). Ağır metallerin, atmosferde, suda ve topraktaki konsantrasyonunun belli bir seviyenin üzerine çıkması, tüm canlılar için ciddi problemlere neden olmaktadır (Yaldız ve Şekeroğlu, 2012). Ağır metallerin yüksek seviyeleri toprak kalitesinin bozulmasına, ürün verim ve kalitesinde azalmaya neden olmakta (Long, Yang ve Ni, 2002.; Terzi ve Yıldız,2011) ve dolayısıyla insan ve diğer organizmalar için önemli tehlikelere yol açmaktadır (Blaylock ve Huang, 2000).

Ağır metallerin atık sulardaki birikimi sadece çevresel tehdit değil aynı zamanda da mikrobiyal aktiviteleri olumsuz etkileyerek aktivitenin düşmesine neden olmakta ve bu durumda biyolojik atık su arıtma süreçlerini olumsuz etkilemektedir. Ağır metaller ayrıca nitrifikasyon ve denitrifikasyon mekanizmalarını ve organik bileşiklerin mikrobiyal oksidasyonunu azalttığı tespit edilmiştir (Braam ve Klapwijk, 1981; Hamutoğlu, Dinçsoy, Cansaran-Duman ve Aras, 2012).

Toprak kirliliği bakımından bakıldığında biyotaya verdiği zararlar açısından en önemli çevre kirleticisi gruplardan birini oluşturan ağır metaller Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 tane öncelikli çevre kirleticileri arasında yer almıştır.

Topraktaki ağır metal derişimleri insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak ya da toprağın jeolojik orijinine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bazı ağır metaller düşük dozlarda bitkiler için önemli mikro-elementlerdir; fakat yüksek dozlar bitki türlerinin çoğunun büyümesini engeller ve metabolik düzensizliğe sebep olabilir (Fernandes ve Henriques, 1991). Araştırmacılar bazı bitki türlerinin metal ağırlıklı topraklarda endemik olduğunu ve

ağır metallerin ve diğer toksik bileşenlerin alışılmış miktarından daha fazlasını tolere edebileceğini bildirmişlerdir (Banuelos, Ajwa, Mackey, Wu, Cook, Akohoue and Zambrzuski, 1997; Blaylock ve Huang, 2000; Raskin ve Ensley, 2000).

1.1.1. Ağır metal kaynakları

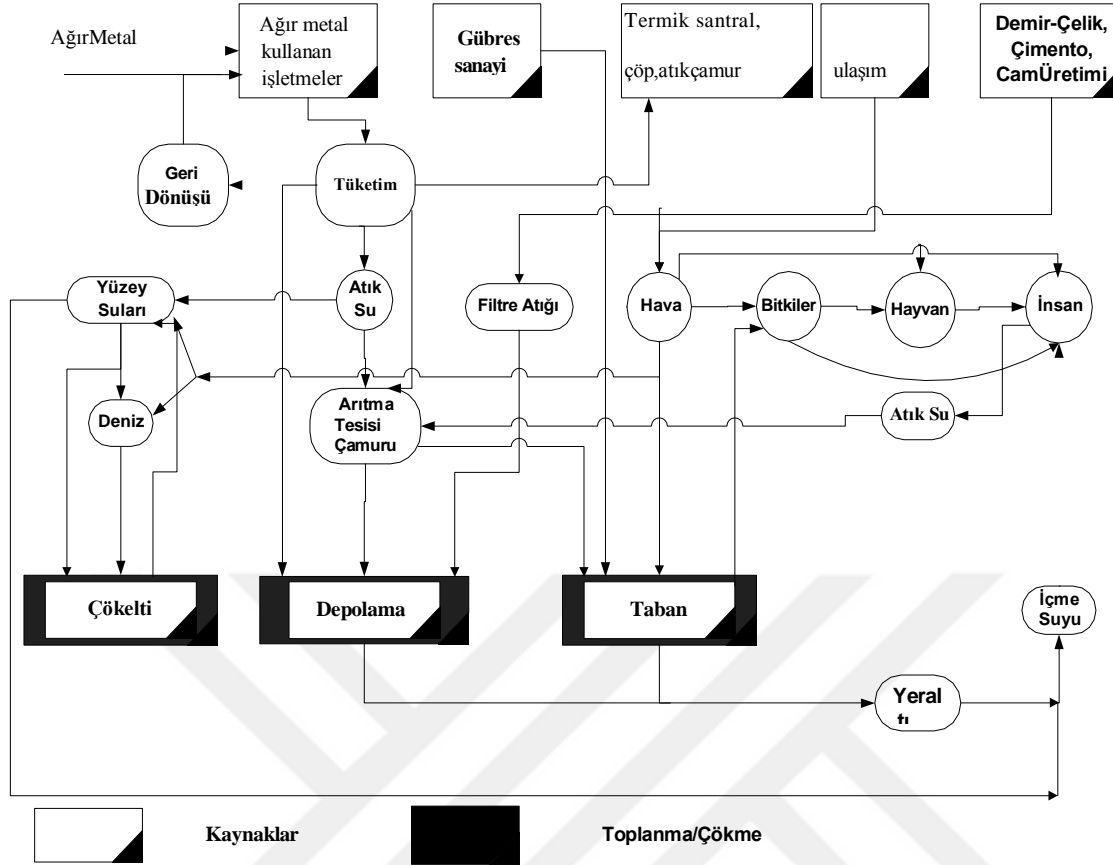
Ağır metallerin ekolojik sistemde yayılma şekline bakıldığında, doğal kaynaklardan daha çok antropojenik etkiler ve endüstrinin yaygın olduğu bölgelerde çevreye yayılması söz konusu olduğu görülmektedir. Ağır metallerin çevreye yayılma sebeplerinden en önemlisi endüstriyel faaliyetler olurken, çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleri endüstri kolları olarak karşımıza çıkmaktadır (Çizelge 1.1.).

Çizelge 1.1. Çeşitli endüstri kollarının çevreye yaydığı ağır metaller (Rether, 2002)

Endüstri Tipi	Co	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Sn	Zn	Fe	As	Al	Mn	Mo	V
Kağıt	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Petrokimya	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+
Klor-alkali	-	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
Gübre San.	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+
Demir-çelik	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Enerji Üretimi	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+

Endüstriyel atık suların içme sularına karışması sonucu veya ağır metale maruz kalmış partiküllerin tozlaşması yoluyla, ağır metaller insan, hayvan ve bitkiler üzerinde etkili olurlar. Devamlı kullanım yoluyla ya da kullanımdan kaynaklı kirlenme yanında meydana gelebilecek kazalar sonucunda da ağır metallerin çevreye yayılımını arttırabilmektedir.

Şekil 1.2.' de görüldüğü üzere ağır metaller, gübre sanayi, termik santraller, çöp ve atık çamur yakma tesisleri, ulaşım araçları, demir-çelik, çimento, cam üreten işletmeler olarak farklı sektörlerden biyosfere aşırı bir şekilde yayılmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003).



Şekil 1.2. Şematik olarak ağır metallerin doğaya yayınımları (Rether, 2002; Nordberg, Duffus and Templeton, 2010)

1.1.2. Ağır metallerin canlılar üzerine etkileri

Toprakta bulunan ağır metaller, toprak verimliliğini azaltmanın yanı sıra, toprakta bulunan mikroorganizmaların olumsuz etkilenmesine, yetişen ürünlerin verim ve kalitesinin azalmasına neden olarak, insan ve hayvanlara da besin zinciri yoluyla zarar vermektedir.

Toprakta biriken ağır metallerin bitki doku ve organlarında birikmesi sonucu bitkilerin kök, gövde, yapraklarını yani vejetatif organlarının ve çiçek, meyve, tohum yani generatif organlarının gelişiminde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Aynı zamanda bitkilerde fotosentez, çimlenme, stoma işlevleri, enzim ve protein sentezi ve hormonal dengelerde de istenmeyen durumlar yaşanmaktadır.

Ağır metaller besin zinciri yoluyla da atık suların içme sularına karışmasıyla insana ulaşabildiği gibi aerosol solunumla veya toz halinde ilk olarak akciğerlere daha sonrada akciğerler yoluyla etkileyeceği organlara ulaşır.

Biyolojik proseslere katılma derecelerine göre bakıldığı zaman yaşamsal olan ve yaşamsal olmayan ağır metaller olarak 2 sınıfa ayrılırlar. Yaşamsal olan ağır metaller organizmanın yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmak ve biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmak zorundadırlar. Buna karşılık olarak yaşamsal olmayan ağır metallerde ise çok düşük konsantrasyonda bile psikolojik yapı etkilenecek sağlık sorunlarına neden olabilmektedirler.

Yaşamsal öneme sahip ağır metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıkları için beslenme yoluyla dışarıdan alınırlar. Örneğin Cu yaşamsal özellikte bir ağır metaldir ve insanların kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon sürecinin parçasıdır (Bigersson, Sterner ve Zimerson 1988; Hamutoğlu vd., 2012). Yaşamsal olmayan ağır metaller çok az konsantrasyonda dahi sağlık problemlerine yol açabilir. Örneğin Hg kükürtlü enzimlere bağlanarak enzim faaliyetlerini olumsuz etkiler (Duffus ve Worth, 1996). Bazen de ağır metaller her canlıda ayrı özellik kazanır. Örneğin, Ni bitkilerde toksik etki gösterirken hayvanlarda iz element olarak bulunması gerekir. Ağır metallerin canlıda bulunduğu konsantrasyonda çok önemlidir. Ancak belli bir konsantrasyon sınırına ulaşan ve bu sınırı aşan ağır metaller toksik etki gösterir (Hamutoğlu vd., 2012). Gerekli ve gereksiz olan bazı önemli ağır metaller Çizelge 1.2.'de sınıflandırılmıştır.

Çizelge 1.2. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması (Gohre ve Paszkowski, 2006)

Element	Özgül Ağırlık (gcm ⁻³)	Canlı için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Ag	10,5	-	K
Cd	8,7	-	K
Cr	7,2	G	K
Co	9,0	G	K
Cu	8,9	G	K
Fe	7,9	G	K
Hg	13,6	-	K
Mn	7,4	G	-
Pb	11,3	-	K
Mo	10,2	G	K
Ni	8,9	G	K
Pt	21,5	-	-
Tl	11,9	-	K
Sn	7,3	-	K
U	19,1	G	K
V	6,1	G	K
W	19,3	G	K
Zn	7,1	G	K

G: Gerekli, K: Kirletici

1.1.3. Ağır metal kirliliğinin topraktan giderim yöntemleri

Toprağın temizlenmesi, yani topraktaki kirleticilerin topraktan uzaklaştırılması, özellikle bölgenin yeniden kullanılması için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar arasında fiziksel, kimyasal, termal ve/veya biyolojik süreçleri içeren birçok yöntem mevcuttur. Uygun toprak temizleme yönteminin seçilmesi, bölgenin karakteristikleri, giderilecek kirleticinin cinsi, derişimi ve kirlenmiş arazinin daha sonra ne amaçla kullanılacağı gibi pek çok faktöre bağlıdır (Kocaer ve Başkaya, 2003). Ancak bu yöntemler maliyet olarak pahalı, zaman açısından uzun süreli ve yoğun bir iş gücü gerektireceği için çok fazla tercih edilmezler. Bu nedenle daha ekonomik ve çevre dostu bir yöntem olan fitoremediasyon yani yeşil ıslah yöntemi toprak kirliliğinin temizlenmesinde alternatif çözüm olarak günümüzde kullanılmaya çalışılmaktadır.

Kirlenmiş toprakların temizlenmesinde 4 seçenek söz konusudur.

1. Kirleticiyi olduğu şekliyle bırakmak, o bölgenin kullanımını yasaklamak.
2. Kirleticiyi bölge içinde immobilize etmek (sabitlemek) ve bölgeyi sürekli izleyerek diğer bölgelere geçişi kontrol altında tutmak.
3. Kirlenmiş toprağı uzaklaştırarak özel bir bertaraf sahasında depolamak.

4. Toprağı bölge içinde (in-situ) veya bölge dışında temizlemek (ex-situ).

1.2. Fitoremediasyon

Fitoremediasyon; bazı metallere ve diğer organik kirleticilerle kirlenmiş toprakların temizlenmesi veya bu kirleticilerin etkisiz hale getirilmesinde hiperakümülatör bitkilerin kullanılmasındır. Fitoremediasyon, bitkilerin toprak ve/veya su ortamından organik ve/veya inorganik kirleticileri; kök bölgesinde hareketsizleştirerek, kökte ve bitkinin üst organlarında bünyelerine alıp depolama yaparak, kökleri aracılığıyla bitkinin üst organlarına taşınıp kök ve yapraklarında metabolize ederek veya buharlaştırma yoluyla, toprakların temizlenmesini sağlar. Bu yöntem petrol hidrokarbonları, pestisitler, metaller, radyonüklidler ve patlayıcılar gibi çoğu kirleticinin çevreden temizlenmesinde kullanılabilir. Bitkiler organik kirleticileri bozabilir, parçalayabilir yada metallere olduğu gibi bünyesine alarak stabilize edebilir (USEPA, 1995; Dindar vd.,2010). Diğer ıslah teknolojileri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük masraflıdır. (Glass, 1999). Fitoremediasyon çevresel açıdan önemli bir sıkıntı yaratmadığı için avantajlıdır, çünkü uygulanan yöntem toprak matriksini değiştirmez ve fitoremediasyondan hemen sonra toprak direkt olarak tarımsal uygulamalar için kullanılabilir. Bitkileri ağır metallere olan tepkilerine göre üç ana grupta toplamak mümkündür (Show, 1990). Metal dışlayıcılar; bunlar, toprak üstü kısımlarına metal almayan fakat yüksek miktarlarda metali köklerinde biriktirebilen bitkilerdir. İkinci olarak metal indikatörleri; bu bitkiler toprak üstü kısımlarında topraktaki ağır metal seviyesi kadarını bünyesine alan indikatör (belirteç) bitkilerdir. Üçüncü olarak akümülatörler; bu tür bitkiler, toprak üstü kısımlarında topraktaki metal seviyesinden daha fazlasını biriktiren dolayısı ile ağır metal kirliliğinin temizlenmesinde (fitoremediasyon) kullanılan hiperakümülatör bitkilerdir.

1.2.1. Fitoremediasyon yöntemleri

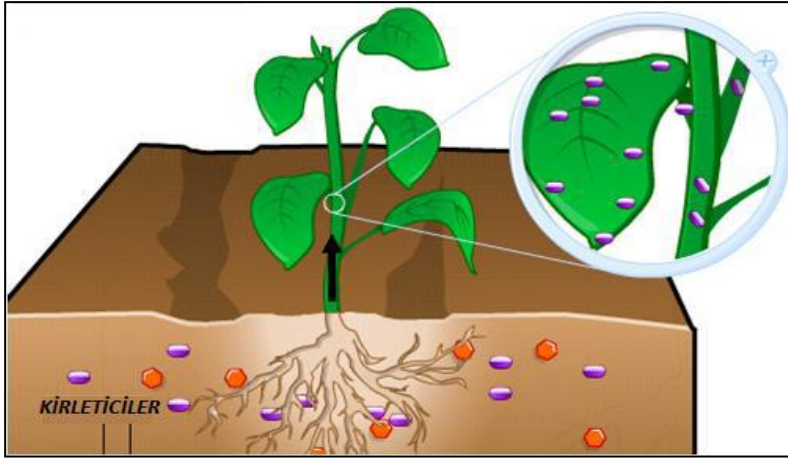
Fitoremediasyon fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitovolatilizasyon, rizodegradasyon, fitodegradasyon, rizofiltrasyon olarak sınıflandırılır (Çizelge 1.3.).

Çizelge 1.3. Fitoremediasyon tekniklerinin kirletici çeşitlerine göre sınıflandırılması

Organik kirleticilerle kullanılan	Metal kirleticilerle kullanılan
Fitovolatilizasyon	Fitoekstraksiyon
Rizodegradasyon	Fitostabilizasyon
Fitodegradasyon	Rizofiltrasyon

Fitoekstraksiyon (Bitkisel özümleme)

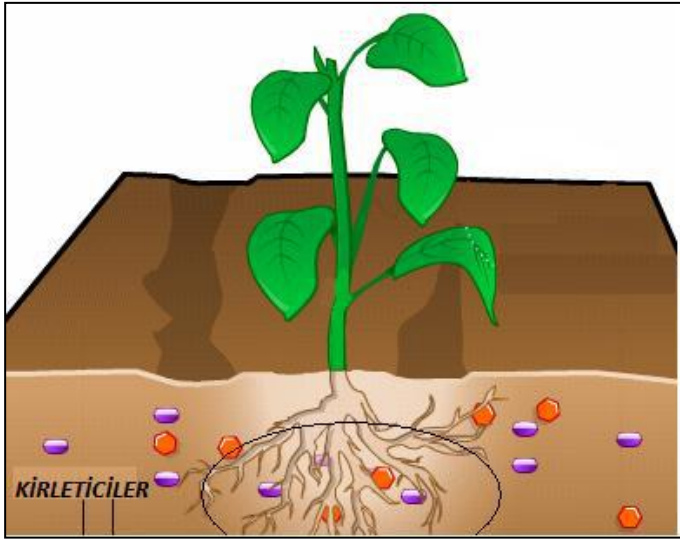
Fitoekstraksiyon, kirleticilerin bitkilerin kökleri aracılığıyla alınıp ve toprak üstü organlarında yani sap ve yapraklarda biriktirilmesi ve sonrasında hasat edilerek yok edilmesini ifade eden yöntemidir (Şekil 1.3.). Bu teknik Cu ve Zn gibi aktif olarak alınan mikrobesein elementleri ve Cd, Ni ve Pb gibi besin elementi olmayan ağır metallerin uzaklaştırılmasında kullanılabilir. Fitoekstraksiyon teknolojisi sadece metal kirliliğinin düşük veya orta seviyede olduğu alanlar için uygulanabilir. Çünkü çok fazla kirlenmiş alanlarda bitki büyümesi sürdürülemez (Padmavathiamma ve Loretta, 2007).



Şekil 1.3. Fitoekstraksiyon yönteminin gösterimi (Vanlı, 2007)

Fitostabilizasyon (Köklerle sabitleme)

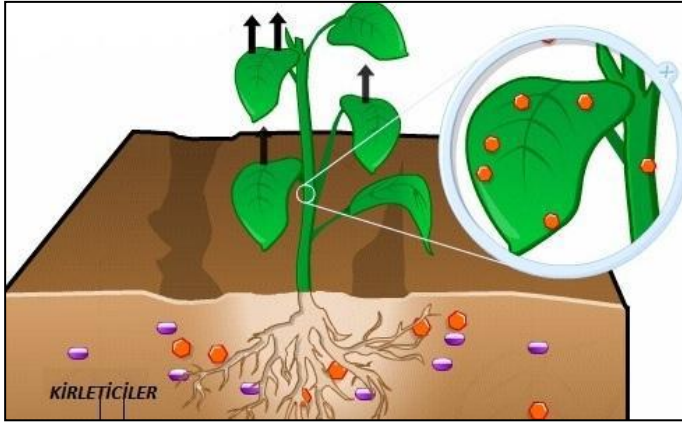
Kirleticilerin hem fiziksel hem kimyasal olarak hareketsizleştirilmesi, kökler tarafından biriktirilmesi, bitkinin kök bölgesinde çökmesi fitostabilizasyon adını alır. Ağır metallerin toprakta kalması ve sadece hareketliliklerini kısıtlaması nedeniyle fitostabilizasyon kesin bir çözüm yöntemi değildir. Aslında daha çok potansiyel zehirli kirleticilerin hareketlerini kısıtlamak için kullanılan bir yönetim şeklidir (Vangronsveld vd., 2009). Bu yöntem sediment ve çamurların ıslahı için kullanılan bir yöntem olmakla birlikte bu gibi toprakların özelliklerini değiştirebilecek, geniş kök sistemi olan bitkilere ihtiyaç duyulan bir yöntemdir (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Fitostabilizasyon yönteminin gösterimi (Vanlı, 2007)

Fitovolatilizasyon (Bitkisel buharlaştırma)

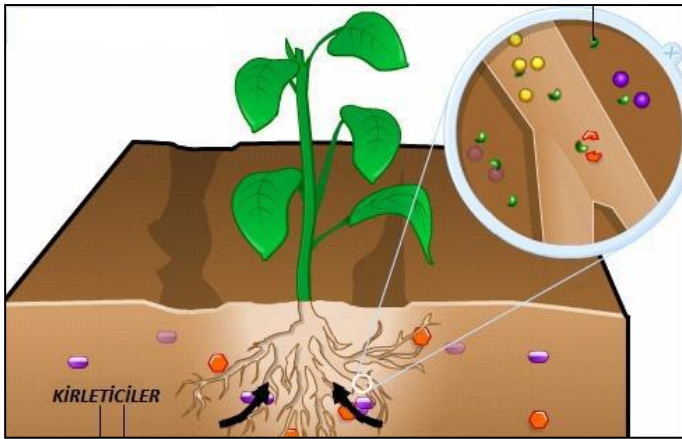
Fitovolatilizasyon, bitkisel buharlaşma olarak bilinen bu yöntem ve kirleticilerin topraktan bitki bünyesine alınması, uçucu bir yapıya dönüştürülmesi, daha sonra da terleme ve gaz formuna gelerek atmosfere salınması olarak tanımlanır (Şekil 1.5.). Bu yöntemin en büyük faydalarından biri civalı bileşikler gibi bileşiklerin daha az zehirli hale getirilebilmesidir.



Şekil 1.5. Fitovolatilizasyon yönteminin gösterimi (Vanlı, 2007)

Rizodegradasyon (Köklerle bozunma)

Rizodegradasyon, bitki kökleri ve köklerde bulunan mikroorganizma faaliyeti sonucunda organik madde bozunması olayıdır ve Şekil 1.6.'daki gibi şematize edilir. Rizosfer, bitkinin etkisi altında bulunan ve kök etrafında yaklaşık 1 mm kalınlıkta olan bir tabakadır (Pilon-Smits, 2005). Rizosfer tabakasında meydana gelen, kirliliklerin ayrıştırılmasından ve ayrıştırma veriminden sorumlu olan esas etki, mikrobiyal aktiviteler ve bu aktivitelerin sayılarındaki artıştır.

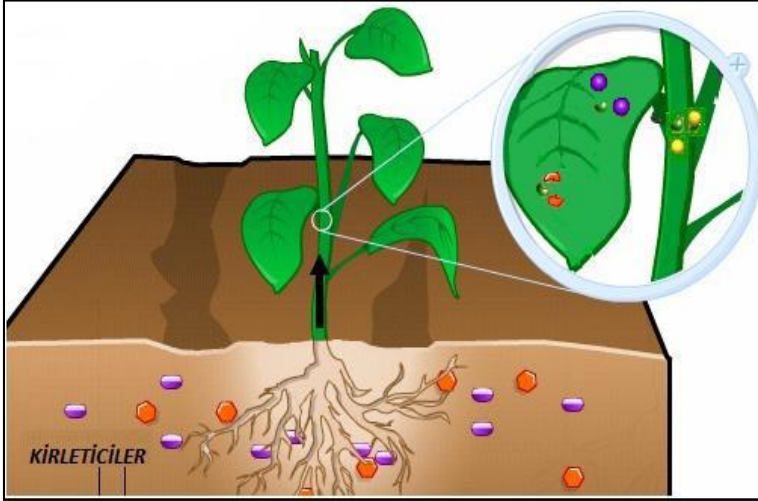


Şekil 1.6. Rizodegradasyon yönteminin gösterimi (Vanlı, 2007)

Fitodegradasyon (Bitkilerde bozunum)

Kirleticinin bitkiler tarafından alınması ve bitki bünyesinde metabolik faaliyetlere katılarak zehirliliklerinin azaltılıp doğaya zararsız forma dönüşmesi olayıdır (Şekil 1.7.). Bu açıdan

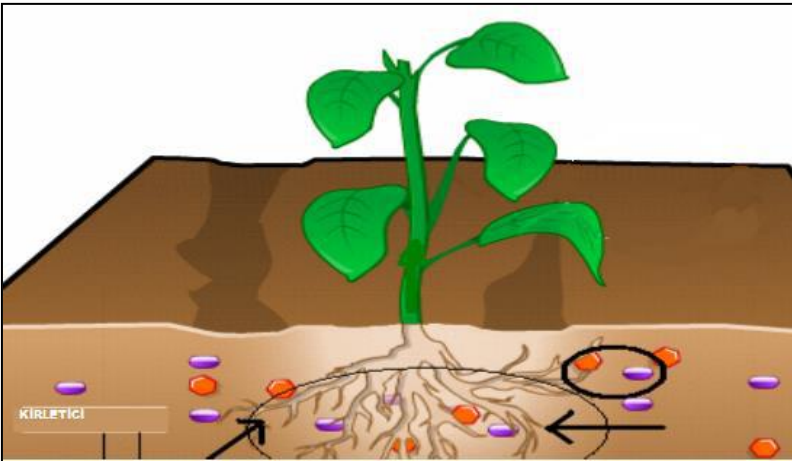
bakıldığında, yeşil bitkiler, biyosferin akciğerleri gibidir. Bu yöntem, indirgenmenin veya bozunmanın fizyolojik olaylar çerçevesinde bitki bünyesinde gerçekleştiği için mikroorganizmalara bağlı olmamasından dolayı avantajlı bir yöntemdir.



Şekil 1.7. Fitodegradasyon yönteminin gösterimi (Vanlı, 2007)

Rizofiltrasyon (Köklerle süzme)

Şekil 1.8.' de görüldüğü gibi bitki kökleri aracılığı ile sıvı büyüme ortamlarında bulunan fazla miktardaki besin elementlerinin veya metal kirlenmelerin alınımı ve alıkonmasını kapsayan bir yöntemdir. Kullanılacak bitki çok iyi gelişmiş kök sistemine sahip olması gerekmektedir.



Şekil 1.8. Rizofiltrasyon yönteminin şematik gösterimi (Vanlı, 2007)

1.2.2. Fitoremediasyon yönteminin avantaj ve dezavantajları

Fitoremediasyon teknolojisi, kirlenmiş toprakların temizlenmesinde biyolojik bazlı ve düşük maliyetlidir ayrıca toprağın kazılarak yerinden alınmaması önemli bir maliyet azaltıcı avantaj olarak göze çarpmaktadır. Birden fazla kirleticiyle mücadele imkânı sunar. Çevrenin estetik görünümü açısından kabul gören bir yöntemdir. Toprak arıtımı için kullanılan fizikokimyasal teknolojilerin çoğu topraktaki biyolojik aktiviteyi tamamen yok etmekte ve toprağı bitki büyümesi için uygun olmayan bir ortam şekline dönüştürmekteyken fitoremediasyon toprağın biyolojik özelliklerini ve fiziksel yapısını korumaktadır (Khan ve vd., 2000).

Buna karşın köklerin derinliğine ve bitkinin kirleticiye olan toleransına bağlı olan bir metot olması ve diğer metotlarla karşılaştırıldığında sürecin çok daha uzun sürmesi dezavantaj yaratmaktadır (Dindar, Şağban ve Başkaya, 2010). Bitkinin üst organlarında biriken kirletici mevsimsel olarak dökülerek tekrar toprağı karışıp yine zarar mekanizması oluşturabilir.

1.3. Kurşun ve Kurşun Kaynaklarının Canlılar Üzerindeki Etkileri

Kurşun, periyodik cetvelin 82 atom numarası ve 207,19 g/mol atom ağırlığına sahip, simgesi Pb olan IV A grubu elementidir. Yoğunluğu $11,34 \text{ gr/cm}^3$, erime derecesi $327,4^\circ\text{C}$ olan kurşunun rengi mavimsi veya gümüş grisi olup yumuşak bir metaldir. Doğada, kütle numaraları 208, 206, 207 ve 204 olmak üzere 4 izotopu vardır. Kurşunun son katmanında 4 açık elektron olmasına rağmen, genellikle bileşiklerinde +4 yerine +2 değerlik alır.

Kurşun direkt olarak, kurşun tetra-etil veya tetra methylead gibi kararlı bileşiklerinde bir karbon atomuna bağlanmıştır. Bu bileşiklerden, kurşun tetra-etilin kaynama noktası 110°C ve tetramethyleadin kaynama noktası 200°C 'dir. Bunlar renksiz sıvılar olup uçuculukları diğer petrol bileşenlerinden daha fazladır. Pb, yer kabuğunda $12,5 \text{ g/t}$ sıklıkla bulunan, doğal olarak bulunabilen metaller arasında yer alır. Kurşunun en çok rastlanılan cevherleri, sülfür minerali galen (PbS) ve onun oksitlenmiş ürünleri olan serüsit (PbCO_3) ve anglezit (PbSO_4) olup bunların arasına gelen en önemlileridir. Genel olarak sfalerit (ZnS), gümüş ve pirit (FeS_2) ile birleşik halde bulunur.

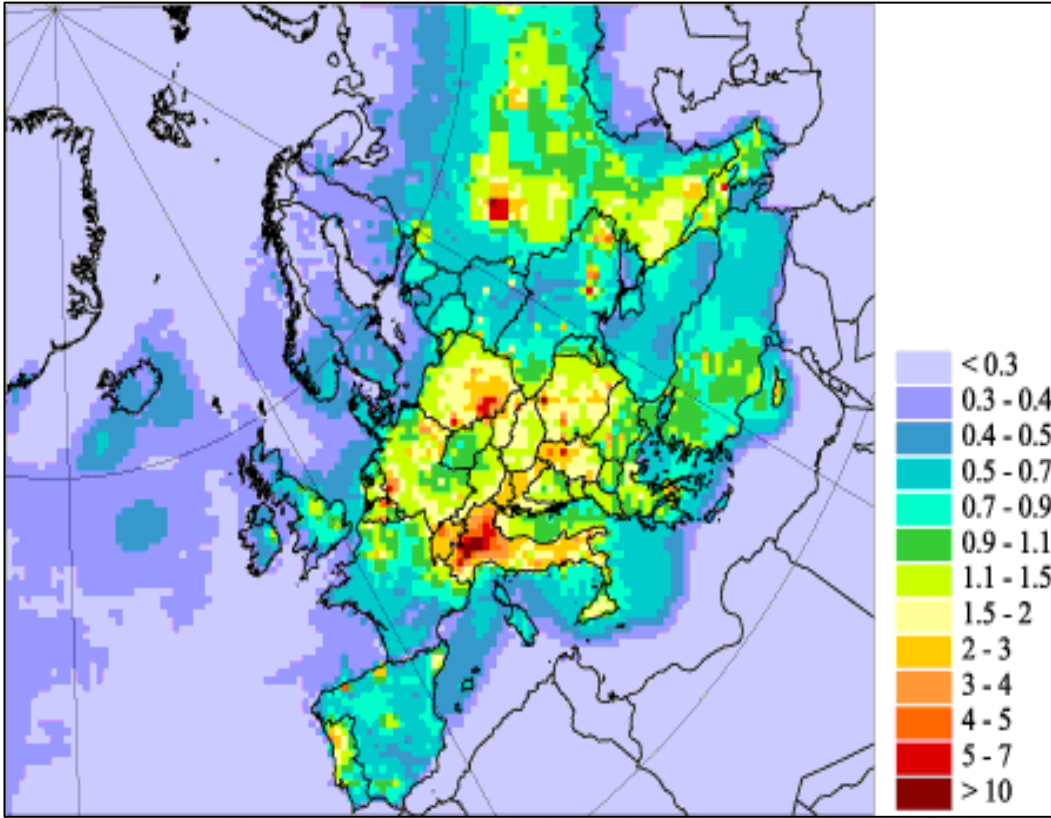
Çevre kirliliğine neden olan ağır metallerin başında kurşun gelmektedir. Kurşun; hava, su ve toprak gibi yollarla; besinlere, besin döngüsü yoluyla da canlılara geçebilir (Kahvecioğlu, Kartal, Güven ve Timur, 2007; Aslanhan, 2012). Doğal olarak tüm topraklarda bulunan Pb tarım alanlarında konsantrasyonu 100 mg kg^{-1} , ekstrakte edilebilir miktarı ise 4 mg kg^{-1} 'i aştığında potansiyel olarak bitki ve insan sağlığı bakımından bir sorun oluşturmaktadır

(Chapman, 1971; Pak, 2011). Kurşun ağır metaller arasında en çok yayılıma sahip olan, endüstride çok kullanılan, kolay işlenebilen bir metaldir. 550 °C ' nin üstünde ortam havasında buharlaşır ve yoğunlaşan kurşun, kurşun oksit partikülleri olarak yayılır. Ağır metaller arasında en yüksek yayılımına sahip olan element kurşundur.

1920' li yıllardan itibaren benzine kurşun ilave edilmeye başlandığından bu yana kurşunun ekolojik sisteme yayılımı da hızlandırmıştır. Yüz binlerce ton kurşun, kurşunlu petrolden elde edilen ve kurşun tetra-etil (CH_3CH_2)₄Pb) eklenerek oktan sayısı arttırılan yakıtlarla çalışan içten yanmalı motorlardan çıkan gazlarla dünya atmosferine boşaltılmaktadır. Atmosferden kurşun (büyük oranda metal oksitleri ve tuzları şeklinde) yağmurla tekrar yeryüzüne inerek çevremize her geçen gün daha fazla yayılmaktadır.

Kurşun madenleri ve metal endüstrileri, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, gıda için kullanılan teneke kutularının lehimlenmesi, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayi atık sularında da istenmeyen konsantrasyonlarda kurşun kirliliğine rastlanır. Pil fabrikası atık sularında 5,66 mg/l, asidik maden drenajlarında 0,02-2,5 mg/l, tetraetil kurşun üreten fabrika atık sularında 120–150 mg/l organik, 66–85 mg/l inorganik kurşun kirliliğine rastlanmıştır. Normal tarım topraklarında bulunan Pb miktarı 2-200 ppm arasındadır.

Dünyada en yaygın kurşun kullanımı Kuzey Amerika'da olup yıllık tüketim 1 300 000 ton seviyelerine ulaşmakta ve bu kullanım koşullarında atmosfere atılan miktar yıllık 600 000 ton civarına ulaşmaktadır. Şekil 1.9.'da Avrupa üzerinde kurşun emisyonu dağılımı görülmektedir.



Şekil 1.9. Kurşun yayını (katı ve sulu ortam toplam) kg/km²/yıl

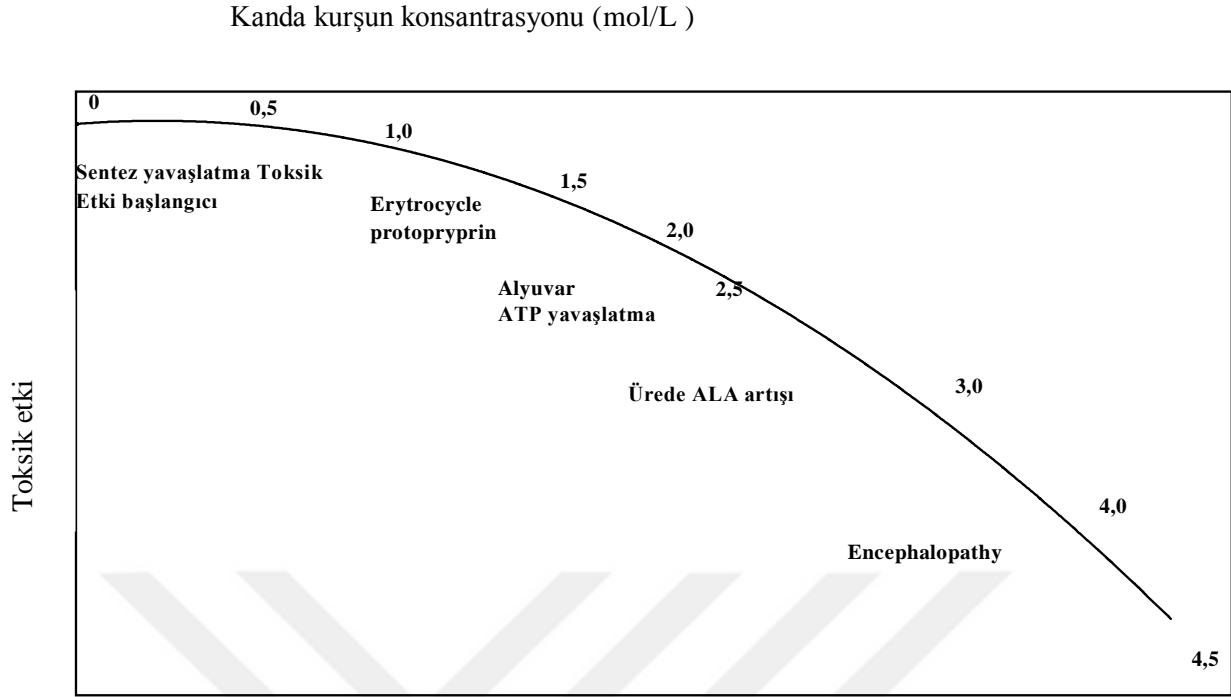
Kurşun insan faaliyetleri sonucu ekolojik sisteme önemli derecede zarar veren ilk metal olmakla birlikte atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıyan (çalışma ortamında izin verilen sınır 0,1 mg/m³), çevresel kirlilik oluşmasına neden olan en önemli ağır metaldir.

Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin dışında yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel faaliyet yapılan alanlara ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlar da kurşunun suya karışmasının nedenlerinden olabilmektedir. Günümüzde birçok kişinin kullandığı kozmetik malzemelerde bulunan çok sayıda pigment ve diğer ana maddelerde kurşun içermektedirler. Diğer taraftan ise sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyon ve geri kazanımı esnasında uygulanan “Kal” işlemi ile önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır.

İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 20-400 mg'ı geçmemektedir. Buna rağmen çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500-1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir.

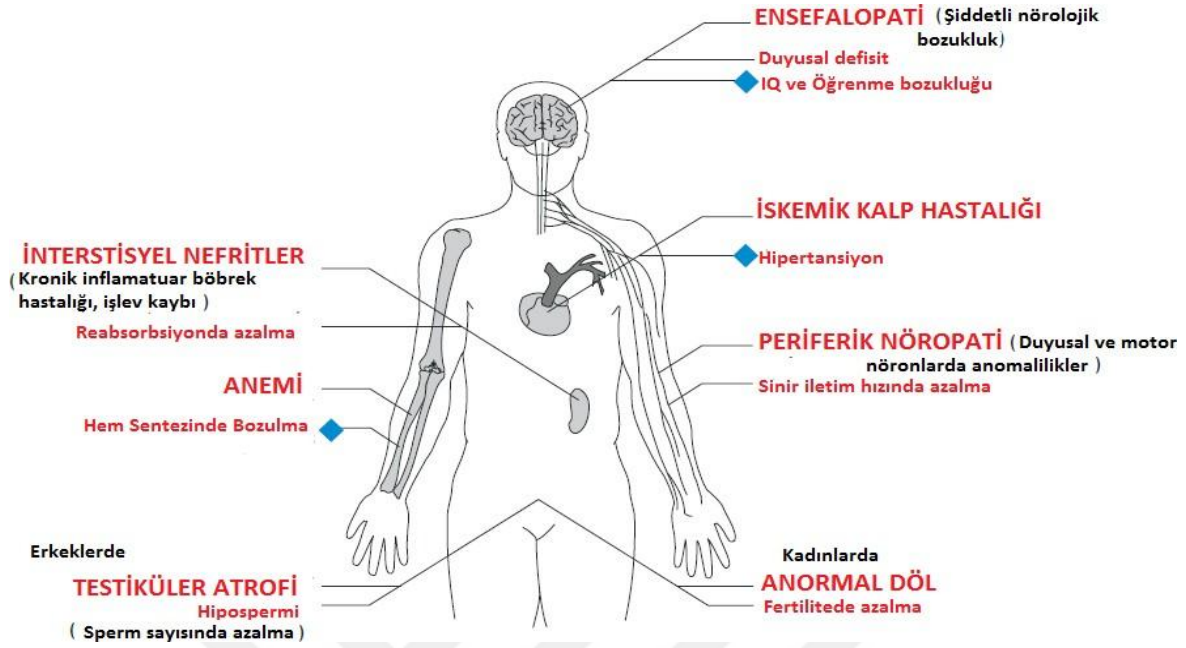
Kurşun insan vücudunda metabolize edilemeyen bir metaldir. Kurşunun insan vücudundaki emilimi % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmekle birlikte, çocuklarda yetişkinlere göre daha yüksektir. Bu oran bile, kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltarak birçok hastalığın habercisi olmaktadır. Kurşun kana karıştıktan sonra buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler aracılığıyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde çok büyük zararlara neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksindir yani sinir sistemi üzerinde zararlı etkisi olan zehirli madde olup, anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır.

Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda kanda kurşun miktarı arttıkça IQ seviyesinin düştüğü ve diğer taraftan kurşunun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da neden olmaktadır. Şekil 1.10.'da kanda bulunan kurşun miktarına bağlı olarak ortaya çıkan fonksiyon bozuklukları verilmiştir.



Şekil 1.10. Kanda bulunan kurşun miktarına bağlı olarak ortaya çıkan semptomlar (Baldwin ve Marshall, 1999)

Kurşunun çoğu kemiklerde depolanmasına rağmen beyne, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Kurşun oranı, ilerleyen yaşla beraber, kurşuna maruz kalınmasıyla artış göstermektedir. Kanda 40 mg/l seviyesini aşınca tansiyon artırıcı etki de ortaya çıkar. Diğer taraftan kronik kurşun alınımı ile sprem sayısı ve morfolojisinde sınırlanır. Dünya sağlık örgütü sınıflandırmasına göre (1995) kurşun 2. sınıf kansorejen gruptadır. Kurşunun insanlarda etkilediği fizyolojik sistemler ve organlar Şekil 1.11.'de olduğu gibidir. İster solunum ister sindirim sistemi ile alınan kurşunun vücutta ortaya çıkarttığı etkileşim aynıdır. Kurşun toksisitesindeki ana hedef, hem erişkinlerde hem de çocuklarda sinir sistemidir. Bunun yanısıra hematolojik sistemin, kalp-damar sisteminin ve böbreklerin de kurşuna duyarlı olması, kurşunun toksitesinin değerlendirilmesinde önemli bir role sahiptir.



Şekil 1.11. Kurşundan etkilenen sistem ve organlar (Özbolat ve Tuli, 2016)

1.4. Arıtma Çamuru

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğine göre arıtma çamuru, kentsel atıksu arıtma tesislerinden çıkan ham veya stabilize olmuş çamuru; olarak tanımlanmıştır (Anon, 2006). Ancak içeriği şehirselle ya da fabrika atık suyunun içeriğine bunların arıtılma şekline ve yöntemine göre değişmekle birlikte içerdikleri yüksek oranda N, P, ve K gibi besin maddeleri ile ağır metaller çevre kirliliğine neden olabilmektedir (Kumar, Baudhdh, Kumar, Dwivedi, Singh ve Barman, 2013). Arıtma çamurlarını uzaklaştırma yöntemleri arasında, tarımda kullanma, ormancılık ve verimsiz arazilerin ıslahı, depolama, yakma, kompostlamada katkı maddesi olarak kullanma, göl ve denizlere deşarj şeklinde olmaktadır (Tüfekçi, Gülbaba ve Tokgönül, 2008).

1.5. Mikrobiyal Gübre ve Mikrobiyal Gübrelemenin Faydaları

Mikrobiyal gübre bitki büyümesini harekete geçiren mikrobiyal grup biyo-gübre formülüdür. Bitkilerin tam beslenmesini sağlar ve toprağın sağlığını korur. Monokültürel tarım, pestisitler ve kimyasal gübreler gibi etkenler sonucunda doğal denge bozulmakta ve toprakta bitkileri güçlendiren mikroorganizmaların sayıları azalmaktadır. Mikrobiyal gübreleme bu doğal mikroorganizmaların çoğaltılarak uygun bir formülasyonda bitkilere verilmesidir.

Mikrobiyal gübreleme, bazı mikroorganizmaların topraklara veya tohumlara aşılınmaları yoluyla dolaylı olarak bitkilerin özellikle azot olmak üzere bazı besin maddesi ihtiyaçlarının

karşılanmasıdır. Bu amaçla, baklagil-rizobium, azolla-anabaena ve mikoriza yaşam şekilleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu gübrelemenin bilinen belli başlı faydaları bulunmaktadır. Bunları ifade etmek gerekirse; azotu bağlar, fosfatı çözer, potası harekete geçirir. Topraktaki mikro besinleri harekete geçirerek % 20-35 oranında besin değerini artırarak bitki büyümesini hızlandırır. Bitkinin bağışıklık sistemini zararlılara ve patojenlere karşı kuvvetlendirerek topraktaki toksinlerin azalmasına yardımcı olur. Bitki büyümesi ile birlikte topraktaki organik karbon içeriğini ve biyolojik parçalanmayı artırır. Toprak koşulları iyileşirken pH dengesini düzene sokar ve tohum çimlenme oranında artış meydana gelir. Kökün çoğalma, güçlenme ve uzama yüzdesini artırır. Üretim maliyetini azaltırken üretimi %20-30 oranında artırır. Sulama için su gereksinimini % 15-20 oranında düşürür. Kimyasal gübre ihtiyacını azaltır. Bitki kalıntılarının faydalı şekilde kullanılmasını sağlar.

1.6. Fitoremediasyonda Kullanılan Bitkiler

Toprak üstü organlarında topraktaki metal konsantrasyonundan 50 ila 500 kat daha fazla metal biriktirebilen bitkiler hiperakümülatör olarak adlandırılmaktadır (Clemens, 2006; Özay ve Mammadov, 2013). Diğer bir ifadeyle, hiperakümülatör bitkiler ağır metalleri herhangi bir toksisite semptomu göstermeksizin toprak üstü organlarında diğer bitki türlerine göre 100 ila 1000 kat daha fazla biriktirebilmektedir (Özay ve Mammadov, 2013). Yaklaşık 450 bitki türü (angiospermlerin sadece % 0,2'si) hiperakümülatör olarak tanımlanmıştır (Reeves, 2006). *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*, hiperakümülatör özelliğe sahip familyalardan birkaç tanesidir.

Genellikle hiperakümülatör bitki olarak kapalı tohumlulara ait olan dikotiledon yapraklı bitkiler kullanılmaktadır. Hiperakümülatör bitkiler kendi içerisinde iki ana gruba ayrılmaktadır. Birinci grupta, *Thlaspi* L. genusuna ait bitki türlerinde olduğu gibi birden fazla ağır metali aşırı miktarda bünyesinde biriktirebilen fakat az miktarda biyokütle oluşturan hiperakümülatör bitkiler yer almaktadır. İkinci grupta ise orta seviyede ağır metal biriktirebilen fakat yüksek miktarda biyokütle oluşturan *Helianthus annuus* L., *Nicotiana tabacum* L. *Brassica juncea* L. ve *Zea mays* L. gibi bitki türleri yer almaktadır (Memon, Aktoprakligül, Özdemir ve Vertii, 2001).

Baker ve Brooks'un (1989) çalışması hiperakümülatör bitkiler üzerine yapılan en önemli çalışmalardan birisidir. Bu çalışmaya göre kuru ağırlıklarında $> 100 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Cd}$, $> 1000 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Ni}$ veya Cu ve $> 10000 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Pb}$ biriktirebilen bitki türlerine hiperakümülatör bitkiler denir. Başka bir ifadeyle hiperakümülatör bitkiler diğer bitkilerle kıyaslandığında, genellikle sürgünlerinde 100 kat daha fazla metal biriktirebilen bitkilerdir. Hiperakümülatör bitkilerin, o çevredeki doğal bitki örtüsünün bir elemanı olması tercih edilmelidir. Bir hiperakümülatör bitkinin topraktan uzaklaştırdığı ağır metal miktarı, bitkinin dokularında biriktirdiği metalin derişiminin, bitkinin ürettiği biyokütle miktarına bölünmesiyle bulunur (Macek, Kotrba, Svatos, Novakova, Demnerova ve Mackova, 2008).

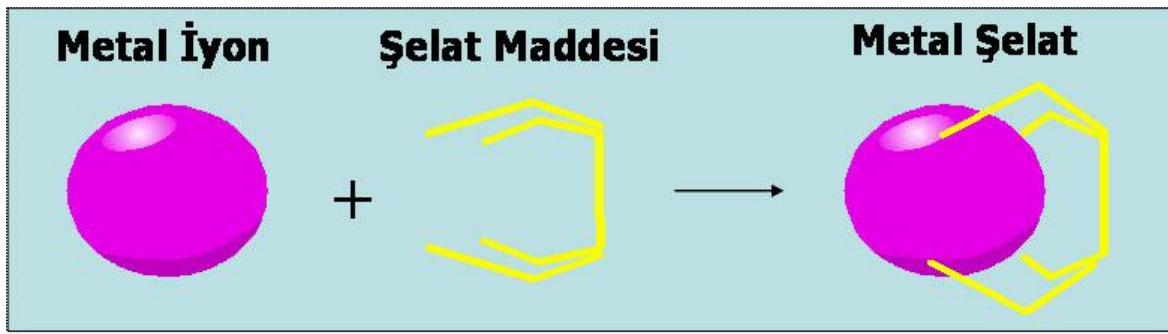
Kirli toprak ve diğer ortamların temizlenmesi ilk olarak yaklaşık 300 yıl önce bitkilerin atık sularda kullanılması ile başlamıştır. 1800'lerin sonlarında ise en önemli hiperakümülatör bitkilerden olan *Thlaspi caerulescens* L. ve *Viola calaminaria* L. yapraklarında yüksek seviyelerde metal biriktiren ilk bitki türleri olarak bulunmuştur (Baker ve Brooks, 1989). *Thlaspi caerulescence* Cd, Ni, Pb ve Zn; *Thlaspi goesingense* Ni ve Zn; *Thlaspi ochroleucum*, Ni ve Zn ve *Thlaspi rotundifolium* Ni, Pb ve Zn gibi bazı bitki türleri de birden fazla ağır metal türünü biriktirebilme özelliğine sahiptir. Aşağıdaki Çizelge 1.4' de yaygın olan bazı hiperakümülatör bitkiler gösterilmiştir.

Çizelge-1.4. Hiperakümülatör bitkiler

Bitki Türü	Metal	Metal temizleme (mg/kg)	
<i>Alyssum bertoloni</i>	Ni	10900	Li ve ark., (2003)
<i>Alyssum caricum</i>	Ni	12500	Li ve ark., (2003)
<i>Alyssum corsicum</i>	Ni	18100	Li ve ark., (2003)
<i>Alyssum heldreichi</i>	Ni	11800	Bani ve ark., (2010)
<i>Alyssum markgrafit</i>	Ni	19100	Bani ve ark., (2010)
<i>Alyssum murale</i>	Ni	4730-20100	Bani ve ark., (2010)
<i>Alyssum murale</i>	Ni	15000	Li ve ark., (2003)
<i>Alyssum pterocarpum</i>	Ni	13500	Li ve ark., (2003)
<i>Alyssum serpyllifolium</i>	Ni	10000	Prasad (2005)
<i>Azolla pinnata</i>	Cd	740	Rai (2008)
<i>Berkheya coddit</i>	Ni	18000	Mesjasz-Przybylowicz ve ark.,(2004)
<i>Corrogiola telephiifolia</i>	As	2110	Garcia-Salgado ve ark.,(2012)
<i>Eleocharis acicularis</i>	Cu	20200	Sakakibara ve ark.,(2011)
<i>Eleocharis acicularis</i>	Zn	11200	Sakakibara ve ark.,(2011)
<i>Eleocharis acicularis</i>	Cd	239	Sakakibara ve ark.,(2011)
<i>Eleocharis acicularis</i>	As	1470	Sakakibara ve ark.(2011)
<i>Euphorbia chetradenia</i>	Pb	1138	Chehregani ve Malayeri (2007)
<i>Isatis pinnatiloba</i>	Ni	1441	Altınözlü ve ark.,(2012)
<i>Pteris biaurita</i>	As	2000	Srivastava ve ark.,(2006)
<i>Pteris cretica</i>	As	1800	Srivastava ve ark.,(2006)
<i>Pteris cretica</i>	As	2200-3030	Zhao ve ark.,(2002)
<i>Pteris quadriaurita</i>	As	2900	Srivastava ve ark.,(2006)
<i>Pteris ryukyuensis</i>	As	3647	Srivastava ve ark.,(2006)
<i>Pteris vittata</i>	As	8331	Kalve ve ark.,(2011)
<i>Pteris vittata</i>	As	1000	Baldwin ve Butcher(2007)

1.7.Fitoremediasyona Şelat Etkisi

Şelat ismi Yunanca 'yengeç kısıkaçı' anlamına gelen 'chele' den türetilmiş bir kelimedir. Bitki besin maddelerinin kolaylıkla alınmasını sağlayan çinko, demir, magnezyum, bakır, mangan ve kalsiyum gibi pozitif yüklü katyonların, negatif yüke sahip en az iki elektro d6n6r atomu olan ligantla yapacakları organik yapılara şelat adı verilmektedir. Şelatlar kapsadıkları metali bitkinin kullanımına sunarlar fakat kendileri genellikle bitkiye girmezler. Şelatlar; şelat maddesi, şelat tarafından kapsanan metal ve ek iyonda olmak üzere 3 bileşenden meydana gelir (Şekil 1.12.).



Şekil 1.12. Şelat yapısı

Fitoremediasyon yönteminde şelat ilavesinin amacı topraktaki metallerin toprak içerisindeki hareketlerini arttırmak ve bitki bünyesi tarafından alınmasını kolaylaştırmaktır (Adiloğlu, Adiloğlu Açıkgöz, Yeniaras ve Solmaz, 2015). Literatürde en yaygın kullanılan şelatlaştırıcı maddeler arasında, EDTA (etilendiamintetraasetik asit), EGTA (etilenglutarik asit), DTPA (diethyltriaminpentaasetik asit), SDS (sodyumdodesilsülfat), NTA (nitrilotriasetat), (S,S)-EDDS (S,S-etilendiamindisüksinik asit), humik asit, borik asit vb. sayılabilir (Ladillas, 2012).

EDTA genel olarak toplam çözülmüş metal konsantrasyonunu arttırır. EDTA metalleri topraktan sıyırmakta ve onları kompleksler halinde toprak çözeltisine katmaktadır. Bu kompleksler bitki kökleri vasıtasıyla su ve besin maddesi alımı yoluyla bitki bünyesine kolaylıkla girebilmektedir. Normal toprak şartları altında 1 mol EDTA, 1 mol metalle kompleks oluşturur. Topraktaki şelat/metal oranı çok büyük bir öneme sahiptir. Bu oran arttıkça toprak çözeltisinde daha fazla şelat bulunacağından, çözülmüş metal miktarı da artacaktır (Nehnevajova, 2005; Vanlı, 2015). Ancak EDTA toprak asitliğini arttırdığından bitki büyüme ve gelişmesini engellediğinden toprağa ilavesi uygun dozlarda yapılmalıdır.

Piridin, nitro ve 1,10-fenantrolin ligandı ve türevlerinin metal şelatlayıcı özellikleri analitik kimyada, bioorganik araştırmalarda ve koordinasyon kimyasında sıklıkla kullanılmaktadır (Duman, 2007).

Hümik maddeler toprakta, sedimentlerde ve sularda bulunan organik maddenin bir kategorisi olup, bitki ve hayvan artıklarının parçalanmasından ve yeniden sentezlenmesinden meydana gelir (McCarthy, 2001). Hümik maddeler, bitkilerin çimlenmesini ve büyümesini uyarıcı olarak bilinirler. Metallerle bağları oluşturulmasında (Meisel, Lakatos, Mady, 1977) ve ağır metallerin toksik etkisini azaltmasında etkili olduğu araştırmalarla ortaya konulmuştur (Gerzabek ve Ullah, 1990). Hümik asitlerin besin elementleri içerik ve alımlarına ve tohumun çimlemesine olumlu etkide bulunduğu ve bitkiler tarafından ağır metal alımını da azalttığı bildirilmektedir (Sönmez, 2007). Yapılan başka bir çalışmada humik asitin bitkinin hücre zarının geçirgenliğini artırarak besin elementi alımına yardım ettiği ileri sürülmektedir (Waldigri, Pera, Agnolucci, Frassinetti, Lunardi ve Vallini, 1996).

1.8. Önceki Çalışmalar

Son yıllarda ağır metal ve ağır metal giderimi ile ilgili yapılan çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bunlar tek ağır metalli, birden fazla ağır metalli, şelatlı, şelatsız birçok araştırmayı içine almıştır. Bu konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda gösterilmiştir.

Vwıoko, Anolief ve Fashemi (2006), yaptıkları çalışmada yaprak, sap ve köklerden elde edilen metal derişimlerine bakılmıştır. *Ricinus communis* 'in spesifik metal birikimi Mn, Ni ve Pb' nun yüksek miktarda yapraklarda birikmiş olduğunu göstermiştir.

Melo, Costa, Guilherme, Faquin ve Nascimento (2009), *Ricinus communis* 'un besleyici solüsyonda büyütülmesiyle As birikimi ile fitoekstrasyon yeteneğini belirlemek amacıyla bu çalışmayı yapmışlardır. Sonuçlar artan As derişimlerinde besin çözeltisi içinde sürgün ve köklerde biyokütle azalmasına neden olmasına rağmen, 0 dan 5000 g/l As derişimlerinde *Ricinus communis* 'de şiddetli toksik semptomlara neden olmadığını göstermiştir.

Shi, Liu, Cai, Liu ve Hou, (2010), yaptıkları çalışmada *Ricinus communis* ' in diğer enerji ürünlerine göre daha fazla ağır metale toleransına sahip olup, başaklarında 50-200 mg/kg Cd biriktirdiğini bildirmiştir. Bu sonuç *R. communis* 'in yüksek Cd stresine toleranslı bir bitki olabileceğini göstermiştir.

Shi, Liu, Cai, Liu ve Hou (2010)'nun yaptıkları diğer çalışmada *Carthamus tinctorius*' un toksisite belirtisi göstermeden yapraklarında ve köklerinde Cd biriktirme özelliğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Huang, Yu, Wang, Gupta, He, Wang ve Yang (2011)'in yaptıkları çalışmada 23 farklı genotipe sahip *Ricinus communis*'in kirlenmiş topraklardan Cd ve DDT'nin hareketini ve alımını karşılaştırmıştır. *Ricinus communis* genotipleri Cd ve DDT alımında ve birikiminde büyük ölçüde değişiklik göstermiştir. Saksı başına toplam DDT alımı 83,1 µg ile 267,8 µg iken Cd alımı ise 66,0 µg ile 155,1 µg bulunmuş ve *R. communis*'un kirlenmiş topraklardan DDT ve Cd'un gideriminde hızlı büyüme, yüksek biyokütle ve güçlü emilimi ile DDT ve Cd giderimine katkıda bulunduğunu göstermiştir.

Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) bor toksisitesi ve humik madde uygulamasının etkileri araştırmasında pamuk bitkisinin, özellikle yaprakları aracılığıyla bor biriktirebildiği görülmüştür ve topraktaki yarayışlı bor içeriklerine göre fitoremediasyon kapasitesi hesaplandığında, verilen borun (B3 ve B4) sırasıyla 18,39 ve 45,57 yılda temizlenebileceği ortaya çıkmıştır (Kaptan, 2013).

Hindistanda *Brassica juncea* türü ile yapılan saksı denemelerinde Zn, Pb and Cd elementlerinin EDTA, oksalik asit, malik asit ve sitrik asit desteği ile topraktan arıtımında elde edilen sonuçlara göre EDTA ilavesinin akümüasyonu arttırdığı ancak organik asitlerden oksalik asit, malik asit ve sitrik asitin hemen hemen hiçbir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir (Wu, Luo, Xing ve Christie, 2014).

Li, Chaney, Brewer, Roseberg, Angle, Baker, Reeves ve Nelkin (2015)' nin çalışmalarında aspir (*Carthamus tinctorius* L.) yetiştirilen toprağın Cu ve Pb ağır metallerine maruz kalma etkilerini incelemişlerdir. Cu'nun düşük derişimlerde fide ve kök uzunluğu üzerinde uyarıcı etkisi olduğunu tespit etmiş, ağır metal derişimleri ve bitki büyümesinin engellenmesi arasında pozitif bir ilişki gözlenmiştir. Bitki boyu, kök uzunluğu ve kılcal kökte, Cu ve Pb'nun artan derişimleri ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.

Özay ve Mammadov (2013) ağır metaller ile kirlenen toprakların temizlenmesinde (fitoremediasyon) süs bitkilerinin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Süs bitkilerinin çevreyi güzelleştirirken aynı zamanda da topraktaki ağır metallerin temizlenmesine yardımcı olabileceği sonucuna varmışlardır.

Angelova, Akova, Krustev ve Ivanov. (2015) tesadüfî bloklar desenine göre 5 tekrarlı deneme ile gerçekleştirdikleri tarla denemelerinde test edilen organik değişiklikler önemli ölçüde aspirin tohumlarının ve yağının kimyasal yapısını etkilemiştir. Aspirin ağır metallere karşı toleranslı olduğunu ve ağır metal ile kirlenmiş toprakların fitoremediasyonunda ağır metal giderici bir şekilde kullanılabilirdiğini belirtmişlerdir.

Al Chami, Amer, Al Bitar ve Cavoski (2015)'nin yaptıkları çalışmada *Sorghum bicolor* ve *Carthamus tinctorius* bitkileri ile Ni, Pb ve Zn alımını incelemişlerdir. Türlerin köklerin sürgünlere göre daha çok metal biriktirdiğini bildirmişleridir. Metal toksitesi sırasıyla Ni > Zn > Pb olarak bulunmuştur. *S. bicolor* yüksek biyokütle üretimi ve nispeten sürgünlerdeki yüksek metal derişimi nedeniyle *C. tinctorius*'dan metal alımında daha etkili olduğu ifade edilmiştir.

Toprakta bulunan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve bor (B) elementlerinin, kolza (*Brassica napus* L.) bitkisi kullanılarak şelatör desteğiyle fitoremediasyon yöntemiyle giderilmesi adlı çalışmada, toprakta kirliliğe neden olan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve bor (B) elementlerinin hareket kabiliyetlerinin hümik asit (HA), Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA) ve Bacillus M3 (MO) gibi şelatlar ve ajan vasıtasıyla arttırılarak, hiperakümülatör bir bitki olan kolza (*Brassica napus* L.) yardımıyla uzaklaştırılması araştırılmıştır. Araştırma sonucunda bitki aksamalarının Pb, Cd ve B element içerikleri ve remediasyon parametreleri dikkate alındığında kök, gövde ve tohum aksamalarının element alımı üzerine en etkin şelat ve dozun 12 mmol kg⁻¹ EDTA uygulaması olduğu belirlenmiştir. Toplam Pb, Cd ve B elementlerinin uzaklaştırılmasında HA 500 mg/kg doz uygulamasının daha etkin olduğu tespit edilmiştir (Vanlı, 2015).

Labada (*Rumex patientia* L.) bitkisinin kurşun kirliliğinin gideriminde kullanım kapasitesinin araştırılması adlı çalışmada, kurşun ile kirlenmiş tarım arazilerinin şelat destekli fitoremediasyon yönteminde kurşun kirliliğinin giderimi için labada bitkisi yetiştirilerek etkisi araştırılmıştır. EDTA şelatör olarak kullanılmış ve labada bitkisinde kurşun birikiminin köklerde daha fazla olduğu, kurşun ağır metali ile kirletilmiş topraklarda labada bitkisinin kullanılabilceği belirtilmiştir (Adiloğlu, Adiloğlu, Açıkgöz, Yeniaras ve Solmaz 2015).

Ayçiçeği, mısır ve kanola bitkileri kullanılarak Pb, Cd, B elementlerinin topraklardan şelat destekli fitoremediasyon yöntemiyle giderilmesi çalışmasında çeşitli dozlarda kompleks yapıcı EDTA ilave edilerek, bitkilerin element giderim performanslarındaki değişimler gözlenmiştir. En yüksek birikim kanola bitkisinde olup artan şelat dozları, deneylerin çoğunda element alımını arttırıcı etki göstermiştir. Ayrıca kanola bitkisi bor elementini şelat desteği

olmadan yüksek miktarda biriktirebildiği, ayçiçeği ve mısırın ise zaten yüksek alım bor performansları önce biraz düşmüş ancak artan şelat dozlarında tekrar yükselişe geçtiği tespit edilmiştir (Vanlı, 2015).

Hindistanda yapılan diğer bir çalışmada arıtma çamuru ile yetiştirilen, yenilebilir bitkiler ve sebzeler bitkilerden olan *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera philoxeroides* ve *A.sessiles* türlerinde Zn ve Fe birikimi yüksek bulunmuş ve arıtma çamuru ile kirlenmiş alanların temizliğinde kullanılabilceği önerilmiştir (Padmapriya, Murugan, Ragavendran, Thangabalu ve Natarajan, 2016).

Yashim, Agbaji, Gimba ve Idris (2016), yaptıkları çalışmada *Ricinus communis* L.de (hint yağı bitkisi) fitoremediasyon kapasitesini değerlendirmek amacıyla bir çöp alanından Cd, Co, Ni ve Pb metalleri ile kirlenmiş kumlu ve çamurlu toprak örnekleri kullanmıştır. EDTA şelatı eklenmiş topraktaki metal değerleri işlenmemiş topraktan daha yüksek çıkmıştır. Hasat edilen bitkilerdeki metal seviyeleri Cd – 19, Co – 1.8, Cu – 1.5, Ni – 8.8, Pb – 2.1 ve Zn –1.4 mg/kg dır. BAF ve TF'ü sırasıyla metaller için: Ni> Cd > Co > Pb and Ni > Cd > Co ≈ Pb olarak tespit edilmiştir. *Ricinus communis* L. (hint yağı bitkisi) ağır metallerle kirlenmiş toprak için fitoremediasyon kapasitesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Wuana, Eneji ve Naku (2016), yaptıkları çalışmada hintyağının (*Ricinus communis*) belediye atık çamurundan bazı ağır metallerin fitoekstrasyonunu doğal ve tek veya karışık şelatlayıcılar ile deneysel olarak test etmişlerdir. Şelat uygulanan hintyağında hiçbir fitotoksik belirti görülmemiş olup kök ve sürgündeki metal derişimleri (mg/kg) artmıştır. Şelat dozu artışı ile ($p \leq 0.05$), metal seviyeleri maksimum seviyelere ulaşmıştır.

Kırat (2017), Görgü (Malatya-Yeşilyurt) Pb ve Zn cevherleşme alanında yetişen, *Astragalus pycnocephalus Fischer* (Keven) ve *Verbascum euphraticum* L. (Sığır kuyruğu)'nin köklerinde ve dallarında bulunan Cd, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonlarının belirlemek için bir araştırma yapmıştır. Bu bitkilerden ve topraklarından otuzar adet örnekleme yapmışlardır. Elde edilen analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, bu bitkilerin ağır metal tutan bitkiler olabileceğini ve Cd ve Pb metallerince kirlenmiş toprakların iyileştirilmesinde de kullanılabilceğini ifade etmişlerdir.

Rosenfeld, Chaney ve Martinez(2018), dört alan üzerinde kirlenmiş topraklarda *N. caerulea* ekotipi olan, bünyesinde Zn biriktiren *Prayon* hiperakümülatörü ve bünyesinde Zn ve Cd biriktiren *Ganj* hiperakümülatörü ile bunların Cd ve besin alınımı üzerinde çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak, topraktaki toplam Cd miktarının, Zn/Cd molar oranı veya toprak

pH'sı gibi tek tek zemin özelliklerinin, hiperakümülatör bitkiler tarafından Cd alımını doğru bir şekilde tahmin etmediğini bulmuşlardır

Dinh, Van Der Ent, Mulligan ve Nguyen (2018) hidroponik ortamda farklı Zn^{2+} ve Pb^{2+} işlem kullanarak hiperakümülatör *Noccaea caerulescens* (Brassicaceae) bitkisinin Zn ve Pb akümülyasyonunu araştırmıştır. Sonuçlar, *N. Caerulescens* bitkisinin Zn^{2+} birikimi için yüksek bir kapasiteye sahip olduğunu, bunun yanında yüksek düzeyde Pb^{2+} toleransına sahip olduğunu doğrulamıştır. Ayrıca çalışmada, genç bitkilerin yaşlı bitkilerden Zn^{2+} ve Pb^{2+} 'ye karşı daha fazla toleranslı olduğu bulunmuştur.

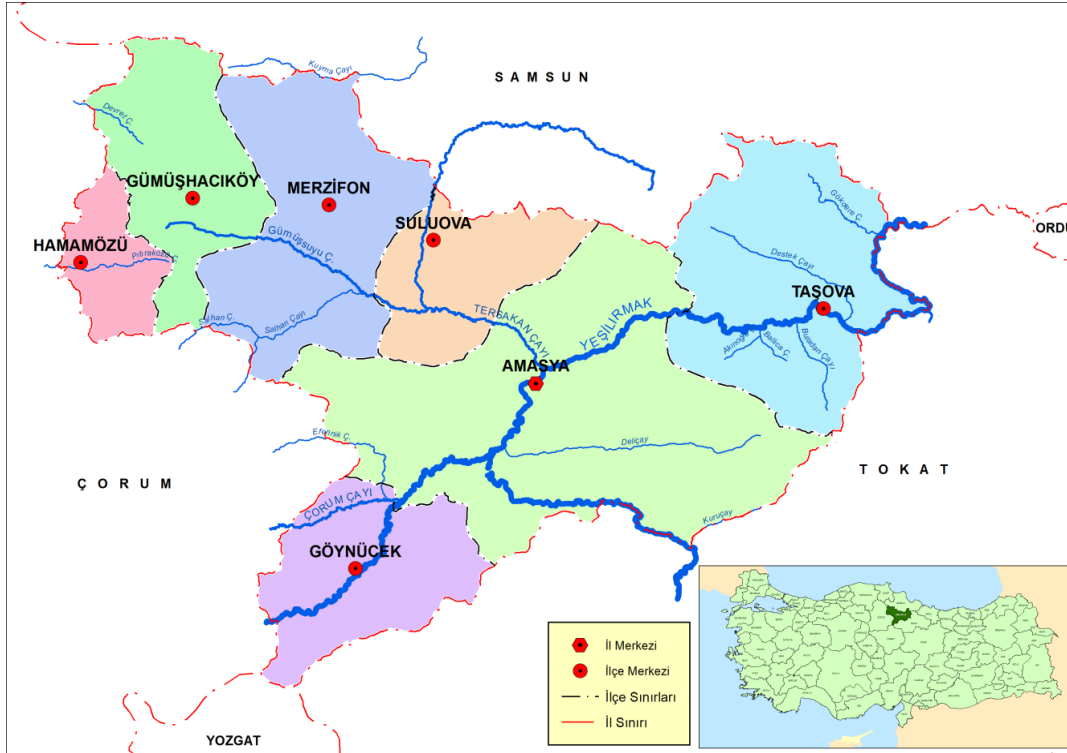
Lan, Yangn, Yan, Li ve Xu (2018), iyi bir Cd hiperakümülatörü olan *Microsorium pteropus* bitkisini incelemişlerdir Yüksek dozda Cd'ye maruz bırakıldıktan sonra, enzimatik oksidan konsantrasyonları (SOD ve POD) nemli düzeyde artarken, MDA seviyelerinin ise azaldığını bulmuşlardır. Cd 'ya maruz bırakıldığında klorofil floresans parametreleri için önemli bir farklılığın oluşmama nedenini, *M. Pteropus* bitkisinin kendini korumada oldukça etkili olduğuna yorumlamışlardır.

2.MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Deneme Alanının Özellikleri

Deneme 40° 52' 29.1756" kuzey enlemleri ve 35° 27' 42.3144" doğu boylamları arasında yer alan Amasya ili, Merzifon ilçesinde kurulmuştur. Merzifon'un denizden yüksekliği de (rakım) 740 m' dir. Orta Karadeniz bölümünde kıyıya paralel uzanan dağların gerisinde, dağlar ve platolar arasında küçüklü büyüklü havza ve ovalar uzanmaktadır. Bu kuşakta Tavşan (Taşan) Dağının (1900 m) güney eteklerinde doğudan Akdağ (2062 m), batıdan İnegöl (1864 m) güneyden Avrat Dağları ve Çakır Dağları ile çevrili Merzifon, Meşruf Deresi ile Paşa deresi vadileri arasında kendi adıyla anılan ovada yer almaktadır. İlçe doğuda Suluova, batıda Gümüşhacıköy, güneyde Amasya merkez ilçe, Çorum ili ve Mecitözü ilçesi, kuzeyde ise Samsun ilinin Vezirköprü ve Havza ilçeleri ile komşudur.

Merzifonun geçiş iklim özelliklerine sahip olma nedeni İç Anadolu Bölgesi karasal iklimi ile Karadeniz Bölgesi iklimi arasında oluşudur. Merzifon'da genellikle kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçmektedir. Çoğunlukla yıllık yağış kış aylarında yağmur ve kar şeklinde görülmektedir. Merzifonda uzun yıllar yağış ortalaması 418 mm ve ortalama sıcaklık 11,5 °C olarak ölçülmüştür. Ağustos ayı 13 mm yağışla yılın en kurak ayı olarak karşımıza çıkarken, ortalama 59 mm yağış miktarıyla en fazla yağış Mayıs ayında görülmektedir. 21,0 °C sıcaklıkla Temmuz yılın en sıcak ayı iken, Ocak ayında ortalama sıcaklık 0,9 °C olup yılın en düşük ortalamasıdır.



Şekil 2.1. Deneme alanı haritası

2.2. Element

Denemede sentetik olarak toprağı kirletmek için kurşun ağır metali kullanılmıştır. Literatür bilgilerine dayanarak, kurşun $Pb(NO_3)_2$ formunda 100 mgkg^{-1} Pb olarak toprağı ilave edilmiştir.

2.3. Toprak

Denemede iki çeşit toprak kullanılmıştır. Bunlardan ilki kurşun ağır metali ile sentetik olarak kirletilen toprak, diğeri ise doğal kirlilik içeren arıtma çamurudur. Sentetik olarak kirletilen toprak sanayi ve trafiğın olmadığı Merzifon ilçesine 37 km uzaklıkta Akören Köyü kırsalından 0-20 cm derinlikten usulüne uygun biçimde alınmıştır. Toprak örnekleri hava kuru ortamda kurutulup 2 mm'lik elekten elendikten sonra literatüre uygun şekilde ağır metalle kirletilmiş olarak kullanılmıştır. Toprak homojen hale getirildikten sonra 20 cm çapında plastik saksılara 3000 g/saksı olacak şekilde konulmuştur. Diğeri grup için doğal kirlilik içeren arıtma çamuru kullanılmıştır. Kullanılan toprağın kimyasal özellikleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Denemede kullanılan toprağın kimyasal özellikleri

Analiz	Toprak
Saturasyon	62
pH	7,76
EC (ds/cm)	572
Kireç (%)	14
Organik Madde (%)	7,99
Yarayışlı Fosfor (kg/da)	6,726
Yarayışlı Potasyum (kg/da)	7,116

Bafra ilçesi Belediye Atıksu Arıtma Tesisinden tedarik edilen çamur havuzu 60 m derinlikteki fiziksel arıtma, biyolojik arıtma ve susuzlaştırma birimlerinden meydana gelmektedir. Arıtma tesisinde ön çökertme havuzunda çökelen çamur, çürütme tankına stabilizasyon için gönderilmekte, burada havalandırılarak çamurun stabilizasyonu sağlanmaktadır. Çamur stabilize edildikten sonra, yoğunlaştırma havuzlarına tekrar gönderilerek katı madde yüzdesi artırılıp çamur hacmi azaltılmaktadır. Son durumda yoğunluğu artan çamur susuzlaştırılarak kek haline getirilmektedir.

2.4. Kullanılan Şelatlar

Bitkiler vejetatif büyümelerini tamamlamalarından sonra (8 hafta) toprağa şelat eklenmiştir. Şelat eklenmesinden bir hafta sonra bitkiler hasat edilmiştir. Çalışmamızda kullanacağımız şelatlar EDTA (Etilendiamin tetra asetik asit), Nitro (4-Nitrobenzaldehyde), Piridin (2,2 Bpiridin), 1-10 Fenantrolin ve Hümik asitten oluşmaktadır.

EDTA, Etilendiamin tetra asetik asit olarak bilinen poliamino karboksilik asit grubunda yer alır. EDTA metal iyonlarına karşı yüksek afinite gösterir. EDTA metal iyonlarını tutmak için kullanılır. Biyokimya ve moleküler biyoloji iyon tüketici olarak enzimlere karşı kullanılır. Analitik kimya da kompleksmetrik titrasyon, su sertliği maskeleyici ajanlar analizlerinde kullanılır. EDTA, dietilentrinitrilopentaasetik asit (DTPA), nitrilotriasetik asit (NTA), piridin-2,6-dikarboksilik asit (PDA) gibi sentetik şelatlama maddeleri, hem toprakta Pb'nin bulunabilirliğini hem de köklerden sürgüne translokasyonu arttırmak için önerilmiştir (De la Rosa , Jose, Milka, Jason, Irene ve Jorge,2004; Ehsan, Prasher ve Marshall 2007; Andra, Datta, Sarkar, Saminathan, Mullens ve Bach, 2009; Lambrechts, Gustot, Couder, Houben, Iserentant, Lutts ve 2011, Zaier, Ghnaya, Ghabriche, Chmingui, Lakhdar, Lutts ve Abdelly, 2014).

Polipiridin kompleksler metal-metal bağı, enerji transferi, DNA ile etkileşim ve paramanyetik metal merkezler arasında manyetik değişim gibi özelliklere sahiptirler. Seçici olarak katyonlarla kompleks vermelerinden dolayı kimyasal sensörler olarak, atık sulardan zehirli veya radyoaktif metal katyonların seçici olarak uzaklaştırılmasında, membran transportu, radyoizotopların immobilizasyonunda ve faz transfer katalizörü olarak kullanılır. Fonksiyonel 2,2'-bipiridinler önemli ve geniş kullanım alanlarına sahip ligandlardır. Periyodik tablodaki bütün geçiş metalleriyle koordinasyon kompleksi yapabilme kabiliyetine sahiptirler (Tadesse et al., 1999). N-donör ligandlar sınıfından olan polipiridin kompleksleri, 2,2'-bipiridin, 1,10-fenantrolin, çok dişli polipiridin ligandların metal iyonlarıyla yaptıkları koordinasyon bileşikleridir. N-donör ligandların metal kompleksleri birçok organik transformasyonu katalizlediklerinden çok büyük ilgi çekmektedirler (Patra,2003; Doğan, 2006). Bu kompleksler ısıya, ışığa ve elektrik akımına karşı dayanıklıdır çünkü metal ile ligand arasındaki bağ genelde çok kuvvetlidir. Bunun dışında, ligandın kendisi de kararlıdır 1,10-Fenantrolin ligandı ve türevlerinin metal şelatlayıcı özellikleri analitik kimyada, bioorganik araştırmalarda ve koordinasyon kimyasında sıklıkla kullanılmaktadır.

Piridin, nitro ve 1,10-fenantrolin ligandı ve türevlerinin metal şelatlayıcı özellikleri analitik kimyada, bioorganik araştırmalarda ve koordinasyon kimyasında sıklıkla kullanılmaktadır (Duman 2007).

Hümik asit bitki ve hayvan artıklarının parçalanmasından ve yeniden sentezlenmesinden meydana gelir. Humusun en aktif maddesi olup metallerle bağ oluşturma, ağır metallerin toksik etkisini azaltıcı etkisi vardır.(Meisel vd., 1977; McGarthy, 2001; Gerzabek ve Ullah, 1990; Waldigri, Pera, Agnolucci, Frassinetti, Lunardi ve Vallini, 1996). Hümik asit, uzun zincir moleküler yapıdadır. Koyu kahverengi ve siyah arasında bir renge sahiptir. Organik madde hayvansal ve bitkisel kalıntıların biyolojik ve kimyasal humifikasyonu ile mikro organizmaların biyolojik aktivitesi sonucunda oluşur. Doğal hümik maddenin temel fraksiyonu hümik asitlerdir. Bu asitler bitkiler ve toprağa doğal aynı zamanda organik yolla yaşamsal besin maddeleri, izolemanları ve vitaminleri sağlamanın en iyi yoludur. Hümik asitler, torf yataklarında, toprakta, taze su kaynaklarında, linyit katmanlarında ve leonardit madeninde bulunmaktadır. Bunlar koloidal maddeler olup, kil gibi hareket ederler. Hümik molekülünde katyon değişim siteleri hidrojen iyonu ile doldurulduğunda meydana gelen maddenin hümik asit olduğu düşünülür. Biyolojik etkileri ise daha çok mikroorganizmaların aktivitelerinin artırılmasında görülür. Hümik asitler fiziksel ve kimyasal açıdan iyi bir toprak

oluşturulmasında, toprağın süzme özelliğinde, havalandırmada, topraktaki iyon değişiminde, nem tutmada, toprağın tamponlanmasında önemli etkiler yapar. Verimli toprak üretmek için, mineralizasyon süresince gereken besin maddelerinin ortaya çıkışını sağlayan hümik asitlerin önemli destekleri bulunmaktadır. Yapılan araştırmalara göre toprağın verimliliği içinde bulunan hümik asitle orantılı şekilde belirlenmektedir. Bu asitlerin en önemli özelliği çözünemez metal iyonlarını, hidroksit ve oksitleri gerektiği zaman bitkilere yavaşça ve sürekli olarak verme yeteneğinin olmasıdır.

2.5. Bitkiler

Brassica napus (LİCORD), *Chenopodium quinoa* (TİTİCACA) türlerinin tohumları 20 adet ve *Allium cepa* ticari 1 numara arpacık tohumu her saksıya 10 adet ekilmiştir. Çizelge 2.2.'de görüldüğü şekilde belli dozlarda şelat ilavesi yapılmıştır.

Çizelge 2.2. Denemede kullanılan türler ve ilave edilen şelatlar

Toprak	Türler	Element	Şelat	Şelat dozu (3 tekrar)	Mikrobiyal gübre+şelat (3 tekrar)
Bahçe toprağı	<i>B. napus</i>		EDTA	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹
			Nitro	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹
Arıtma çamuru	<i>C. quinoa</i>	Kurşun (Pb)	Piridin	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹	0-2,5-5-10mmol kg ⁻¹
	<i>A.cepa</i>		1-10 Fenantrolin	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹
			Hümik asit	0-2,5-5-10 mmol kg ⁻¹	0-2,5-5-10mmol kg ⁻¹

2.5.1. Kanola(*B. napus* L.) genel özellikleri

Hiperakümülatör olarak bilinen birçok türü barındıran Brassicaceae familyasına ait olan *B.napus* L.(kanola) Türkiye’de rapiska, rapitsa, kolza isimleriyle de bilinilir. *B.napus* bitkisi kazık köklü bir bitkidir. Otsu olan bu bitki kışlık ve yazlık olmak üzere iki fizyolojik döneme sahiptir. *B.napus* tanesinde %38-50 oranında yağ, %16-24 oranında protein bulunan, oleik ve linoleik asit miktarı bakımından zengin ve yağının kaynama noktasının yüksek olması (238 °C) gibi özellikleri bakımından önemli bir yağ bitkisidir (Öner, Gizlenci ve Acar, 2013).



Resim 2.1.*B. napus*

Literatür bilgilerine bakıldığı zaman *B. napus* türü ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Kanolanın fitoremediasyon yönteminde iyi bir hiperakümülatör olduğu tespit edilmiştir. Ancak Amasya koşullarında ve nitro, piridin 1-10 fenantrolin şelatları ile böyle bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca *B.napus* seçiminin bir başka nedeni Amasya koşullarında kurulan denemede daha önce fitoremediasyon araştırmalarında kullanılmayan *C. quinoa* ve *A.cepa* bitkilerinin hiperakümülatörlük özelliklerinin mukayesesi yapılabileceği düşünülmektedir.

2.5.2. Kinoa (*C. quinoa* Willd.) genel özellikleri

Kinoa olarak bilinen *C. quinoa* Willd. kazayağıgiller (*Chenopodiaceae*) familyasına ait tek yıllık bir bitki olup, son yıllarda insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan, üzerinde yoğun çalışmalar yapılan bir türdür. *C. quinoa* çift çenekli, tohumla çoğalan (terofit) otsu bir bitkidir. Kurağa dayanıklılık sağlayan gelişmiş ve dallanmış kazık bir kökü vardır. Bitki boyu dik olarak 40-150 cm boylanır (Bhargava A, Shukla, Ohri, 2007). Kurak şartlarda kök gelişmesi iyidir. Tuzluluğa orta derecede dayanıklı olup, 6-8,5 pH sınırlarında yetişmektedir (Tan ve Yöndem, 2013). *C. quinoa* bitkisinin seçilmesinin nedeni her türlü toprağa uyum sağlayabilir olması ve hızlı büyümesi iyi gelişmiş kök ve gövde sistemine sahip olmasıdır.



Resim 2.2.C. quinoa

2.5.3. Soğan (*A. cepa* L.) genel özellikleri

Amaryllidaceae familyasına ait bir tür olan *A. cepa* L. monokotiledon bir bitkidir. *A. cepa* bitkisinin anavatanı Asya'dır. Amasya'da yetiştirilen önemli tarım bitkileri arasındadır. Bileşimine bakıldığında uçucu ve sabit yağ, şekerler, fermentler ve amino asitler olduğu görülmektedir. *A. cepa*, A, B ve C vitaminleri ile potasyum, magnezyum, kalsiyum, sodyum, iyot, fosfor ve kükürt mineralleri bakımından oldukça zengindir. *Allium* cinsi üzerinde araştırmalar yapılmış bunlardan biri *Allium sativum* L. türü üzerinde yapılan çalışmadır (Jiang, Liu ve Hou, 2001), bu türün topraktan Cd alımı ile ilgili başarılı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Cd ile muamele edilen topraktan kontrolün yaklaşık 1,826 katı Cd biriktirme yapabildiği tespit edilmiştir. Literatürde *A. cepa* L. türünün hiperakümülatörlük özelliği ile

ilgili başka herhangi bir çalışmaya rastlanılmamış olması ve Amasya koşullarında iyi ve hızlı yetişiyor olması bitkinin seçiminde önemli etki olmuştur.



Resim 2.3.A. *cepa*

2.6. Toprak ve Bitki Örnekleri Üzerinde Yapılan Çalışmalar

2.6.1. Toprak örneklerinin hazırlanması

Çalışma alanını oluşturmak için öncelikle kullanılacak olan toprak örnekleri yöntemine uygun olarak yani toprak yüzeyinde taş ve bitki artığı olmayacak şekilde 0-20 cm derinden alınarak hava kuru ortamda kurutulmuştur. Arıtma çamuru da yine aynı şekilde hava kuru ortama alınarak kurutulmuştur. Kurutulan topraklar 2 mm'lik eleklerden elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Daha sonra saksılara koyularak denemenin ilk kısmı oluşturulmuştur.

2.6.2. Bitki örneklerinin hazırlanması ve analizleri

Tohum dezenfeksiyonu

B.napus, *C. quinoa* ve *A.cepa* tohumları daha önce % 10 sodyum hipoklorür çözeltisi ile yüzey sterilize edildi. Daha sonra, tohumlar 2 saat boyunca steril damıtılmış suya batırılmış ve sonrasında 5 dakika süreyle % 3.5 hidrojen peroksit çözeltisine daldırılmış ve son olarak steril damıtılmış su ile durulanmıştır.

Tohumların ekimi

Tohumların ekim işleminde ilk olarak 20 cm çapındaki saksılara 3000 g/saksı olacak şekilde toprak eklenmiş daha sonra saksı başına Kanola (*B. napus* L.)'dan 20 adet, kinoa (*C. quinoa* Willd.)'dan 20 adet ve soğan (*A. cepa* L.)'dan 10 adet olmak üzere ekimleri yapılmıştır. Literatür bilgilerine dayanarak, ekim sonrası kurşun Pb (NO₃)₂; formunda 100 mgkg⁻¹ Pb olarak toprağa eklenmiştir.

Mikrobiyal gübre eklenmesi

Tohum ekiminden sonra, daha öncede belirtildiği gibi literatür bilgileri doğrultusunda kurşun Pb(NO₃)₂; formunda 100 mgkg⁻¹ Pb şeklinde toprağa ilave edilmiş ve sonra deneme saksılarının belli bir kısmına 100 ml'ye 1 lt olacak şekilde hazırlanan karışımli mikrobiyal gübre olan BM-MegaFlu markalı gübre deneme saksılarında toprak yüzeyine eklenmiştir.

Şelat eklenmesi

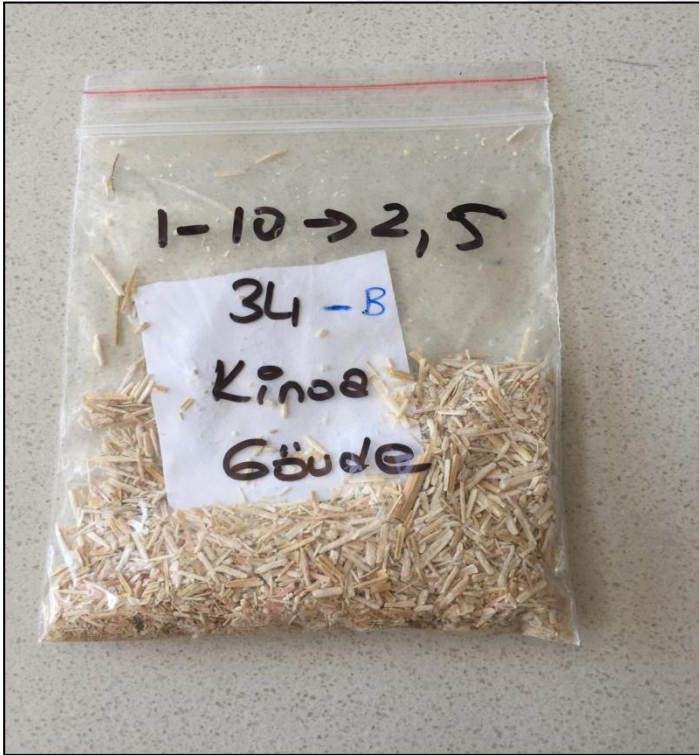
Ekimi yapılip şelatları ilave edilen tohumların vejetatif büyümelerini tamamlamalarından sonra (8 hafta) toprağa 0-2,5-5,0-10 mmol kg⁻¹ dozlarında EDTA, nitro, piridin, 1-10 fenantrolin ve hümik asit şelatları ilave edilmiştir.

Hasat

Şelat ilavesi yapıldıktan 1 hafta sonra bitkiler hasat edilmiştir. Hasat sonrası tüm bitkiler kök bölgesindeki çamurlardan ve diğer nesnelere arındırılmak için yıkanmıştır. Kuruma işleminden önce tüm bitkilerin yaş ağırlıkları alınmıştır. Sonra kapalı bir ortama kurutma kağıtlarının üzerine alınarak kurumaya bırakılmıştır.

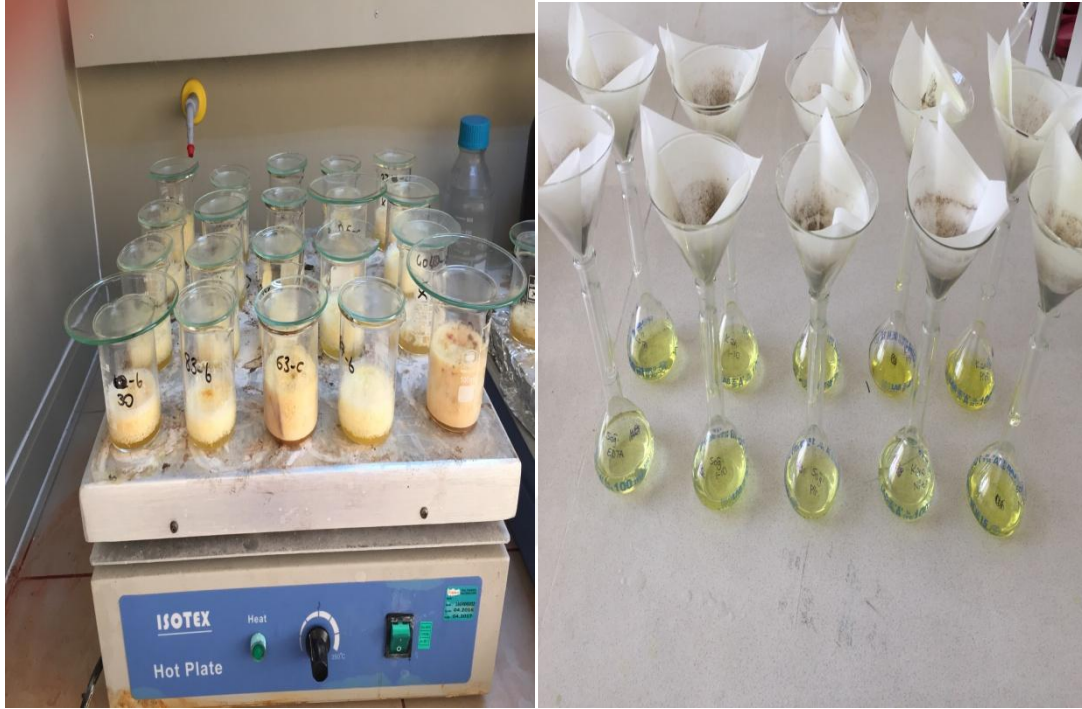
Bitki örneklerinin analize hazırlanması ve analiz

Hasat edilip kurutulan bitkilerin bu işlemde sonra kuru ağırlıkları alınarak kök, gövde ve yaprak olarak kısımlarına ayrılıp kök ve yapraklar blender ile gövde ise büyük bitki öğütücüsü ile öğütülmüştür (Resim 2.4). Her işlemin sonrası blender bıçakları ve haznesi olası bir kontaminasyonu önlemek amacıyla, % 96'lık etil alkol ve aseton ile temizlenmiş, daha sonra distile sudan geçirilerek kurulmuştur.



Resim 2.4. Öğütülmüş Bitki Örneği

Öğütülmüş bitki örneği alınarak hassas terazide 1'er gr tartılarak behere konulmuş, üzerine 10 ml konsantre Nitrik asit (HNO_3) ve 2 ml Hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edilip beherler hafif çalkalanarak bitki örneğinin asit ile homojen bir şekilde ıslanması sağlanmıştır. Daha sonra numunelerin ağızları saat camıyla kapatılarak bir gece bekletilmiştir. Ertesi gün numuneler hotplate üzerine alınarak 3-4 saat ısıtılmış ve örneklerin rengi açık sarı renge dönüşene kadar ve içerisinde bitki örneği kalmayana kadar yakılmıştır (Resim 2.5.).



Resim 2.5. Örneklerde Yakma İşlemi

Yakma işlemi bittikten sonra süzülerek falkon tüplere alınmıştır. Örneklerin ICP-OES yöntemine göre standart seri okumaları yapılarak ve numunelerde okuma işlemine başlanmıştır. Her bir örnekteki Pb konsantrasyonları 3 tekrarlı olacak şekilde ölçülmüş ve ortalama değerleri alınmıştır (Çayır, Coşkun ve Coşkun, 2007).

2.6.3. Toprak örneklerinin hazırlanması ve analizleri

Bitki örnekleri hasat edildikten hemen sonra her bitkiye ait toprak örnekleri ayrı ayrı kurutma kaplarına alınarak hava kuru ortamda kurutulmuştur. Kuruyan toprak örnekleri 2 mm 'lik elekten elenmiştir. Kontaminasyona engel olmak için her defasında elek saf su ve %96'lık etil

alkolle yıkanmış, örnekleri kontaminasyona karşı koruyabilmek için tekrar numune saklama kaplarına konularak üzerlerine alındıkları saksının numarası yazılarak muhafaza edilmiştir.

Hassas terazi yardımıyla 5 gr toprak örneği alınıp beherlere konmuştur. Daha sonra üzerine 10 ml kral suyu (1 hacim HNO₃ + 3 Hacim HCl) ilave edilmiş ve beher içinde olan numune hafif çalkalanarak toprak örneğinin asit ile iyice ıslanması sağlanmıştır. Hazırlanan örnekler ağızları kapalı şekilde iki gün bekletilmiştir. İki gün sonunda örnekler 100 ml hacimli balon jojelere süzölmüş ve saf su ile 100 ml' ye tamamlanmıştır. Falkon tüplere alınan numunelerin ağır metal miktarı ölçölmek üzere ICP-OES yöntemine göre standart seri okumaları yapılmıştır. Her bir örnekteki ağır metal konsantrasyonları art arda 3 kez ölçölmüş ve ortalama değeri alınmıştır (Çayır vd., 2007).

2.6.4.Toprak analizleri

Örneklerin suyla doygunluk, pH, EC, kireç, organik madde, fosfor ve potasyum değeri standart yöntemlerle analizleri yapılmıştır.

Suyla doygunluk (İŞBA), pH ve EC analizi

Suyla doygunluk (İŞBA) yönteminin esası, toprağı belli kurallar dahilinde saf su ile doyurarak kabaca toprağın bünyesini, toprak reaksiyonunu (pH) ve elektriksel iletkenliğini (EC) bulmaya dayanır. Analize hazırlanan topraklardan 100 g örnek alınır. Üzerine azar azar saf su ilave edilerek karıştırılır. Akışkan, üzeri parlak, satire bir hal aldığında su ilavesi durdurulur ve harcanan su miktarı okunur. Hazırlanan saturasyon çamuru kapalı kaplarda bir gece bekletilir ve ertesi gün toprak pH ve EC'si pH metre ve EC metre yardımıyla okunarak hesaplaması yapılır (Richards, 1954).

Kireç analizi

Kireç analizinin esası, toprağın seyreltik hidroklorik asitle Scheibler kalsimetresinde işleme tutularak açığa çıkan karbondioksitin hacminin ölçölmesine dayanır. Kalsimetre şişeleri içine koyulan 1 g veya 0,5 g örnek üzerine hazırlanan hidroklorik asit çözeltisi eklenir ve gerekli işlem yapılarak açığa çıkan karbondioksit miktarı kalsimetrenin dereceli bölmesinden okunur (Çağlar, 1949).

Organik madde analizi

Organik madde (%) konsantrasyonları Modifiye Walkley-Black Yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntem; toprağı potasyum dikromat ve sülfirik asit ile işleme tabi tutmak suretiyle

kapsadığı organik karbonun potasyum dikromat ile oksitlenmesini sağlamak ve oksidasyon için kullanılan miktardan arta kalan potasyum dikromat, baryum difenilamin sülfonat indikatörü kullanılarak standart demir sülfat ile titre edilmek suretiyle toprakta bulunan organik karbonu saptayarak buradan organik madde miktarını bulmaya yöneliktir (Walkley, A.1947).

Fosfor analizi

Toprakta P tayini toprakta bulunan P'ü sodyum bikarbonat 0,5 M NaHCO₃ (pH 8,5) çözeltisi ile açığa çıkararak çözeltide bulunan P miktarına göre mavi renk oluşturan bir ortamda P'ü bağlayıp indirgeyerek elde edilen mavi rengin yoğunluğunun spektrofotometrede okunması ve okunan değerlerin aynı koşullarda hazırlanmış ve içindeki P miktarı bilinen standartlarla kıyaslanması esasına dayanmaktadır .

Potasyum analizi

Toprakta K tayininin esası, toprakta bulunan K'ü 1,0 N pH 7,0 olan amonyum asetat çözeltisi ile açığa çıkararak çözeltiye geçen potasyumun AAS' de okunmasına dayanmaktadır.

2.6.5. Bitki gelişimi ile ilgili ölçümler

Çimlenme oranı:

Ekilen tohum sayısı ile çimlenen tohum sayısı farkı alınıp % oranı hesaplanmıştır.

Yaş ağırlık ve kuru ağırlık

Bitkiler hasat edildikten önce çeşme suyu sonra saf su ile yıkanarak durulanmış kurutma kağıdına alınarak bir süre beklenmiştir. Daha sonra yaş ağırlıkları hassas terazi yardımıyla ölçülerek not edilmiştir. Bu bitkiler 70°C'de etüvde kurutulmuştur. Kuruduktan sonra da kuru ağırlık ölçümü yine hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür.

Bitki boyu

Cetvel ile toprak üzerinden ölçüm yapılmıştır.

2.6.6. Verileri değerlendirme

Fitoremediasyon amacıyla yetiştirilecek bitkilerin seçiminde BCF ve TF değerleri ile değerlendirilir. Bitkilerce element alımlarının büyüklüğü, Biriktirme Faktörü

(Bioconcentration factor, BCF) cinsinden ifade edilmektedir. Biriktirme faktörü bitkideki ağır metal derişiminin, topraktaki ağır metal derişimine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Ladislas vd., 2012).

Biriktirme Faktörü (BCF) = Hasat edilen bitkideki ağır metal derişimi / Toprak ağır metal derişimi

Bitkilerin metal alım ölçüsünü ifade eden diğer bir gösterge ise Taşıma Faktörü'dür (Translocation Factor, TF). Taşıma faktörü ağır metallerin kökten üst organlara doğru hareketinin bir göstergesidir ve bitkinin gövdesindeki ağır metal derişiminin, köktekine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.

Taşıma Faktörü (TF) = Sürgün ağır metal derişimi / Kök ağır metal derişim

Bitki büyüme indeksi olarak tolerans indeksi (Tİ), kök ve yeşil aksam uzunluğu, kök ve yeşil aksam yaş ve kuru maddesi gibi bitki büyüme parametrelerini esas alır ve şu şekilde hesaplanır (Wilkins, 1978).

$$Tİ(\%) = (\text{Metal uygulanan bitki büyüme parametreleri} / \text{Kontrol bitki büyüme parametreleri}) \times 100$$

Yapılan araştırmada bitki büyüme parametreleri olarak kök ve yeşil aksam yaş ve kuru kütlesi, kök ve yeşil aksam boyu kullanılmıştır.

Her bir örnekteki ağır metal konsantrasyonları 3 tekrarlı 5 seri ölçüm yapılarak belirlenmiş ve verilerin istatistiksel analizleri SPSS (Version 15) paket kullanılarak yapılmıştır

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Fenolojik Bulgular

B.napus türünde EDTA şelatı uygulanan saksılarda kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında yüksek miktarda gözlenmiştir. Gövde gelişimi (cm) için en yüksek değer ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise aynı yüzdede tespit edilen % 25 oran ile 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ dozunda gözlenmiştir.

B.napus türünde nitro şelatı uygulanan saksılarda kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozunda eşit ve yüksek oranda tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ nitro karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise %20 ile 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında gözlenmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan şelat karışımlarında *B. napus* bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri

<i>B. napus</i>		Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Çimlenme %	Yaş ağırlık	Yaş ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)
	0	15±0,15*	100	45±0,14	100	25±0,09	100	20	5,84±0,09	1,00	0,66±0,05	1,02
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	17±0,13	113	48±0,10	107	28±0,11	112	25	2,49±0,06	0,42	0,21±0,04	0,32
	5	14±0,10	93	50±0,15	111	27±0,10	108	15	3,33±0,07	0,57	0,51±0,02	0,77
	10	17±0,10	113	44±0,15	98	27±0,08	108	25	2,17±0,05	0,37	0,44±0,02	0,67
Nitro (mmol kg ⁻¹)	0	18±0,11	100	48±0,12	100	26±0,09	100	25	2,92±0,05	0,50	0,48±0,03	0,73
	2,5	16±0,14	89	48±0,13	100	28±0,11	108	20	4,62±0,08	0,79	0,71±0,06	1,08
	5	16±0,15	89	47±0,09	98	24±0,12	92	15	2,66±0,07	0,45	0,36±0,02	0,55
Piridin (mmol kg ⁻¹)	10	14±0,15	78	51±0,11	106	25±0,10	96	15	3,05±0,07	0,52	0,47±0,04	0,71
	0	15±0,11	100	52±0,13	100	25±0,10	100	15	4,60±0,08	0,78	0,66±0,06	1,00
	2,5	15±0,12	100	50±0,16	96	28±0,11	112	15	3,96±0,05	0,67	0,58±0,08	0,88
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	5	17±0,15	113	44±0,11	85	24±0,11	96	25	4,20±0,02	0,71	0,47±0,01	0,71
	10	17±0,13	113	45±0,13	87	25±0,10	100	20	4,83±0,05	0,82	0,54±0,02	0,82
	0	18±0,09	100	48±0,09	100	26±0,09	100	20	3,08±0,06	0,52	0,49±0,06	0,74
Hümk asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	16±0,14	89	50±0,15	104	26±0,09	100	25	2,31±0,03	0,39	0,36±0,08	0,55
	5	16±0,13	89	44±0,11	92	28±0,12	108	10	1,87±0,02	0,32	0,21±0,07	0,32
	10	14±0,11	78	48±0,14	100	24±0,10	92	15	3,64±0,06	0,62	0,46±0,09	0,70
Hümk asit (mmol kg ⁻¹)	0	15±0,10	100	42±0,12	100	25±0,10	100	20	3,87±0,06	0,66	0,52±0,09	0,79
	2,5	16±0,16	107	40±0,17	95	25±0,09	100	20	3,49±0,05	0,59	0,56±0,05	0,85
	5	19±0,15	127	45±0,12	107	22±0,08	88	25	2,42±0,04	0,41	0,39±0,05	0,59
	10	20±0,12	133	45±0,13	107	27±0,11	108	15	3,08±0,04	0,52	0,50±0,04	0,76

*SD-Standart sapma

B.napus türünde piridin şelatı uygulanan saksılarda kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri yüksek miktarda 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ de tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ da bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ piridin karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 25 ile 5 mmol kg⁻¹ piridin karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ piridin eklenen saksılarda ve en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ de gözlenmiştir.

B.napus türünde 1-10 fenantrolin şelatı uygulanan saksılarda kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozlarında eşit ve yüksek miktarda tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında gözlenmiştir. % 25 oran ile 2,5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında ise en yüksek çimlenme görülmüştür. 10 mmol kg⁻¹ dozunda da en yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri gözlenmiştir.

B.napus türünde hümik asit şelatı uygulanan saksılarda kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise 10 mmol kg⁻¹ hümik asit karışımında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ hümik asit karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ hümik asit karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 25 ile 5 mmol kg⁻¹ dozları eklenen hümik asit karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri hümik asit şelatının 2,5 mmol kg⁻¹ karışımında gözlenmiştir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan şelat karışımlarında *C. quinoa* bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri

<i>C. quinoa</i>		Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Çimlenme %	Yaş ağırlık	Yaş ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)
	0	10±0,14*	100	16±0,17	100	3±0,08	100	25	1,26±0,03	1,00	0,18±0,02	1,00
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	9±0,12	90	16±0,17	100	2±0,06	67	40	2,14±0,05	1,69	0,22±0,03	1,22
	5	8±0,10	80	17±0,17	106	3±0,09	100	30	1,38±0,02	1,09	0,19±0,02	1,06
	10	11±0,15	110	15±0,16	94	3±0,07	100	25	2,03±0,05	1,61	0,20±0,03	1,11
Nitro (mmol kg ⁻¹)	0	10±0,14	100	16±0,15	100	3±0,08	100	40	1,16±0,04	0,92	0,15±0,01	0,83
	2,5	10±0,14	100	16±0,12	100	4±0,10	133	35	1,42±0,02	1,12	0,21±0,01	1,17
	5	8±0,11	80	15±0,14	94	3±0,08	100	30	1,33±0,02	1,05	0,20±0,02	1,11
Piridin (mmol kg ⁻¹)	10	9±0,13	90	14±0,13	88	3±0,08	100	30	1,47±0,03	1,16	0,19±0,03	1,06
	0	9±0,12	100	14±0,14	100	4±0,09	100	40	2,03±0,04	1,61	0,29±0,02	1,61
	2,5	11±0,15	122	12±0,12	86	4±0,10	100	35	1,18±0,02	0,93	0,28±0,01	1,56
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	5	10±0,13	111	15±0,14	107	1±0,05	25	40	2,83±0,05	2,24	0,33±0,04	1,83
	10	10±0,12	111	17±0,16	121	3±0,08	75	45	1,24±0,04	0,98	0,19±0,01	1,06
	0	8±0,11	100	17±0,15,	100	2±0,06	100	25	2,14±0,04	1,69	0,22±0,02	1,22
Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	10±0,13	125	16±0,14	94	3±0,07	150	25	2,18±0,03	1,73	0,26±0,02	1,44
	5	9±0,11	113	16±0,13	94	2±0,06	100	20	1,21±0,02	0,96	0,16±0,01	0,89
	10	8±0,12	100	17±0,14	100	2±0,06	100	30	1,33±0,02	1,05	0,20±0,03	1,11
Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	0	11±0,15	100	15±0,15	100	3±0,08	100	30	1,39±0,04	1,10	0,18±0,02	1,00
	2,5	10±0,14	91	15±0,16	100	4±0,08	133	25	1,57±0,02	1,24	0,25±0,02	1,39
	5	10±0,14	91	13±0,11	87	4±0,09	133	30	1,62±0,02	1,28	0,26±0,02	1,44
	10	9±0,10	82	13±0,10	87	3±0,08	100	45	1,17±0,01	0,92	0,16±0,01	0,89

*SD-Standart sapma

EDTA şelatı uygulanan saksılarda *C. quinoa* türü için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında yüksek miktarda gözlenmiştir. Gövde gelişimi (cm) için en yüksek değer ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise 5 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en düşük 2,5 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında bulunmuş olup diğer 2 dozda eşit miktarda gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 40 ile 2,5 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında gözlenmiştir.

Nitro şelatı uygulanan saksılarda *C. quinoa* türü için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında gözlenmiştir. Çimlenme yüzdesine bakıldığı zaman en yüksek çimlenme % 35 ile 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ nitro karışımında en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında gözlenmiştir.

Piridin şelatı uygulanan saksılarda *C. quinoa* türü için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ piridin karışımında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ piridin karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ piridin karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 45 ile 10 mmol kg⁻¹ piridin karışımında bulunurken, en yüksek yaş ağırlık, en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri, en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ piridin karışımında tespit edilmiştir.

1-10 fenantrolin şelatı uygulanan saksılarda *C. quinoa* türü için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ dozda yüksek miktarda tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ lik 1-10 fenantrolin karışımında gözlenmiştir. % 30 çimlenme oranı ile en yüksek çimlenme ise 10 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin ilave edilen karışımda bulunmuştur. Yaş ağırlık, yaş ağırlık Tİ değeri, kuru

ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ lük 1-10 fenantrolin karışımında gözlenmiştir.

Hümkik asit uygulanan saksılarda *C. quinoa* için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozlarında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ hümkik asit karışımında en yüksek bulunurken. yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek olan doz 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ hümkik asit karışımı olmuştur. En yüksek çimlenme ise % 45 ile 10 mmol kg⁻¹ hümkik asit karışımında tespit edilmiştir. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ hümkik asit karışımında gözlenmiştir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan şelat karışımlarında *A. cepa* bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri

<i>A. cepa</i>		Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Çimlenme %	Yaş ağırlık	Yaş ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)
	0	6*±0,08**	100	11±0,12	100	40	1,59±0,04	1,00	0,22±0,01	1,00
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	5±0,07	83	10±0,11	91	40	1,45±0,0	0,91	0,20±0,01	0,91
	5	5±0,07	83	12±0,13	109	50	0,80±0,03	0,50	0,11±0,01	0,50
	10	6±0,08	100	10±0,12	91	60	2,69±0,08	1,69	0,62±0,06	2,82
	0	6±0,08	100	10±0,11	100	50	1,36±0,03	0,85	0,18±0,02	0,82
Nitro (mmol kg ⁻¹)	2,5	6±0,08	100	11±0,14	110	50	1,18±0,02	0,74	0,12±0,02	0,55
	5	8±0,11	133	11±0,14	110	40	2,16±0,06	1,35	0,35±0,03	1,59
	10	7±0,09	117	10±0,11	100	50	0,98±0,01	0,61	0,21±0,03	0,95
	0	7±0,08	100	10±0,11	100	40	2,06±0,03	1,29	0,35±0,04	1,59
Piridin (mmol kg ⁻¹)	2,5	5±0,07	71	12±0,13	120	30	2,04±0,03	1,28	0,22±0,02	1,00
	5	6±0,08	86	10±0,11	100	40	2,38±0,04	1,49	0,35±0,03	1,59
	10	6±0,08	86	10±0,11	100	40	1,13±0,02	0,71	0,11±0,01	0,50
	0	6±0,08	100	11±0,13	100	40	1,28±0,02	0,80	0,23±0,02	1,05
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	2,5	7±0,09	117	11±0,13	100	40	1,43±0,02	0,89	0,28±0,02	1,27
	5	7±0,09	117	10±0,12	91	50	1,18±0,0	0,74	0,14±0,02	0,64
	10	5±0,07	83	10±0,11	91	50	0,85±0,02	0,53	0,10±0,01	0,45
	0	6±0,08	100	11±0,13	100	50	2,83±0,05	1,78	0,58±0,05	2,64
Hüyük asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	7±0,08	117	12±0,13	109	60	2,46±0,05	1,54	0,48±0,05	2,18
	5	8±0,10	133	12±0,13	109	40	1,08±0,01	0,67	0,25±0,03	1,14
	10	5±0,07	83	10±0,13	91	30	1,03±0,01	0,64	0,22±0,03	1,00

(* *Ortalama değer)

(**Standart hata)

EDTA şelatı uygulanan saksılarda *A. cepa* türü için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında yüksek miktarda gözlenmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında gözlenmiştir. % 60 ile 10 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında ise en yüksek çimlenme bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ EDTA karışımında gözlenmiştir.

Nitro şelatı uygulanan saksılarda *A. cepa* türü için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında tespit edilmiştir. 2,5 mmol kg⁻¹ lik ve 5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise en yüksek gözlenmiştir. En düşük çimlenme % 40 ile 5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında görülürken diğer 2 dozda çimlenme yüzdesi eşit olarak bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ve en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ nitro karışımında gözlenmiştir.

Piridin şelatı uygulanan saksılarda *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarında tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ piridin karışımında gözlenmiştir. Çimlenme yüzdesine bakıldığında % 30 oran ile 2,5 mmol kg⁻¹ piridin ilave edilen karışımında en düşük, diğer 2 karışımında ise bu değerlerin eşit miktarda olduğu görülmüştür. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ve en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ piridin karışımında gözlenmiştir.

1-10 fenantrolin şelatı etkisi altındaki *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında yüksek oranda tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 50 ile 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ve en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin karışımında gözlenmiştir.

Hüyük asit şelatlı ile *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri yüksek miktarda 5 mmol kg⁻¹ lük hüyük asit karışımında tespit

edilirken yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ hümik asit karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 60 ile 2,5 mmol kg⁻¹ hümik asit karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık, en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ve en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5mmol kg⁻¹ dozunda gözlenmiştir (Çizelge 3.3.).



Çizelge 3.4. Denemede kullanılan şelat+mikrobiyal gübre karışımlarında *B. napus* bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri

<i>B. napus</i>		Kök Boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde Boy (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Çimlenme %	Yaş ağırlık	Yaş ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)
	0	16*±0,15**	100	48±0,18	100	26±0,13	100	25	5,41±0,14	1,00	0,72±0,06	1,00
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	14±0,12	88	47±0,16	98	25±0,12	96	20	3,33±0,12	0,61	0,47±0,05	0,65
	5	15±0,14	94	51±0,19	106	25±0,12	96	15	3,23±0,11	0,59	0,39±0,04	0,54
	10	15±0,14	94	52±0,19	108	28±0,14	108	15	1,54±0,09	0,28	0,19±0,02	0,26
	0	17±0,16	100	50±0,14	100	24±0,16	100	15	3,45±0,13	0,63	0,52±0,09	0,72
Nitro (mmol kg ⁻¹)	2,5	17±0,12	100	44±0,11	88	25±0,15	104	15	2,70±0,12	0,49	0,29±0,01	0,40
	5	18±0,13	106	45±0,11	90	26±0,16	108	25	5,59±0,16	1,03	0,68±0,05	0,94
	10	16±0,12	94	48±0,15	96	26±0,16	108	25	3,79±0,14	0,70	0,57±0,04	0,79
	0	14±0,13	100	50±0,16	100	28±0,18	100	20	4,07±0,14	0,75	0,61±0,06	0,85
Piridin (mmol kg ⁻¹)	2,5	15±0,14	107	48±0,11	96	24±0,11	86	15	4,09±0,15	0,75	0,60±0,05	0,83
	5	15±0,12	107	47±0,13	94	24±0,11	86	15	3,90±0,14	0,72	0,58±0,05	0,81
	10	17±0,15	121	51±0,12	102	25±0,12	89	20	4,84±0,16	0,89	0,63±0,07	0,88
	0	16±0,14	100	52±0,15	100	26±0,12	100	20	3,44±0,14	0,63	0,42±0,04	0,58
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	2,5	14±0,12	88	50±0,18	96	26±0,14	100	25	3,52±0,14	0,65	0,54±0,05	0,75
	5	15±0,12	94	44±0,16	85	28±0,18	108	25	3,86±0,16	0,71	0,60±0,06	0,83
	10	15±0,12	94	45±0,11	87	24±0,12	92	25	1,32±0,12	0,24	0,15±0,01	0,21
	0	17±0,16	100	48±0,15	100	22±0,12	100	15	2,34±0,12	0,43	0,36±0,02	0,50
Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	17±0,16	100	50±0,17	104	23±0,11	105	15	1,46±0,11	0,27	0,18±0,01	0,25
	5	18±0,18	106	46±0,14	96	25±0,10	114	20	3,51±0,16	0,64	0,51±0,04	0,71
	10	16±0,18	94	44±0,14	92	27±0,11	123	20	3,17±0,13	0,58	0,42±0,04	0,58

(*Ortalama değer)

(**Standart hata)

EDTA + mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *B. napus* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarında gözlenmiştir. Gövde gelişimi (cm) için en yüksek değer ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ EDTA + mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeride yine en yüksek 10 mmol kg⁻¹ EDTA + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 20 ile 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunurken en yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri de çimlenmede olduğu gibi 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda gözlenmiştir.

Nitro+mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *B. napus* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ nitro+mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ nitro + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme % 25 ile 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ nitro + mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ nitro + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Piridin+mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *B. napus* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri yüksek miktarda 10 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ piridin + mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ dozunda gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 20 oranı ile 10 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ piridin + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

1-10 fenantrolin + mikrobiyal gübre ile *B. napus* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozda, gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise 10 mmol kg⁻¹ dozda yüksek miktarda tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin + mikrobiyal gübre karışımında

gözlenmiştir.Çimlenme ise % 25 ile tüm dozlarda eşit miktarda tespit edilmiştir. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile ve en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Hümk asit+mikrobiyal gübre ilave edilen *B. napus* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ hümk asit+mikrobiyal gübre karışımında yüksek miktarda tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ hümk asit+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ hümk asit + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 20 ile 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ hümk asit+ mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ hümk asit + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir (Çizelge 3.4.).

Çizelge 3.5. Denemede kullanılan şelat+mikrobiyal gübre karışımlarında *C. quinoa* bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri

<i>C. quinoa</i>		Kök Boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde Boy (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak		Çimlenme %	Yaş ağırlık	Yaş ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)
						Yaprak (Tİ)	boyu (cm)					
	0	9*±0,12**	100	15±0,17	100	3±0,08	100	40	2,35±0,12	1,00	0,77±0,06	1,00
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	10±0,15	111	17±0,18	113	2±0,06	67	35	2,86±0,14	1,21	0,89±0,09	1,16
	5	11±0,16	122	17±0,18	113	2±0,05	67	40	1,23±0,11	0,52	0,14±0,01	0,18
	10	9±0,12	100	16±0,14	107	3±0,07	100	45	2,16±0,10	0,91	0,36±0,02	0,47
Nitro (mmol kg ⁻¹)	0	10±0,15	100	16±0,14	100	4±0,09	100	25	2,08±0,10	0,88	0,33±0,02	0,43
	2,5	10±0,15	100	17±0,16	106	4±0,08	100	25	1,65±0,08	0,70	0,23±0,02	0,30
	5	8±0,11	80	16±0,12	100	3±0,07	75	40	1,44±0,11	0,61	0,21±0,01	0,27
Piridin (mmol kg ⁻¹)	10	10±0,15	100	16±0,15	100	3±0,07	75	35	2,43±0,13	1,03	0,71±0,08	0,92
	0	9±0,12	100	14±0,12	100	2±0,06	100	30	1,55±0,11	0,66	0,41±0,04	0,53
	2,5	8±0,11	89	15±0,12	107	3±0,05	150	30	1,86±0,11	0,79	0,66±0,05	0,86
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	5	11±0,16	122	14±0,13	100	3±0,05	150	40	1,37±0,11	0,58	0,35±0,01	0,45
	10	9±0,12	100	14±0,12	100	3±0,05	150	35	1,24±0,10	0,52	0,25±0,01	0,32
	0	10±0,15	100	12±0,11	100	3±0,06	100	40	1,79±0,10	0,76	0,42±0,04	0,55
Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	10±0,15	100	15±0,15	125	2±0,04	67	40	2,25±0,15	0,95	0,68±0,03	0,88
	5	8±0,11	80	16±0,15	133	2±0,04	67	30	1,68±0,15	0,71	0,35±0,03	0,45
	10	10±0,15	100	17±0,14	142	3±0,04	100	35	1,49±0,11	0,63	0,39±0,02	0,51
Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	0	9±0,12	100	13±0,13	100	4±0,09	100	35	2,14±0,12	0,91	0,33±0,02	0,43
	2,5	8±0,11	89	14±0,13	108	4±0,09	100	35	2,01±0,10	0,85	0,30±0,04	0,39
	5	11±0,16	122	14±0,13	108	3±0,08	75	30	1,81±0,10	0,77	0,26±0,01	0,34
	10	10±0,15	111	16±0,15	123	3±0,08	75	25	1,38±0,11	0,58	0,22±0,01	0,29

(*Ortalama değer)(**SD-Standart sapma)

EDTA + mikrobiyal gübre şelatı uygulanan saksılarda *C. quinoa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 5 mmol kg⁻¹ EDTA+mikrobiyal gübre karışımında yüksek oranda gözlenmiştir. Gövde gelişimi (cm) için en yüksek değer ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ EDTA+mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ EDTA + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 45 ile 10 mmol kg⁻¹ EDTA + mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ EDTA+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Nitro+mikrobiyal gübre şelatı ile *C. quinoa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda ve 10 mmol kg⁻¹ dozunda aynı miktarda ve yüksek oranda tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ nitro+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur ve diğer 2 karışımdaki değerlerin eşit olduğu tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) ve yaprak bitki büyüme indeksi Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ nitro+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme % 40 olmakla birlikte 5 mmol kg⁻¹ nitro + mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ nitro+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Piridin+mikrobiyal gübre şelatı ile *C. quinoa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri yüksek oranda 5 mmol kg⁻¹ piridin+ mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek değer 2,5 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 3 karışımda eşit olarak bulunmuştur. En yüksek çimlenme % 40 ile 5 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ piridin + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Fenantrolin + mikrobiyal gübre şelatı ile *B. napus* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en düşük 5 mmol kg⁻¹ fenantrolin+mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir, diğer 2 karışımdaki değerler eşit olarak bulunmuştur.

Gövde gelişimi (cm) ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ fenantrolin + mikrobiyal gübre karışımında görülmüştür. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ fenantrolin+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 40 ile 2,5 mmol kg⁻¹ fenantrolin+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık-en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık-en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ fenantrolin + mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Hümk asit + mikrobiyal gübre şelatı ile *C. quinoa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 5 mmol kg⁻¹ hümk asit+mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir. Gövde gelişimi (cm) için ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ hümk asit+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ hümk asit+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 35 ile 2,5 mmol kg⁻¹ hümk asit + mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda gözlenmiştir (Çizelge 3.5.).

Çizelge 3.6. Denemede kullanılan şelat + mikrobiyal gübre karışımlarında *A. cepa* bitkisinin ortalama çimlenme sayısı, hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri

<i>A. cepa</i>		Kök Boyu (cm)	Kök (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Çimlenme %	Yaş ağırlık	Yaş ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)
	0	5*±0,10**	100	12±0,16	100	40	1,30±0,04	1,00	0,25±0,03	1,00
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	6±0,11	120	10±0,15	83	50	1,80±0,0,	1,38	0,33±0,04	1,32
	5	5±0,10	100	10±0,15	83	50	2,12±0,09	1,63	0,42±0,04	1,68
	10	6±0,11	120	11±0,14	92	50	2,85±0,09	2,19	0,57±0,05	2,28
Nitro (mmol kg ⁻¹)	0	6±0,11	100	11±0,14	100	60	2,07±0,08	1,59	0,39±0,02	1,56
	2,5	5±0,10	83	10±0,15	91	40	1,18±0,04	0,90	0,24±0,02	0,96
	5	5±0,10	83	10±0,15	91	30	1,38±0,05	1,06	0,36±0,03	1,44
Piridin (mmol kg ⁻¹)	10	6±0,11	100	11±0,15	100	50	1,68±0,04	1,29	0,47±0,04	1,88
	0	6±0,11	100	10±0,14	100	40	1,56±0,05	1,20	0,55±0,05	2,20
	2,5	6±0,11	100	10±0,14	100	50	1,25±0,08	0,96	0,35±0,03	1,40
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	5	5±0,11	83	11±0,15	110	40	1,45±0,07	1,11	0,33±0,03	1,32
	10	5±0,10	83	12±0,14	120	30	2,14±0,07	1,64	0,48±0,04	1,92
	0	6±0,10	100	11±0,14	100	40	2,07±0,08	1,59	0,39±0,03	1,56
Hüyük asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	6±0,10	100	11±0,13	100	40	2,46±0,04	1,89	0,57±0,03	2,28
	5	6±0,11	100	12±0,15	109	30	1,58±0,05	1,21	0,47±0,05	1,88
	10	5±0,11	83	10±0,11	91	50	2,44±0,06	1,87	0,55±0,06	2,20
Hüyük asit (mmol kg ⁻¹)	0	7±0,12	100	10±0,11	100	50	1,37±0,04	1,05	0,23±0,02	0,92
	2,5	7±0,12	100	11±0,11	110	40	2,07±0,06	1,59	0,43±0,05	1,72
	5	5±0,10	71	11±0,12	110	50	2,11±0,04	1,62	0,44±0,05	1,76
	10	6±0,10	86	10±0,11	100	40	2,17±0,05	1,66	0,39±0,04	1,56

(*Ortalama değer)(*SD-Standart sapma)

EDTA + mikrobiyal gübre eklenen *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ EDTA+mikrobiyal gübre dozunda gözlenmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise en yüksek 10 mmol kg⁻¹ dozunda gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise 2,5 mmol kg⁻¹, 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarında olup % 50 ile eşit miktarda bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ EDTA+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Nitro+mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ nitro+mikrobiyal gübre karışımında tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri EDTA+mikrobiyal gübre ilave edilen topraktaki gibi en yüksek 10 mmol kg⁻¹ nitro+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 50 ile 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunurken, en yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri, en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ nitro+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Piridin+mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için 2,5 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında yüksek miktarda tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 10 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 50 ile 2,5 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. Yaş ağırlık ve yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ piridin+mikrobiyal gübre karışımında en yüksek gözlenmiştir.

1-10 fenantrolin + mikrobiyal gübre ilave edilen topraktaki *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en düşük 10 mmol kg⁻¹ lık dozunda görülürken, diğer iki şelat dozunda değerler eşit miktarda tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise en yüksek 5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme ise % 50 ile 10 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile ve en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ 1-10 fenantrolin+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir.

Hümik asit+mikrobiyal gübre karışımı ile *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 2,5 mmol kg⁻¹ hümik asit+mikrobiyal gübre karışımında yüksek miktarda tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek 2,5 mmol kg⁻¹ dozu ile 5 mmol kg⁻¹ dozlarındaki hümik asit+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir. En yüksek çimlenme oranı ise % 50 ile 5 mmol kg⁻¹ hümik asit+mikrobiyal gübre karışımında bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri 10 mmol kg⁻¹ hümik asit+mikrobiyal gübre karışımında tespit edilirken, en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri ise 5 mmol kg⁻¹ hümik asit+mikrobiyal gübre karışımında gözlenmiştir (Çizelge 3.6.).



Çizelge 3.7. Arıtma çamuru kullanılan şelat karışımlarında yetiştirilen türlerinin hasat öncesi bitki boy uzunluğu, Tİ değerleri

		Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Yaş ağırlık	Yaş ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)
<i>B. napus</i>	EDTA	12*±0,01**	100	38±0,76	95	21±0,40	91	2,38±0,05	91	0,64±0,02	94
	Nitro	11±0,02	92	42±0,55	105	22±0,01	96	2,44±0,02	93	0,66±0,01	97
	Piridin	11±0,02	92	39±0,42	98	22±0,13	96	2,75±0,01	105	0,73±0,01	107
	1.10 Fenantrolin	13±0,01	108	40±0,42	100	25±0,36	109	3,05±0,02	117	0,78±0,02	115
	Hümkik asit	12±0,05	100	40±0,52	100	26±0,20	113	2,42±0,06	93	0,59±0,02	87
	Kontrol	12±0,03	100	40±0,11	100	23±0,12	100	2,61±0,02	100	0,68±0,05	100
<i>C. quinoa</i>	EDTA	7±0,02	100	14±0,12	108	4±0,13	100	1,33±0,02	96	0,21±0,02	36
	Nitro	6±0,01	86	13±0,36	100	5±0,26	125	1,68±0,07	122	0,28±0,05	47
	Piridin	6±0,01	86	15±0,15	115	3±0,12	75	1,47±0,06	107	0,26±0,02	44
	1.10 Fenantrolin	7±0,02	100	13±0,39	100	3±0,13	75	1,22±0,01	88	0,18±0,03	31
	Hümkik asit	8±0,05	114	11±0,26	85	4±0,13	100	1,19±0,01	86	0,14±0,05	24
	Kontrol	7±0,05	100	13±0,32	100	4±0,37	100	1,38±0,02	100	0,59±0,01	100
<i>A. cepa</i>	EDTA	4±0,03	100	..	..	12±0,85	109	2,01±0,03	111	0,22±0,01	37
	Nitro	5±0,02	125	..	..	12±0,26	109	1,72±0,01	95	0,18±0,01	31
	Piridin	4±0,03	100	..	..	110±0,14	100	1,79±0,02	99	0,19±0,02	32
	1.10 Fenantrolin	4±0,02	100	..	..	11±0,33	100	1,64±0,01	91	0,13±0,03	22
	Hümkik asit	5±0,06	125	..	..	10±0,14	91	1,88±0,03	104	0,22±0,01	37
	Kontrol	4±0,04	100	..	..	11±0,50	100	1,81±0,03	100	0,59±0,01	100

*Ortalama değer

**Standart hata

Arıtma çamuru kullanılarak yetiştirilen *B. napus* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri 1-10 Fenantrolin şelatı ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir. Gövde gelişimi (cm) için en yüksek değer ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri nitro şelatı ile oluşturulan karışımda tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek hümik asit ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri 1-10 fenantrolin ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir.

Arıtma çamurunda yetiştirilen *C. quinoa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise yüksek hümik asit şelatı ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir. Gövde gelişimi (cm) için en yüksek değer ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri piridin şelatı ile oluşturulan karışımda tespit edilmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek nitro ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri ile en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri nitro ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir.

Arıtma çamurunda yetiştirilen *A. cepa* bitkisi için kök (cm) büyüme miktarı en yüksek nitro ve hümik asit şelatı ile oluşturulan karışımda, kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise en yüksek hümik asit şelatı ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir. Yaprak gelişimi (cm) için ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri en yüksek EDTA ve nitro ile oluşturulan karışımda bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık ve en yüksek yaş ağırlık Tİ değeri EDTA şelatı ile oluşturulan karışımda, en yüksek kuru ağırlık ve en yüksek kuru ağırlık Tİ değeri ise hümik asit ile oluşturulan karışımda gözlenmiştir (Çizelge 3.7.).

Çizelge 3.8.B. *B. napus* türünde şelat ve şelat+mikrobiyal gübre uygulanan deneme saksılarında büyüme parametrelerinin karşılaştırılması

Şelat doz	Şelat					Şelat + Mikrobiyal gübre							
	Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	
	0	15*±0,15**	100	45±0,14	100	25±0,09	100	16±0,15	100	48±0,18	100	26±0,13	100
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	17±0,13	113	48±0,10	107	28±0,11	112	14±0,12	88	47±0,16	98	25±0,12	96
	5	14±0,10	93	50±0,15	111	27±0,10	108	15±0,14	94	51±0,19	106	25±0,12	96
	10	17±0,10	113	44±0,15	98	27±0,08	108	15±0,14	94	52±0,19	108	28±0,14	108
Nitro (mmol kg ⁻¹)	0	18±0,11	100	48±0,12	100	26±0,09	100	17±0,16	100	50±0,14	100	24±0,16	100
	2,5	16±0,14	89	48±0,13	100	28±0,11	108	17±0,12	100	44±0,11	88	25±0,15	104
	5	16±0,15	89	47±0,09	98	24±0,12	92	18±0,13	106	45±0,11	90	26±0,16	108
Piridin (mmol kg ⁻¹)	10	14±0,15	78	51±0,11	106	25±0,10	96	16±0,12	94	48±0,15	96	26±0,16	108
	0	15±0,11	100	52±0,13	100	25±0,10	100	14±0,13	100	50±0,16	100	28±0,18	100
	2,5	15±0,12	100	50±0,16	96	28±0,11	112	15±0,14	107	48±0,11	96	24±0,11	86
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	5	17±0,15	113	44±0,11	85	24±0,11	96	15±0,12	107	47±0,13	94	24±0,11	86
	10	17±0,13	113	45±0,13	87	25±0,10	100	17±0,15	121	51±0,12	102	25±0,12	89
	0	18±0,09	100	48±0,09	100	26±0,09	100	16±0,14	100	52±0,15	100	26±0,12	100
Hüyük asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	16±0,14	89	50±0,15	104	26±0,09	100	14±0,12	88	50±0,18	96	26±0,14	100
	5	16±0,13	89	44±0,11	92	28±0,12	108	15±0,12	94	44±0,16	85	28±0,18	108
	10	14±0,11	78	48±0,14	100	24±0,10	92	15±0,12	94	45±0,11	87	24±0,12	92
Hüyük asit (mmol kg ⁻¹)	0	15±0,10	100	42±0,12	100	25±0,10	100	17±0,16	100	48±0,15	100	22±0,12	100
	2,5	16±0,16	107	40±0,17	95	25±0,09	100	17±0,16	100	50±0,17	104	23±0,11	105
	5	19±0,15	127	45±0,12	107	22±0,08	88	18±0,18	106	46±0,14	96	25±0,10	114
	10	20±0,12	133	45±0,13	107	27±0,11	108	16±0,18	94	44±0,14	92	27±0,11	123

*Ortalama değer

**Standart hata

Çizelgede şelat ve şelat+mikrobiyal gübre uygulanan deneme saksılarında yetiştirilen türlerin büyüme parametreleri karşılaştırılmıştır. Buna göre *B. napus* türünde EDTA şelatı ilave edilen örneklerdeki kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri, gövde (cm) büyüme miktarı ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ve yaprak (cm) büyüme miktarı ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri genel olarak tüm dozlarda EDTA + mikrobiyal gübre ilave edilen saksılardaki değere göre daha yüksek miktarda gelişme göstermiştir.

Nitro şelatında ise kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri nitro şelatı + mikrobiyal gübre eklenen saksılarda yüksek miktarda gelişme göstermiştir. Ancak gövde (cm) büyüme miktarı ve gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değeri sadece nitro eklenen saksılarda daha fazla artış olmuştur. Yaprak (cm) büyüme miktarı ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise kökte olduğu gibi nitro şelatı + mikrobiyal gübre ilave edilen örneklerde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Piridin şelatında kökte sadece şelat eklenen saksılarla şelat+mikrobiyal gübre eklenen saksılardaki kök (cm) büyüme miktarı hemen hemen birbirine eşit miktarda olduğu tespit edilmiştir, ancak kök bitki büyüme indeksi için Tİ değerleri ise şelat + mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda daha yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Gövde (cm) büyüme miktarına bakıldığında şelat eklenen saksıda, gövde bitki büyüme indeksi için Tİ değerine bakıldığında ise şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen saksıda değerlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yaprakta ise kökte olduğu gibi mikrobiyal gübre eklenen saksıyla eklenmeyen saksıdaki değerler hemen hemen eşit bulunmuştur. Yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise sadece piridin eklenen saksılarda yüksek değer almıştır.

1-10 fenantrolin şelatında kök (cm) büyüme miktarı sadece şelat eklenen saksılarda yüksek bulunurken, kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda daha yüksek miktarda görülmüştür. Gövde (cm) büyüme miktarına bakıldığı zaman ise 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda ve 5 mmol kg⁻¹ dozunda sadece şelat eklenen ve şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda eşit bulunurken, 10 mmol kg⁻¹ dozunda sadece şelat eklenen saksılarda yüksek değer görülmektedir. Yaprak (cm) büyüme miktarı ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise hem şelat eklenen saksılarda hem de şelat+mikrobiyal gübre eklenen saksılarda eşit miktarda büyüme göstermiştir.

Hümk asit eklenen saksılarda da kök (cm) büyüme miktarı ağırlıklı olarak şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda görülürken kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri sadece şelat eklenen saksılarda daha yüksek değer almıştır. Gövde (cm) büyüme miktarında kökte olduğu

gibi genellikle şelat + mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda daha çok artış göstermiştir. Ancak Tİ değeri ise yine kökte olduğu gibi sadece şelatlı saksılarda daha fazla artış göstermiştir. Yaprak (cm) büyüme miktarı ise şelatlı ve şelat+mikrobiyal gübreli örneklerde birbirine yakın artış gösterirken, yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri şelat+mikrobiyal gübre eklenen saksılarda daha fazla artış göstermiştir.(Çizelge 3.8.).



Çizelge 3.9.C. *quinoa* türünde şelat ve şelat+ mikrobiyal gübre uygulanan deneme saksılarında büyüme parametrelerinin karşılaştırılması

Şelat doz	Şelat					Şelat + Mikrobiyal gübre							
	Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	
EDTA (mmol kg ⁻¹)	0	10*±0,14**	100	16±0,17	100	16±0,17	100	5±0,10	100	15±0,17	100	12±0,16	100
	2,5	9±0,12	90	16±0,17	100	16±0,17	100	6±0,11	120	17±0,18	113	10±0,15	83
	5	8±0,10	80	17±0,17	106	17±0,17	106	5±0,10	100	17±0,18	113	10±0,15	83
	10	11±0,15	110	15±0,16	94	15±0,16	94	6±0,11	120	16±0,14	107	11±0,14	92
Nitro (mmol kg ⁻¹)	0	10±0,14	100	16±0,15	100	16±0,15	100	6±0,11	100	16±0,14	100	11±0,14	100
	2,5	10±0,14	100	16±0,12	100	16±0,12	100	5±0,10	83	17±0,16	106	10±0,15	91
	5	8±0,11	80	15±0,14	94	15±0,14	94	5±0,10	83	16±0,12	100	10±0,15	91
	10	9±0,13	90	14±0,13	88	14±0,13	88	6±0,11	100	16±0,15	100	11±0,15	100
Piridin (mmol kg ⁻¹)	0	9±0,12	100	14±0,14	100	14±0,14	100	6±0,11	100	14±0,12	100	10±0,14	100
	2,5	11±0,15	122	12±0,12	86	12±0,12	86	6±0,11	100	15±0,12	107	10±0,14	100
	5	10±0,13	111	15±0,14	107	15±0,14	107	5±0,11	83	14±0,13	100	11±0,15	110
	10	10±0,12	111	17±0,16	121	17±0,16	121	5±0,10	83	14±0,12	100	12±0,14	120
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	0	8±0,11	100	17±0,15,	100	17±0,15	100	6±0,10	100	12±0,11	100	11±0,14	100
	2,5	10±0,13	125	16±0,14	94	16±0,14	94	6±0,10	100	15±0,15	125	11±0,13	100
	5	9±0,11	113	16±0,13	94	16±0,13	94	6±0,11	100	16±0,15	133	12±0,15	109
	10	8±0,12	100	17±0,14	100	17±0,14	100	5±0,11	83	17±0,14	142	10±0,11	91
Hümik asit (mmol kg ⁻¹)	0	11±0,15	100	15±0,15	100	15±0,15	100	7±0,12	100	13±0,13	100	10±0,11	100
	2,5	10±0,14	91	15±0,16	100	15±0,16	100	7±0,12	100	14±0,13	108	11±0,11	110
	5	10±0,14	91	13±0,11	87	13±0,11	87	5±0,10	71	14±0,13	108	11±0,12	110
	10	9±0,10	82	13±0,10	87	13±0,10	87	6±0,10	86	16±0,15	123	10±0,11	100

*Ortalama değer

**Standart hata

EDTA şelatı ilave edilen örneklerdeki kök büyüme miktarı ile yaprak gelişimi miktarı EDTA + mikrobiyal gübre ilave edilen örneklerden daha yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Ancak gövde gelişimi (cm) için EDTA + mikrobiyal gübre ilave edilen örnekteki değer sadece şelat eklenene göre daha yüksektir. Ayrıca kök büyüme indeksi için Tİ değeri ve gövde büyüme indeksi için Tİ değeri EDTA+mikrobiyal gübre ilave edilen örnekte yüksek bulunurken yaprak büyüme indeksi için Tİ değeri sadece EDTA ilave edilen örneklerde daha yüksek miktarda tespit edilmiştir.

Nitro şelatında ise kök ve yaprak gelişimi ile kök ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri sadece nitro eklenen örneklerde daha yüksek olduğu yani daha iyi gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Gövdede ise mikrobiyal gübre ve şelat ilave edilen örneklerin gövde büyümesi ve büyüme indeksi daha yüksek miktarda ölçülmüştür.

Piridin şelatında ise sadece 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda gövdede mikrobiyal gübre+şelat karışımında daha büyük bir gelişme görülürken diğer dozların tümünde sadece şelat eklenen örneklerin gövde büyümesi yüksek miktarda ölçülmüştür. Ancak gövde büyüme indeksi Tİ değerleri ise genel olarak piridin+mikrobiyal gübre ilave edilen örneklerde daha yüksek miktarda tespit edilmiştir.

1-10 fenantrolin şelatında 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarında gövde büyüme miktarı eşit miktarda meydana gelirken genel olarak gövde büyüme miktarı sadece şelat eklenen saksılarda gözlemlenmiştir. Yaprak ve gövde büyüme indeksi Tİ değerleri şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda yüksek bulunurken kökte sadece şelat ilave edilen saksıda daha yüksek miktarda tespit edilmiştir.

Hüyük asit eklenen saksılarda da kök, gövde ve yaprak büyüme miktarları sadece hüyük asit ilave edilenlerde daha yüksek miktarda görülürken, gövdede 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarında şelat+mikrobiyal gübre eklenen saksıdaki büyüme daha yüksek miktarda olmuştur. Tİ değerlerinde de 1-10 fenantrolin şelatında olduğu gibiyaprak ve gövde büyüme indeksi Tİ değerleri şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda yüksek bulunurken kökte sadece şelat ilave edilen saksıda daha yüksek miktarda tespit edilmiştir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.10. *A. cepa* türünde şelat + şelat mikrobiyal gübre uygulanan deneme saksılarında büyüme parametrelerinin karşılaştırılması

	Şelat doz	Şelat			Şelat + Mikrobiyal gübre				
		Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)	Kök boyu (cm)	Kök (Tİ)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak (Tİ)
	0	6*±0,08**	100	11±0,12	100	5±0,10	100	12±0,16	100
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	5±0,07	83	10±0,11	91	6±0,11	120	10±0,15	83
	5	5±0,07	83	12±0,13	109	5±0,10	100	10±0,15	83
	10	6±0,08	100	10±0,12	91	6±0,11	120	11±0,14	92
	0	6±0,08	100	10±0,11	100	6±0,11	100	11±0,14	100
Nitro (mmol kg ⁻¹)	2,5	6±0,08	100	11±0,14	110	5±0,10	83	10±0,15	91
	5	8±0,11	133	11±0,14	110	5±0,10	83	10±0,15	91
	10	7±0,09	117	10±0,11	100	6±0,11	100	11±0,15	100
	0	7±0,08	100	10±0,11	100	6±0,11	100	10±0,14	100
Piridin (mmol kg ⁻¹)	2,5	5±0,07	71	12±0,13	120	6±0,11	100	10±0,14	100
	5	6±0,08	86	10±0,11	100	5±0,11	83	11±0,15	110
	10	6±0,08	86	10±0,11	100	5±0,10	83	12±0,14	120
	0	6±0,08	100	11±0,13	100	6±0,10	100	11±0,14	100
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	2,5	7±0,09	117	11±0,13	100	6±0,10	100	11±0,13	100
	5	7±0,09	117	10±0,12	91	6±0,11	100	12±0,15	109
	10	5±0,07	83	10±0,11	91	5±0,11	83	10±0,11	91
	0	6±0,08	100	11±0,13	100	7±0,12	100	10±0,11	100
Hüyük asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	7±0,08	117	12±0,13	109	7±0,12	100	11±0,11	110
	5	8±0,10	133	12±0,13	109	5±0,10	71	11±0,12	110
	10	5±0,07	83	10±0,13	91	6±0,10	86	10±0,11	100

(*Ortalama değer)

(**Standart hata)

A. *cepa* türünde EDTA şelatı ilave edilen örneklerdeki ve şelat+mikrobiyal gübre eklenen saksılarda kök (cm) büyüme miktarı birbirine yakın miktarlarda artış göstermiştir. Ancak kök bitki büyüme indeksi için Tİ değerleri EDTA şelatı + mikrobiyal gübre ilave edilen saksılarda daha yüksek miktarda hesaplanmıştır. Yaprak (cm) büyüme miktarı ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değerinde ise sadece EDTA şelatı eklenen saksılarda diğerlerine göre daha yüksek miktarda artış olduğu gözlemlenmiştir.

Nitro şelatında ise kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri nitro şelatı + mikrobiyal gübre eklenen saksılara göre sadece nitro şelatı eklenen saksılarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yaprak (cm) büyüme miktarı mikrobiyal gübre eklenen ve eklenmeyen örneklerde birbirine yakın değer alırken yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise kökte olduğu gibi nitro şelatı+mikrobiyal gübre ilave edilen örneklerde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Piridin şelatında kökte 5 mmol kg^{-1} ve 10 mmol kg^{-1} dozlarında kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri mikrobiyal gübresiz piridin eklenen örneklerde fazla artış göstermiştir. Yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise nitro şelatında olduğu gibi şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen örneklerde daha yüksek miktarda tespit edilmiştir.

1-10 fenantrolin şelatında kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri şelat ilave edilen saksılarda daha yüksek miktarda görülmüştür. Yaprak (cm) büyüme miktarı ve yaprak bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ise hem şelat eklenen saksılarda hem de şelat + mikrobiyal gübre eklenen saksılarda hemen hemen eşit miktarda büyüme göstermiştir.

Hüyük asit eklenen saksılarda da kök (cm) büyüme miktarı ve kök bitki büyüme indeksi için Tİ değeri ağırlıklı olarak sadece hüyük asit ilave edilen saksılarda daha yüksek miktarda tespit edilmiştir(Çizelge 3.10.).

3.2.Aritma amuru ve Aritma amuru Kullanılan rneklerdeki Fenolojik Bulgular

Fitoremediasyon, toprağın, yer altı ve yer üstü sularının hatta havadaki kirleticilerin ortadan elemine edilmesinde bitkilerin kullanıldığı bir yöntemdir. Çalışmada *Brassica napus* L.(kanola), *Chenopodium quinoa* Willd. (kinoa) ve *Allium cepa* L.(soğan) türleri kullanılarak kurşun ağır metali ile sentetik olarak kirletilen toprakta olduğu gibi arıtma çamurunda da Pb elementinin fitoremediasyon yöntemi ile temizlenmesi araştırılmıştır. Yine diğer toprak örneklerinde olduğu gibi fitoremediasyon kapasitesini arttırmak üzere kompleks yapıcı şelat ilave edilip, bitkilerin ağır metal giderim performanslarındaki değişimler gözlenmiştir. Ağır metal gideriminde şelat desteği olarak EDTA, nitro, piridin, 1-10 fenantrolin ve hümik asit kullanılmıştır.



Çizelge 3.11 Arıtma çamuru kullanılan şelat karışımlarında yetiştirilen türlerin, hasat öncesi bitki organlarının uzunluk, yaş ağırlık, kuru ağırlık ve Tİ değerlerinin ortalaması

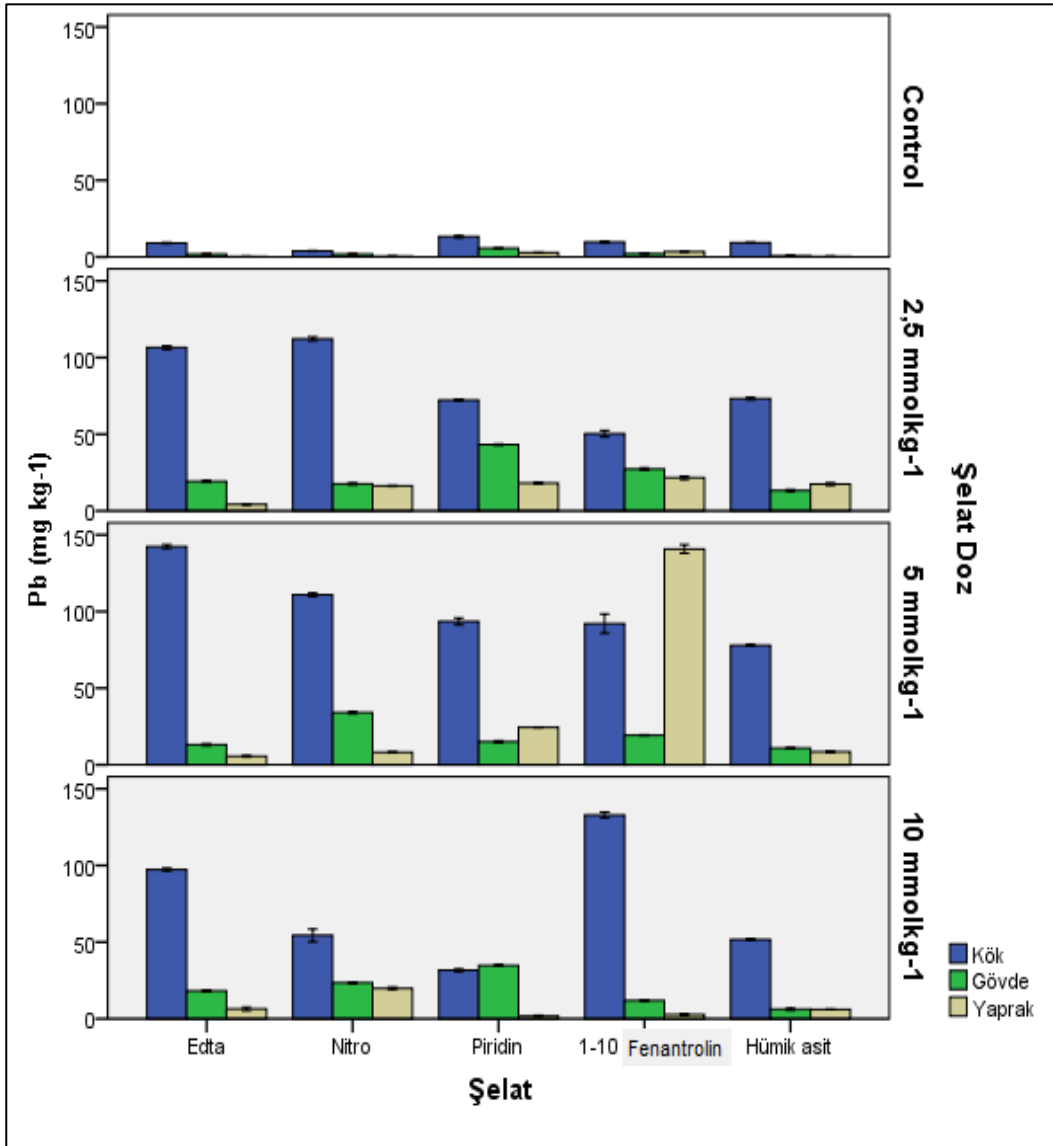
	Kök Boyu (cm)	Kök (Tİ)	Gövde Boyu (cm)	Gövde (Tİ)	Yaprak Boy (cm)	Yaprak (Tİ)	Yaş ağırlık	Yaş Ağırlık (Tİ)	Kuru ağırlık	Kuru ağırlık (Tİ)	
<i>B. napus</i>	EDTA	12*±0,01**	100	38±0,76	95	21±0,40	91	2,38±0,05	91	0,64±0,01	94
	Nitro	11±0,02	92	42±0,55	105	22±0,01	96	2,44±0,02	93	0,66±0,01	97
	Piridin	11±0,02	92	39±0,42	98	22±0,13	96	2,75±0,01	105	0,73±0,01	107
	1.10										
	Fenantrolin	13±0,01	108	40±0,42	100	25±0,36	109	3,05±0,02	117	0,78±0,01	115
	Hümkik asit	12±0,05	100	40±0,52	100	26±0,20	113	2,42±0,06	93	0,59±0,02	87
	Kontrol	12±0,03	100	40±0,11	100	23±0,12	100	2,61±0,02	100	0,68±0,02	100
<i>C. quinoa</i>	EDTA	7±0,02	100	14±0,12	108	4±0,13	100	1,33±0,02	96	0,21±0,01	36
	Nitro	6±0,01	86	13±0,36	100	5±0,26	125	1,68±0,07	122	0,28±0,01	47
	Piridin	6±0,01	86	15±0,15	115	3±0,12	75	1,47±0,06	107	0,26±0,03	44
	1.10										
	Fenantrolin	7±0,02	100	13±0,39	100	3±0,13	75	1,22±0,01	88	0,18±0,02	31
	Hümkik asit	8±0,05	114	11±0,26	85	4±0,13	100	1,19±0,01	86	0,14±0,04	24
	Kontrol	7±0,05	100	13±0,32	100	4±0,37	100	1,38±0,02	100	0,59±0,02	100
<i>A. cepa</i>	EDTA	4±0,03	100	..	..	12±0,85	109	2,01±0,03	111	0,22±0,02	37
	Nitro	5±0,02	125	..	..	12±0,26	109	1,72±0,01	95	0,18±0,01	31
	Piridin	4±0,03	100	..	..	110±0,14	100	1,79±0,02	99	0,19±0,01	32
	1.10										
	Fenantrolin	4±0,02	100	..	..	11±0,33	100	1,64±0,01	91	0,13±0,02	22
	Hümkik asit	5±0,04	125	..	..	10±0,14	91	1,88±0,03	104	0,22±0,03	37
	Kontrol	4±0,03	100	..	..	11±0,50	100	1,81±0,03	100	0,59±0,01	100

(*Ortalama değer)

(**Standart hata

3.3. Şelat uygulanan saksılarda ağır metal akümülyasyonları ile ilgili bulgular

3.3.1. *B. napus* ile ilgili bulgular



Şekil 3.1. *B. napus* türünün bitki organlarında farklı şelat dozlarında Pb alımı

Şekil 3.1. ve Çizelge 3.12.'de görüldüğü üzere kurşun ile kirlenmiş EDTA şelatı eklenen toprakta yetiştirilen *B. napus* türünün köklerinde yapılan Pb analizine göre en yüksek kurşun alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük alım ise 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ de elde edilirken 10 mmol kg⁻¹ de en düşük değer bulunmuştur. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ ve en düşük Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. 1-10 fenantrolin şelatında ise en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda en yüksek iken en düşük 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Hümik asit

şelatı eklenen toprakta yetiştirilen *B. napus* köklerinde meydana gelen alımda 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken 10 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük değer bulunmuştur. Genel olarak şelat dozlarından 5 mmol kg⁻¹ değerinde en yüksek alım gerçekleşmiş 10 mmol kg⁻¹'de ise Pb elementi alımı azalmıştır.

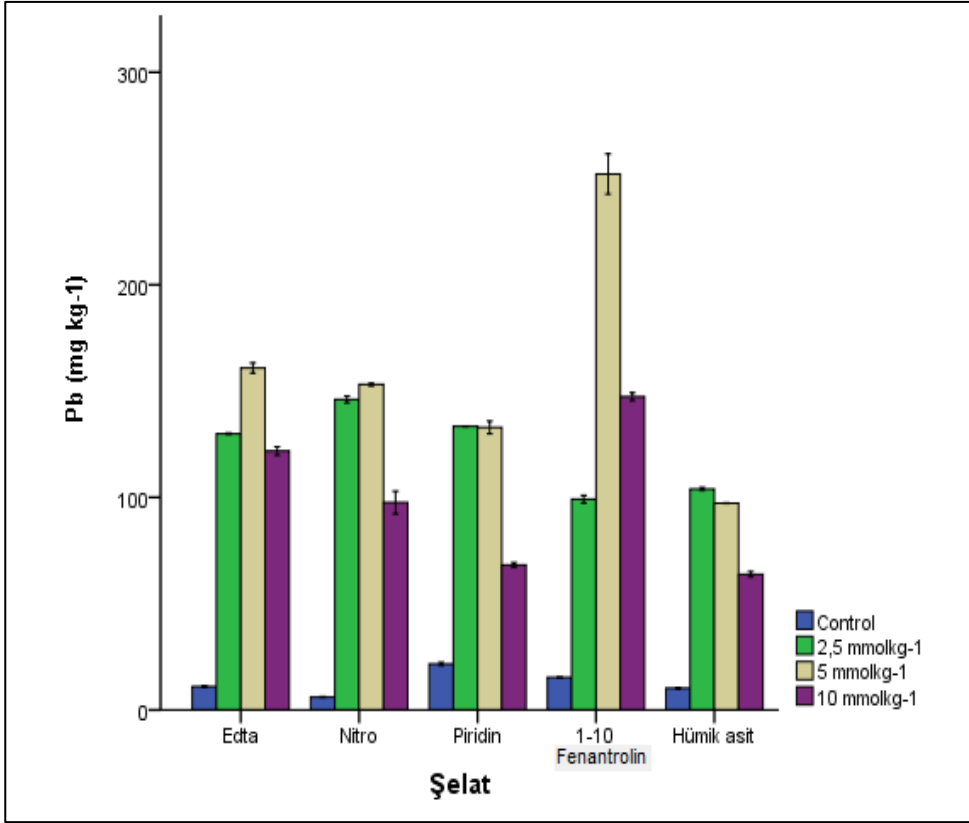
EDTA şelatı eklenen kurşun ile kirlenmiş toprakta yetiştirilen *B. napus* türünün gövdelerinde yapılan Pb analizine göre en yüksek kurşun alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük ise 5 mmol kg⁻¹ dozunda olmuştur. Nitro şelatında en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda olurken en düşük alım ise 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda gerçekleşmiştir. Piridin şelatında ise 2,5 mmol kg⁻¹'lik dozda en yüksek Pb alımı bulunurken, 5 mmol kg⁻¹'de en düşük Pb alımı gerçekleşmiştir. En yüksek Pb alımının 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda ve en düşük Pb alımının olduğu 10 mmol kg⁻¹ lik dozda olduğu şelat ise 1-10 fenontralin şelatı olmuştur. Hümik asit şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹'de en düşük Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de bulunmuştur. Genel olarak gövde de şelat dozlarından 2,5 mmol kg⁻¹ değerinde en yüksek Pb alımı gerçekleşmiş 10 mmol kg⁻¹ de ve 5 mmol kg⁻¹'de ise Pb elementi alımı azalmıştır.

B. napus yapraklarında yapılan Pb analizine bakıldığı zaman EDTA şelatı eklenen toprakta yetiştirilen *B. napus* türünün en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda olurken en düşük alım 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitroda ise en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de en düşük Pb alımı 5 mmol kg⁻¹'de bulunmuştur. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük ise 10 mmol kg⁻¹'de bulunmuştur. En yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹'de ve en düşük Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de olan şelat 1-10 fenantrolindir. Hümik asit şelatında da 2,5 mmol kg⁻¹ dozu en yüksek, 10 mmol kg⁻¹ dozu en düşük alımı gerçekleştirmiştir. Genel olarak 10 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük alım olduğu gözlemlenmiştir. *B. napus* kök, gövde, yaprak olarak değerlendirildiği zaman en iyi Pb alımının özellikle köklerde ve EDTA şelatı verilen toprakta gerçekleştiği görülmüştür.

Çizelge 3.12. *B. napus* türünün bitki organlarında ve toplam bitkide farklı şelat dozlarında Pb alımı

Şelat	Şelat doz	N	Kök	Gövde	Yaprak	Toplam bitki
			Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	9,05±0,15*	1,76±0,01	0,19±0,01	10,99±0,13
	2,5	3	106,50 ±0,50	19,27±0,25	4,17±0,15	129,93±0,11
	5	3	142,30 ±0,50	13,07±0,25	5,50±0,20	160,86±0,95
	10	3	97,27 ±0,35	18,10±0,01	6,47±0,45	121,83±0,80
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	3,87±0,06	1,80±0,02	0,41±0,01	6,07±0,070
	2,5	3	112,20±0,50	17,57±0,25	16,30±0,10	146,06±0,65
	5	3	110,87±0,45	34,00±0,30	8,20±0,10	153,06±0,25
	10	3	54,37±1,65	23,40±0,20	19,80±0,30	97,56±2,15
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	13,17±0,31	5,65±0,03	2,80±0,01	21,61±0,29
	2,5	3	72,20±0,20	43,17±0,15	18,07±0,06	133,43±0,05
	5	3	93,50±0,90	15,00±0,30	24,40±0,01	132,90±1,20
	10	3	31,67±0,35	34,80±0,10	1,70±0,20	68,16±0,45
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	9,69±0,03	2,15±0,01	3,45±0,04	15,28±0,05
	2,5	3	50,27±0,85	27,30±0,30	21,57±0,45	99,13±0,70
	5	3	92,07±2,55	19,30±0,10	140,77±1,15	252,13±3,80
	10	3	132,87±0,75	11,80±0,01	2,70±0,01	147,36±0,75
Hümik asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	9,25±0,10	0,75±0,02	0,25±0,01	10,24±0,10
	2,5	3	73,20±0,30	13,27±0,25	17,47±0,35	103,93±0,30
	5	3	77,97±0,15	10,90±0,01	8,40±0,20	97,26±0,05
	10	3	51,60 ±0,20	6,20±0,30	6,00±0,01	63,80±0,50

(*Standart hata)



Şekil 3.2. *B. napus* türünde farklı şelat dozlarında Pb alımı

Kirletilmiş toprakta deney sonuna ait tüm bitkideki toplam Pb değerlerine bakıldığı zaman *B. napus* türü EDTA şelatı uygulanan saksılarda en yüksek alımı 5 mmol kg⁻¹ de en düşük alım ise 10 mmol kg⁻¹ de gerçekleştirmiştir. Nitro şelatında en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda olup en düşük 10 mmol kg⁻¹ de görülmüştür. En yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ en düşük alım ise 10 mmol kg⁻¹ olan şelatsa piridindir. 1-10 fenantrolin şelatında 5 mmol kg⁻¹ dozda en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozda ise en düşük Pb alımı olmuşur. Hüyük asitte ise 10 mmol kg⁻¹ de en düşük alım olurken, 2,5 mmol kg⁻¹ de en yüksek Pb alımı olduğu görülmüştür

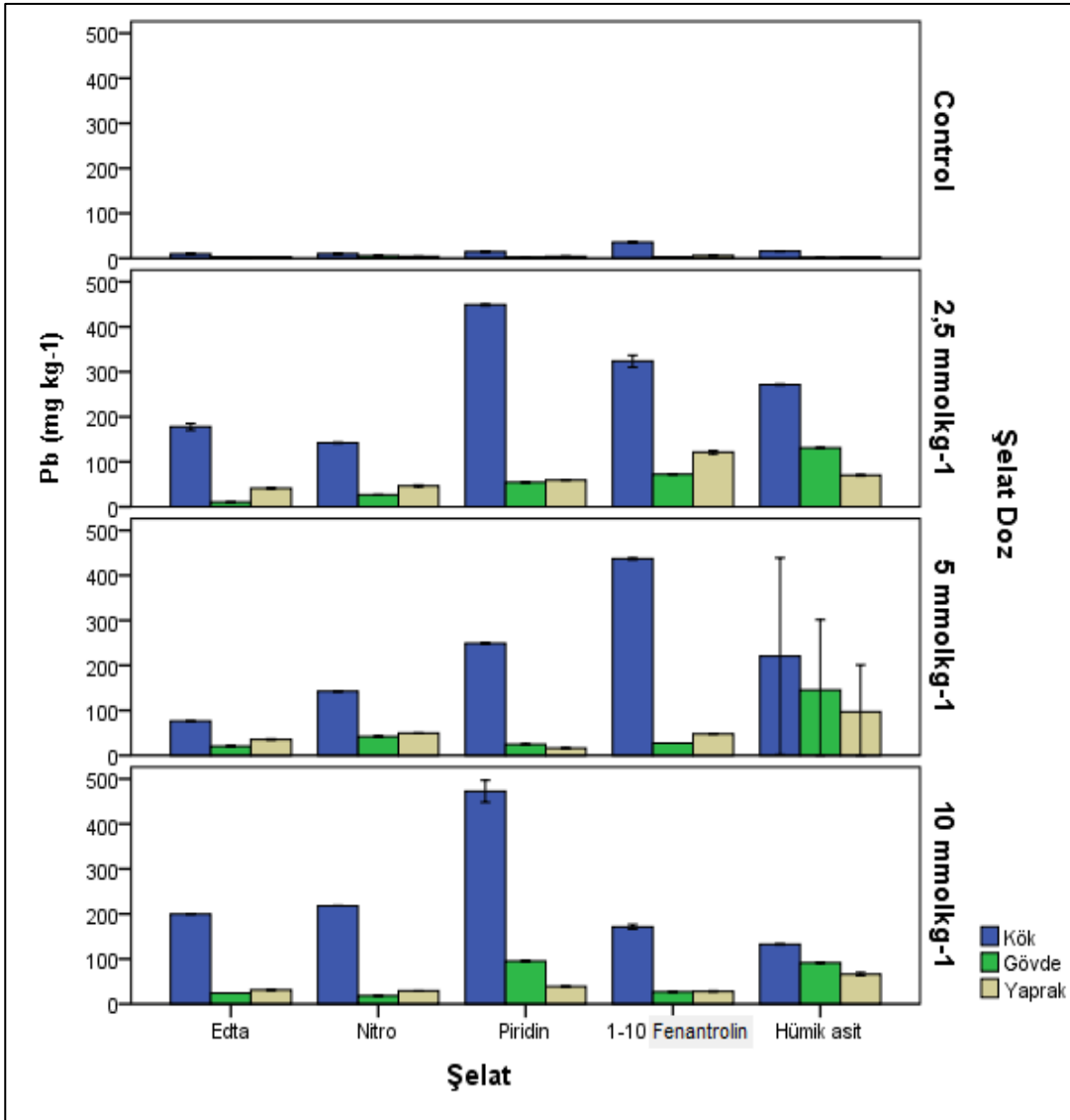
(Şekil 3.2.).

Çizelge 3.13. *B. napus* türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları (p<0,01**, p<0,05*, ÖD=p>0,05)

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik.
Şelat	Kök	10863,62	4	2715,90	4229,06	0,00**
	Gövde	1945,35	4	486,33	13938,50	0,00**
	Yaprak	11131,74	4	2782,93	26359,80	0,00**
	Toplam bitki	23153,78	4	5788,44	4767,32	0,00**
Şelat doz	Kök	74684,54	3	24894,84	38764,94	0,00**
	Gövde	3967,06	3	1322,35	37898,91	0,00**
	Yaprak	11203,89	3	3734,63	35374,20	0,00**
	Toplam bitki	174079,79	3	58026,59	47790,31	0,00**
Şelat * Şelat doz	Kök	24717,54	12	2059,79	3207,40	0,00**
	Gövde	2245,95	12	187,16	5364,10	0,00**
	Yaprak	30755,22	12	2562,93	24275,97	0,00**
	Toplam bitki	36887,89	12	3073,99	2531,71	0,00**

B.napus türünde Pb içeriği, kök, gövde, yaprak ve toplam bitkide şelat türü, şelatın dozu ve şelat*şelat dozu bakımından farklılığı P<0,01 düzeyinde farklılığı önemlidir (Çizelge 3.13)

3.3.2. *C. quinoa* ile ilgili bulgular



Şekil 3.3. *C. quinoa* türünün bitki organlarında farklı şelat dozlarında Pb alımı

Kurşun ile kirlenmiş *C. quinoa* türünün köklerinde EDTA şelatı eklendiğinde en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda, en düşük Pb alımı 5 mmol kg⁻¹'de elde edilmiştir. Nitro şelatında en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de görülürken, 5 mmol kg⁻¹ ve 2,5 mmol kg⁻¹ dozlarında alım az miktarda gerçekleşmiştir. Piridinde en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuş olup en düşük Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda gerçekleşmiştir. 1-10 fenantrolinde Pb alımı en yüksek 5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuş olup en düşük 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Hümik asit şelatında en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda ve en düşük 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Genel olarak 10 mmol kg⁻¹ şelat dozunda en yüksek Pb alımı gerçekleşmiştir.

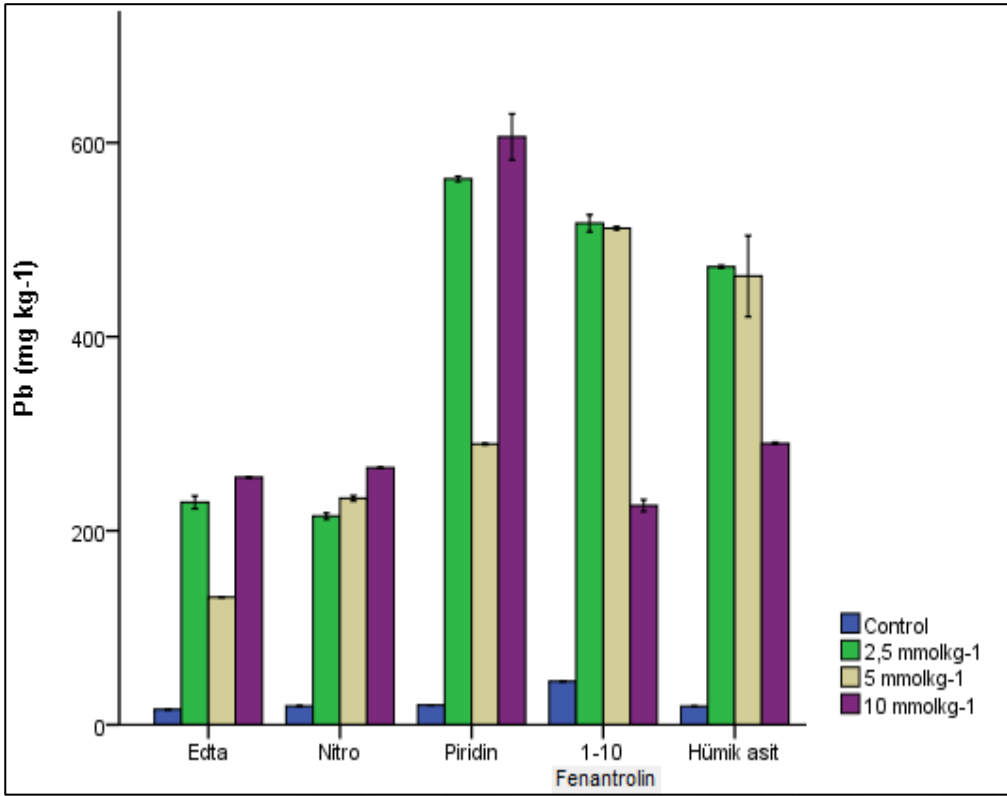
C. quinoa türü gövdelerinde EDTA şelatı eklendiğinde en yüksek Pb alımı 10 mmol kg^{-1} dozunda, en düşük Pb alımı $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ 'de elde edilmiştir. Nitro şelatında Pb alımı en yüksek 5 mmol kg^{-1} 'de, en düşük 10 mmol kg^{-1} de bulunmuştur. Pb alımı 10 mmol kg^{-1} 'de yüksek bulunurken en düşük alım 5 mmol kg^{-1} de olan şelat piridindir. 1-10 fenontralin şelatında Pb alımı en yüksek $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ de en düşük 10 mmol kg^{-1} 'de bulunmuştur. Hümik asitte ise en yüksek Pb alımı 5 mmol kg^{-1} 'de en düşük Pb alımı da 10 mmol kg^{-1} dozunda gerçekleşmiştir. Bu türe genel olarak bakıldığında şelat dozlarından en düşük alım 10 mmol kg^{-1} ve 5 mmol kg^{-1} dozlarında görülmüştür.

C. quinoa'nın yapraklarına EDTA şelatı eklendiğinde en yüksek Pb alımı $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ dozunda, en düşük Pb alımı 10 mmol kg^{-1} 'de elde edilmiştir. Nitro şelatında en yüksek Pb alımı 5 mmol kg^{-1} 'de görülürken en düşük 10 mmol kg^{-1} dozunda gerçekleşmiştir. Piridin şelatında ise en yüksek Pb alımı $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ dozunda bulunmuş olup en düşük Pb alımı 5 mmol kg^{-1} dozundadır. 1-10 fenantrolin şelatında Pb alımı en yüksek $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ dozunda bulunmuş olup en düşük 10 mmol kg^{-1} dozunda bulunmuştur. Hümik asit şelatında en yüksek Pb alımı 5 mmol kg^{-1} dozunda ve en düşük 10 mmol kg^{-1} dozunda bulunmuştur. Genel olarak $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ şelat dozunda en yüksek 10 mmol kg^{-1} dozunda en düşük Pb alımı gerçekleşmiştir. (Şekil 3.3.)

Çizelge 3.14.C. *quinoa* türünün bitki organlarında ve toplam bitkide farklı şelat dozlarında Pb alımı

Şelat	Şelat doz	N	Kök	Gövde	Yaprak	Toplam bitki
			Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	9,83±0,10*	2,67±0,02	3,22±0,01	15,73±0,07
	2,5	6	177,70±3,10	10,26±0,15	41,26±0,55	229,23±2,70
	5	6	76,00±0,10	20,36±0,05	35,10±0,40	131,46±0,25
	10	6	199,70±0,10	24,10±0,10	31,30±0,01	255,10±0,20
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	10,14±0,05	5,33±0,03	3,78±0,01	19,26±0,10
	2,5	6	142,20±0,40	26,56±0,15	46,26±0,75	215,03±1,30
	5	6	142,26±0,35	42,00±0,60	49,20±0,20	233,46±1,15
	10	6	217,90±0,10	18,10±0,20	28,80±0,10	264,80±0,20
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	14,54±0,01	1,69±0,01	4,00±0,05	20,25±0,04
	2,5	6	448,80±0,80	54,30±0,10	59,60±0,40	562,70±1,10
	5	6	248,90±0,60	24,36±0,65	16,00±0,40	289,26±0,35
	10	6	472,40±9,90	95,10±0,10	38,50±0,20	606,00±9,60
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	35,57±0,01	3,24±0,01	5,94±0,02	44,75±0,04
	2,5	6	323,40±5,30	72,20±0,20	121,36±1,55	516,96±3,55
	5	6	436,80±0,90	27,20±0,10	47,90±0,30	511,90±0,70
	10	6	171,20±2,00	26,80±0,10	27,80±0,40	225,80±2,50
Hümik asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	15,68±0,06	1,24±0,03	2,02±0,03	18,94±0,01
	2,5	6	271,16±0,45	131,10±0,40	69,86±0,65	472,13±0,60
	5	6	220,46±7,87	145,20±62,87	96,73±41,89	462,40±16,88
	10	6	132,33±0,57	91,40±0,60	66,26±1,45	290,00±0,43

(*Standart hata)



Şekil 3.4. *C. quinoa* türünün farklı şelat dozlarında Pb alımı

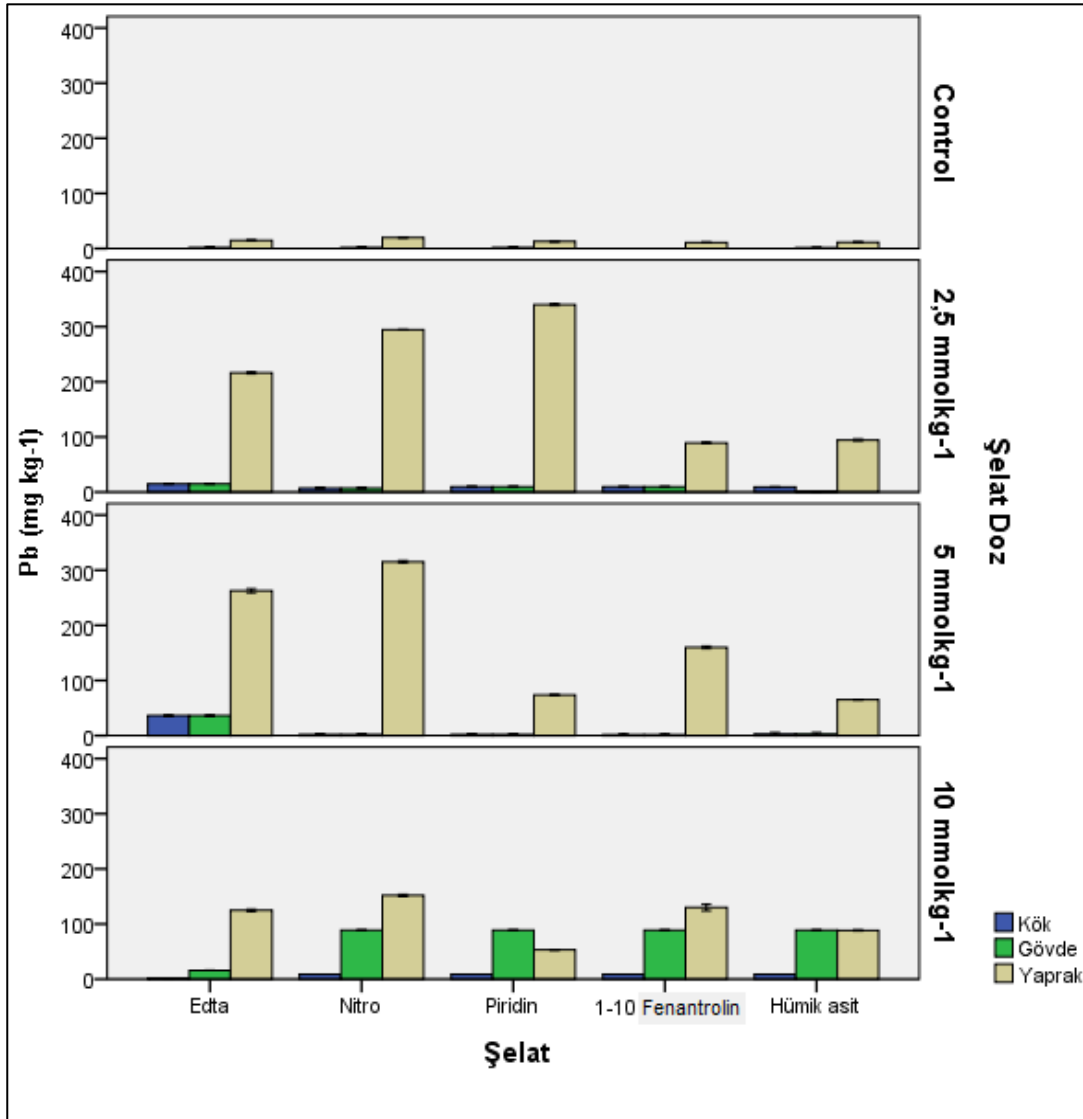
C. quinoa türünde bitkinin toplamda aldığı Pb miktarına bakıldığı zaman EDTA şelatı eklendiğinde en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de en düşük alım ise 5 mmol kg⁻¹'de bulunmuştur. Nitro şelatı eklenince ise 2,5 mmol kg⁻¹'de en düşük alım olurken en yüksek alım 10 mmol kg⁻¹'de görülmüştür. Piridin şelatında en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de en düşük 5 mmol kg⁻¹'de bulunmuştur. 2,5 mmol kg⁻¹ dozda en yüksek, 10 mmol kg⁻¹'de en düşük Pb alımı ise 1-10 fenantrolindedir. Hümik asitte ise 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda en yüksek 10 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük Pb alımına meydana gelmiştir. *C. quinoa* türünde genel olarak en yüksek alım eklenen şelatların 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda meydana gelmiştir (Şekil 3.4.).

Çizelge 3.15. *C. quinoa* türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları ($p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^*$, $\text{ÖD} = p > 0,05$)

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik.
Şelat	Kök	290064,64	4	72516,16	184,42	0,00**
	Gövde	44904,88	4	11226,22	56,77	0,00**
	Yaprak	9479,68	4	2369,92	26,90	0,00**
	Toplam bitki	416429,77	4	104107,44	5089,42	0,00**
Şelat doz	Kök	604277,39	3	201425,79	512,27	0,00**
	Gövde	29930,87	3	9976,95	50,45	0,00**
	Yaprak	32387,98	3	10795,99	122,57	0,00**
	Toplam bitki	1257289,64	3	419096,54	20488,08	0,00**
Şelat * Şelat doz	Kök	331015,10	12	27584,59	70,15	0,00**
	Gövde	32992,45	12	2749,37	13,90	0,00**
	Yaprak	16650,23	12	1387,51	15,75	0,00**
	Toplam bitki	509630,42	12	42469,20	2076,16	0,00**

C. quinoa türünde Pb içeriği, kök, gövde, yaprak ve toplam bitkide şelat türü, şelatın dozu ve şelat*şelat dozu bakımından farklılığı $P < 0,01$ düzeyinde farklılığı önemlidir(Çizelge 3.15.).

3.3.3. *A. cepa* ile ilgili bulgular



Şekil 3.5. *A. cepa* türünün bitki organlarında farklı şelat dozlarında Pb alımı

A. cepa köklerinde EDTA şelatı ilave edilen toprakta en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ dozda görülürken 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozları birbirine yakın miktarlarda alım gerçekleştirmiştir. 10 mmol kg⁻¹ dozun en yüksek alım yaptığı şelat ise nitro olmuştur. Piridin şelatında tüm dozlar birbirine yakın olmakla birlikte en yüksek alım 10 mmol kg⁻¹ dozunda olmuştur. 1-10 fenantrolinde en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozda olurken en düşük alım 10 mmol kg⁻¹'de görülmüştür. Hümik asit için ise Pb alımları genel olarak düşük miktarda olmakla birlikte en yüksek alım 10 mmol kg⁻¹ dozunda olmuştur.

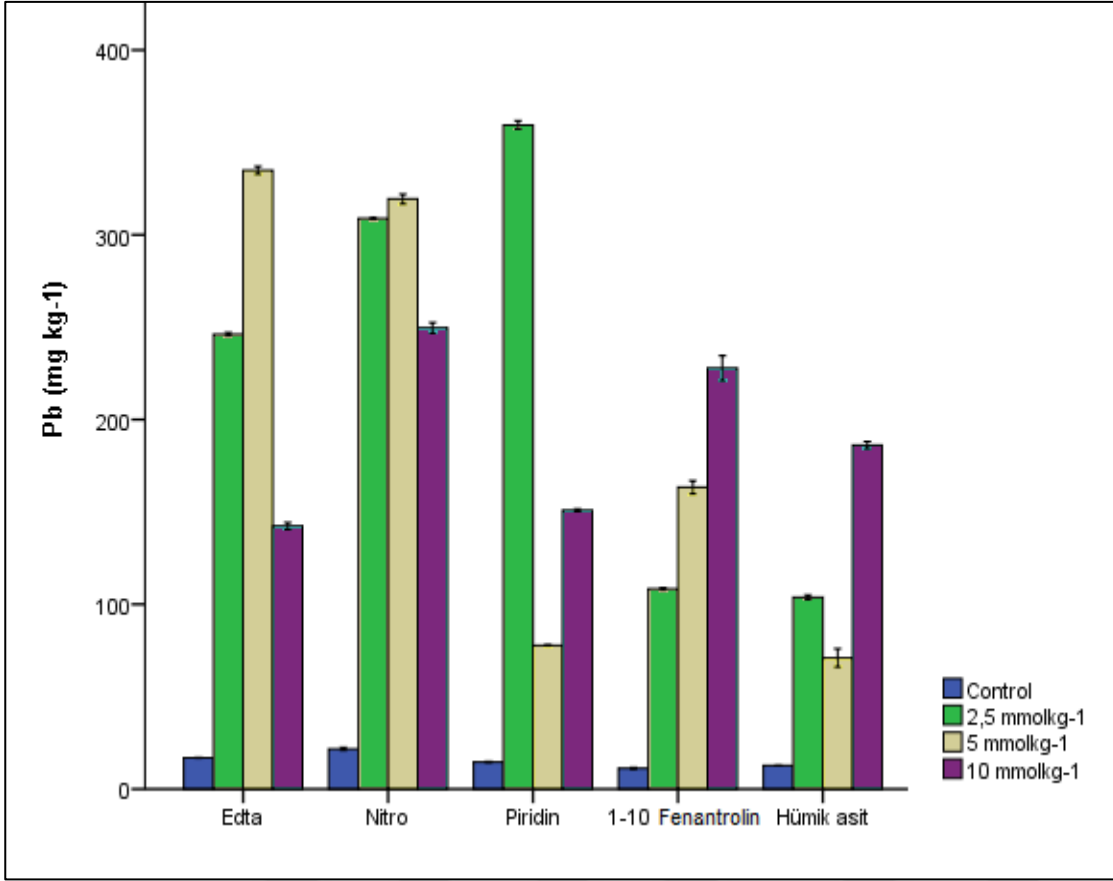
A. cepa'da gövdede EDTA şelatındaki en yüksek Pb alımı 5 mmol kg^{-1} dozunda bulunmuştur. Pb alımı nitro şelatında en yüksek 10 mmol kg^{-1} 'de en düşük $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ dozunda bulunmuştur. Piridin ve 1-10 fenantrolin şelatlarında ise 10 mmol kg^{-1} dozunda en yüksek Pb alımları bulunmuştur. Yine hümik asitte 10 mmol kg^{-1} dozda yüksek alım gerçekleşirken $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ de en düşük alım görülmüştür. Genel anlamda bu türde özellikle 10 mmol kg^{-1} dozda yüksek miktarda alım olduğu belirlenmiştir.

A. cepa türünde yaprakta EDTA şelatı ve nitro şelatı ilave edilen saksılarda en yüksek Pb alımı 5 mmol kg^{-1} dozunda bulunmuştur. Piridinde en yüksek Pb alımı $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ 'de görülmüştür. 1-10 fenantrolin şelatında en yüksek 5 mmol kg^{-1} dozunda tespit edilmiştir. Hümik asit şelatında ise en yüksek Pb alımı $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ dozunda bulunmuştur. Genel anlamda bu türde özellikle $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ ve 5 mmol kg^{-1} dozunda en yüksek Pb alımı olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.5.).

Çizelge 3.16.A. *cepa* türünün bitki organlarında ve toplam bitkide farklı şelat dozlarında Pb alımı

Şelat	Şelat doz	N	Kök	Gövde	Yaprak	Toplam bitki
			Ortalama	Ortalama.	Ortalama	Ortalama.
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	14,96±0,01*	1,87±0,01	14,82±0,06	16,88±0,06
	2,5	6	11,94±0,12	14,93±0,15	216,26±0,65	246,13±0,35
	5	6	28,93±0,20	36,16±0,25	262,56±1,35	334,90±0,85
	10	6	12,74±0,05	15,93±0,05	124,80±0,80	142,32±0,74
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	13,36±0,08	1,67±0,01	19,84±0,30	21,68±0,31
	2,5	6	5,76±0,08	7,20±0,10	294,40±0,01	308,80±0,20
	5	6	1,65±0,12	2,06±0,15	315,23±0,75	319,36±1,05
	10	6	71,17±0,28	88,96±0,35	151,76±0,75	249,63±1,13
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	71,65±0,16	1,68±0,01	12,75±0,10	14,60±0,10
	2,5	6	7,76±0,08	9,70±0,10	340,00±0,70	359,40±0,90
	5	6	7,88±0,04	2,10±0,01	73,56±0,15	77,76±0,15
	10	6	8,00±0,04	88,96±0,35	53,00±0,10	150,86±0,28
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	1,28±0,16	0,16±0,02	10,90±0,11	11,22±0,15
	2,5	6	7,68±0,00	9,60±0,01	89,13±0,25	108,33±0,25
	5	6	2,64±4,36	1,70±0,60	159,90±0,90	163,30±1,45
	10	6	0,21±0,17	88,96±0,35	129,93±2,35	227,79±2,73
Hümik asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	6	10,16±0,01	1,27±0,01	11,30±0,06	12,70±0,06
	2,5	6	0,34±0,12	0,43±0,15	94,33±0,57	103,76±0,47
	5	6	0,24±0,08	3,00±1,00	65,00±0,01	71,00±2,00
	10	6	0,40±0,01	88,96±0,35	88,30±0,40	186,16±0,78

(*Standart hata)



Şekil 3.6. *A. cepa* türünde farklı şelat dozlarında Pb alımı

A. cepa türünde EDTA şelatı uygulanan saksılarda Pb alımı en yüksek 5 mmol kg⁻¹ dozunda, en düşük Pb alımı ise 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatına uygulanan saksılarda 5 mmol kg⁻¹ doz en yüksek alım, 10 mmol kg⁻¹ dozunda ise en düşük alım gerçekleşmiştir. En yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹'de olan şelatsa piridin olmuştur. 1-10 fenantrolin şelatında 10 mmol kg⁻¹'de en yüksek Pb alımı olurken 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda ise en düşük Pb alımı olmuştur. Hümik asitte ise 10 mmol kg⁻¹'de en yüksek alım meydana gelirken, 5 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük Pb alımı olmuştur (Şekil 3.6.).

Çizelge 3.17. *A. cepa* türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları ($p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^*$, $ÖD = p > 0,05$)

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik.
Şelat	Kök	646,47	4	161,61	2147,22	0,00**
	Gövde	579,91	4	144,97	1435,05	0,00**
	Yaprak	122733,55	4	30683,38	53124,96	0,00**
	Toplam bitki	124036,03	4	31009,00	31972,59	0,00**
Şelat doz	Kök	901,13	3	300,37	3990,76	0,00**
	Gövde	52752,91	3	17584,30	174056,80	0,00**
	Yaprak	326833,99	3	108944,66	188625,90	0,00**
	Toplam bitki	408028,65	3	136009,55	140235,94	0,00**
Şelat * Şelat doz	Kök	2350,71	12	195,89	2602,58	0,00**
	Gövde	15328,23	12	1277,35	12643,77	0,00**
	Yaprak	201514,02	12	16792,83	29074,97	0,00**
	Toplam bitki	259515,58	12	21626,29	22298,32	0,00**

A. cepa türünde Pb içeriği, kök, gövde, yaprak ve toplam bitkide şelat türü, şelatın dozu ve şelat*şelat dozu bakımından $P < 0,01$ düzeyinde farklılığı önemlidir (Çizelge 3.17.).

3.4. Denemede Kullanılan Türlerin BCF (Biriktirme Faktörü) Değerleri

Çizelge 3.18. *B. napus*, *C. quinoa* ve *A. cepa* türlerinde BCF değerleri

BCF			<i>B. napus</i>	<i>C. quinoa</i>	<i>A. cepa</i>
Şelat			Ortalama	Ortalama	Ortalama
Şelat	Şelat dozu	N			
	Kontrol	3	3,14±0,05	2,97±0,01	6,89±0,02
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	3	1,61±0,01	4,80±0,05	4,86±0,02
	5	3	3,82±0,03	3,00±0,001	5,25±0,01
	10	3	2,38±0,01	6,44±0,01	2,38±0,01
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	1,56±0,02	3,29±0,01	2,96±0,05
	2,5	3	6,15±0,01	8,76±0,05	15,95±0,20
	5	3	5,67±0,01	8,75±0,01	12,14±0,08
Piridin (mmol kg ⁻¹)	10	3	1,83±0,03	7,26±0,01	3,26±0,09
	Kontrol	3	7,97±0,10	6,21±0,01	5,00±0,02
	2,5	3	2,52±0,01	10,31±0,07	11,85±0,05
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	5	3	1,99±0,01	6,61±0,02	4,45±0,02
	10	3	1,18±0,01	21,70±0,35	5,28±0,01
	Kontrol	3	2,40±0,01	15,63±0,04	6,72±0,13
Hümk asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	3	4,55±0,01	23,31±0,14	5,20±0,01
	5	3	3,16±0,04	15,98±0,02	4,82±0,03
	10	3	2,16±0,01	6,09±0,07	5,39±0,03
	Kontrol	3	1,65±0,01	6,57±0,01	7,60±0,09
	2,5	3	2,33±0,02	12,03±0,02	3,54±0,02
	5	3	3,75±0,01	19,71±6,30	2,10±0,06
	10	3	1,18±0,02	6,35±0,08	8,17±0,09

Bitkilerin fitoremediasyon potansiyellerini belirlemek amacıyla BCF değeri kullanılır. BCF değeri ne kadar yüksek ise türün akümülayon kapasitesi o kadar yüksek demektir.

B. napus türünde ilave edilen bütün şelatlar ve dozlarında BCF değeri 1'den büyüktür. Özellikle EDTA'da 5 mmol kg⁻¹ dozda, nitroda 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ de, piridinde 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda, 1-10 fenantrolinin 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda ve hümk asitin 5 mmol kg⁻¹ dozunda değerler oldukça yüksek tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında zaman *B. napus* türünün tüm şelatların 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozlarında BCF değerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

C. quinoa türüne bakıldığı zaman eklenen şelatlar ve dozlarının BCF değerleri *B. napus*'da olduğu gibi 1'den büyüktür. EDTA şelatının 10 mmol kg⁻¹ dozu, nitronun 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozu, piridinin 10 mmol kg⁻¹, 1-10 fenantrolinin 2,5 mmol kg⁻¹ dozu ve hümik asitin 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değerler bulunmuştur.

A. cepa türünde BCF değerlerinin 1'den büyük olduğu tespit edilmiştir. EDTA şelatı ilave edilen topraktaki *A. cepa*' da 5 mmol kg⁻¹ dozundaki değer yüksek olduğu görülmektedir. Nitro şelatında ise özellikle 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozlarında değerler oldukça yüksek olup piridinde de 2,5 mmol kg⁻¹'de yüksek değer tespit edilmiştir. 1-10 fenantrolinde de 10 mmol kg⁻¹ dozu yüksek değer alırken, hümik asitte de 10 mmol kg⁻¹ dozunun en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.18.)

Zayed, Lytle ve Terry (1998), ise BCF dört kategoriye ayırmışlardır buna göre;<0,01 akümülatör özelliğine sahip olmayan bitkiler 0,01-0,1 düşük derecede akümülatör özelliğine sahip bitkiler, 0,1-1,0 orta derecede akümülatör olan bitkiler, 1-10 yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip ya da hiperakümülatör bitkilerdir. Bu oran kullanılarak, topraktaki elementlerin bitki tarafından emilimi gösterilebilmekte ve topraktan bitkiye element geçişinin büyüklüğü kantitatif olarak tahmin edilebilmektedir (Kalender, 2016). Buna göre tüm şelatlarda tüm türler özellikle *C. quinoa* ve *A. cepa* yüksek derecede akümülatör olduğu söylenebilir.

3.5. Denemede Kullanılan Türlerin TF (Taşıma Faktörü) Değerleri

Çizelge 3.19. *B. napus*, *C. quinoa* ve *A. cepa* türlerinde TF değerleri

Şelat	Şelat doz	N	TF		
			<i>B. napus</i> Ortalama	<i>C. quinoa</i> Ortalama	<i>A. cepa</i> Ortalama
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,21±0,01	0,60±0,01	89,28±0,34
	2,5	3	0,22±0,01	0,29±0,02	15,48±0,19
	5	3	0,13±0,01	0,73±0,02	8,26±0,08
	10	3	0,25±0,01	0,27±0,01	88,32±0,76
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,56±0,01	0,90±0,01	128,83±1,11
	2,5	3	0,30±0,01	0,51±0,01	41,89±0,56
	5	3	0,38±0,01	0,64±0,014	154,08±11,24
	10	3	0,79±0,02	0,21±0,01	27,05±0,01
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,64±0,02	0,39±0,01	85,66±0,51
	2,5	3	0,84±0,01	0,25±0,01	36,05±0,28
	5	3	0,42±0,01	0,16±0,01	36,03±0,07
	10	3	1,15±0,01	0,28±0,01	15,95±0,03
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,57±0,01	0,25±0,01	69,82±7,94
	2,5	3	0,97±0,02	0,59±0,02	10,28±0,02
	5	3	1,73±0,04	0,17±0,01	106,33±47,31
	10	3	0,10±0,01	0,31±0,01	24,60±0,20
Hümk asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,10±0,01	0,20±0,01	99,00±0,51
	2,5	3	0,42±0,01	0,74±0,01	10,53±0,05
	5	3	0,24±0,01	1,46±1,37	24,47±8,27
	10	3	0,23±0,01	1,19±0,01	19,92±0,01

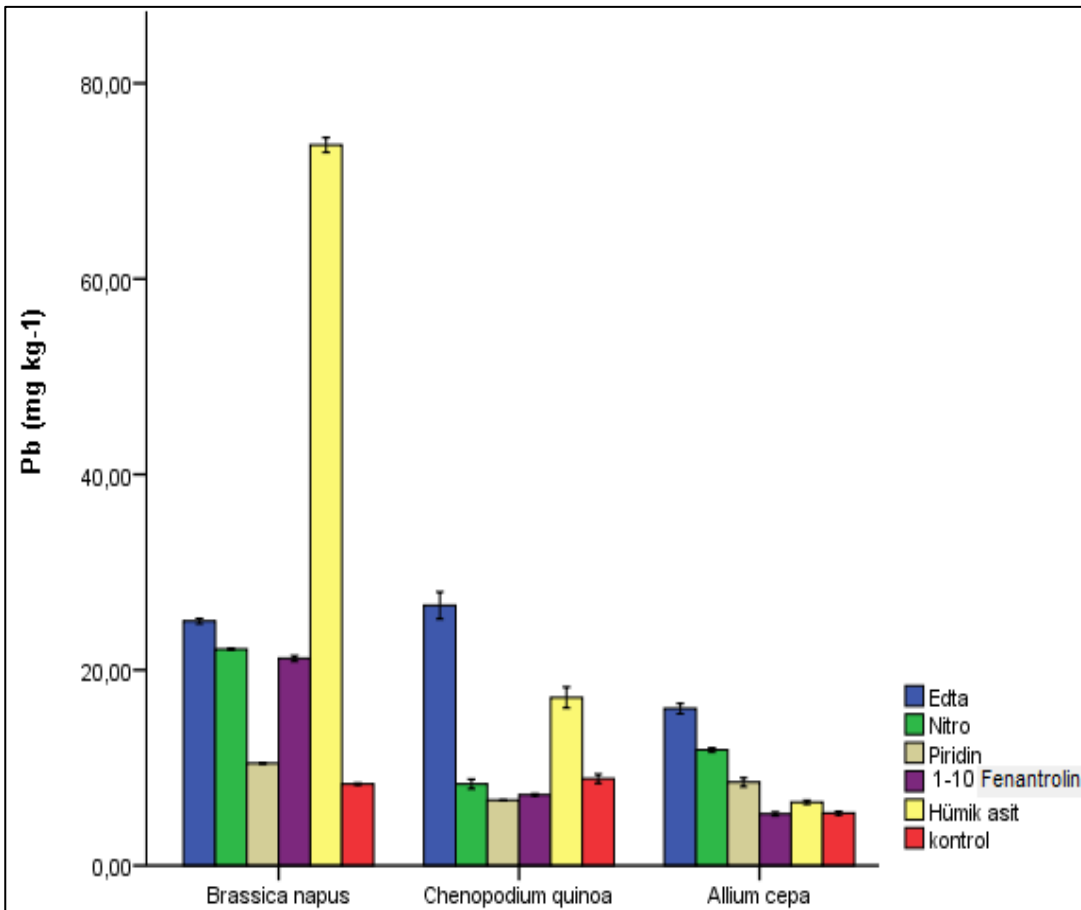
Bir tür aşırı biriktirici (hiperakümülatör) olduğu zaman TF >1 olmaktadır. TF>1 olduğu zaman kullanılan şelatlar ile metallerin etkileşmesi ve oluşan metal-şelat ikilisinin bitkinin üst organlarına doğru metal iyonlarından daha kolay taşınabildiği düşünülmektedir.

B. napus türünde TF değerleri genel olarak 1'den küçük bulunmuştur. Ancak piridin şelatının 10 mmol kg⁻¹ dozunda ve 1-10 fenantrolinin 5 mmol kg⁻¹ dozunda TF değerleri 1'den büyük bulunmuştur. Bundan yola çıkarak piridin ve 1-10 fenantrolinin bazı dozlarında TF değeri artış gösterdiği yani şelatörler sayesinde bitkinin metal biriktirme kapasitesine katkı sağladığı görülmüştür (Çizelge 3.19.).

C. quinoa’ da TF değerleri *B. napus*’ da olduğu gibi 1’den küçük bulunmuştur. Sadece hümik asitte 5 mmol kg^{-1} ve 10 mmol kg^{-1} ’ de TF değeri 1’den büyük bulunmuştur.

A. cepa türünde ise türe eklenen bütün şelat ve şelatların tüm dozlarında $\text{TF} > 1$ bulunmuştur. Bakıldığı zaman *A. cepa* bitkisinde $\text{TF} > 1$ bütün dozlarda yüksek miktarda tespit edildiğinden bu bitkinin fitoremediasyon yeteneğinin diğer iki bitkiye oranla daha yüksek olduğu ve metallerin üst organlara daha kolay taşınım sağlayabileceği düşünülmektedir.

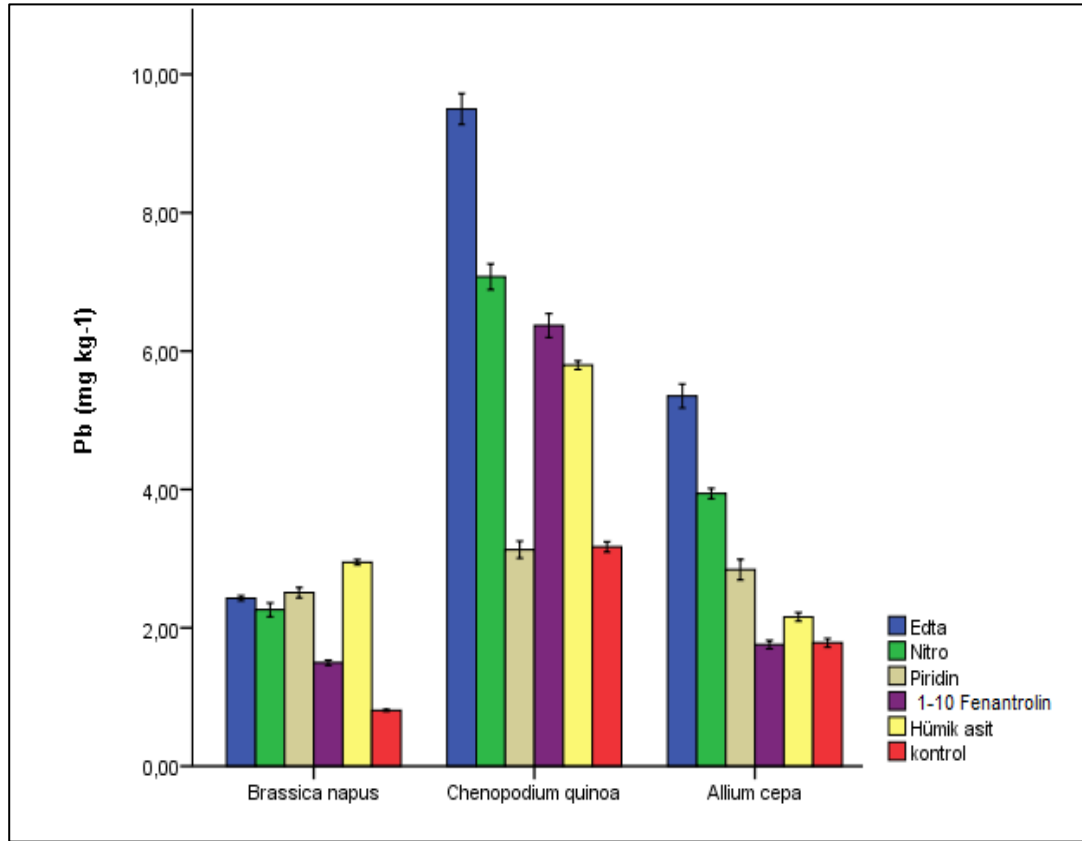
3.6. Arıtma Çamurunda Yetiştirilen Şelat Uygulanan Saksılardaki Ağır Metal Akümülyasyonları İle İlgili Bulgular



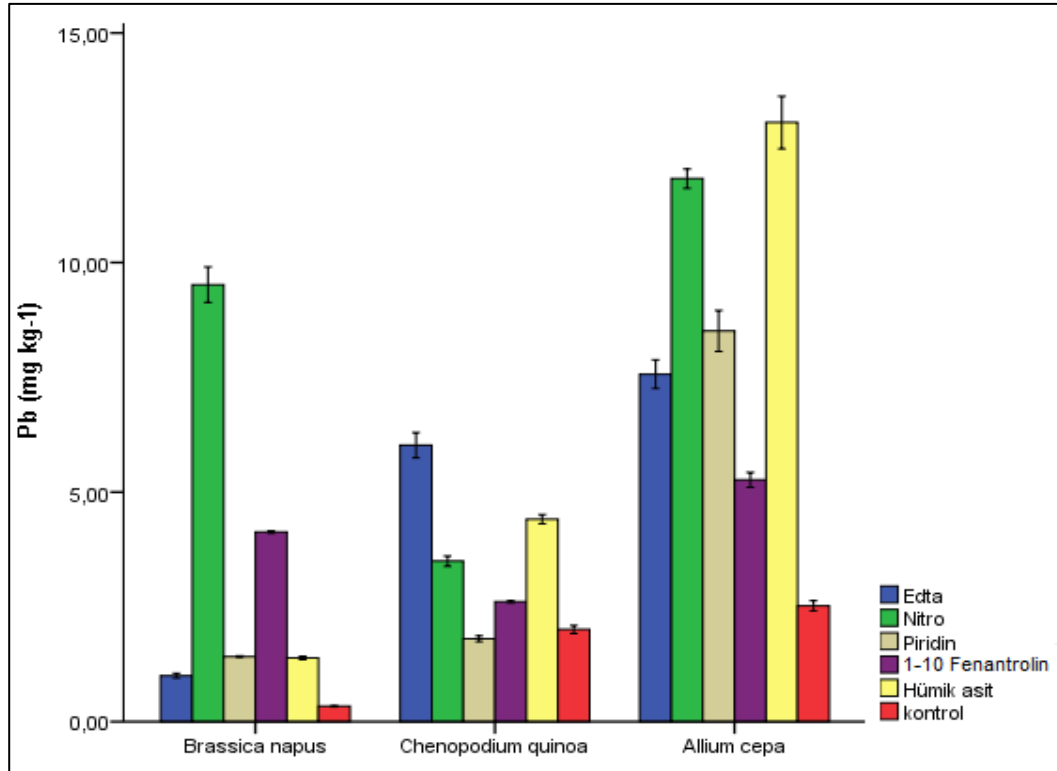
Şekil 3.7. Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin köklerine ait Pb (mg kg^{-1}) değerleri

B. napus türünün köklerindeki en yüksek Pb birikimi hümik asit şelatında, en düşük birikim piridin şelatında, *C. quinoa* türünün köklerindeki en yüksek birikim EDTA şelatında, en düşük birikim piridin şelatında *A. cepa*’da en yüksek birikim EDTA’da olup en düşük birikme 1-10 fenantrolin’de bulunmuştur (Şekil 3.7.).

B. napus türünün gövdelerindeki en yüksek Pb birikimi hümik asitte en düşük birikim ise 1-10 fenantrolin şelatı içeren saksılarda gerçekleştirmiştir. *C. quinoa* gövdesinde EDTA en yüksek Pb birikimi olup en düşük birikim ise piridin şelatinde bulunmuştur. *A. cepa* türünde ise en yüksek birikim EDTA şelatinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.8.).

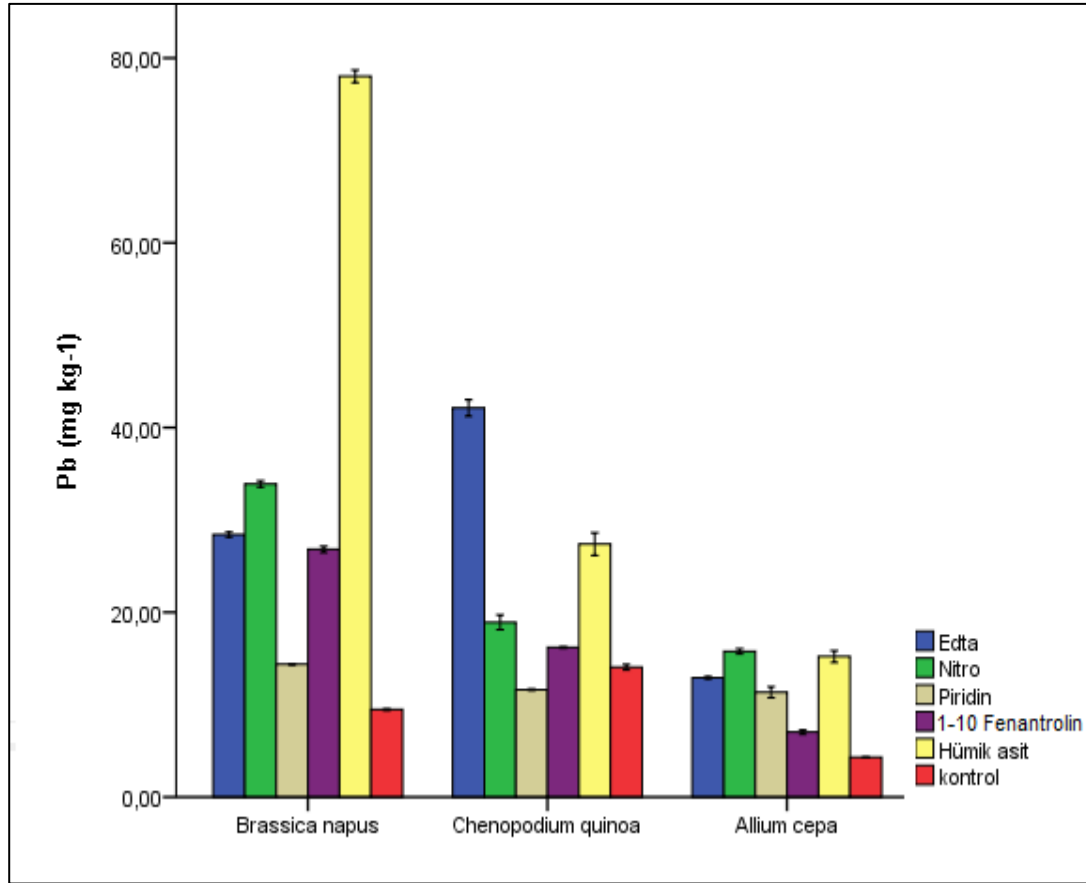


Şekil 3.8. Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin gövdeye ait Pb (mg kg⁻¹) değerleri



Şekil 3.9. Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin yaprağa ait Pb (mg kg⁻¹) değerleri

B. napus türünün yapraklarına ait Pb değerleri incelendiğinde en yüksek birikim nitro şelatında, en düşük birikim ise EDTA şelatında görülmüştür. *C. quinoa* türünde yapraklarında en yüksek birikim EDTA şelatı en düşük birikim piridin şelatı ilave edilen saksılarda tespit edilmiştir. *A. cepa* türünde en yüksek birikim hümik asit en düşük birikim ise 1-10 fenantrolin verilen saksılarda tespit edilmiştir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.10.Arıtma çamurunda yetiştirilen türlerin toplam bitkiye ait Pb (mg kg^{-1}) değerleri

Bitkide toplam Pb birikimine göre *B. napus* türünde en yüksek birikim hümik asit ilave edilen arıtma çamurunda, *C. quinoa*'da EDTA, *A. cepa*'da ise hümik asit ve nitro ilave edilen saksılarda bulunmuştur (Şekil 3.10.).

Çizelge 3.20. Arıtma çamuru kullanılan saksılarda kök, gövde, yaprak ve toplam bitkideki Pb değerleri

	Şelat	N	Kök Ortalama	Gövde Ortalama	Yaprak Ortalama	Toplam Bitki Ortalama
<i>B. napus</i>	EDTA (mmol kg ⁻¹)	3	24,99±0,11	2,43±0,02	1,00±0,02	28,42±0,11
	Nitro (mmol kg ⁻¹)	3	22,12±0,02	2,26±0,04	9,52±0,16	33,89±0,14
	Piridin (mmol kg ⁻¹)	3	10,44±0,01	2,51±0,03	1,42±0,01	14,37±0,03
	1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	3	21,18±0,12	1,49±0,02	4,13±0,01	26,80±0,14
	Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	3	73,69±0,31	2,95±0,02	1,39±0,02	78,02±0,28
	Kontrol	3	8,33±0,04	0,81±0,01	0,33±0,01	9,47±0,04
<i>C. quinoa</i>	EDTA (mmol kg ⁻¹)	3	26,60±0,56	9,50±0,09	6,02±0,11	42,12±0,36
	Nitro (mmol kg ⁻¹)	3	8,34±0,20	7,07±0,08	3,49±0,05	18,91±0,32
	Piridin (mmol kg ⁻¹)	3	6,68±0,01	3,13±0,05	1,81±0,03	11,61±0,03
	1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	3	7,22±0,05	6,37±0,07	2,61±0,01	16,19±0,04
	Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	3	17,18±0,43	5,79±0,03	4,41±0,04	27,39±0,49
	Kontrol	3	8,87±0,19	3,17±0,03	2,01±0,04	14,04±0,12
<i>A. cepa</i>	EDTA (mmol kg ⁻¹)	3	16,05±0,21	5,35±0,07	7,57±0,13	12,92±0,06
	Nitro (mmol kg ⁻¹)	3	11,82±0,09	3,94±0,03	11,83±0,09	15,77±0,12
	Piridin (mmol kg ⁻¹)	3	8,520±0,18	2,84±0,06	8,51±0,18	11,35±0,24
	1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	3	5,27±0,08	1,76±0,03	5,27±0,07	7,02±0,09
	Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	3	6,47±0,08	2,16±0,03	13,05±0,23	15,21±0,26
	Kontrol	3	5,35±0,08	1,78±0,03	2,50±230,05	4,31±0,02

Bütün türlerde en düşük birikim piridin ve 1-10 fenantrolin içeren saksılarda bulunmuştur (Çizelge 3.20.). Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda türlerin köklerinde biriktirmenin, yaprak ve gövdeye göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Özellikle hümkik asit, EDTA ve nitro şelatının kullanıldığı deneme saksılarında biriktirmenin daha fazla olduğu tespit edilmiş olup üç türde de kök bölgesinde biriktirme daha fazla bulunmuştur. Türlerin Pb elementini köklerde biriktirme ve üst organlara taşınması şelat ekleme ile arttığı tespit edilmiş olup bitkilerin büyüme

özellikleri göz önüne alındığında, ağır metal alımını artırmak için hümik asit, EDTA ve nitro kullanılabileceği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.21. Deney öncesi ve sonrası saksılarda bulunan arıtma çamurunda Pb (mg kg⁻¹) değerleri

Türler		<i>B. napus</i>	<i>C. quinoa</i>	<i>A. cepa</i>
Deney öncesi				
Aritma çamuru	Şelat	220,35*±2,22**	219,44±1,250	217,37±2.63
	EDTA	70,93±0,23	60,18±0,02	43,79± 0,11
	Hümik asit	74,51±0,57	58,73± 0,31	4,38±0,11
Deney sonrası				
Aritma çamuru	Nitro	51,77±0,17	20,10±0,02	34,66±0,08
	Piridin	90,16±0,55	36,42±0,09	23,64±0,36
	1.10 Fenantrolin	37,77±0,18	58,73±0,31	44,28±0,21
	Kontrol	180,23±0,59	19,23±0,25	196,23±0,11

(*Ort±**SE: Ortalama ± Standart Hata)

Çizelge 3.21.' de görüldüğü gibi deney öncesi ve sonrası deneme saksılarında arıtma çamurunda Pb değerleri karşılaştırıldığında aradaki farkın yüksek olduğu yani şelatör etkisinin yüksek olduğu görülmektedir. *B. napus*'a bakıldığında Pb alım sıralamasının piridin>hümik asit>EDTA>nitro>1-10 fenantrolin, *C. quinoa* 'da EDTA>hümik asit=1-10 fenantrolin>piridin>nitro ve *A. cepa*'da ise 1-10 fenantrolin>EDTA>nitro>piridin>hümik asit şeklinde Pb alımı gerçekleştirdikleri görülmektedir.

Çizelge 3.22. Denemede kullanılan türlerin arıtma çamuru karışımlarında Pb için biyokonsantrasyon faktörü (BCF) ve taşıma faktörü (TF) değerleri

Şelat	N	BCF			TF		
		<i>B. napus</i>	<i>C. quinoa</i>	<i>A. cepa</i>	<i>B. napus</i>	<i>C. quinoa</i>	<i>A. cepa</i>
EDTA	9	0,41*±0,01**	1.24±0.94	0,52±0.39	0,14±0,01	0,58±0,02	0,80±0.01
Nitro	9	0,66±0,02	0,55±0,13	0,33±0,03	0,53±0,02	1,27±0,02	1,20±0,52
Piridin	9	0,16±0,01	0,37±0,09	0,36±0,01	0,38±0,01	0,74±0,01	1,51±0,04
1.10 Fenantrolin	9	0,71±0,01	0,29±0,03	0,19±0,14	0,27±0,01	1,24±0,02	1,51±0,01
Hümik asit	9	1,05±0,01	0,82±0,47	0,19±0,06	0,06±0,01	0,59 ±0,01	2,35±0,01
Kontrol	9	1,34±0,02	2,33±0,02	1,02±0,06	0,14±0,01	0,58±0,02	0,48±0,02

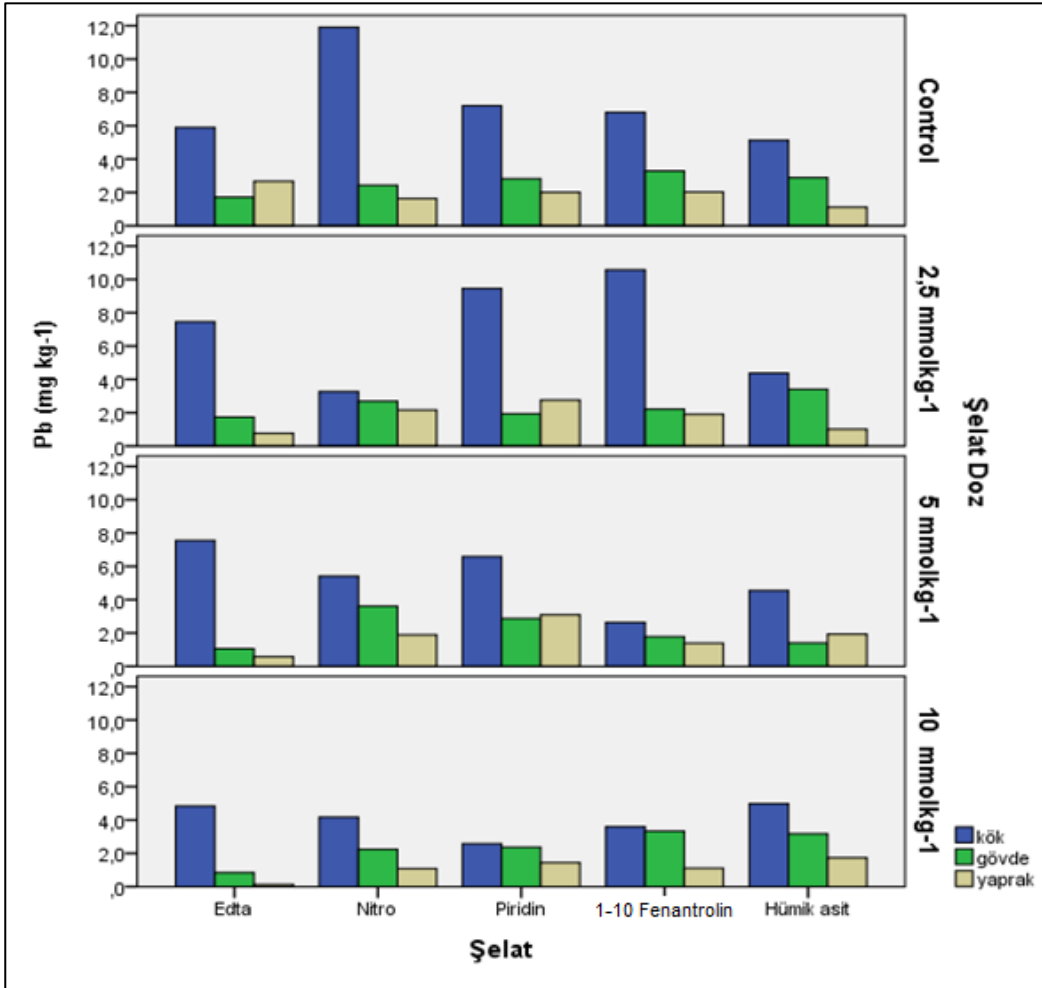
(*Ort±**SE: Standart Hata)

BCF, bitkilerde metal birikim etkinliğinin değerlendirilmesi için, TF ise bitkinin koklerinden st organlarına metallerin yerini değiştirme kapasitesini değerlendirmek için kullanılır. *B. napus* turnde humik asit şelatında ve kontrol grubunda BCF değeri 1'den buyk diğer şelatlarda ise BCF değeri 1'den kuktur. *C. quinoa* turnde EDTA şelatında ve kontrol grubunda BCF değeri 1'den buyk diğer şelatlarda BCF değeri 1 den kuktur. *A. cepa* turnde ise bütün şelatlarda BFC değeri 1'den kuktur. Taşıma faktörlerine göre *B. napus* ve *C. quinoa* türlerinden en yüksek değer nitro şelatı eklenen saksılarda iken *A. cepa* turnde ise en yüksek değer piridin ve 1-10 fenantrolin şelatları eklenen saksılarda bulunmuştur (izelge 3.22.).



3.7. Şelat + Mikrobiyal Gübre Uygulanan Saksılardaki Ağır Metal Akümülyasyonları İle İlgili Bulgular

3.7.1. *B. napus* ile ilgili bulgular



Şekil 3.11. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *B. Napus* türünün bitki organlarında Pb alımı

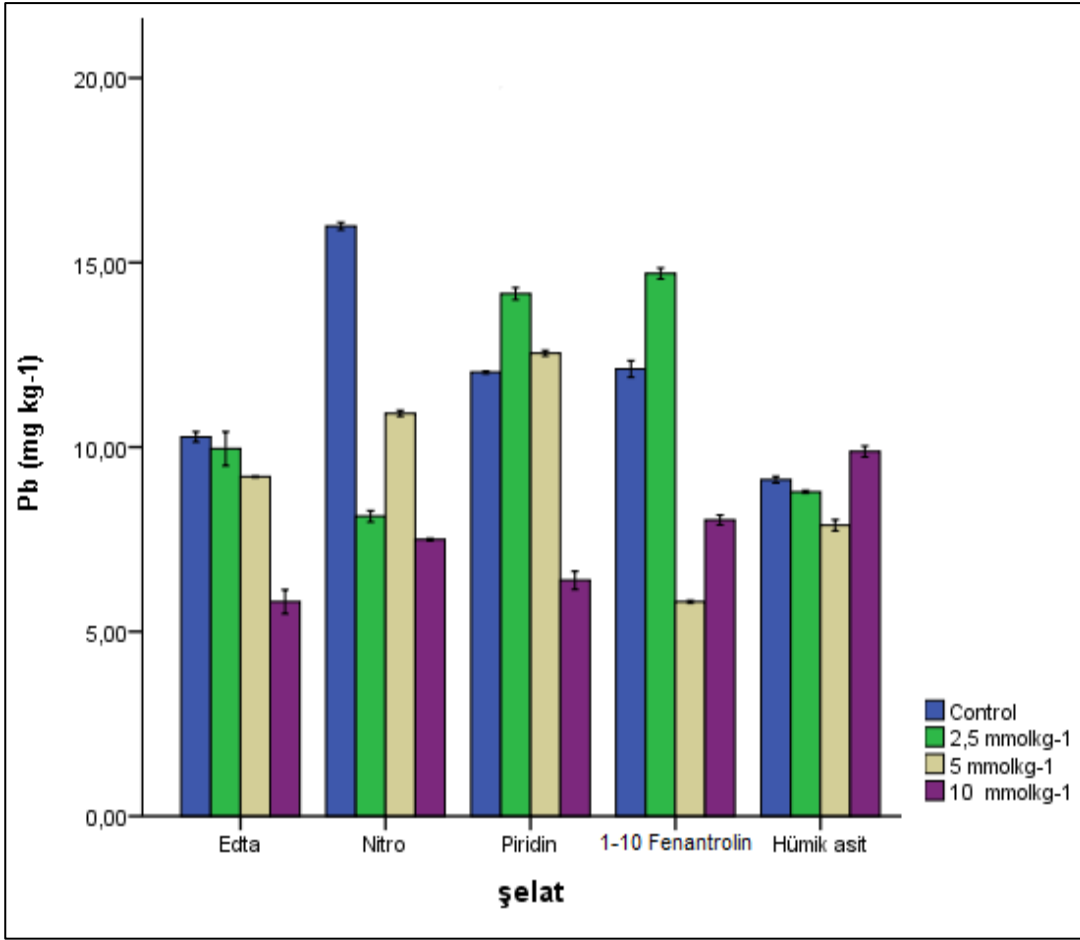
Pb ile kirletilmiş EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen toprakta yetiştirilen *B. napus* türünün köklerinde yapılan kurşun analizine göre en yüksek kurşun alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹'de elde edilirken 2,5 mmol kg⁻¹ en düşük değer bulunmuştur. Piridin ve 1-10 fenontralin şelatı eklenen topraklardaki en yüksek Pb alımı ise 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Hüyük asit şelatı eklenen toprakta yetiştirilen *B. napus* köklerinde 10 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken kök kısmında maksimum alım 1-10 fenantrolin şelatının 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüştür.

B. napus türünün gövdelerinde yapılan Pb analizine göre EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük ise 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹'de elde edilmiştir. Piridin eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı nitroda olduğu gibi 5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. 1-10 fenontralin şelatında ise en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüştür. Hümik asit şelatı eklenen toprakta yetiştirilen *B. napus* gövdelerinde ise 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilmiştir.

B. napus türünün yapraklarındaki Pb değerlerine bakıldığı zaman EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹'da, en düşük ise 10 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹'de elde edilmiştir. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda tespit edilmiştir. 1-10 fenontralin şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüştür. Hümik asit eklenen topraktaki *B. napus* yapraklarında ise 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda en düşük değer bulunmuştur.(Şekil 3.11.).

Çizelge 3.23. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *B. napus* türünün bitki organlarında Pb alımı

Şelat	Şelat doz	N	Kök	Gövde	Yaprak	Toplam bitki
			Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	5,89±0,03	1,71±0,01	2,67±0,02	10,28±0,06
	2,5	3	7,45±0,18	1,73±0,01	0,77±0,02	9,96±0,19
	5	3	7,55±0,01	1,06±0,03	0,58±0,04	9,19±0,01
	10	3	4,84±0,04	0,84±0,07	0,13±0,02	5,81±0,13
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	11,91±0,01	2,43±0,03	1,64±0,01	15,98±0,04
	2,5	3	3,26±0,02	2,69±0,03	2,17±0,02	8,12±0,06
	5	3	5,41±0,03	3,61±0,02	1,89±0,02	10,91±0,03
	10	3	4,17±0,02	2,23±0,03	1,09±0,04	7,49±0,01
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	7,20±0,03	2,82±0,01	2,01±0,01	12,03±0,02
	2,5	3	9,45±0,01	1,95±0,04	2,76±0,02	14,16±0,07
	5	3	6,59±0,03	2,87±0,02	3,09±0,02	12,54±0,03
	10	3	2,58±0,07	2,37±0,03	1,44±0,01	6,39±0,10
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	6,79±0,04	3,29±0,05	2,03±0,01	12,11±0,09
	2,5	3	10,58±0,02	2,22±0,02	1,91±0,03	14,70±0,06
	5	3	2,63±0,02	1,78±0,01	1,39±0,01	5,81±0,02
	10	3	3,58±0,04	3,33±0,02	1,11±0,01	8,03±0,06
Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	5,12±0,05	2,88±0,01	1,11±0,01	9,12±0,04
	2,5	3	4,37±0,01	3,41±0,04	1,01±0,02	8,79±0,02
	5	3	4,54±0,08	1,41±0,01	1,93±0,01	7,88±0,06
	10	3	4,97±0,01	3,17±0,03	1,74±0,03	9,88±0,06



Şekil 3.12.Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *B. napus* türünde Pb alımı

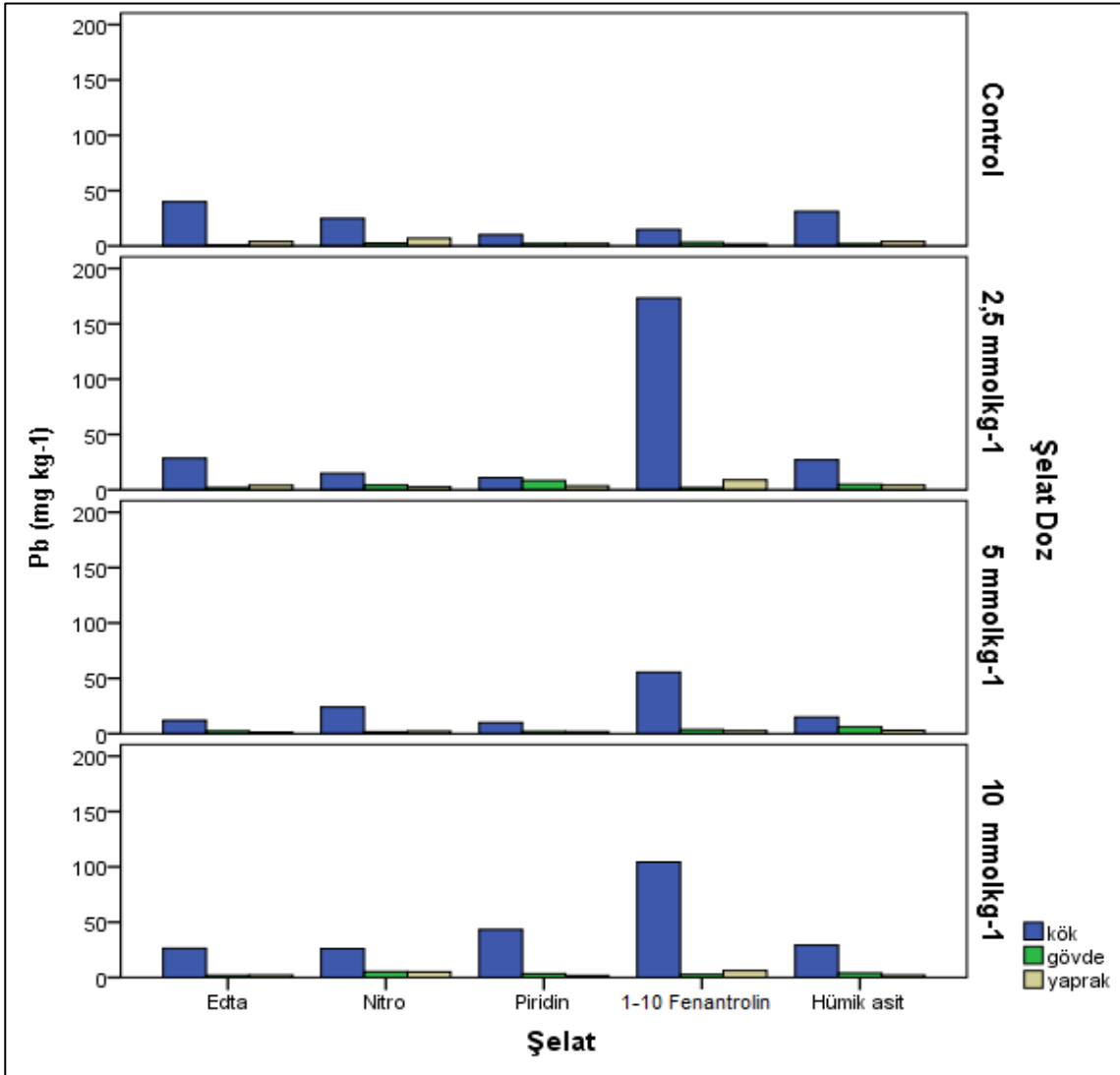
Tüm bitkideki toplam Pb değerlerine göre *B. napus* türü EDTA şelatı+mikrobiyal gübre verildiği zaman en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹'de en düşük alım ise 10 mmol kg⁻¹ dozunda gerçekleştirmiştir. Nitroda en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹'de görülmüştür. En yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹'de olan şelatsa piridindir. 1-10 fenantrolin şelatında 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda en yüksek Pb alımı gerçekleşirken, hümik asitte 10 mmol kg⁻¹'de en yüksek alım olduğu görülmüştür. Genel olarak bakıldığında da en düşük alımın EDTA şelatı ilave edilen örnekte, en yüksek alımın ise piridin eklenen örnekte olduğu görülmektedir. (Şekil 3.12.)

Çizelge 3.24. *B. napus* türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat+mikrobiyal gübre ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları ($p<0,01^{**}$, $p<0,05^*$, $ÖD=p>0,05$)

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik
Şelat	Kök	11,63	4	2,91	4393,31	0,00**
	Gövde	1162,85	4	290,71	4393,31	0,00**
	Yaprak	1263,91	4	315,98	10582,59	0,00**
	Toplam bitki	4617,45	4	1154,36	9916,14	0,00**
Şelatdoz	Kök	47,83	3	15,94	24093,53	0,00**
	Gövde	4782,93	3	1594,31	24093,53	0,00**
	Yaprak	2450,85	3	816,95	27360,82	0,00**
	Toplam bitki	14860,40	3	4953,47	42551,04	0,00**
Şelat * Şelat doz	Kök	19,17	12	1,60	2414,49	0,00**
	Gövde	1917,25	12	159,77	2414,49	0,00**
	Yaprak	999,20	12	83,27	2788,73	0,00**
	Toplam bitki	3995,64	12	332,97	2860,26	0,00**

B.napus türünde Pb içeriği kök, gövde, yaprak ve toplam bitkide şelat türü, şelatın dozu ve şelat*şelat dozu bakımından farklılığı $P<0,01$ düzeyinde farklılığı önemlidir (Çizelge 3.24.).

3.7.2. *C. quinoa* ile ilgili bulgular

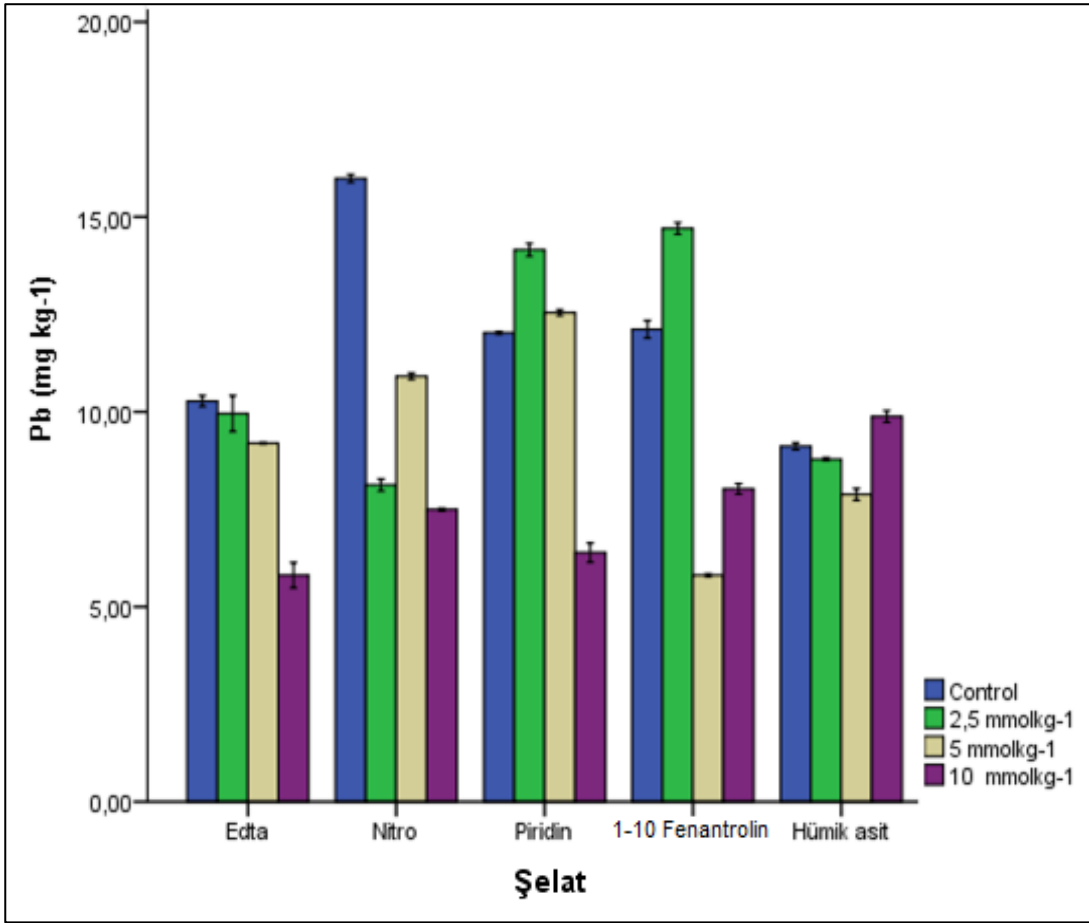


Şekil 3.13. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *C. quinoa* türünün bitki organlarında Pb alımı

C. quinoa türünün köklerindeki Pb değerlerine göre EDTA şelatı + mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek kurşun alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de elde edilirken 2,5 mmol kg⁻¹'de en düşük değer görülmüştür. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda tespit edilmiştir. 1-10 fenontralin şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüş olup en düşük alım ise 5 mmol kg⁻¹'de olmuştur. Hümik asit ilave edilen saksıda yetiştirilen *C. quinoa*'da ise 10 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken 5 mmol kg⁻¹'de en düşük değer bulunmuştur. Köklerde tüm şelatların 5 mmol kg⁻¹ dozunda Pb alımı daha düşük, 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarında yüksek miktarda tespit edilmiştir.

C. quinoa türünün gövdesindeki kurşun değerlerinde EDTA şelatı + mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek kurşun alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuş olup diğer dozlarda da alım miktarları birbirine yakın bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de ve 2,5 mmol kg⁻¹'de elde edilirken 5 mmol kg⁻¹'de en düşük değer görülmüştür. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda tespit edilmiş olup oldukça yüksek bir değer bulunmuştur. 1-10 fenontralin şelatında ise en yüksek Pb alımı 5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüş olup en düşük alım ise 2,5 mmol kg⁻¹'de olmuştur. Hümik asit eklenen toprakta yetiştirilen *C. quinoa* gövdesinde ise 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken 10 mmol kg⁻¹'de en düşük değer bulunmuştur. Gövdede özellikle tüm şelatların 5 mmol kg⁻¹ dozunda Pb alımı daha yüksek miktarda tespit edilmiş olup genel anlamda Pb alımının diğer organlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

C. quinoa türünün yapraklarındaki kurşun değerlerine göre EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek kurşun alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹'de elde edilmiştir. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda tespit edilmiştir. 1-10 fenontralin şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüştür. Hümik asit eklenen topraktaki *C. quinoa* yapraklarında ise 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken diğer dozlarda daha düşük miktarda alım meydana gelmiştir. Yapraklarda özellikle tüm şelatların 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda Pb alımı daha yüksek miktarda tespit edilmiştir (Şekil 3.13.).



Şekil 3.14. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *C. quinoa* türünde Pb alımı

Pb ağır metali eklenmiş toprakta deney sonuna ait tüm bitkideki toplam Pb değerlerine bakıldığı zaman *C. quinoa* türü EDTA şelatı+mikrobiyal gübre verildiğinde en yüksek alımı $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ 'de en düşük alım ise 5 mmol kg^{-1} dozunda gerçekleşmiştir. Nitro şelatında en yüksek Pb alımı 10 mmol kg^{-1} 'de olup diğer dozlarda birbirine yakın miktarda alım görülmüştür. En yüksek Pb alımı 10 mmol kg^{-1} lık dozda olan şelatsa piridin olmuştur. 1-10 fenantrolin şelatında $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ 'de ve 10 mmol kg^{-1} dozda en yüksek Pb alımı gerçekleşirken, hümik asitte $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ 'de ve 10 mmol kg^{-1} 'de hemen hemen eşit miktarda Pb alımı olduğu görülmüştür (Şekil 3.14.).

Çizelge 3.25.Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *C. quinoa* türünün bitki organlarında Pb alımı

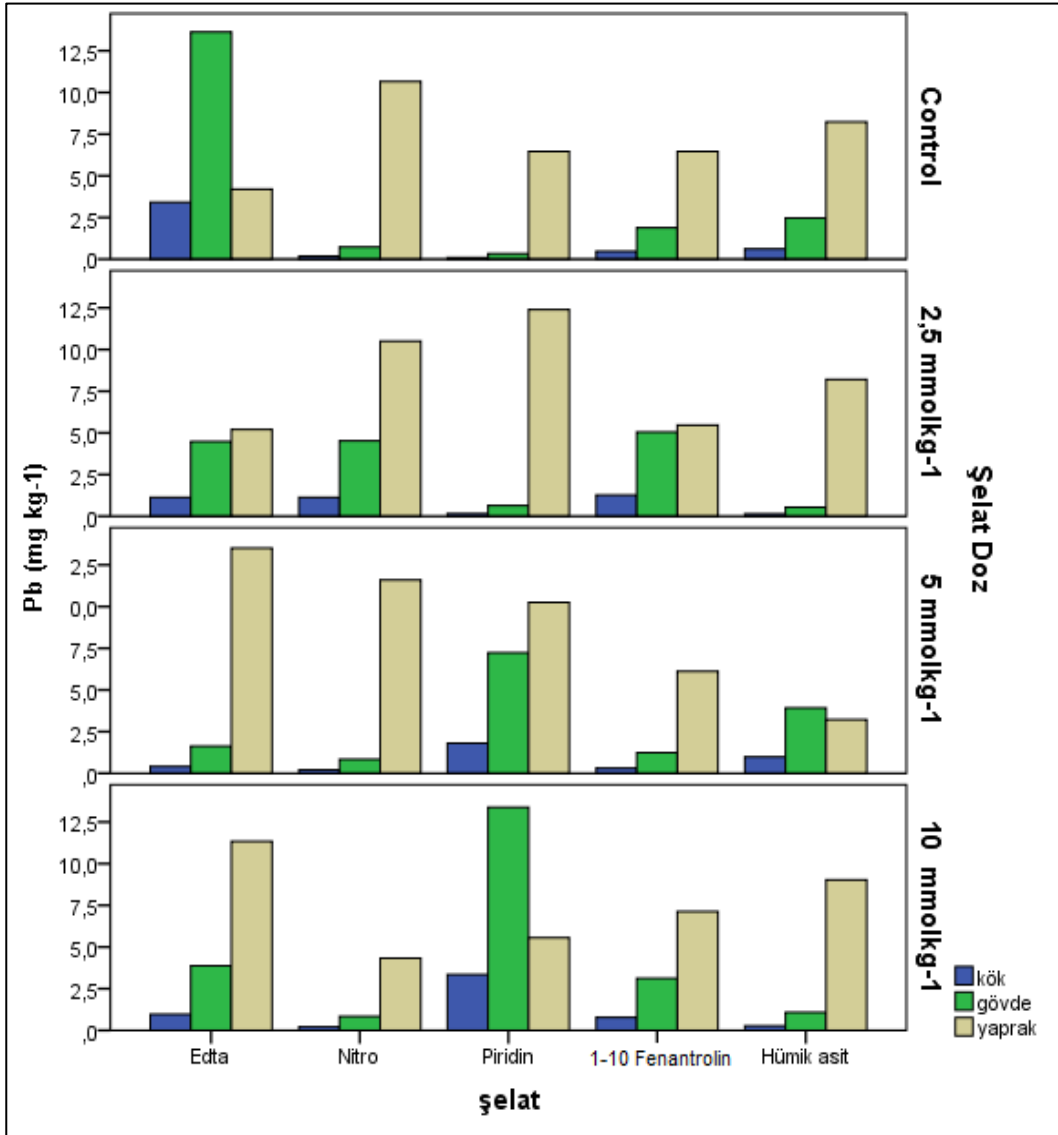
Şelat	Şelat doz	N	Kök	Gövde	Yaprak	Toplam bitki
			Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	39,93±0,23	0,99±0,02	4,06±0,02	44,98±0,23
	2,5	3	28,45±0,04	2,04±0,02	4,02±0,01	34,51±0,02
	5	3	11,85±0,04	2,32±0,10	1,29±0,01	15,46±0,05
	10	3	26,23±0,05	1,88±0,04	2,14±0,02	30,24±0,03
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	24,88±0,26	2,60±0,02	6,93±0,10	34,40±0,34
	2,5	3	14,93±0,01	4,20±0,02	2,53±0,04	21,65±0,03
	5	3	24,02±0,02	1,65±0,01	2,19±0,02	27,86±0,01
	10	3	26,00±0,17	5,19±0,02	4,97±0,02	36,16±0,17
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	10,26±0,03	2,12±0,02	2,20±0,04	14,57±0,03
	2,5	3	11,00±0,09	8,23±0,03	3,45±0,03	22,68±0,03
	5	3	9,96±0,03	1,94±0,01	1,80±0,01	13,70±0,05
	10	3	43,37±0,80	3,27±0,05	1,69±0,02	48,32±0,76
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	14,92±0,09	3,21±0,01	1,66±0,10	19,79±0,20
	2,5	3	173,12±0,79	1,91±0,05	8,84±0,01	183,87±0,74
	5	3	55,35±0,06	3,61±0,03	2,50±0,04	61,46±0,01
	10	3	104,19±0,38	2,78±0,01	6,24±0,02	113,21±0,36
Hüyük asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	31,07±0,17	2,07±0,03	4,06±0,05	37,19±0,24
	2,5	3	27,05±0,05	4,90±0,02	4,14±0,09	36,08±0,02
	5	3	14,82±0,15	6,13±0,01	2,96±0,05	23,90±0,20
	10	3	29,23±0,19	3,99±0,03	2,15±0,03	35,36±0,13

Çizelge 3.26. *C. quinoa* türünde kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun şelat+mikrobiyal gübre ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları (p<0,01** , p<0,05* ,ÖD=p>0,05)

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik.
Şelat	Kök	39,25	4	9,81	9607,19	0,00**
	Gövde	3924,59	4	981,15	9607,19	0,00**
	Yaprak	5357,79	4	1339,45	16441,33	0,00**
	Toplam bitki	7223,79	4	1805,95	9825,00	0,00**
Şelat doz	Kök	138,79	3	46,27	45302,30	0,00**
	Gövde	13879,72	3	4626,57	45302,30	0,00**
	Yaprak	14727,04	3	4909,01	60256,70	0,00**
	Toplam bitki	61254,74	3	20418,25	111082,47	0,00**
Şelat * Şelat doz	Kök	99,99	12	8,33	8159,02	0,00**
	Gövde	9999,05	12	833,25	8159,02	0,00**
	Yaprak	7411,27	12	617,61	7580,94	0,00**
	Toplam bitki	17559,27	12	1463,27	7960,72	0,00**

C. quinoa türünde Pb içeriği, kök, gövde, yaprak ve toplam bitkide şelat türü, şelatın dozu ve şelat*şelat dozu bakımından farklılığı P<0,01 düzeyinde farklılığı önemlidir. (Çizelge 3.26.).

3.7.3. A. cepa ile ilgili bulgular

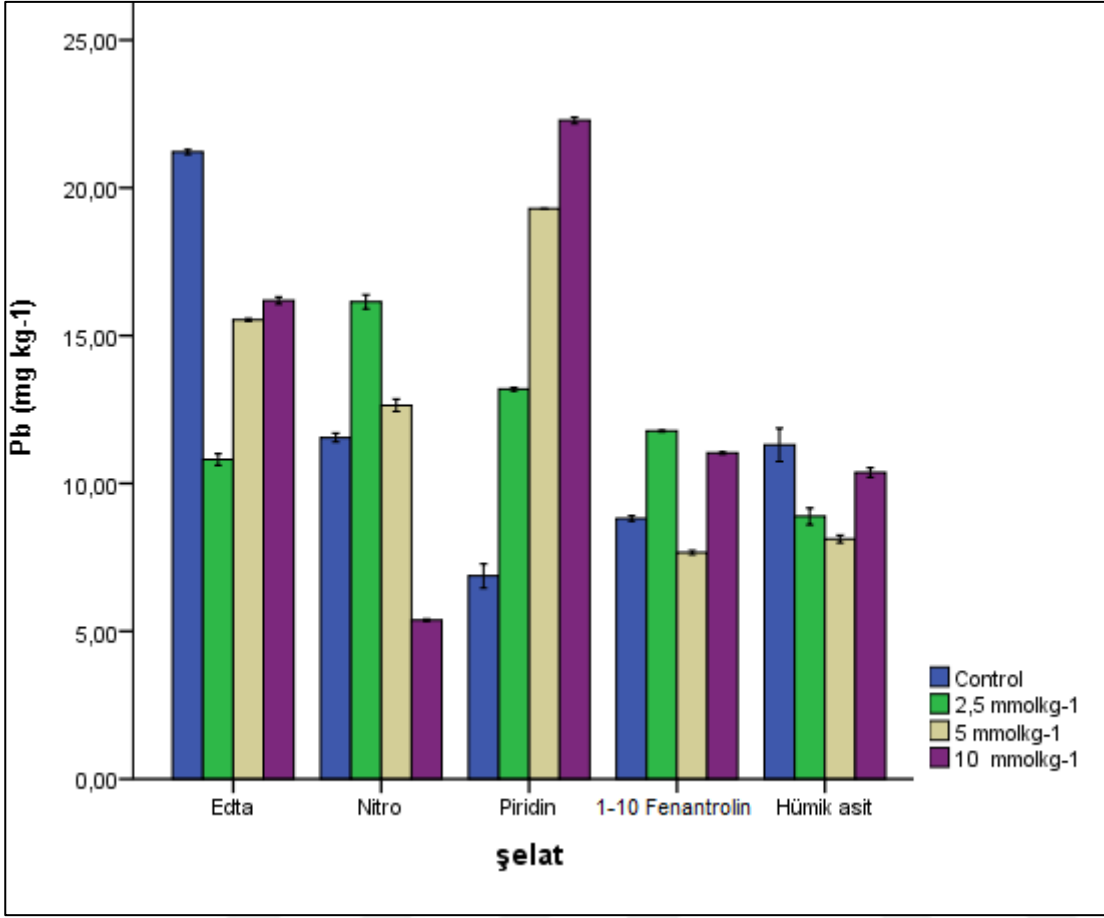


Şekil 3.15. Şelat+Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *A. cepa* türünün bitki organlarında Pb alımı

A. cepa türünün köklerindeki kurşun değerlerinde EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek kurşun alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı EDTA'da olduğu gibi 2,5 mmol kg⁻¹ de elde edilirken 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozunda eşit miktarda alım olduğu görülmüştür. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda tespit edilmiştir. 1-10 fenantrolin şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüştür ve en düşük alım ise 5 mmol kg⁻¹ dozunda olmuştur. Hümik asit şelatı eklenen toprakta yetiştirilen *A. cepa* köklerinde ise 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilmiştir.

A. cepa türünün gövdesindeki kurşun değerlerinde EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek kurşun alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda bulunmuştur. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı EDTA'da olduğu gibi 2,5 mmol kg⁻¹'de elde edilirken 5 mmol kg⁻¹' de ve 10 mmol kg⁻¹ dozunda eşit miktarda alım olduğu görülmüştür. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda tespit edilmiş olup oldukça yüksek bir değer bulunmuştur. 1-10 fenontralin şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüştür ve en düşük alım ise 5 mmol kg⁻¹'de olmuştur. Hümik asit şelatı eklenen topraktaki *A. cepa* gövdesinde ise 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken 2,5 mmol kg⁻¹'de en düşük değer bulunmuştur. Gövdede genellikle tüm şelatların 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda Pb alımı daha yüksek miktarda tespit edilmiştir.

A. cepa türünün yapraklarındaki kurşun değerlerinde EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen toprakta en yüksek kurşun alımı 5 mmol kg⁻¹'de bulunmuş olup 10 mmol kg⁻¹'de de Pb alımının oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Nitro şelatında ise en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹'de elde edilmiştir. Piridin şelatı eklenen topraktaki en yüksek Pb alımı 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda tespit edilmiş olup 5 mmol kg⁻¹'de buna yakın değer tespit edilmiştir. 1-10 fenontralin şelatında ise en yüksek Pb alımı 10 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüştür ve diğer dozlardaki Pb alımlarında birbirine yakın miktarda tespit edilmiştir. Hümik asit eklenen toprakta yetiştirilen *A. cepa* yapraklarında ise 10 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek değer elde edilirken 5 mmol kg⁻¹'de en düşük değer bulunmuştur Şekil.3.15.'de de görüldüğü gibi özellikle en yüksek alım *A. cepa* türünün yapraklarında meydana gelmiştir.



Şekil 3.16.Şelat + Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *A. cepa* türünde Pb alımı

Pb ağır metaliyle kirlenmiş toprakta deney sonuna ait tüm bitkideki toplam Pb alım değerlerine göre *A. cepa* türü EDTA şelatı+mikrobiyal gübre verildiğinde en yüksek alımı 10 mmol kg^{-1} de en düşük alım ise $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ dozunda gerçekleşmiştir. Nitro şelatında en yüksek Pb alımı $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ dozunda, en düşük alım 10 mmol kg^{-1} de görülmüştür Pb alımı hemen hemen tüm dozlarında oldukça yüksek olan şelatsa piridindir ve özellikle 10 mmol kg^{-1} dozunda en yüksek alım görülmüştür. 1-10 fenantrolin şelatında $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ ve 10 mmol kg^{-1} dozlarında en yüksek Pb alımı gerçekleşirken, hümik asitte $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ ve 5 mmol kg^{-1} de hemen eşit miktarda Pb alımı meydana gelirken en yüksek alım 10 mmol kg^{-1} de olmuştur. Şekil 3.16'da görüldüğü üzere 5 mmol kg^{-1} lik ve 10 mmol kg^{-1} lik dozlarda yüksek Pb alımları tespit edilmiştir (Şekil 3.16.).

Çizelge 3.27. Şelat + Mikrobiyal gübre uygulanan saksılarda *A cepa* türünün bitki organlarında Pb alımı

Şelat	Şelat doz	N	Kök	Gövde	Yaprak	Toplam bitki
			Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	3,41±0,01	13,62±0,01	4,19±0,02	21,22±0,03
	2,5	3	1,12±0,01	4,48±0,01	5,21±0,09	10,81±0,08
	5	3	0,41±0,01	1,63±0,03	13,50±0,05	15,53±0,02
	10	3	0,97±0,01	3,88±0,05	11,34±0,11	16,19±0,05
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,18±0,01	0,72±0,01	10,65±0,06	11,55±0,06
	2,5	3	1,13±0,02	4,52±0,08	10,49±0,01	16,14±0,10
	5	3	0,21±0,01	0,83±0,04	11,60±0,04	12,64±0,08
	10	3	0,21±0,01	0,83±0,01	4,34±0,02	5,37±0,02
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,08±0,01	0,33±0,01	6,46±0,17	6,87±0,17
	2,5	3	0,16±0,01	0,63±0,01	12,40±0,03	13,19±0,02
	5	3	1,81±0,01	7,23±0,01	10,25±0,01	19,29±0,01
	10	3	3,34±0,01	13,37±0,02	5,56±0,03	22,28±0,04
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,47±0,01	1,88±0,01	6,46±0,04	8,81±0,04
	2,5	3	1,26±0,01	5,05±0,01	5,46±0,01	11,77±0,01
	5	3	0,31±0,01	1,23±0,01	6,12±0,02	7,66±0,03
	10	3	0,78±0,01	3,12±0,04	7,13±0,07	11,03±0,02
Hümkik asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,62±0,02	2,46±0,07	8,23±0,14	11,31±0,23
	2,5	3	0,14±0,01	0,54±0,02	8,21±0,10	8,89±0,11
	5	3	0,98±0,01	3,92±0,02	3,22±0,03	8,12±0,05
	10	3	0,27±0,01	1,07±0,02	9,03±0,05	10,37±0,06

Çizelge 3.28. *A. cepa* kök, gövde, yaprak ve bitki toplamındaki Pb konsantrasyonunun Şelat + mikrobiyal gübre ve dozları arasında RMANOVA testi sonuçları (p<0,01** , p<0,05* , ÖD=p>0,05)

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik.
Şelat	Kök	22809,91	4	5702,48	296925,93	0,00**
	Gövde	10251,48	4	2562,87	31543,03	0,00**
	Yaprak	7167,42	4	1791,86	8317,32	0,00**
	Toplam Bitki	92991,05	4	23247,76	95696,82	0,00**
Şelat doz	Kök	11159,08	3	3719,70	193683,16	0,00**
	Gövde	16588,30	3	5529,43	68054,54	0,00**
	Yaprak	65525,97	3	21841,99	101384,73	0,00**
	Toplam bitki	195614,01	3	65204,67	268407,77	0,00**
Şelat * Şelat doz	Kök	27057,56	12	2254,80	117406,43	0,00**
	Gövde	32218,95	12	2684,91	33045,07	0,00**
	Yaprak	35044,21	12	2920,35	13555,50	0,00**
	Toplam bitki	95865,37	12	7988,78	32884,93	0,00**

B.napus türünde Pb içeriği, kök, gövde, yaprak ve toplam bitkide şelat türü, şelatın dozu ve şelat*şelat dozu bakımından farklılığı P<0,01 düzeyinde farklılığı önemlidir (Çizelge 3.28.).

3.8. Denemede Şelat + Mikrobiyal Gübre Kullanılan Türlerin BCF Değerleri

Çizelge 3.29. *B. napus*, *C. quinoa*, *A. cepa* türlerinin BCF değeri

TÜRLER			<i>B. napus</i>	<i>C. quinoa</i>	<i>A. cepa</i>
Şelat	N		Ortalama	Ortalama	Ortalama
	Kontrol	3	3,49±0,03	20,17±0,10	3,24±0,06
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2,5	3	0,29±0,01	0,63±0,01	0,15±0,01
	5	3	0,29±0,01	0,88±0,01	0,25±0,01
	10	3	0,12±0,01	1,17±0,01	0,27±0,01
	Kontrol	3	4,63±0,01	17,03±0,42	3,41±0,04
Nitro (mmol kg ⁻¹)	2,5	3	0,19±0,01	1,06±0,01	0,25±0,01
	5	3	0,44±0,01	1,68±0,01	0,20±0,01
	10	3	0,21±0,01	0,79±0,01	0,05±0,01
	Kontrol	3	4,83±0,01	5,35±0,06	0,67±0,02
Piridin (mmol kg ⁻¹)	2,5	3	0,22±0,01	0,63±0,01	0,34±0,01
	5	3	0,24±0,01	0,59±0,01	0,25±0,01
	10	3	0,16±0,01	1,72±0,03	0,22±0,01
	Kontrol	3	2,14±0,03	5,04±0,03	1,82±0,01
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	2,5	3	0,37±0,01	4,32±0,02	0,15±0,01
	5	3	0,10±0,01	2,47±0,01	0,24±0,01
	10	3	0,30±0,01	3,86±0,02	0,43±0,01
	Kontrol	3	1,79±0,04	14,53±0,04	3,73±0,08
Hümk asit (mmol kg ⁻¹)	2,5	3	0,25±0,01	1,15±0,01	0,31±0,01
	5	3	0,25±0,01	1,07±0,02	0,21±0,01
	10	3	0,19±0,01	0,85±0,01	0,10±0,01

Metal birikim etkinliğinin değerlendirilmesini ifadesi olan BCF değerinin şelat+mikrobiyal gübre ilave edilen topraklarda ne şekilde etki ettiği de hesaplanmıştır.

Şelat + mikrobiyal gübre ilave toprakta yetiştirilen *B. napus* türünde ilave edilen bütün şelatlar ve dozlarında BCF değerinin 1'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

C. quinoa türünde bazı şelat+mikrobiyal gübre dozlarının BCF değerleri 1'den büyük olduğu bulunmuştur. EDTA şelatı+mikrobiyal gübre eklenen saksıda 10 mmol kg⁻¹ dozunda, nitronun 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozunda, piridinin 10mmol kg⁻¹ dozunda, 1-10 fenantrolinin tüm dozlarında ve hümk asitin 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozunda BCF değerleri 1'den büyük ve yüksek miktarda tespit edilmiştir.

Allium cepa türüne bakıldığı zamanda ise BCF değerlerinin *B. napus* türünde olduğu gibi 1'den küçük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge3.29.).

3.9. Şelat + Mikrobiyal Gübre Uygulanan Saksılarda Türlerin TF Değerleri

Çizelge 3.30. *B. napus*, *C. quinoa* ve *A. cepa* türlerinde TF değerleri

Şelat	Şelat doz	N	<i>B. napus</i>	<i>C. quinoa</i>	<i>A. cepa</i>
			Ortalama	Ortalama	Ortalama
EDTA (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,74±0,01	0,13±0,01	5,23±0,01
	2,5	3	0,34±0,01	0,21±0,01	8,65±0,09
	5	3	0,22±0,01	0,31±0,01	37,20±0,64
	10	3	0,20±0,02	0,15±0,01	15,69±0,26
Nitro (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,34±0,01	0,38±0,01	63,17±0,33
	2,5	3	1,49±0,01	0,45±0,01	13,29±0,17
	5	3	1,02±0,01	0,16±0,01	59,74±2,15
	10	3	0,80±0,01	0,39±0,01	24,90±0,07
Piridin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,67±0,01	0,42±0,01	82,26±2,00
	2,5	3	0,50±0,01	1,06±0,01	82,32±0,88
	5	3	0,90±0,01	0,38±0,01	9,67±0,01
	10	3	1,48±0,03	0,11±0,01	5,66±0,01
1-10 Fenantrolin (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,78±0,01	0,33±0,01	17,75±0,08
	2,5	3	0,39±0,01	0,06±0,01	8,33±0,01
	5	3	1,20±0,01	0,11±0,01	23,85±0,05
	10	3	1,24±0,01	0,09±0,01	13,14±0,20
Hümk asit (mmol kg ⁻¹)	Kontrol	3	0,78±0,01	0,20±0,01	17,39±0,15
	2,5	3	1,01±0,01	0,33±0,01	64,44±1,02
	5	3	0,73±0,02	0,61±0,01	7,28±0,01
	10	3	0,99±0,01	0,21±0,01	37,64±0,32

Çizelge 3.30 incelendiğinde *B. napus*, *C. quinoa* ve *A. cepa* türlerine verilen şelat+mikrobiyal gübre dozlarının tamamına bakıldığında *B. napus* ve *C. quinoa* türlerinde bazı şelat dozlarında, *A. Cepa*'da ise tüm şelat dozlarında TF>1 olduğu görülmektedir.

B. napus türü için kullanılan şelat + mikrobiyal gübre dozlarına bakıldığı zaman nitro şelatının 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozlarında, piridinde 10 mmol kg⁻¹ dozunda, 1-10 fenantrolinde 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozunda ve hümik asitin 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda TF>1 olarak bulunmuştur.

C. quinoa türü için kullanılan şelat +mikrobiyal gübre dozları arasında TF değeri sadece piridin şelatının 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda görülmüş olup diğer şelatlar ve şelatların tüm dozlarının TF değerleri 1'den küçük bulunmuştur.

A. cepa türünde ise eklenen tüm şelat + mikrobiyal gübre dozlarının tamamının TF değeri 1'den büyük olup oldukça yüksek miktarlar tespit edilmiştir. Özellikle EDTA ve nitronun 5 mmol kg⁻¹ dozu, piridinin 2,5 mmol kg⁻¹ dozu ve hümik asitin 2,5 mmol kg⁻¹ şelat dozu ile 10 mmol kg⁻¹ şelat dozu diğer dozlara göre daha yüksek miktarda tespit edilmiştir (Çizelge 3.30.).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Amasya ili Merzifon ilçesinde kurulan sera denemesinde bu bölgede yetiştirme alanı oldukça fazla olan türlerden Brassicaceae familyasına ait olan *Brassica napus* ve Amaryllidaceae familyasına ait *Allium cepa* ile tarımı yeni yapılmaya başlayan türlerden Chenopodiaceae familyasına ait *Chenopodium quinoa* türleri seçilmiştir. Çalışmada Pb ağır metal iyonlarının EDTA, nitro, piridin, 1-10 fenantrolin ve hümik asit gibi şelatlayıcı kimyasallar ve mikrobiyal gübre yardımıyla topraktan giderim performanslarının etkisinin sentetik olarak kirletilen toprakla, doğal kirlilik öğeleri içeren arıtma çamurundaki etki düzeyleri ortaya konularak en uygun giderim dozları belirlenmeye çalışılmıştır. Bitkilerin kök, gövde, yapraklarının ve yetiştirme alanı olan topraklarının analizleri sonucu elde edilen veriler, daha önceki çalışmalarda da olduğu gibi bu çalışmaların sonuçlarına benzer verilerin elde edildiği görülmüştür. Aynı zamanda elde ettiğimiz sonuçlar bu üç bitkinin topraktaki ağır metali gidermede kullanılan hiperakümülatör bitki olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

Çalışmamız sonucunda ele alınan üç bitki türünün şelatlı, şelat+mikrobiyal gübreli ve arıtma çamuru ilave edilmesi ile elde sonuçlarda özellikle *Allium cepa* ve *Chenopodium quinoa* türlerinin daha önce literatürde karşımıza çıkan *Brassica napus*'a oranla daha yüksek ağır metal alma kapasitesine sahip oldukları yani hiperakümülatör özelliklerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışmada kullanılan tarım bitkilerinin ağır metallere olan hassasiyet ve dayanıklılıkları bu bitkilerin biyokütle ölçümleri yapılarak belirlenmiştir ve genel anlamda bu bitkiler ağır metale karşı dayanıklılık göstermiş, biyokütlelerine çok büyük değişim meydana gelmemiştir.

Bitki gelişiminin ve kuru madde miktarı azalışının, ağır metal ve mikro element alınabilirliklerinin artmasına bağlı olarak besin elementleri alımı arasındaki dengenin bozulmasının bir sonucu olduğu kabul edilmektedir (Turan ve Angın 2004, Turan ve Erginsu, 2007).

Şelat uygulanan topraklarda faydalı besin maddelerinin alımı ile birlikte ağır metal miktarının alımının artması bitkinin kök, gövde yaprak kuru madde miktarının azalmasına sebep olduğu çalışmalarda bildirilmiştir (Nascimento vd.,2006). Bazı çalışmalarda ise sentetik şelat maddesinin eklenmesinin bitki büyümesinde belirgin bir ters etkiye sahip olabileceğini belirtmektedir (Lai ve Chen 2005; Quartacci, Argilla, Baker ve Navari-Izzo, 2006, Ben Rejeb, Ghnaya, Zaier, Benzarti, Baioui, Ghabriche, Wali, Lutts ve Abdelly.,2013; Zaier, 2014).

Çalışmamızda ise fenolojik bulgular incelendiğinde *B. napus* türünde biyokütle miktarlarına göre eklenen şelatların EDTA, nitro, piridin, 1-10 fenantrolin ve hümik asitin 2,5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarında, *C. quinoa*'da 2,5 mmol kg⁻¹ ve 5 mmol kg⁻¹ dozlarında ve *A. cepa* türünün 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek miktarda değişim meydana gelmiştir.

Yine yapılan bir başka çalışmada ise EDTA uygulanan topraklarda EDTA'nın bitki büyümesi üzerine inhibe edici etkileri incelenmiştir (Ali ve Chaudhury, 2016)

Ricinus communis L.'nin iki çeşitinin Cd ve Pb bulunan toprakta yetiştirilerek daha sonra sitrik asit, EDTA ve EDDS ile muamelesi sonucunda gelişimi üzerine etkisi araştırılıp, EDDS'nin biyokütle artışı sağlarken EDTA ve sitrik asitin bu çeşitlerin büyümesini inhibe ettiğini tespit etmişlerdir (Zhang vd. ;2016).

Şelat + mikrobiyal gübre ilave edilen örneklerde ise *B. napus*'un biyokütle miktarlarına göre ilave edilen EDTA, nitro, piridin, 1-10 fenantrolin ve hümik asitin 5 mmol kg⁻¹ dozu daha yüksek biyokütle değişimi gösterirken, *C. quinoa*'da özellikle 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda ve *A. cepa*'da 10 mmol kg⁻¹ dozda daha etkili değişim meydana geldiği gözlenmiştir.

Aritma çamurunda yetiştirilen türlerde ise *B. napus*'da yaş ağırlık ve kuru ağırlık miktarları ve Tİ değerlerinde 1-10 fenantrolin etkili olurken, *C. quinoa*'da nitro ve *A. cepa*'da EDTA ve hümik asit bu görevi üstlenmiştir.

Aritma çamurunda yetiştirilen *B. napus* türünde EDTA'nın ağır metallerin (Zn, Mn ve Pb) fitoekstraksiyonu üzerine etkileri (Zaier vd. 2014) adlı çalışmada arıtma çamurunda biyokütle gelişimi artarken, EDTA uygulamasının bitki büyümesine önemli derecede etki etmediği ve metal alımını arttırdığı görülmüştür.

Pb ağır metali eklenen *B. napus* türünün alım miktarları incelendiğinde kökte ilave edilen şelatların 5 mmol kg⁻¹ dozunda yüksek miktarda alım gözlenirken, 10 mmol kg⁻¹'lik dozlarda genel olarak az miktarda alım meydana gelmiştir. Özellikle 5 mmol kg⁻¹ EDTA (142,30±0,50) en yüksek, 10 mmol kg⁻¹ (31,67±0,35) *B. napus* köklerinde en düşük alımı gerçekleştirmiştir. Gövde de ise 2,5 mmol kg⁻¹ doz en yüksek alımları yaparken 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ en düşük alımların olduğu dozlar olmuştur. 2,5 mmol kg⁻¹ lik piridin (43,17±0,15) en yüksek, hümik asit (6,20±0,30) en düşük alımı yapmıştır. Yaprak için 10 mmol kg⁻¹ en düşük alımların olduğu doz olmuştur. 1-10 fenantrolinin 5 mmol kg⁻¹ dozu (140,77±1,15) maksimum, piridin 10 mmol kg⁻¹ (1,70±0,20) minimum alımı gerçekleştirmiştir.

Bu tür için Pb alımı EDTA şelatı ağırlıklı ve köklerde meydana gelmiş olup en çok şelat dozlarının 5 mmol kg⁻¹ miktarında ve 1-10 fenantrolinde meydana gelmiştir.

C. quinoa türünde kökte, yaprakta ve tüm bitkide 10 mmol kg⁻¹ dozları yüksek miktarda alım meydana getirmiştir. Tüm bitki bazında değerlendirme yapılırken maksimum Pb alımı köklerde ve özellikle piridinde (606,00±9,60 mg kg⁻¹) gerçekleşmiştir.

A. cepa'da kök ve gövde de 10 mmol kg⁻¹'lik dozlar yüksek alım yaparken, 5 mmol kg⁻¹ tam tersi durumu göstermektedir. Köklerde özellikle hümitik asitte çok düşük alım olurken en yüksek alımı (71,17±0,28 mg kg⁻¹) ile 10mmol kg⁻¹ ile nitro şelatı yapmıştır. Gövdeye bakıldığında ise 2,5 mmol kg⁻¹ hümitik asit (0,43±0,15 mg kg⁻¹) en düşük alımı yaparken genel anlamda piridin şelatı yüksek alımlar meydana getirmiştir. Yapraklarda piridin 2,5 mmol kg⁻¹'de 340±0,70 mg kg⁻¹ ile oldukça yüksek bir alım yapmıştır.

Tüm bitki bazında değerlendirildiği zaman en yüksek Pb alımının yapraklarda ve nitro şelatında, tüm şelatlar olarak bakılınca ise 5 mmol kg⁻¹ ve 10 mmol kg⁻¹ dozlarda olduğu tespit edilmiştir.

Ancak yapılan diğer çalışmalarda ise şelatlayıcı görevi olan EDTA gibi amino polikarboksilik asitler (APCA'lar) kullanılırken, Etilen diamin disüksinat (EDDS) ve nitrilo triasetik asit (NTA) gibi biyolojik olarak degrade edilebilen APCA'lar EDTA ve diğer kalıcı APCA'lara alternatif olarak kullanılmaktadır. Şelatların kullanımı sonucunda birçok ağır metal alınımı ve köklerden gövdeye olan translokasyonunu arttırmakta ve böylelikle metallerin fitoekstraksiyonunun daha kolay olmasını sağlamaktadırlar(Meers vd., ; Luo vd., 2008; Petra vd., 2009; Zaier vd., 2014)

Bu kapsamda yapılan çalışmalardan birinde, 500 mg/L kurşun uygulanmış ve EDTA ile zenginleştirilmiş bir toprakta mısır bitkisi ile yapılan çalışmada EDTA'nın 0 (kontrol), 0,5 (düşük), 1,0 (orta), ve 2,5 mmol/kg (yüksek) düzeylerindeki Pb alınabilirliği arasındaki farklılıklar incelenmiş, yüksek ve orta EDTA düzeylerindeki bitkiler, kontrol düzeyindekilerinden daha az gelişme göstermesine rağmen bitki yapraklarındaki kurşun konsantrasyonu, arttırılan EDTA miktarı ile birlikte artış 39 göstermiştir. Orta düzeyde EDTA'ya maruz kalmış bitkiler, Pb'nin kökten yapraklara taşınımı en yüksek düzeyde göstermiştir (Hovsepyan, 2005).

Reed vd. sentetik olarak kirletilmiş kumlu tınlı bir topraktan Pb(II) iyonlarını uzaklaştırmak amacıyla 0,1 N HCl, 0,01 M EDTA, ve 1,0 M CaCl₂ çözeltilerini kullanmışlardır. Başlangıç Pb(II) iyonları konsantrasyonu 500-600 mg/kg olan topraktan Pb(II) iyonlarını uzaklaştırma

etkinliği 0,1 N HCl ve 1,0 M CaCl₂ için sırayla % 85 - % 78 iken 0.01 M EDTA için % 100 olarak belirlenmiştir.

Elliot vd.(39), EDTA kullanarak Pb(II) iyonları ile kirlenmiş toprakların temizlenmesini değerlendirmek amacıyla bir seri kesikli test yapmışlardır. % 21 Pb(II) iyonlarını içeren pil ıslah bölgesi toprağından Pb(II) iyonlarının çözünlüğüne EDTA'nın konsantrasyonu, çözeltili pH'sı ve elektrolit ilavesinin etki ettiği bildirilmiştir. 211300 mg Pb/kg, 66900 mg Fe/kg, 1383 mg Cu/kg, 332 mg Cd/kg ve 655 mg Zn/kg metal içeren topraktan Pb(II) iyonlarını 9 aşamalı ekstraksiyon metodu ile ekstrakte etmişlerdir. Elde edilen bulgular, artan EDTA konsantrasyonunun ve azalan pH'nın, Pb(II) iyonlarının uzaklaştırılmasını arttırdığını ortaya koymuştur (Elliott, Liberati ve Huang, 1986)

Kirlenmemiş topraklardaki farklı bitkilerin Pb konsantrasyonu 0.05 ve 20 µg g⁻¹ arasında değişmektedir (Bowen, 1979; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Bitkilerdeki Pb konsantrasyonunun 0.03 - 70 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olduğunu ve kök dokularında daha yüksek birikim gözlendiğini bildirilmiştir (Carranza-Álvarez, Alonso-Castro, Alfaro-De La Torre ve García-De La Cruz, 2008; Kumar Baudh , Kumar , Dwivedi, Singh ve Barman,2013).

Ayrıca yapılan birçok çalışmada da EDTA'nın Pb için yüksek bağlayıcı kapasitesinin olduğu (Blaylock vd.,1997;Tai vd., 2007; Najep vd., 2017; Garcla vd., 2017) ve EDTA şelatının uygulama dozlarının artması ile Pb alımını arttırdığı belirlenmiştir (Lai ve Chen 2005). Hümik asitlerin toprağa eklenmesi bitkilerin topraktan ağır metal alımını arttırdığı bildirilmiştir (Li ve Shuman 1996; Halim vd., 2003; Evangelou vd., 2004) Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Hümik asitin bitkilerde ağır metal biriktirme yeteneğinin geliştirmesinin nedeninin toprak pH'sını düşürmesi düşünülmektedir.Vargas vd.,(2016) *Chrysopogon zizanioides* türü ile yaptıkları çalışmada ise ticari hümik asitin 10–20 g kg⁻¹ oranlarında uygulanması bitkiler tarafından Cu alımını ve köklerdeki birikimi geliştirdiğini ancak Zn'nin bitki tarafından alınmasını da sınırlandırdığını bildirmiştir.

Daha yakın zamanlarda, etilen diaminetetraasetik asit (EDTA) gibi hareketli şelatlayıcı maddelerin toprağa uygulanmasının, bitki metalinin biyoyararlanımını artırma, biriktirme ve kök akümülyasyonu arttırmada güvenilir bir uygulama olduğu gösterilmiştir (Evangelou vd., 2007 , Meers vd , Luo vd, 2008 ,Petra vd., 2009).

Şelat + mikrobiyal gübre ilavesi sonucundada *B. napus* köklerinde EDTA şelatının, gövdede nitronun, yaprakta ise piridin en iyi performansı göstermiş olup tüm bitki bazında maksimum piridinde minimum EDTA'da alım gerçekleşmiş olup köklerde görülmüştür. Aynı şekilde C.

quinoa türünde köklerinde maksimum 1-10 fenantrolinin 2,5 mmol kg⁻¹ dozunda (183,87±0,74 mg kg⁻¹), piridinde de 5mmol kg⁻¹ 13,70±0,05 mg kg⁻¹ ile minimum alımı gerçekleştirmiştir. *A. cepa* ise Pb ağır metalini maksimum yapraklarda biriktirmiş olup piridin şelatında 22,28±0,04 mg kg⁻¹ değerini almıştır.

Fitoremediasyonun bir arıtım teknolojisi olarak kullanılması durumunda sadece bitkilerin kirletici madde alım performanslarının yüksek olmasının yeterli olmadığı ve diğer bazı fiziksel, kimyasal, fizyolojik ve meteorolojik faktörlerin de fitoremediasyon prosesinin verimliliğini ve uygulanabilirliğini etkilediği bilinmektedir. Örneğin toprakta kirletici maddenin hangi derinlikte bulunduğu bitki seçiminde önemli bir kısıtlayıcı ve belirleyici faktör olarak ortaya çıkmaktadır. 30 cm'den daha derin topraklarda otsu gövde ve saçak kök yapısına sahip bitkiler çok fazla etkili olamayacaktır. Bu tür alanlarda odunsu gövde yapısı ve gelişmiş kök yapısına sahip ağaç türlerinin kullanılması gerekecektir. Benzer şekilde toprağın yapısı ve pH'sı da bitki yetiştiriciliği açısından belirleyici fiziksel ve kimyasal faktörlerin başında gelmektedir. Ayrıca fitoremediasyon amacıyla kullanılmış ve bünyesinde element ihtiva eden bitkilerin nihai uzaklaştırma imkanları da fitoremediasyon için uygun bitki seçimini etkilemektedir. Örnek olarak hayvan beslenmesi ihtimali olan bitkilerin seçimi durumunda kirleticiyi özellikle yapraklarında değil de köklerinde biriktiren bitkilerin tercih edilmesi gerekmektedir. Normal olarak, ağır metal ihtiva eden çoğu bitkinin hayvan beslenmesinde kullanılması hayvan ve insan sağlığı açısından riskli olacağından bu tür bir uygulamanın başından itibaren takip edilmesi veya mümkünse bu tür uygulamalardan kaçınılması en uygun olanıdır. Bu nedenle hasattan sonra kontamine olmuş biyokütle ile başa çıkma ihtiyacı ve yeni yenilenebilir enerji kaynakları araştırması araştırma alanlarını tipik yenilebilir veya doğal bitki türlerinden biyoyakıt üretmek için kullanılacak ürünler seçilmesi daha verimli sonuçlar doğuracaktır. Her ne kadar çeşitli hiperakümülatif bitkilerin bitki ıslahında kullanım için uygun olsalar da, yüksek derecede kirlenmiş topraklardaki toprak kirletici madde konsantrasyonunu iyileştirme standart miktarlarına düşürmek için tipik olarak 100 yıldan daha fazla bir süre gereklidir (Brunetti et al., 2011 , Witters et al. , 2012). Çok sayıda araştırmacı, fito-düzenlenmenin ancak ekonomik açıdan uygun mahsuller üretildiğinde mümkün olduğunu belirtti. Birçok çalışma, kirlenmiş arazinin, fosil enerji kaynaklarını değiştirmek için mısır, kolza, buğday veya ağaçlar gibi biyoenerji mahsullerini büyütme için kullanılabilirliğini göstermiştir (Ginneken vd., 2007 ,Houben vd, 2013 , Meers vd., 2010).

KAYNAKLAR

- Adiloğlu, S., Adiloğlu, A., Açıkgöz, F. E., Yeniaras, T. ve Solmaz, Y. (2015). Labada (*Rumexpatientia*L.) Bitkisinin Kurşun Kirliliğinin Gideriminde Kullanım Kapasitesinin Araştırılması. *Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 1-7.
- Al Chami, Z., Amer, N., Al Bitar, L. and Cavoski, I. (2015). Potential use of *Sorghum bicolor* and *Carthamus tinctorius* in phytoremediation of nickel, lead and zinc. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(12), 3957-3970.
- Ali, S. Y. and Chaudhury, S. (2016). EDTA-Enhanced Phytoextraction by *Tagetes* Sp. and Effect on Bioconcentration and Translocation of Heavy Metals. *Environmental Processes*, 3(4), 735-746.
- Altinozlu, H., Karagoz, A., Polat, T. and Unver, I. (2012). Nickel Hyperaccumulation by Natural Plants in Turkish Serpentine Soils. *Turkish Journal of Botany*, 36(3), 269- 280.
- Andra, S. S., Datta, R., Sarkar, D., Saminathan, S. K. M., Mullens, C. P. and Bach, S. B. H. (2009). Analysis of Phytochelatin Complexes in the Lead Tolerant Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Using Liquid Chromatography and Mass Spectrometry. *Environmental Pollution*, 157(7), 2173–2183.
- Angelova, V. R., Akova, V. I., Krustev, S. V., and Ivanov, K. I. (2015). Potential of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for Phytoremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 9(6), 580-587.
- Baba, A., Gündüz, O., Save, D., Gürdal, G., Sülün, S., Bozcu, M. ve Özcan, H. (2009). Madencilik Faaliyetlerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi; 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, *Ankara*, 514-515.
- Baker, A. J. M. and Brooks, R. R. (1989). Terrestrial Higher Plants Which Hyper-Accumulate Metallic Elements–A Review of Their Distribution Ecology and Phytochemistry. *Biorecovery*, 1(2), 81-126.
- Baldwin, D. R. and Marshall, W. J. (1999). Heavy Metal Poisoning and Its Laboratory Investigation (Review Article). *Annals of Clinical Biochemistry*, 36, 267-300.
- Baldwin, P. R. and Butcher, D. J. (2007). Phytoremediation of Arsenic by two Hyperaccumulators in a Hydroponic Environment. *Microchemical Journal*, 85, 297-300.
- Bani, A., Pavlova, D., Echevarria, G., Mullaj, A., Reeves, R. D., Morel, J. L. and Sulce. S. (2010). Nickel Hyperaccumulation by the Species of *Alyssum* and *Thlaspi* (*Brassicaceae*) from the Ultramafic Soils of the Balkans. *Botanica Serbica*, 34(1), 3-14.
- Banuelos, G. S., Ajwa, H. A., Mackey, B., Wu, L., Cook, C., Akohoue, S., and Zambrzuski, S. (1997). Selenium-induced growth reduction in brassica land races considered for phytoremediation. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 36(3), 282-287.
- Ben Rejeb, K., Ghnaya, T., Zaier, H., Benzarti, M., Baioui, R., Ghabriche, R., Wali, M., Lutts, S. and Abdelly, C. (2013). Evaluation of the Cd²⁺ phytoextraction potential in the xerohalophyte *Salsola kali* L. and the impact of EDTA on this process. *Ecological Engineering*, 60, 309–315.
- Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 101(1), 104-116.

- Bigersson, B., Sterner, O. and Zimerson, E. (1988). *Chemie und gesundheit*(Zweite Auflage). Weinheim: Wiley VCH, 365.
- Blaylock, M. J, and Huang, J. W. (2000) Phytoextraction of Metals, Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-up the Environment, *Journal of Chemical Technology and Bio technology*, 76(3), 53-70.
- Braam, F. and Klapwijk, A. (1981). Effect of copper on nitrification in activated sludge. *Water Research*, 15(9), 1093-8.
- Carranza-Álvarez, C., Alonso-Castro, A. J., Alfaro-De La Torre, M. C. and García-De La Cruz, R. F. (2008). Accumulation and distribution of heavy metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an artificial lagoon in San Luis Potosí, México. *Water, Air, and Soil Pollution*, 188(1-4), 297-309.
- Chapman HD (1971). Evaluation of the micronutrient status of soil. *Proc. Intern. Symp. Soil Fert. Evaln*, 1, 927-947.
- Chehregani, A. and Malayeri, B. E. (2007). Removal of heavy metals by native accumulator plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(3), 462- 465.
- Clemens, S. (2006), Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie*, 88(11), 1707-1719.
- Çağlar, K. Ö. (1949). *Toprak Bilgisi* (Birinci baskı). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 265.
- Çayır, A., Coşkun, M. ve Coşkun, M. (2007). Determination of Atmospheric Heavy Metal Pollution in Canakkale and Balıkesir Provinces Using Lichen (*Cladonia rangiformis*) as a Bioindicator. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79(4), 367–370.
- De la Rosa, G., Jose, R. P. V., Milka, M., Jason, G. P., Irene, C. A. and Jorge, L. G. T. (2004). Cadmium uptake and translocation in tumbleweed (*Salsola kali*), a potential Cd-hyperaccumulator desert plant species: ICP/OES and XAS studies. *Chemosphere*, 55(9), 1159–1168.
- Dindar, E., Şağban, F. O. T. ve Başkaya, H. S. (2010). Kirlenmiş Toprakların Biyoremediasyon ile Islahı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(2), 123-137
- Dinh, N., Van Der Ent, A., Mulligan, D. R. and Nguyen, A. V. (2018). Zinc and lead accumulation characteristics and in vivo distribution of Zn²⁺ in the hyperaccumulator *Noccaea caerulescens* elucidated with fluorescent probes and laser confocal microscopy. *Environmental and Experimental Botany*, 147, 1-12.
- Doğan, H. Z. (2006). *Fenantrolin Ve Bipiridin Türevlerinin Sentezi Ve Metal Kompleksleri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı, Zonguldak.
- Duffus J. H, Worth, H. G. J. (1996) *Fundamental Toxicology for Chemists* (First edition). London: The Royal Society of Chemistry, 327.
- Duman, H. (2007). *1-10 fenantrolin türevi Bir Schiff Bazı Ve Geçiş Metal Komplekslerinin Sentezi Spektroskopik Ve Termal Analizi*, Doctoral dissertation, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ehsan, S., Prasher, S. O. and Marshall, W. D. (2007). Simultaneous mobilization of heavy metals and polychlorinated biphenyl (PCB) compounds from soil with cyclodextrin and EDTA in admixture. *Chemosphere*, 68(1), 150–158.
- Elliott, H. A., Liberati, M. R. and Huang, C. P. (1986.) “Competitive Adsorption of heavy metals by soils”, *Journal Environmental Quality*, 15(3), 214–217.
- Evangelou, M. W., Daghan, H. and Schaeffer, A. (2004). The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. *Chemosphere*, 57(3), 207-213.
- Fernandes, J. C. and Henriques, F. S. (1991). Biochemical, physiological and structural effects of excess copper in plants. *The Botanical Review*, 57(3), 246-273.
- Garcia-Salgado, S., Garcia-Casillas, D., Quijano-Nieto, M. A. and Bonilla-Simon, M.M. (2012). Arsenic and Heavy Metal Uptake And Accumulation in Native Plant Species From Soils Polluted by Mining Activities. *Water Air and Soil Pollution*, 223(2), 559-572.
- Gerzabek, M. H. and Ullah, S. M. (1990). Influence of fulvic and humic acids on Cd and Ni-toxicity to *Zea Mays* (L.). *Boden Cultur*, 41(2): 115-124.
- Glass, D. J. (1999). Economic potential of phytoremediation, Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment. *Chemos*, 41, 121-128.
- Gohre, V. and Paszkowski, U. (2006). Contribution of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. *Planta*, 223(6), 1115-1122
- Halim, M., Conte, P. and Piccolo, A. (2003). Potential availability of heavy metals to phytoextraction from contaminated soils induced by exogenous humic substances. *Chemosphere*, 52(1), 265-275
- Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A. B., Cansaran-Duman, D., ve Aras, S. (2012). Biyosorpsiyon, Adsorpsiyon ve Fitoremediasyon Yöntemleri ve Uygulamaları. *Türk Hijyen Ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69 (4) 235-253
- Huang, H., Yu, N., Wang, L., Gupta, D. K., He, Z., Wang, K. and Yang, X. E. (2011). The phytoremediation potential of bioenergy crop *Ricinus communis* for DDTs and cadmium co-contaminated soil, *Bioresource Technology*. 102 (23), 11034–11038.
- Jiang, W., Liu, D. and Hou, W. (2001). Hyperaccumulation of cadmium by roots, bulbs and shoots of garlic (*Allium sativum* L.). *Elsevier*. 76(1), 9-13.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., ve Timur, S. (2003). Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.
- Kabata-Pendias, A. (2000). *Trace elements in soils and plants* (3). Boca Roton: CRC press, 432
- Kalve, S., Sarangi, B. K., Pandey, R. A. and Chakrabarti T. (2011). Arsenic and chromium hyperaccumulation by an ecotype of *Pteris vittata*-prospective for phytoextraction from contaminated water and soil. *Current Science*, 100(6), 888–894.
- Kaptan, M. A. (2013). *Pamukta (Gossypium hirsutum L.) Bor Toksikitesi Ve Humik Madde Uygulamasının Etkileri*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

- Kocaer, F., Başkaya, H., (2003). Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknikler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 121-131.
- Kumar, N., Baudhdh, K., Kumar, S., Dwivedi, N., Singh, D. P. and Barman, S. C., (2013). Accumulation of metals in weed species grown on the soil contaminated with industrial waste and their phytoremediation potential, *Ecological engineering*, 61, 491-495
- Ladillas, S., El-Mufleh, A., Gerente, C., Chazarenc, F., Andres, Y. and Bechet, B., (2012). Potential of Aquatic Macrophytes as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Urban Stormwater Runoff. *Water Air and Soil Pollution*, 223(2), 877–888.
- Lambrechts, T., Gustot, Q., Couder, E., Houben, D., Iserentant, A. and Lutts, S. (2011). Comparison of EDTA-enhanced phytoextraction and phytostabilisation strategies with *Lolium perenne* on a heavy metal contaminated soil. *Chemosphere* 85(8), 1290–1298.
- Lan, X. Y., Yang, B., Yan, Y. Y., Li, X. Y., and Xu, F. L. (2018). Resistance mechanisms and their difference between the root and leaf of *Microsorium pteropus*—A novel potential aquatic cadmium hyperaccumulator. *Science of The Total Environment*, 616-617, 480-490.
- Li, Y. M., Chaney, R., Brewer, E., Roseberg, R., Angle, J. S., Baker, A., Reeves, R. and Nelkin, J. (2003). Development of a technology for commercial phytoextraction of nickel: economic and technical considerations. *Plant and Soil*, 249(1), 107-115.
- Li, S., Zhang, G., Gao, W., Zhao, X., Deng, C. and Lu, L., (2015). Plant growth, development and change in GSH level in safflower (*Carthamus tinctorius L.*) exposed to copper and lead. *Arch Biol Sci Belgrade*, 67(2), 385-396,
- Long, X. X., Yang, X. E. and Ni, W. Z. (2002). Current status and perspective on phytoremediation of heavy metal polluted soils. *Journal of Applied Ecology*, 13(6), 757-762.
- Macek, T., Kotrba, P., Svatos, A., Novakova, M., Demnerova, K. and Mackova M. (2008). Novel roles for genetically modified plants in environmental protection. *Trends in Biotechnology*, 26(3), 146-152.
- McGrath, S. P., Zhao, F. J. and Lombi, E. (2001). Plant and rhizosphere processes involved in phytoremediation of metal-contaminated soils. *Plant and Soil*, 232(1-2), 207-214.
- Meisel, T., Lakatos, B. and Mady. G. (1977). Biopolymer-Metal Complex Systems. VII. Ion Exchange and Redox Capacity of Peat Humic Substances. *Agrokémia és Talajtan*, 26(3-4) 269-280.
- Melo, E. E. C., Costa, E. T. S., Guilherme, L. R. G., Faquin, V. and Nascimento, C. W. A. (2009). Accumulation of arsenic and nutrients by castor bean plants grown on an As-enriched nutrient solution, *Journal of hazardous materials*, 168(1), 479-483.
- Memon, A.R., Aktoprakligül, D., Özdemir, A. and Vertii, A. (2001). Heavy metal accumulation and detoxification mechanisms in plants, *Turkish Journal of Botany*, 25, 111-121.
- Mesjasz-Przybylowicz, J., Nakonieczny, M., Migula, P., Augustyniak, M., Tarnawska, M., Reimold, W. U., Koeberl, C., Przybylowicz, W. and Glowacka, E. (2004). Uptake of cadmium, lead, nickel and zinc from soil and water solutions by the nickel hyperaccumulator *Berkheya coddii*. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 46(2), 75-85.

- Najeeb, U., Ahmad, W., Zia, M. H., Zaffar, M. and Zhou, W. (2017). Enhancing the lead phytostabilization in wetland plant *Juncus effusus* L. through somaclonal manipulation and EDTA enrichment. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(2), 3310-3317.
- Nehnevajova, E., Herzig, R., Federer, G., Erismann, K. H., and Schwitzguébel, J. P. (2005). Screening Of Sunflower Cultivars For Metal Phytoextraction In A Contaminated Field Prior To Mutagenesis. *International Journal of Phytoremediation*, 7(4), 337-349.
- Nordberg, M., Duffus, J. H. and Templeton, D. M. (2010). Explanatory Dictionary of Key Terms in Toxicology: Part II (IUPAC Recommendations 2010). *Pure and Applied Chemistry*, 82(3), 679-751.
- Öner, E. K., Gizlenci, Ş. ve Acar, M.(2013). Kolza Tarımında Son Gelişmeler. *Tarım Türk Dergisi*, 42, 58-62.
- Özay, C. ve Mammadov, R. (2013). Ağır Metaller ve Süs Bitkilerinin Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, 15(1), 67-76
- Özbolet, G. ve Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.
- Padmapriya, S., Murugan, N., Ragavendran, C., Thangabalu, R. and Natarajan, D. (2016). Phytoremediation potential of some agricultural plants on heavy metal contaminated mine waste soils, salem district, tamilnadu. *International journal of phytoremediation*, 18(3), 288-294.
- Padmavathiamma, P. K. and Li, L. Y. (2007). Phytoremediation Technology: hyper-accumulation Metals in Plants. *Water Air and Soil Pollution*, 184(1-4), 105-126.
- Patra, G. K., Goldberg, I. (2003) Syntheses and Crystal Structures of Copper and Silver Complexes with New Imine Ligands - Air-Stable. *Photoluminescent CuI N4 Chromophores. European Journal of Inorganic Chemistry*, 5, 969-997
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 56, 15-39.
- Prasad, M. N. V. (2005) Nickelophilous plants and their significance in phytotechnologies. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 113-128.
- Quartacci, M. F., Argilla, A., Baker, A. J. M. and Navari-Izzo, F. (2006). Phytoextraction of metals from a multiply contaminated soil by Indian mustard. *Chemosphere* 63(6), 918–925.
- Rai, P. K. (2008). Phytoremediation of Hg and Cd From Industrial Effluents Using an Aquatic Free Floating Macrophyte *Azolla Pinnata*. *International Journal of Phytoremediation*, 10(5), 430-439.
- Reeves, R.D. (2006). Hyperaccumulation of trace elements by plants. In: Morel, J.L., Echevarria, G. ve Goncharova, N. (Eds.). *Phytoremediation of metal-contaminated soils*, NATO Science Series: IV: *Earth and Environmental Sciences*, Springer, 68, 1-25
- Rether, A. (2002). *Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstofffunktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Technische Universität München, München

- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils*(25) United States .Department Agriculture: U. S. Government Printing Office Washington, 60
- Rosenfeld, C. E., Chaney, R. L., and Martinez, C. E. (2018). Soil geochemical factors regulate Cd accumulation by metal hyperaccumulating *Noccaea caerulea* (J. Presl and C. Presl) F. K Mey in field-contaminated soils. *Science of the Total Environment*, 616-617, 279-287.
- Sakakibara, M., Ohmori, Y., Ha, N. T. H., Sano, S. and Sera, K. (2011). Phytoremediation of heavy metal contaminated water and sediment by *Eleocharis acicularis*. *Clean Soil Air Water*, 39(8), 735-741.
- Shaw, A. J. (eds.). (1990). *Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary Aspects*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Shi, G. and Cai, Q. (2009). Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. *Biotechnology Advances*, 27(5), 555–561.
- Shi, G., Liu, C., Cai, Q., Liu, Q. and Hou, C. (2010). Cadmium accumulation and tolerance of two safflower cultivars in relation to photosynthesis and antioxidative enzymes. *Bull Environ Contam Toxicol*, 85(3), 256–263
- Sönmez, F.(2003). *Aritma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Marulun Verim, Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriğine Etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Van.
- Srivastava, M., Ma, L. Q. and Santos, J. A. G. (2006). Three new arsenic hyperaccumulating ferns. *Science of the Total Environment*, 364(1-3), 24-31.
- Tadesse, S., Bhandari, A. and Gallop, M. A. (1999). Solid-Phase Synthesis of Highly Functionalized 2,2'-Bipyridines. *Journal of Combinatorial Chemistry* , 1(3), 184-187.
- Tai, Y., Yang, Y., Li, Z., Yang, Y., Wang, J., Zhuang, P. and Zou, B. (2017). Phytoextraction of 55-year-old wastewater-irrigated soil in a Zn–Pb mine district: effect of plant species and chelators. *Environmental technology*, 39(16), 1-13.
- Tan, M., Yöndem, Z. (2013). İnsan ve Hayvan Beslenmesinde Yeni Bir Bitki: Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)/A New Crop for Human and Animal Nutrition: *Quinoa* (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi*, 25 (2) , 62-66
- Terzi, H. ve Yıldız, M. (2011). Ağır metaller ve fitoremediasyon fizyolojik ve moleküler mekanizmalar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 1-22.
- Topcuoğlu, B., Önal, M. K. and Arı, N. (2003). Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi. I. Bitki Besinleri Ve Ağır Metal İçerikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 87-96.
- Turan, M. and Esringu A, (2007). Phytoremediation based on canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) planted on spiked soil by aliquot amount of Cd, Cu, Pb, and Zn. *Plant Soil and Environment*, 53(1), 7-15.
- Tüfekçi, S., G, Gülbaba. ve F., Tokgönül. (2008). *Tarsus Evsel Arıtma Çamurunun Okaliptüs Ve Kızılcam Fidanları Üretiminde Kullanılması*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, 85.
- USEPA (1995) *Contaminants and remedial options at selected metal-contaminated sites* (EPA/540/R-95/512), Washington, D.C: Office of Research and Development

- Vangronsveld, J., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., Thewys, T., Vassilev, A., Meers, E., Nehnevajova, E., Lelie, D. V. D. and Mench, M. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(7), 765-794.
- Vanlı, Ö. (2015). Pb, Cd, B Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Vargas, C., Pérez-Esteban, J., Escolástico, C., Masaguer, A. and Moliner, A. (2016). Phytoremediation of Cu and Zn by vetiver grass in mine soils amended with humic acids. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(13), 13521-13530.
- Vwioko, D E., Anoliefo, G.O. and Fashemi, S. D. (2006). Metal Concentration in Plant Tissues of *Ricinus communis* L. (Castor Oil) Grown In Soil Contaminated With Spent Lubricating Oil. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 10(3), 127-134.
- Waldigri, M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D. and Vallini, G. (1996). Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: A comparative study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58(2-3), 133-144.
- Walkley, A. (1947). A Critical Examination of a Rapid Method For Determining Organic Carbon in Soil. *Soil Science*, 63(4), 251-263.
- Wu, L. H., Luo, Y. M., Xing, X. R. and Christie, P. (2004). EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metal contaminated soil with Indian mustard and associated potential leaching risk. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(3), 307-318.
- Wuana, R. A., Eneji, I. S. and Naku, J. U. (2016). Single and mixed chelants-assisted phytoextraction of heavy metals in municipal waste dump soil by casto. *Advances in Environmental Research*, 5(1), 19-35.
- Yaldız, G. ve Şekeroğlu, N. (2012). Tıbbi ve aromatik bitkilerin bazı ağır metallere tepkisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 80-84.
- Yashim, Z. I., Agbaji, E. B., Gimba, C. E and Idris, S. O. (2016). Phytoremediation Potential of *Ricinus communis* L. (Castor Oil Plant) in Northern Nigeria. *International Journal of Plant & Soil Science*, 10(5), 1-8.
- Zaier, H., Ghnaya, T., Ghabriche, R., Chmingui, W., Lakhdar, A., Lutts, S. and Abdelly, C. (2014). EDTA-enhanced phytoremediation of lead-contaminated soil by the halophyte *Sesuvium portulacastrum*. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(12), 7607-7615
- Zayed, A., Lytle, C. M., and Terry, N. (1998). Accumulation and Volatilization of Different Chemical Species of Selenium by Plants. *Planta*, 20(2), 284-292.
- Zhang, H., Guo, Q., Yang, J., Ma, J., Chen, G., Chen, T. and Shao, C. (2016). Comparison of chelates for enhancing *Ricinus communis* L. phytoremediation of Cd and Pb contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133, 57-62.
- Zhao, F. J., Dunham, S. J. and McGrath, S. P. (2002). Arsenic hyperaccumulation by different fern species. *New Phytologist*, 156(1), 27-31.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı: Aslıhan İPEK

Uyruğu: T.C.

Doğum tarihi ve yeri: 04.10.1984, Merzifon

Medeni hali: Bekar

Telefon: 0 (544) 804 11 39

e-mail: ipek_asli_84@hotmail.com

Eğitim

Derece Eğitim Birimi

Mezuniyet tarihi

Yüksek lisans Amasya Üniversitesi

Devam ediyor

Lisans Ondokuz Mayıs Üniversitesi

2008

Lise Merzifon Yabancı Dil Ağırlıklı Lise

2002

İş Deneyimi

Yıl

Yer

Görev

2009-2016

Merzifon Ziraat Odası
Toprak-Su Analiz Laboratuvarı

Ziraat Mühendisi

2018-

Merzifon Ziraat Odası

Ziraat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Uluslararası Hakemli Dergi

1. **Kılıç D.D.**, İpek A., (2019). Removal of Lead Pollution from Treatment Sludge by Chelate Supported Phytoremediation Method Using Some Agricultural Plants. *Biology Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(1), 458-467 DOI: 10.21597/jist.448258

Uluslararası Kongreler

2. **14.** Bolat, E., İpek, A. and **Kılıç, D.D.** (2018). Examination of heavy metal (Co, Fe, Mn, Ni) accumulation parameters and investigation of biomonitor properties in *Euphorbia rigida* M.Bieb species. *International Journal On Mathematic, Engineering and Natural B Sciences*. 21-22 Nisan, Mardin (Sözlü Sunum)
3. **B15.** İpek, A., Bolat, E., & **Kılıç, D.D.** (2018). Removal of Metallic Pollution from Treatment Sludge by Chelate Supported Phytoremediation Method Using Some Agricultural Crops. *International Journal On Mathematic, Engineering and Natural Sciences*. 21-22 Nisan. Mardin(Sözlü Sunum).

Ulusal Kongre

1. **E31.** İpek, A., **Kılıç, D.D.**, Taşdemir, İ.H., ve Tuna, E.E. (2016). Doğal Olarak Yayılış Gösteren *Calepina irregularis* Türünün Fitoremediasyon Yönteminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. 23. Ulusal Biyoloji Kongresi, Syf. 114. 5-9 Eylül. Gaziantep. Sözlü Bildiri.
2. **E33.** **Kılıç, D.D.**, İpek, A., Kutbay, H.G.ve Taşdemir, İ.H. (2016). Tarım Bitkilerinin Fitoremediasyon Yönteminde Kullanılabilirliği. 23. Ulusal Biyoloji Kongresi. Syf. 327. 5-9 Eylül. Gaziantep. Poster Bildiri.

Projeler

- Bap-Proje Yürütücüsü** Kılıç D.D., İpek A. (2017) Bazı Tarım Bitkileri Kullanılarak Metalik Kirliliğin Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi.