

**BAZI AĞIR METALLER (Pb, Cd, Co) İLE
KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN KANOLA
BİTKİSİ KULLANILARAK BİTKİSEL
ARITIM (FİTOREMEDİASYON) TEKNİĞİ
İLE ISLAHI**

Özlem KARAKAŞ

Yüksek Lisans Tezi

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Aydın ADILOĞLU

2013

T.C.

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI AĞIR METALLER (Pb, Cd, Co) İLE KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN KANOLA
(*Brassica napus* L.) BİTKİSİ KULLANILARAK BİTKİSEL ARITIM
(FİTOREMEDİASYON) TEKNİĞİ İLE ISLAHI

ÖZLEM KARAKAŞ

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU

TEKİRDAĞ-2013

Her hakkı saklıdır.

Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU danışmanlığında, zlem KARAKAŞ tarafından hazırlanan “Bazı Ağır Metaller (Pb, Cd, Co) ile Kirlenmiş Toprakların Kanola (*brassica napus* L.) Bitkisi Kullanılarak Bitkisel Arıtım (Fitoremediasyon) Tekniği ile Islahı” isimli bu çalışma aşağıdaki juri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri BaŐkanı : Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM.

İmza :

ye : Prof. Dr. Enver ESENDAL

İmza :

ye : Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI AĞIR METALLER (Pb, Cd, Co) İLE KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN KANOLA (*Brassica napus* L.) BİTKİSİ KULLANILARAK BİTKİSEL ARITIM (FİTOREMEDİASYON) TEKNİĞİ İLE ISLAHI

Özlem KARAKAŞ

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

Bu çalışmada, EDTA'ın Pb, Cd ve Co alınabilirliği üzerine etkisi ve kanolanın Pb, Cd, Co ile kirlenmiş topraklardaki fitoremediasyon yeteneği araştırılmıştır. Deneme kontrollü şartlarda tam şansa bağlı deneme desenine göre; 3 şelat dozu (0, 5, 10 mmol kg⁻¹) ve 3 tekerrür olarak 27 saksıda yürütülmüştür. Her saksıya 100 mg kg⁻¹ Pb, Cd ve Co ağır metalleri uygulanmıştır. Saksılar 1 ay süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Tohumların ekiminden 30 gün sonra EDTA 3 doz (0, 5, 10 mmol kg⁻¹) olarak saksılara uygulanmıştır. 75 günlük büyüme periyodunun sonunda bitkiler hasat edilerek kök ve gövde aksamında kimyasal analizler yapılmıştır. Deneme sonunda, toprağa uygulanan EDTA (0, 5, 10 mmol kg⁻¹) dozları kanola bitkisinin Pb, Cd, Co içeriklerini kontrole göre 5 ve 10 mmol kg⁻¹ dozları için sırasıyla, kök aksamı için % 34,59- % 60,03; % 119,38- % 235,82; % 34,47- % 64,80 gövde aksamı için % 80,12- % 136,33; % 77,28- % 264,88; % 40,81 -% 99,79 oranlarında artırmıştır.

Anahtar kelimeler: Toprak, fitoremediasyon, ağır metal, EDTA, *Brassica napus*.

2013, 61 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

PHYTOREMEDIATION OF SOME HEAVY METALS (Pb, Cd, Co) CONTAMINATED SOILS WITH CANOLA (*Brassica napus* L.) PLANT

Özlem KARAKAŞ

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

In this study, the phytoremediation of Pb, Cd and Co polluted soils and effect of EDTA on Pb, Cd and Co accumulation in canola was investigated. The experiment was made under controlled conditions. 3 EDTA doses (0, 5, 10 mmolkg⁻¹) were used as plant materials and application doses. 100 mg kg⁻¹ Pb, Cd, Co were applied to the each pots. Pots was incubated 30 days for absorbing heavy metals in soil. Doses of EDTA (0, 5, 10 mmol kg⁻¹) were applied to the pots after 30 days seed planting in order to facilitate the plants taking heavy metal from applications. The plants were harvested after 75 days planting and chemical analysis was made on the plant samples. Results show that, treatments with EDTA doses were increased Pb, Cd, and Co uptake by canola, compared with the unamended control, for 5 and 10 mmolkg⁻¹ EDTA doses % 34,59- % 60,03; % 119,38- % 235,82; % 34,47- % 64,80 for root and % 80,12- % 136,33; % 77,28- % 264,88; % 40,81 -% 99,79 for shoot, respectively.

Key words: Soil, phytoremediation, heavy metal, EDTA, *Brassica napus*.

2013, 61 pages.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden yazımına kadar her aŐamasında bŸyŸk emeği geĉen, desteğini her zaman arkamda hissettiğim danıŐmanım hocam Prof. Dr. Sayın Aydın ADİLOĞLU' na, her tŸrlŸ bilgi ve desteği bana veren hocam Prof. Dr. Sayın Turgut SAĞLAM' a, denemenin kurulması aŐamasında ve literatŸr araştırmada desteğini esirgemeyen Uzman Sevinĉ ADİLOĞLU' na teŐekkŸrŸ bir borĉ bilirim.

Verilerin analizinde bana yardımcı olan AraŐ. GŸr. Alpay BALKAN baŐta olmak Ÿzere emeği geĉen tŸm arkadaşlarıma sonsuz teŐekkŸr ederim.

YŸksek Lisans ĉalıŐmam esnasında tŸm bŸlŸm olanaklarından yararlanmamı sağlayan N.K.Ÿ. Ziraat FakŸltesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme BŸlŸm BaŐkanlıĐına ve maddi destek veren N.K.Ÿ. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teŐekkŸrlerimi sunarım.

Son olarak bugŸnlere gelmemi sağlayan aileme, bana inandıkları ve hep yanımda oldukları iĉin teŐekkŸrler.

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Adı	Sembol
Aliminyum	Al
Arsenik	As
Azot	N
Bakır	Cu
Bor	B
Cantimetre	cm
Civa	Hg
Çinko	Zn
Dakika	'
Demir	Fe
Derece	°
Flor	F
Fosfor	P
Kadmiyum	Cd
Kalsiyum	Ca
Kilogram	kg
Kobalt	Co
Kurşun	Pb
Krom	Cr
Litre	L
Magnezyum	Mg
Mangan	Mn

Metre	m
Miligram	mg
Milimol	mmol
Molibden	Mo
Nikel	Ni
Potasyum	K
Yüzde	%

Adı	Kısaltmalar
Diethylene triamine pentaacetic acid	DTPA
Etilendiamin tetraasetik asit	EDTA
İndüktif eşleşmiş plazma	ICP
Least Significant Different	LSD

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGE ve KISALTMALAR	iv
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	5
3.MATERYAL ve YÖNTEM	9
3.1.Materyal.....	9
3.1.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller.....	9
3.2. Yöntem	9
3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi	9
3.2.2. Toprak Analizleri	10
3.2.2.1. Toprak Tekstürü Tayini	10
3.2.2.2. Toprak Reaksiyonu Tayini.....	10
3.2.2.3. Kireç Tayini	10
3.2.2.4. Organik Madde.....	10
3.2.2.5. Değişebilir Katyonlar (K, Ca ve Mg) Tayini	11
3.2.2.6. Fosfor Tayini.....	11
3.2.2.7 Elektrik İletkenlik Tayini.....	11
3.2.2.8. Bitkiler Tarafından Alınabilir Mikro Element Tayini	11

3.2.2.9. Ekstrakte Edilebilir Bazı Ağır Metaller (Co, Pb, Cd)	11
3.2.3. Bitki Analiz Yöntemleri	11
3.2.3.1. Bitkide Toplam Azot	11
3.2.3.2. Bitkide Diğer Elementler (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Co).....	12
3.2.4. İstatiksel Değerlendirme	12
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	13
4.1. Denemede kullanılan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	13
4.2. İnkübasyon Sonrasında Toprak Örneklerinin Pb, Co ve Cd İçerikleri	14
4.3. Hasat Sonrası Toprak Örneklerinin Ağır Metal İçerikleri.....	14
4.4. Farklı Dozlarda Uygulanan EDTA' nın Kanola Bitkisinin Kök ve Gövde Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	15
4.5. EDTA Uygulamasının Kanola Bitkisinin Pb, Cd, Co İçerikleri Üzerine Etkisi.....	17
4.6. Farklı Dozlarda Uygulanan EDTA' nın Kanola Bitkisinin Bazı Bitki Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi	19
4.6.1.Kobalt Uygulanan Topraklarda Yetiştirilen Kanola Bitkisinin Bazı Makro ve Mikro Besin Elementi İçerikleri.....	20
4.6.1.1. Azot İçeriği	20
4.6.1.2. Fosfor İçeriği.....	21
4.6.1.3. Potasyum İçeriği.....	22
4.6.1.4. Kalsiyum İçeriği.....	23
4.6.1.5. Magnezyum İçeriği.....	24
4.6.1.6. Demir İçeriği.....	25
4.6.1.7. Çinko İçeriği	26
4.6.1.8. Bakır İçeriği	27
4.6.1.9. Mangan İçeriği	28
4.6.2. Kurşun Uygulanan Topraklarda Yetiştirilen Kanola Bitkisinin Bazı Makro ve Mikro Besin Elementi İçerikleri.....	29

4.6.2.1. Azot İçeriği	29
4.6.2.2. Fosfor İçeriği.....	30
4.6.2.3. Potasyum İçeriği.....	31
4.6.2.4. Kalsiyum İçeriği.....	32
4.6.2.5. Magnezyum İçeriği.....	33
4.6.2.6. Demir İçeriği.....	34
4.6.2.7. Çinko İçeriği	35
4.6.2.8. Bakır İçeriği	36
4.6.2.9. Mangan İçeriği	37
4.6.3. Kadmiyum Uygulanan Topraklarda Yetiştirilen Kanola Bitkisinin Bazı Makro ve Mikro Besin Elementi İçerikleri	38
4.6.3.1. Azot İçeriği	38
4.6.3.2. Fosfor İçeriği.....	39
4.6.3.3. Potasyum İçeriği.....	40
4.6.3.4. Kalsiyum İçeriği.....	41
4.6.3.5. Magnezyum İçeriği.....	42
4.6.3.6. Demir İçeriği	43
4.6.3.7. Çinko İçeriği	44
4.6.3.8. Bakır İçeriği	45
4.6.3.9. Mangan İçeriği	46
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	48
6. KAYNAKLAR	50
7. ÖZGEÇMİŞ	54
EKLER.....	55
EK 1	56
EK 2	57

EK 3	58
EK 4	59
EK 5	60
EK 6	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 4.1. Kanola bitkisinin yetiştirildiği saksılarda EDTA uygulamaları ile hasat sonrasında alınan toprak örneklerinin Pb, Cd, Co içeriklerindeki değişmeler15
- Şekil 4.2. Farklı EDTA dozunun kanola bitkisinin kök ve gövde aksamalarında kobalt içeriği üzerine etkisi17
- Şekil 4.3. Farklı EDTA dozunun kanola bitkisinin kök ve gövde aksamalarının kuşun içeriği üzerine etkisi18
- Şekil 4.4. Farklı EDTA dozunun kanola bitkisinin kök ve gövde aksamalarının kadmiyum içeriği üzerine etkisi19

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Bazı ağır metallerin bitkilerde fazla olması durumunda gözlenen semptomlar	2
Çizelge 4.1. Denemede kullanılan toprak örneğine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.	13
Çizelge 4.2. Kanola bitkisinin yetiştirildiği saksılardan kirleticilerin uygulamasından 30 gün sonra alınan toprak örneklerinin Pb, Cd, Co içerikleri (mgkg^{-1})	14
Çizelge 4.3. Kanola bitkisinin yetiştirildiği saksılardan hasat sonrası alınan toprak örneklerinin Pb, Cd, Co içerikleri (mgkg^{-1})	14
Çizelge 4.4. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kuru madde ağırlıklarına (gr) ait ortalama değerler ve önemlilik grupları	16
Çizelge 4.5. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kuru madde ağırlıklarına (gr) ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	16
Çizelge 4.6. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kuru madde ağırlıklarına (gr) ait ortalama değerler ve önemlilik grupları	16
Çizelge 4.7. Farklı dozlarda EDTA uygulamasına bağlı olarak bitkinin kobalt içeriğinin (mgkg^{-1}) ortalama değerleri ve önemlilik grupları	18
Çizelge 4.8. Farklı dozlarda EDTA uygulamasına bağlı olarak kurşun içeriğinin (mgkg^{-1}) ortalama değerleri ve önemlilik grupları	18
Çizelge 4.9. Farklı dozlarda EDTA uygulamasına bağlı olarak kadmiyum içeriğinin (mgkg^{-1}) ortalama değerleri ve önemlilik grupları	19
Çizelge 4.10. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot (%) içerikleri ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	20
Çizelge 4.11. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri varyans analiz tablosu	21
Çizelge 4.12. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	21
Çizelge 4.13. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) varyans analiz tablosu	22
Çizelge 4.14. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri(%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	22

Çizelge 4.15. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri varyans analiz tablosu	23
Çizelge 4.16. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	23
Çizelge 4.17. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri varyans analiz tablosu	24
Çizelge 4.18. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	24
Çizelge 4.19. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri varyans analiz tablosu.....	25
Çizelge 4.20. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri ortalama değerler ve önemlilik grupları	25
Çizelge 4.21. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri varyans analiz tablosu	26
Çizelge 4.22. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri ortalama değerler ve önemlilik grupları	26
Çizelge 4.23. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri varyans analiz tablosu.....	27
Çizelge 4.24. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri ortalama değerler ve önemlilik grupları	27
Çizelge 4.25. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri varyans analiz tablosu	28
Çizelge 4.26. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri (mgkg ⁻¹) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	28
Çizelge 4.27. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri varyans analiz tablosu	29
Çizelge 4.28. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	29
Çizelge 4.29. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri varyans analiz tablosu	30
Çizelge 4.30. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	30

Çizelge 4.31. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) varyans analiz tablosu	31
Çizelge 4.32. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	31
Çizelge 4.33. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri varyans analiz tablosu	32
Çizelge 4.34. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	32
Çizelge 4.35. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri varyans analiz tablosu	33
Çizelge 4.36. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	33
Çizelge 4.37. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri varyans analiz tablosu.....	34
Çizelge 4.38. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları	34
Çizelge 4.39. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri varyans analiz tablosu	35
Çizelge 4.40. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları	35
Çizelge 4.41. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri varyans analiz tablosu.....	36
Çizelge 4.42. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	36
Çizelge 4.43. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri varyans analiz tablosu	37
Çizelge 4.44. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	37
Çizelge 4.45. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri varyans analiz tablosu	38
Çizelge 4.46. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	38
Çizelge 4.47. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri varyans analiz tablosu	39

Çizelge 4.48. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	39
Çizelge 4.49. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri varyans analiz tablosu	40
Çizelge 4.50. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	40
Çizelge 4.51. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri varyans analiz tablosu.....	41
Çizelge 4.52. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	41
Çizelge 4.53. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri varyans analiz tablosu	42
Çizelge 4.54. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları	42
Çizelge 4.55. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri varyans analiz tablosu	43
Çizelge 4.56. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları	43
Çizelge 4.57. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri varyans analiz tablosu.....	44
Çizelge 4.58. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	44
Çizelge 4.59. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri varyans analiz tablosu	45
Çizelge 4.60. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	45
Çizelge 4.61. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri varyans analiz tablosu.....	46
Çizelge 4.62. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	46
Çizelge 4.63. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri varyans analiz tablosu	47

1.GİRİŞ

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren dünya gündemini işgal eden çevre kirliliği, nüfusun artışı, kentleşme, sanayileşme, bilinçsiz tarım faaliyetleri, enerji ve yakıt üretimi gibi faaliyetlerin sonucu ekolojik çevreyi tehdit edici boyutlara erişmiştir. Kuşkusuz ki bu kirlilikten en çok etkilenen su, hava ve üretime açılan en büyük pencere olan toprak olmuştur.

Canlılar doğada yaşamlarını hava, su ve topraktan oluşan bir ekosistem içerisinde sürdürürler. Bu üçlü ekolojik denge o kadar düzenlidir ki bu sayede doğa kendini yenileme ve canlı atıklarını sentezleme özelliğine sahip olmuştur.

Konvansiyonel tarımda oldukça yoğun kullanılan pestisid ve gübreler, biyolojik süreçte ayrışmayan ve yeniden değerlendirilemeyen metal-ağır metal tuzları içerirler. Toprağa karışan ağır metaller, toksik etki yaparak toprakta ve üründe verim kaybına neden olabildiği gibi biyoakümülyasyonla besin zincirine geçebilirler.

Diğer toksik maddeler gibi insanlar tarafından yok edilemeyen ağır metaller biyolojik parçalanmaya dayanıklıdır. Ayrıca bazıları lipofil özellik göstererek çevrede bulunan bitki ve hayvan bünyelerinde yüksek düzeyde kalıcılık ve zehirlilik etkisi gösterir. Bu nedenle en tehlikeli ve öncelikli kirletici maddeler olarak kabul edilmektedir.

Kurşun (Pb) endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak kullanılmasından dolayı doğada sık karşılaşılan bir elementtir. Bitkiler için mutlak gerekli olmayıp toprakta 15-50 mgkg⁻¹ dozunda bulunur, topraktaki kurşun konsantrasyonu 150 mgkg⁻¹'i aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı açısından tehlike oluşturmaz. Ancak 300 mgkg⁻¹'i aştığında potansiyel olarak insan sağlığı açısından tehlikelidir (Dürüst ve ark. 2004).

Kadmiyum'un tarım topraklarına girişi ve yayılması endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, lağım atıkları ve atmosferik depositler yoluyla olmaktadır. Toprakta 3 mgkg⁻¹, bitki kuru maddesinde ise 1 mgkg⁻¹' dan fazla kadmiyum toksik etkilidir (Asri ve Sönmez 2006).

Kobalt (Co) toksitesinin gözleendiği topraklarda yetişen bitkilerde demir eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan klorosis, yaprak kenarlarında beyazlaşma görülür. Ayrıca bitkininin kök ucu da kobalt konsantrasyonundan zarar görür. Ülkemizde toprakta kobalt için izin verilen sınır değeri 40 mgkg⁻¹' dir (Tok 1997).

Topraktaki ağır metal kirliliğinin bitkilerdeki semptomları metalden metale değişebildiği gibi bitki türleri arasında da farklılık göstermektedir. Bitkilerdeki genel olarak görülen toksisite belirtileri klorosis, kahverengi beneklerin oluşumu, yaprak, gövde ve kök kısımlarının deformasyonu gibi değişik nekrotik belirtiler şeklinde sıralanabilir (Tok 1997).

Çizelge 1.1. Bazı ağır metallerin bitkilerde fazla olması durumunda gözlenen semptomlar (Tok 1997; Kacar ve İnal 2008).

Ağır Metal	Bitkideki Genel Semptomları	Duyarlı bitkiler
Mn	Yaşlı yapraklarda klorosis ve nekrosis, yaprak uçlarında kuruma, bodur kök sistemi	Tahıllar, sebzeler, patates ve lahanalar
Pb	Yaşlı koyu yeşil yapraklarda kıvrılma, bodurlaşma ve kök gelişiminde arazlar	Tahıllar
B	Yaprakta uç ve kenar sararması ve sonra kahverengi olması, büyüme dokularının zarar görmesi, yaşlı yaprakların sararması ve ölmesi	Tahıllar, patates, domates, kabak, ayçiçeği ve hardal
Cd	Yaprak kenarlarında kahverengileşme, klorosis, kırmızımsı damarlar, gelişmemiş kök sistemi	Sebzeler
Co	Üst yapraklarda damar arasında başlayan klorosis ve daha sonra Fe eksikliğine bağlı çıkan klorosis, beyaz görümlü yaprak kenarları ve ucu zarar gören kök	Tüm Bitkiler
Cu	Koyu yeşil yaprak, kısa ve ince kök sistemi, kötü kardeşlenme	Tahıllar, sebzeler ve narenciye
Zn	Yaprak uçlarında klorosis ve nekrosis, genç yapraklarda damarlar arası sararma, bitkinin genelde geç büyümesi, dengesiz kök sistemi	Tahıllar ve ıspanak
Fe	Koyu yeşil yapraklar, kök ve gövdenin bodurlaşması, bazı bitkilerde koyu kahverengi ile mor arasında değişen yaprak rengi (çeltikteki bronzlaşma)	Çeltik ve tütün
Hg	Aşırı derecede bodurlaşma, çimlenme gücünün düşmesi, yaprakta klorosis ve uçlarda kahverengileşme	Şeker pancarı, mısır ve gülgiller
As	Yaşlı yapraklarda kırmızı- kahverengi lekeler, köklerin sararması ve kahverengileşmesi, kötü kardeşlenme	Fasulye, soğan, bezelye, tatlı mısır, çilek
Mo	Yaprakların sararması ve sonra da kahverengileşmesi, dengesiz kök sistemi ve kardeşlenme	Tahıllar
Ni	Genç yapraklarda damarlar arası sararma, grimsi yeşil yaprak	Tahıllar
Cr	Genç yapraklarda klorosis, dengesiz kök gelişimi	Tüm bitkiler
Al	Bodurlaşma, koyu yeşil yaprak, morlaşan sap, yaprak ucunun ölmesi ve kümeleşen, zarar gören kök	Tahıllar
F	Yaprak kenar ve ucunun nekrozlaşması, yapraklarda klorotik ve kırmızı- kahverengi lekelerin oluşumu	Asma, meyve ağaçları ve iğne yapraklılar

Topraklarda ağır metal kirliliğinin giderilmesi üzerine farklı yaklaşımlar ortaya atılmıştır. Bu yaklaşımlardan en fazla uygulama alanı bulmuş olanları;

1- Kirliliğe neden olan metali olduğu şekliyle bırakmak, o bölgenin kullanımını yasaklamak.

2- Kirliliğe neden olan metali immobilize etmek ve kirlilik alanını sürekli izleyerek diğer bölgelere geçişi kontrol altında tutmak.

3- Kirleticilerle bulaşık durumda bulunan toprağı uzaklaştırarak özel bir bertaraf sahasında depolamak.

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

Kirleticilerle bulaşık toprağın temizlenmesi için fiziksel, kimyasal, termal ve/veya biyolojik prosesleri içeren pek çok metot mevcuttur. Ancak en uygun toprak arıtım metodunun seçiminde, bölgenin özellikleri, kirleticinin tipi, konsantrasyonu ve kirlenmiş arazinin sonraki kullanımı gibi pek çok faktör göz önünde bulundurulmalıdır (Kocaer ve ark. 2003). Topraktaki ağır metal giderimin de kullanılan birçok yöntem, arıtım maliyetlerinin yüksek olması ve arıtım sonucunda ortaya çıkan diğer kirleticiler formalarının ortamdaki uzaklaştırmadaki güçlükler dolayısıyla günümüzde tercih edilmez duruma gelmişlerdir.

Fitoremediasyon, kirleticilerle bulaşık durumda bulunan su veya toprakları temizlemek için, kirleticileri stabilize eden, dönüştüren yada bulunduğu ortamdaki kaldıran biyolojik materyalleri kullanan etkin, ekonomik ve ekolojik bir yöntemdir (Gisbert ve ark. 2003).

Fitoremediasyon, ağır metallerle kirlenmiş topraklarda, sediment veya su ortamından bitkiler yardımıyla ağır metallerin uzaklaştırılmasını kapsayan dört farklı teknolojiye sahiptir. Bunlar; rhizofiltrasyon; yer altı suları ve atık sudaki metallerin bitki kökleriyle absorblanmasını içeren , phytostabilization, topraktaki metallerin mobilite ve yayılabilirliğini sınırlayan bitkilerin kullanımını kapsayan fitoremediasyon teknolojisi, phytovolatilization; buharlaşma özelliğine sahip olan kirleticiler metallerin ilk önce bitki bünyesine alınmasını ve sonra bitki tarafından atmosfere salınmasını kapsayan, Phytoekstaksiyon ise; topraktaki ağır metallerin adsorpsiyon yoluyla bitki köklerine ve hasat edilebilen kısımlarına geçmesini

sağlayarak, ortamdan uzaklaştıran bir fitoremediasyon teknolojisidir (Cunningham ve ark. 1995, Gordon ve ark. 1997, Carman ve ark. 1998).

Bu araştırmada toprak kirliliğine sebep olan hareket yeteneği sınırlı Pb, Cd ve Co gibi ağır metallerin kimyasal kleyt oluşturan EDTA tuzu ile hareket yeteneğinin arttırılması ve hem ekonomik hem de ekolojik bir yöntem olan (fitoremediasyon) tekniği kullanılarak kanola bitkisi ile topraktan uzaklaştırılması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ağır metaller biyolojik ve jeolojik transformasyonlara uğrayabilmektedir. Ağır metallerin parçalanıp ve taşınabilmesi buldukları alanlardan çok uzaklarda birikmelerine neden olabilmektedir. Buna örnek olarak Gröland buzullarında kurşun konsantrasyonunun geçmiş yıllara göre çok fazla artması, bu metalin yeniden parçalanıp taşınımına uğradığının bir göstergesidir (Karakaş 2000).

Yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementlerden bazıları bitki gelişimi için mutlak gereklidir. Bunlar Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co ve bazı şartlarda da Ni' dir. Bununla birlikte Cd, Cr, Hg ve Pb gibi diğer bazı ağır metaller ise endüstriyel aktivitelerin sonucunda atık ürünlerle ve atık sularla artarak ekosisteme dahil olmakta ve çevre kirliliğinde önemli bir yer işgal etmektedir (Dağdeviren 2007).

Topraklardaki biyokimyasal tepkimeler ağır metaller doğrudan etkilenmektedirler. Bunlardan en önemlileri; organik maddenin mineralizasyonu, solunum aktivitesi, enzim aktivitesi ve nitrifikasyondur. Toprak içerisinde mikroorganizmalar tarafından CO₂ üretimi, topraktaki enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı gibi bazı biyokimyasal tepkimeler dizisi ağır metallerin toprak ve bitkideki toksik etkilerini inceleyebilmek için birer indikatör olarak kabul edilmektedir. Ağır metallerin biyokimyasal tepkimeler üzerindeki zehir etkileri, onların hareketlilikleri ve topraktaki konsantrasyonları ana materyalin kimyasal bileşimi ile ilişkilidir (Dağdeviren 2007).

Organik kirleticilerin aksine biyolojik olarak parçalanamazlar ve bu nedenle uzun süre buldukları ortamda kirletici olarak varlıklarını sürdürebilirler (Karami ve ark. 2010).

Ağır metaller periyodik tablonun 2A grubundan 6A grubuna kadar geniş bir alanda yer alan elementler olarak tanımlanmaktadır. Bu grupta Pb, Cd, Cr, Fe, Co, Cu, Ni, Hg ve Zn basta olmak üzere 60'tan fazla metal yer almaktadır (Sarı 2009).

Hassebach (1992) yaptığı çalışmada, genel olarak generatif bitki kısımlarında vejetatif aksamalara göre daha az ağır metal biriktirdiğini, büyük bir kısmın köklerde kaldığını bildirmiştir. Ayrıca her ağır metalin bir tolerans sınırı olduğunu bu tolerans sınırının her elemente ve bitkiye göre değiştiğini, bu sınırların üzerine çıkılması durumunda metabolizmal bozuklukların oluşarak verimin düştüğünü bildirmiştir.

Kurşun mutlak bitki besin elementi değildir. Ancak buna rağmen çok yaygın bir kirleticidir ve bu özelliği çevre kirliliği açısından oldukça endişe vericidir. US EPA (1996)'

ya göre 300- 500 mgkg⁻¹ aşan toplam Pb' a veya 5 mgL⁻¹ 'i aşan ekstrakte edilebilir Pb' a sahip topraklar genellikle iyileştirme gerektirir.

Pb ve Cd' a göre çok bölgesel bir kirleticidir ve Pb'un yayılması daha sınırlıdır (Thomas ve ark. 1984). Kadmiyum ise bitkide kurşuna göre çok daha hareketli ve toksiktir (Wong ve ark. 1986).

Kadmiyum (Cd) atom numarası 48 olan kanserojen toksik bir metaldir. Çevre kirletici olarak yeni tanınmıştır. Kadmiyumun gümüşe benzeyen beyaz bir rengi vardır. Çok geniş kullanım alanına sahip kadmiyum, Ni-Cd pillerinde, enerji üretiminde, fosforlu gübre endüstrisinde, kaplamacılıkta ve daha birçok alanlarda kullanılmakta ve farklı yollarla toprağa karışarak toprakta kirlilik yaratmakta ve bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir (Schroeder 1974)

Tarımsal faaliyetler kadmiyumun toprağa girişine neden olur. Ham fosfat kayaçları bünyelerinde kadmiyum barındırırlar ve dolayısıyla fosforlu gübrelere kaynaklanan kadmiyum girişi görülür. Ancak henüz bu yolla bulaşan kadmiyum miktarı kesin olarak bilinmemektedir. Diğer bir tarımsal faaliyet olan ilaçlama ile beraberde kadmiyum toprağa bulaşabilmektedir (Ross ve Stewart 1969).

Kadmiyum doğada oldukça az bulunan bir elementtir. Toprakta Cd'un toplam tolere edilebilir miktarı 3 mgkg⁻¹(Topbaşve ark. 1998); ekstrakte edilebilir Cd'un tolere edilebilir miktarı ise 0,2 mgkg⁻¹' dır (Alloway 1995).

Kobalt düşük konsantrasyonlarda olduğunda bitki büyümesine etkisi olumlu yöndedir (Mengel ve Kirkby, 1978).Kültür bitkileri için mutlak gerekli besin elementi olmamakla beraber geniş getiren hayvanların hazım işlevlerindeki yararının belirlendiği tarih olan 1935 yılından sonra kobalta karşı ilgi artmıştır. B12 vitamininin yapı maddesi olduğunun 1948 yılında öğrenilmiştir ve böylece kobaltın önemi arttırmıştır (Rickes ve ark 1948).

Baklagil bitkileri atmosferdeki azottan yararlanabilen bitkilerdir ve bu bitkiler için Co mutlak gerekli elementtir. Çünkü Kobalt biyolojik olarak azot fiksasyonu sisteminde bir koenzim olarak görev alır. Ancak yüksek konsantrasyondaki kobalt bazı bitkiler için toksik etki gösterir. Bunun yanı sıra kobalt bazı bitkiler için mutlak gereklidir. Örneğin kobalt çiçeği (*Crotolaria cobaltica*) Co içeriği kuru madde esasına göre 500 ile 800 mgkg⁻¹ arasındadır (Mengel ve Kirkby 1978).

Toprakların toplam Co içeriği 1 - 40 mgkg⁻¹, ekstrakte edilebilir Co içeriği ise 0,03 - 0,09 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakta ekstrakte edilebilir Co'nın izin verilebilir sınır değeri 0,09 mgkg⁻¹'dir (Carrigan ve Erwin 1951).

Fitoremediasyonun başarısı yeterli bitki verimliliği ve bitki gövdesindeki ağır metal konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Seçilen bitkiler ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarını bünyelerinde biriktirirken aynı zamanda yeterli biyokütleyle üretmelilerdir. Bünyelerine çok yüksek dozda ağır metal alabilen bitkilere hiperakümatör bitki denir (Chaney ve ark. 1997, Shen ve ark. 1997).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarla fitoremediasyon yöntemiyle topraktan kirleticilerin uzaklaştırılması için kullanılan birçok bitki tespit edilmiştir. Bu çalışmalara göre bünyesinde ağır metalleri biriktirebilen 45 bitki familyası tespit edilmiştir. Bu bitkiler Cu, Co, Cd, Mn, Ni, Se veya Zn gibi metalleri bünyelerinde 100-1000 mg kg^{-1} bitki seviyesinde biriktirebilmektedir (Reeves ve ark., 2000).

Fitoremediasyon diğer arıtım teknolojilerine nazaran büyük avantajlara sahiptir. Bunlar; düşük yatırım ve işletim masrafı, bitkide biriktirilen metallerin geri kazanımı ekonomik olarak fayda sağlamaktadır, ekstra bir atılım sahasına gerek duyulmaz, arıtılabileceği madde skalası oldukça geniştir, uygulama boyunca toprak işlevleri devam etmektedir ve toprak içindeki yaşam tekrar aktive edilmektedir, Kirlenmiş alanda bitki yetiştirildiği için o bölgede su, rüzgar ve toprak erozyonunun önüne geçilmiş olur ve bu da kirleticilerin yayılmasını engeller. Tüm bunların yanında belli başlı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar, yavaş olması, mevsimsel bağlılık, giderimin % 100 sağlanamaması, yüksek kirlilik konsantrasyonlarında toksik etki görülebilir olması ve sadece yüzeysel kirliliğe sahip topraklarda uygulanabilir olmasıdır (Bingöl 2008).

Chitra ve ark. (2011), yaptıkları saksı denemesinde tütün, mısır ve buğday bitkilerini 3 farklı Cd (10, 30 ve 50 mg kg^{-1}) içeriğinde yetiştirmiştir. Denemenin sonucunda tütün, buğday ve mısır bitkilerinin kök ve gövdelerindeki kadmiyum konsantrasyonları maruz bırakıldıkları kadmiyum konsantrasyonlarıyla orantılı olarak artmıştır ve tütün hariç kadmiyum konsantrasyonu gövdeye nazaran köklerde daha yüksek bulunmuştur.

Blaylock ve ark. (1997), hint hardalı (*B. Juncea*) kullanarak yaptıkları çalışmada 600, 900, 1200 ve 1800 mg kg^{-1} kurşun kirliliğine sahip topraklarda tohum ekiminden 3 hafta sonra bitki gövdesinde sadece 100 mg kg^{-1} Pb' na rastlamışlardır. Ajan destekli uygulamanın Pb birikimindeki etkisini görebilmek için 4 farklı dozda (0; 0,1; 1,0; 5,0; 10,0 mmol kg^{-1}) 5 farklı ajan (EDTA, DTPA, CDTA, EGTA ve sitrik asit) ajan uygulamışlardır. 4 hafta süren denemenin ardından gövdede en farklı birikim EDTA' nın 5 mmol kg^{-1} dozu için elde edilmiştir. En düşük artış EGTA ve sitrik asit uygulamasında gözlemlenmiştir. 10 mmol kg^{-1} ajan uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine göre on bin kat daha fazla metal birikimi sağlanmıştır.

Fitoremediasyonda hangi bitkilerin kullanılabileceğini araştıran Ebbs ve ark. (1998), hint hardalı, arpa ve yulafı içeren 22 çeşit bitki ile çinko (Zn) giderimi üzerine çalışmıştır. Ajan olarak EDTA kullanmışlardır. Araştırma sonunda bitkilerin çözeltide yüksek oranda bulunan Cu, Cd ve Zn konsantrasyonuna tolerans gösterdiği ve bunları bünyelerinde biriktirebildikleri ortaya konmuştur. Hint hardalı ile arpa ve yulaf karşılaştırıldığında hint hardalı daha fazla Zn'yu bünyesinde barındırabilmiş ancak arpa ve yulaf yüksek Zn konsantrasyonuna daha fazla tolerans gösterdiği saptanmıştır.

Shen ve ark. (2002) $15,2 \text{ mgL}^{-1}$ Pb konsantrasyonuna sahip topraklarda seçtikleri şelatları $1,5 \text{ mmolkg}^{-1}$ şeklinde uygulamışlardır. Şelat uygulamasından 3 gün sonra toprak çözeltisindeki kurşun konsantrasyonunda önemli derecede artış gözlemlenmiştir. EDTA uygulanan toprak çözeltisindeki Pb konsantrasyonu kontrol grubundan 42 kat daha yüksek bulunmuştur. En fazla artış EDTA uygulamasında en az artışın ise sitrik asit uygulamasında gözlemlendiği belirtilmiştir.

Şelatörler hidroponik ortamlarda metallerin çözünürlüklerini artırıp azaltabilirler. Bu özelliklerinden dolayı solüsyonların iyon dengesini sağlamada kullanılmaktadır. Toprağa uygulanan şelatörler ise ağır metalin topraktaki alınabilirliğini artırarak ağır metallerin bitkiler tarafından kolayca alınarak bitki kök ve kök üstü organlarına taşınmasına yardımcı olmaktadır (Norvell 1991).

Salt ve ark. (1998) mısır ve ayçiçeğinin yüksek düzeyde biomass içeren bitkilerden olduğunu ve bunların önemli düzeyde Pb toplayabildiklerini bildirmişlerdir. Aynı çalışmayla mısır ve ayçiçeği kullanılarak her yıl $180-539 \text{ kg ha}^{-1}$ Pb'yi uzaklaştırarak, 2500 mg kg^{-1} 'a kadar Pb ile kirlenmiş toprakların, 10 yılda iyileştirilebileceğini belirtmişlerdir.

Esringü (2005) de yaptığı saksı denemesinde 2 bitki (hardal ve kanola), 4 şelat dozu (0, 3, 6, 12 mmolkg^{-1} EDTA) kullanmıştır. Saksılara önce 50 mg kg^{-1} kirletici (Pb, Cu, Pb, Cd) uygulamış ve 1 ay süreyle inkubasyona bırakmıştır. EDTA dozlarını tohum ekiminden bir hafta önce ve 30 gün sonra olmak üzere iki aşamada gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda EDTA uygulamasına bağlı olarak ağır metallerin alınabilirliği 6 mmolkg^{-1} dozunda kontrole göre 2 kat olmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Araştırmada Kullanılan Materyaller

Araştırma Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait deneme arazilerinden 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örneği ile yürütülmüştür. Denemede bitki materyali olarak Kanola (*Brassica nopus* L.) bitkisi ve toprak kirletici ağır metaller olarak Pb, Cd, Co metalleri kullanılmıştır. Ağır metallerin kontrollü şartlarda şelat (EDTA) destekli olarak kanola bitkisi tarafından ekstraksiyonları incelenmiştir.

Kanola yazlık ve kışlık çeşitlere sahiptir. Yetiştirme devresinin kısa olması, birim alandan yüksek tohum verimi (200-250 kgda⁻¹) elde edilmesi ve yağ oranının (% 45-50) yüksek olması, ekiminden hasadına kadar bütün yetiştirme tekniğinin mekanizasyona uygun olması, ilkbaharda hızlı gelişerek yabancı otların genişlemesini engellemesi ve kendinden sonraki ürüne temiz toprak bırakması gibi özellikleriyle de oldukça avantajlı bir bitkidir (Öztürk 2000).

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait deneme arazilerinden (40°36'- 40°31' enlem 26°43'-28°08' boylam ve denizden yüksekliği 10 m) 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örnekleri havada kurutulup 2 mm'lik elekten elendikten sonra 20 cm çapında plastik saksılara 2000 g/saksı olacak şekilde konulmuştur. Saksılara konulan toprak örneğinden alt örnek alınarak toprağın fiziksel ve kimyasal analizleri yanında alınabilir ağır metal analizleri yapılmıştır. Deneme kontrollü şartlarda tam Şansa bağlı deneme desenine göre; 3 EDTA dozu (0, 5, 10 mmolk⁻¹), 3 ağır metal (Pb, Cd, Co) ve 3 tekerrür olarak 27 saksıda yürütülmüştür. Her saksıya 100 mgkg⁻¹ Pb, Cd ve Co uygulanmıştır. Kurşun Pb(NO₃)₂; kadmiyum CdSO₄.8H₂O; kobalt CoSO₄.7H₂O formunda uygulanmıştır. Toprak kirleticileri saf su içinde çözerek her bir saksıya tarla kapasitesinin % 100' ü kadar saf su ile uygulanmıştır. Saksılara ilave edilen ağır metallerin absorpsiyonu için 1 ay süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra her saksıdan toprak örneği alınmış ve ekstrakte edilebilir ağır metal ve

analizleri yapılmıştır. Bitkilere N, P, K gübrelemesi ekimle beraber topraktaki elverişli miktarları göz önüne alınarak yapılmıştır. Her saksıya 20 adet kanola tohumu ekilmiştir. Ekimle beraber amonyum nitrat gübresinden 14 kg/da N, triple süperfosfat gübresinden 7 kg/da P₂O₅ uygulanmıştır. Daha sonra homojen gelişim gösteren bitkiler dikkate alınarak seyreltme yapılmış ve saksılarda 10 bitki bırakılmıştır. Tohumların ekiminden 30 gün sonra EDTA 3 doz (0, 5, 10 mmol kg⁻¹) olarak saksılara uygulanmıştır. Bitkileri tüm büyüme periyodunda saf suyla sulanmıştır. Bitkiler 75 günlük büyüme periyodu sonucunda hasat edilerek kök gövde aksamına ayrıldıktan sonra 68 °C etüvde 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuru ağırlıkları tespit edilen bitki örnekleri porselen havanda ezilerek kök-gövde aksamlarında makro ve mikro element analizleri yapılmıştır.

3.2.2 Toprak Analizleri

3.2.2.1 Toprak Tekstürü Tayini

Toprakların tekstürleri Bouyoucus hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee ve Bauder 1986).

3.2.2.2. Toprak Reaksiyonu Tayini

Toprakların pH'ları 1:2.5'lük toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (McLean 1982).

3.2.2.3. Kireç Tayini

Toprakların kireç içerikleri volümetrik bir yöntem olan Scheibler kalsimetresi ile saptanmıştır (Sağlam 2012).

3.2.2.4. Organik Madde Tayini

Toprakların organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Sağlam 2012).

3.2.2.5. Değişebilir Katyonların (K, Ca ve Mg) Tayini

Toprakların değişebilir katyonları amonyum asetatla çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra (Sağlam 2012) ICP ile kalsiyum, magnezyum değerleri belirlenmiştir.

3.2.2.6. Fosfor Tayini

Bitkiye yararılı fosfor içerikleri Olsen yöntemine göre oluşturulan çözeltiler (Sağlam 2012) ICP’de okunarak fosfor içerikleri belirlenmiştir (Olsen ve Summers 1982).

3.2.2.7. Elektrik İletkenlik Tayini

Toprak örneklerindeki suda eriyebilir toplam tuz satüre toprak macununda elektriksel iletkenlik ölçer cihazı ile belirlenmiştir (U.S. Soil Survey Staff 1951).

3.2.2.8. Bitki Tarafından Alınabilir Mikro Element Tayini

Toprak örnekleri yararılı mikro element analizi için 0,005 M DTPA+ 0,01 M CaCl₂ +0,1 M TEA (pH 7,3) ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norvell 1978). Ekstrakttaki yararılı Fe, Cu, Zn, ve Mn miktarları ICP’ de belirlenmiştir.

3.2.2.9. Ekstrakte Edilebilir Bazı Ağır Metaller (Pb, Cd, Co)

Toprak örnekleri ekstrakte edilebilir bazı ağır metal (Pb, Cd, Co) analizi için 0,005 M DTPA + 0,01M CaCl₂ + 0,1 M TEA (pH 7,3) ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norvell 1978). Ekstrakttaki Cd, Co ve Pb miktarları ICP’de belirlenmiştir.

3.2.3. Bitki Analizi Yöntemleri

3.2.3.1. Bitkide Toplam Azot

Bitki örneklerinin azot içeriği yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikro kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Sağlam 2012).

3.2.3.2. Bitkide Diğer Elementlerin (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Co) Tayini

Bitki rneklerinin P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd ve Co içerikleri nitrik perklorik asit karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan (Kacar ve İnal 2010) sonra ICP' de okunmuştur.

3.2.4. İstatistiksel Değerlendirme

Deneme şansa bağlı tam bloklar deneme deseninde bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ortalamalar arasındaki farkların istatistiki anlamda önemlilikleri, EKF (En Küçük nemli Fark) testine göre MSTAT 3.00/EM paket programı ile yapılmıştır (Steel ve Torrie, 1960).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Denemede Kullanılan Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Denemede kullanılan toprak örneği fiziksel ve kimyasal analize tabi tutulmuş ve aşağıda verilen Çizelge 4.1' deki değerler bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Denemede kullanılan toprak örneğine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Toprak Özellikleri

pH(1:2,5)	7,43
Tuzluluk (%)	0,02
Kireç (%)	0,48
Organik madde (%)	0,88
P, kg P ₂ O ₅ /da	9,23
K, kg K ₂ O/da	101,4
Ca (mgkg ⁻¹)	5289
Mg (mgkg ⁻¹)	268
Elverişli Fe (mgkg ⁻¹)	6,01
Elverişli Cu (mgkg ⁻¹)	0,88
Elverişli Zn (mgkg ⁻¹)	3,17
Elverişli Mn (mgkg ⁻¹)	8,51
Ekstrakte edilebilir Co (mgkg ⁻¹)	1,20
Ekstrakte edilebilir Cd (mgkg ⁻¹)	0,20
Ekstrakte edilebilir Pb (mgkg ⁻¹)	1,04
Kum, %	37,31
Silt, %	30,01
Kil, %	32,68
Tekstür sınıfı	Killi tın

Çizelge 4.1' den de anlaşılacağı gibi toprakların tekstür sınıfı killi tın bulunmuştur. Toprak örneğinin, pH'sı nötr, organik maddesi yetersiz, kireç yönünden az, tuzluluk tehlikesi bulunmayan bir topraktır. Fosfor bakımından yeterli ve yüksek potasyum değerine sahiptir. Kalsiyum içeriği bakımından fazla, Mg yeterli, elverişli demir içeriği yönünden fazla, Mn, Zn

ve Cu içeriği bakımından yeterli sınıfına girmektedir (Anonymous 1980, FAO 1990, TOVEP, 1991). Toprak örneğinin ekstrakte edilebilir Pb ve Cd içerikleri izin verilebilir (Chapman 1971, Alloway 1995), Co içeriği ise izin verilebilir sınırın üzerindedir (Carrigan ve Erwin 1951)

4.2. İnkübasyon Sonrasında Toprak Örneklerinin Pb, Co ve Cd İçerikleri

Havada kurutulup 2 mm'lik elekten elendikten sonra 20 cm çapında plastik saksılara 2000 g/saksı olacak şekilde konulan toprak örneklerine. 100 mgkg⁻¹ kurşun Pb(NO₃)₂, 100 mgkg⁻¹ kadmiyum CdSO₄.8H₂O; 100 mgkg⁻¹ kobalt CoSO₄.7H₂O formunda uygulanmıştır. Saksılara ilave edilen ağır metallerin absorpsiyonu için 1 ay süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra her saksıdan toprak örneği alınmış ve ağır metal ve analizleri yapılmıştır. Belirlenen değerler Çizelge 4.2. 'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kanola bitkisinin yetiştirildiği saksılardan kirleticilerin uygulamasından 30 gün sonra alınan toprak örneklerinin Pb, Cd, Co içerikleri (mgkg⁻¹)

Ağır metaller	İnkübasyon öncesi	İnkübasyon sonrası
Pb	1,20	1,97
Co	0,20	1,98
Cd	1,04	1,12

Çizelge 4.2'den görüleceği üzere başlangıçta topraktaki miktarları düşük olan Pb, Co ve Cd'un ekstrakte edilebilir değerleri 30 günlük bir inkübasyon sonrasında önemli miktarlarda yükselmiştir.

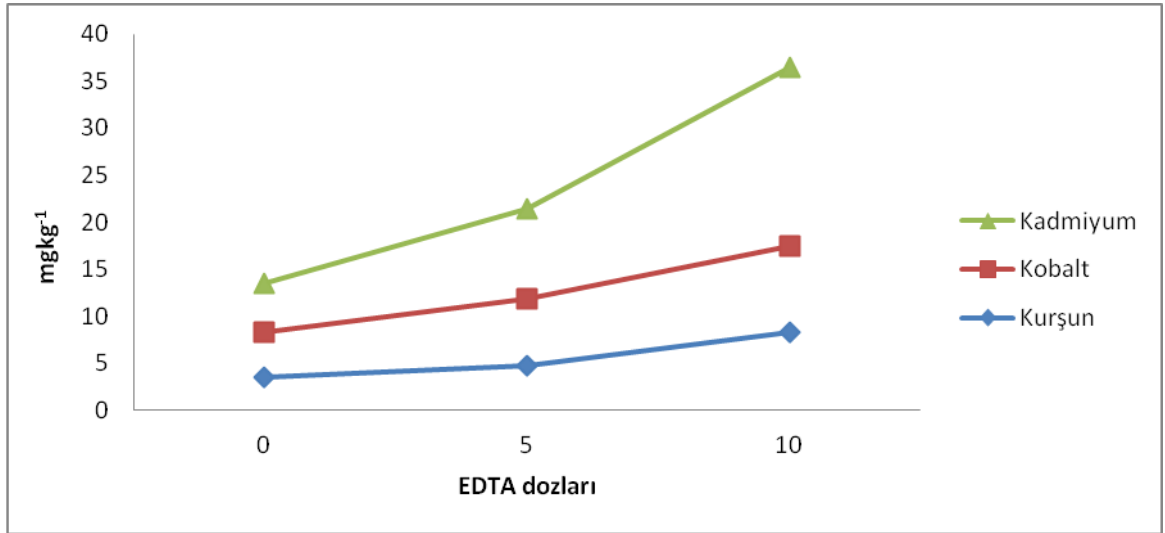
4.3. Hasat Sonrası Toprak Örneklerinin Ağır Metal İçerikleri

Saksılardan deneme sonrası alınan toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Pb, Co ve Cd içerikleri aşağıdaki Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelge 4.3'e göre artan EDTA dozları ağır metallerin topraktaki çözünürlüğünü artırmıştır.

Çizelge 4.3. Kanola bitkisinin yetiştirildiği saksılardan hasat sonrası alınan toprak örneklerinin Pb, Cd, Co içerikleri (mgkg⁻¹)

Kirleticiler (mgkg ⁻¹)	EDTA Dozu		
	0 mmolkg ⁻¹	5 mmolkg ⁻¹	10 mmolkg ⁻¹
Kurşun (Pb)	3,52	4,75	8,26
Kadmiyum (Cd)	5,18	9,55	18,93
Kobalt (Co)	4,78	7,10	9,22

Toprak analiz sonuçları değerlendirildiğinde EDTA dozunun topraktaki alınabilir kurşun (Pb) kadmiyum (Cd) ve kobalt (Co) içerikleri üzerine etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır (Çizelge 4.3). Uygulanan EDTA dozu arttıkça Pb, Cd, Co ağır metallerinin çözünürlüğü artmış, kontrole göre en büyük artış 10 mmolkg⁻¹ dozunda elde edilmiştir (Şekil 4.1). EDTA uygulamasının 10 mmolkg⁻¹ dozu, alınabilir ağır metal içeriklerini Pb için kontrol grubuna göre % 73,89, kadmiyum için % 265,44 ve son olarak kobalt için % 92,89 düzeyinde arttırmıştır. Aynı sonuçlar 5 mmolkg⁻¹ EDTA dozunda değerlendirildiğinde ise; alınabilir Pb, Cd, Co içerikleri sırasıyla % 34,94, % 84,36, % 48,54 düzeyinde artış gösterdiği kaydedilmiştir.



Şekil 4.1. Kanola bitkisinin yetiştirildiği saksılarda EDTA uygulamaları ile hasat sonrasında alınan toprak örneklerinin Pb, Cd, Co içeriklerindeki değişimler.

4.4. Farklı Dozlarda Uygulanan EDTA' nın Kanola Bitkisinin Kök ve Gövde Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

100 mgkg⁻¹ ağır metalle kirletilen topraklarda yetiştirilen kanola bitkisinin kök ve gövde kuru madde içeriği üzerine farklı dozlarda (0, 5, 10 mmolkg⁻¹) uygulanan EDTA' nın etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Topraklara uygulanan EDTA dozu arttıkça kök ve gövde kuru madde ağırlığında azalış meydana gelmiştir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6).

Çizelge 4.4. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kuru madde ağırlıklarına (gr) ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	96,233	59,923	23,427	59,861a
Kök	11,563	9,473	2,973	8,003b
Ortalama	53,898a	34,698b	13,200c	33,932
LSD	Bitki aksamı= 2,122			
P<0.05	BxE= -			
	EDTA=2,599			

Çizelge 4.5. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kuru madde ağırlıklarına (gr) ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	87,063	53,973	17,77	52,938a
Kök	10,003	7,633	1,953	6,530b
Ortalama	48,533a	30,803b	9,865c	29,734
LSD	Bitki aksamı= 1,790			
P<0.05	BxE= -			
	EDTA2,192			

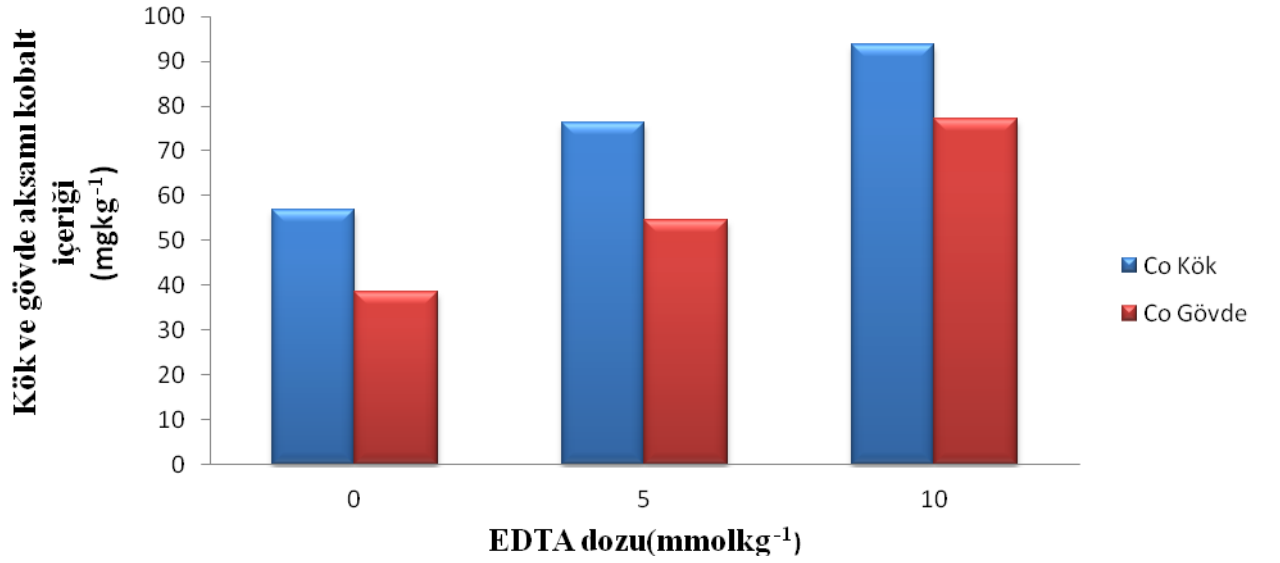
Çizelge 4.6. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kuru madde ağırlıklarına (gr) ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	92,180	58,603	21,233	57,339a
Kök	10,690	8,820	2,340	7,283b
Ortalama	51,435a	33,712b	51,435a	32,311
LSD	Bitki aksamı= 1,337			
P<0.05	BxE= -			
	EDTA=1,638			

Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 incelendiğinde kanola bitkisinin gövde aksamına ait kuru madde miktarı köke ait kuru madde miktarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bitkinin her iki aksamında da en yüksek değerler 0 mmol kg⁻¹ EDTA dozunun uygulandığı saksılardan elde edilmiştir. Artan EDTA uygulamaları ile birlikte bitkinin kuru madde miktarında önemli azalışlar belirlenmiştir. Söz konusu bu azalışlar % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak EDTA dozuna bağlı olarak meydana gelen azalışlar, ağır metal ve mikro element alınabilirliklerinin artmasına bağlı olarak besin elementleri alımı arasındaki dengenin bozulmasının bir sonucu olarak kabul edilmektedir. Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda da benzer sonuçlar gözlenmektedir (Chen ve ark. 2000, Turan ve Angın 2004, Turgut ve ark. 2004).

4.5. EDTA Uygulamasının Kanola Bitkisinin Pb, Cd, Co İçerikleri Üzerine Etkisi

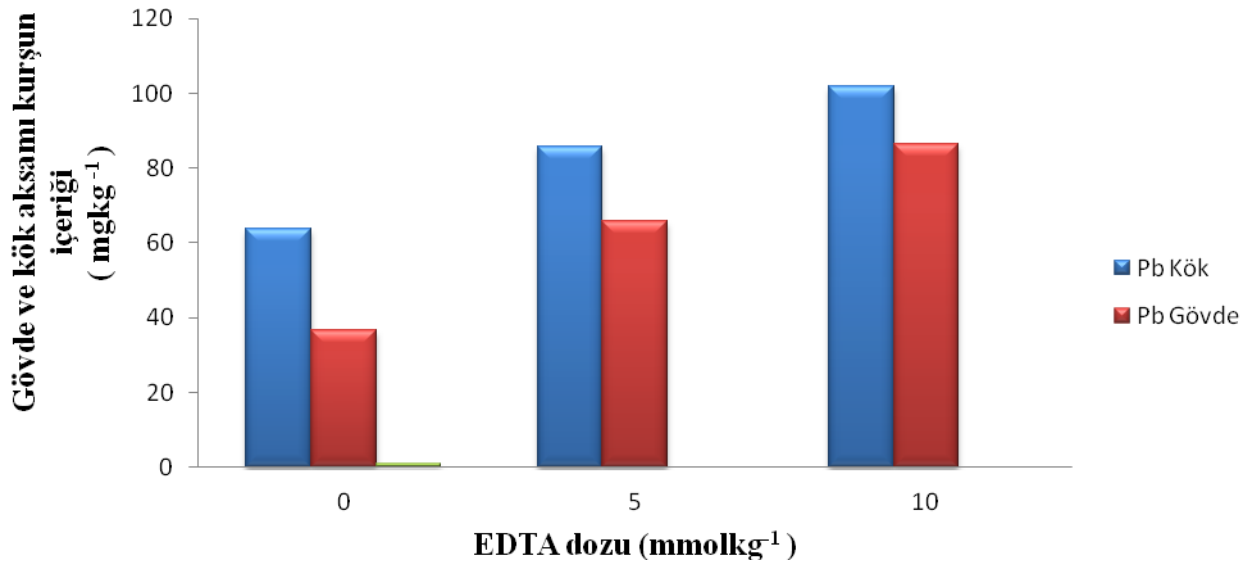
Toprağa 100 mgkg^{-1} dozlarında uygulanan Pb, Cd, Co ağır metallerinin kanola bitkisi tarafından alımını kolaylaştırmak amacıyla farklı dozlarda uygulanan EDTA' nın bitkilerin kök ve gövde aksamı tarafından ağır metal alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9). Hem gövde hem de kök aksamındaki ağır metal içeriği uygulanan EDTA dozundaki artışa paralel olarak artış göstermiştir. Kontrole göre en yüksek artış her üç ağır metal için 10 mmolkg^{-1} EDTA dozunda görülmüştür. Kök aksamındaki ağır metal içeriği gövde aksamındaki ağır metal içeriğinden yüksek olmuştur (Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4). Ancak kök aksamının kuru madde içeriği gövde aksamının kuru madde içeriğinden oldukça düşük olması nedeniyle, gövde tarafından topraktan kaldırılan ağır metal kök tarafından kaldırılan ağır metalden daha yüksektir. Elde edilen sonuçlar bu konuda yapılan pek çok çalışma ile uyum içindedir (McGath ve ark. 1997, Liphardzi ve ark. 2003, Thayalakumaran ve ark 2003).



Şekil 4.2. Farklı EDTA dozunun kanola bitkisinin kök ve gövde aksamlarında kobalt içeriği üzerine etkisi.

Çizelge 4.7. Farklı dozlarda EDTA uygulamasına bağlı olarak bitkinin kobalt içeriğinin (mgkg^{-1}) ortalama değerleri ve önemlilik grupları

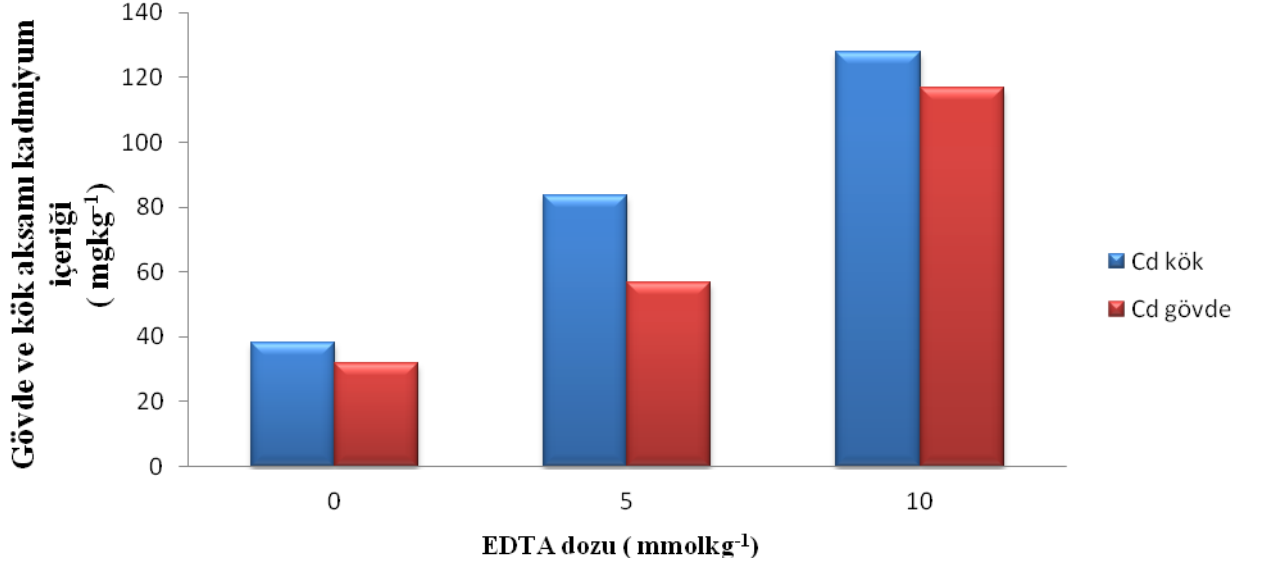
Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	38,630	54,393	77,180	56,734b
Kök	56,820	76,407	93,643	75,623a
Ortalama	47,725c	65,400b	85,412a	66,179
LSD	Bitki aksamı=2,577			
$P \leq 0.05$	BxE= - EDTA =3,156			



Şekil 4.3. Farklı EDTA dozunun kanola bitkisinin kök ve gövde aksamlarının kurşun içeriği üzerine etkisi

Çizelge 4.8. Farklı dozlarda EDTA uygulamasına bağlı olarak kurşun içeriğinin (mgkg^{-1}) ortalama değerleri ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	36,550d	65,833c	86,380b	62,921b
Kök	63,600c	85,600b	101,780a	83,660a
Ortalama	50,075c	75,717b	94,080a	73,291
LSD	Bitki aksamı=2,615			
$P \leq 0.05$	BxE=4,528 EDTA =3,202			



Şekil 4.4. Farklı EDTA dozunun kanola bitkisinin kök ve gövde aksamlarının kadmiyum içeriği üzerine etkisi

Çizelge 4.9. Farklı dozlarda EDTA uygulamasına bağlı olarak kadmiyum içeriğinin (mg kg⁻¹) ortalama değerleri ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmol kg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	31,980f	56,693d	116,690b	68,454b
Kök	38,017e	83,400c	127,670a	83,029a
Ortalama	34,998c	70,047b	122,180a	75,741
LSD	Bitki aksamı=4,143			
P<0.05	BxE=5,073			
	EDTA =5,074			

4.6. Farklı Dozlarda Uygulanan EDTA' nın Kanola Bitkisinin Bazı Bitki Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi

Kurşun, kadmiyum ve kobalt ile kirlenilen topraklara söz konusu ağır metallerin alınabilirliğini arttırmak için uygulanan EDTA' nın kanola bitkisinin bazı makro besin elementi içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. N, P, K, Mg ve Ca gibi makro element içeriği, artan EDTA uygulamasına karşın azalış göstermiştir (Ek Şekil 1, Ek Şekil 2 ve Ek Şekil 3). Bu konuyla ilgili çalışan farklı araştırmacılarda benzer sonuçları bulmuşlardır (Chen ve ark. 2000, Turan ve Angın 2004, Turgut ve ark. 2004). Makro besin elementlerindeki bu azalış bitki kuru madde içeriğinde meydana gelen azalışla paralellik göstermektedir.

Aynı saksılarda yetiştirilen bitkilerde EDTA uygulamasındaki artışa paralel olarak Fe, Cu, Zn, Mn gibi mikro elementlerin elverişliliğinde ise artışlar görülmüştür (Ek Şekil 4, Ek Şekil 5 ve Ek Şekil 6). Elde edilen veriler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla da desteklenmektedir (Epstein ve ark. 1999, Kirkham 2000, Liphardzi ve ark. 2003, Esringü 2005).

4.6.1. Kobalt Uygulanan Topraklarda Yetiştirilen Kanola Bitkisinin Bazı Makro ve Mikro Besin Elementi İçerikleri

4.6.1.1. Azot İçeriği

Araştırma sonuçları incelendiğinde gövdenin ortalama N içeriği (% 4,051) kökün ortalama N içeriğinden (% 1,994) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak N içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek N içeriğinin % 3,645 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 2,932 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük azot içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 2,492) elde edilmiştir (Çizelge 4. 10).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Azot içeriği % 1,183 – % 4,223 arasında değişmiştir. En yüksek N içeriği gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 4,130 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük N içeriği ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4.11.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot (%) içerikleri ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	4,223a	4,130a	3,800b	4,051a
Kök	3,067c	1,733d	1,183e	1,994b
Ortalama	3,645a	2,932b	2,492c	3,023
LSD	Bitki aksamı=0,085			
P≤0.05	BxE=0,149			
	EDTA =0,104			

Çizelge 4.11. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Azot(%N)
Bitki aksamı	1	19,034
EDTA	2	2,033
Bitki aksamıxEDTA	2	0,929
Hata	12	0,007
Genel	17	1,473
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	2790,066**
	EDTA	297,941**
	Bitki aksamı x EDTA	136,231**

4.6.1.2. Fosfor İçeriği

EDTA uygulamalarının bitkinin fosfor içeriği üzerindeki etkisi incelendiğinde ortalama % 0,416 ile gövdenin P içeriği kökün ortalama P içeriğinden (% 0,363) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak P içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek P içeriğinin % 0,425 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 0,378 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük fosfor içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 0,375) elde edilmiştir (izelge 4.12.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, P içeriği % 0,467 – % 0,373 arasında değişmiştir. En yüksek P içeriği gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 0,403 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük P içeriği ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (izelge 4.12.).

Çizelge 4.13.'de kobalt ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gövdenin fosfor içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir. Fosfor içeriğine kök ve gövdenin etkisi ile EDTA'in etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	0,467	0,403	0,377	0,416a
Kök	0,383	0,333	0,373	0,363b
Ortalama	0,425a	0,378b	0,375c	0,390
LSD	Bitki aksamı=0,065			
P≤0.05	BxE= -			
	EDTA =0,079			

Çizelge 4.13. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Fosfor(%P)
Bitki aksamı	1	0,012
EDTA	2	0,006
Bitki aksamıxEDTA	2	0,003
Hata	12	0,004
Genel	17	0,005
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	3,107
	EDTA	1,457
	Bitki aksamı x EDTA	0,698

4.6.1.3. Potasyum İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama potasyum içeriği (% 4,356) kökün potasyum içeriğinden (% 3,866) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak K içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek K içeriğinin % 4,700 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 4,248 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük potasyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 3,383) elde edilmiştir (Çizelge 4.14.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, K içeriği % 5,040 – % 3,223 arasında değişmiştir. En yüksek K içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 4,483 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük K içeriği (% 3,543) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.15.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri(%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	5,040a	4,483b	3,543d	4,356a
Kök	4,360b	4,013c	3,223e	3,866b
Ortalama	4,700a	4,248b	3,383c	4,111
LSD	Bitki aksamı=0,007			
P≤0.05	BxE=0,149			
	EDTA =0,107			

Çizelge 4.15. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Potasyum (% K)
Bitki aksamı	1	1,080
EDTA	2	2,686
Bitki aksamıxEDTA	2	0,049
Hata	12	0,007
Genel	17	0,390
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	149,256**
	EDTA	371,029**
	Bitki aksamı x EDTA	6,776*

4.6.1.4. Kalsiyum İçeriği

Kanola bitkisinin gövde aksamının ortalama kalsiyum (Ca) içeriği (% 2,026) ile kökün kalsiyum içeriğinden (% 1,569) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Ca içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Ca içeriğinin % 2,628 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 1,510 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama kalsiyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 1,253) elde edilmiştir (Çizelge 4.16.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Ca içeriği % 2,950 – % 1,073 arasında değişmiştir. En yüksek Ca içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 2,307 ile kökün 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük Ca içeriği (% 1,073) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.17.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	2,950a	1,693c	1,433d	2,026a
Kök	2,307b	1,327d	1,073e	1,569b
Ortalama	2,628a	1,510b	1,253c	1,798
LSD	Bitki aksamı=0,101			
P≤0.05	BxE=0,177			
	EDTA =0,124			

Çizelge 4.17. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kalsiyum (%Ca)
Bitki aksamı	1	0,938
EDTA	2	3,207
Bitki aksamıxEDTA	2	0,039
Hata	12	0,010
Genel	17	0,444
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	97,137**
	EDTA	331,967**
	Bitki aksamı x EDTA	4,059*

4.6.1.5. Magnezyum İçeriği

Çizelge 4.18. incelendiğinde gövdenin ortalama magnezyum (Mg) içeriği (% 0,540) ile kökün ortalama magnezyum (Mg) içeriğinden (% 0,434) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Mg içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Mg içeriğinin % 0,682 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 0,463 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama magnezyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 0,317) elde edilmiştir (Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.19.'da verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	0,713a	0,563c	0,343de	0,540a
Kök	0,650b	0,363d	0,290e	0,434b
Ortalama	0,682a	0,463b	0,317c	0,487
LSD	Bitki aksamı=0,029			
P≤0.05	BxE=0,056			
	EDTA =0,035			

Çizelge 4.19. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Magnezyum (%Mg)
Bitki aksamı	1	0,050
EDTA	2	0,202
Bitki aksamıxEDTA	2	0,010
Hata	12	0,001
Genel	17	0,029
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	63,556**
	EDTA	256,570**
	Bitki aksamı x EDTA	12,768**

4.6.1.6. Demir İçeriği

Çizelge 4.20.' de görüldüğü gibi bitkinin hem kök hem de gövde aksamındaki demir içeriği uygulanan EDTA dozuna paralel olarak artış göstermiştir. Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, ortalama Fe içeriği $199,553 \text{ mgkg}^{-1}$ – $78,070 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Fe içeriği kökün 10 mmolkg^{-1} 'lık EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu $166,863 \text{ mgkg}^{-1}$ ile kökün 5 mmolkg^{-1} 'lık EDTA dozu izlemiştir. En düşük Fe içeriği ($78,070 \text{ mgkg}^{-1}$) ise, gövdenin 0 mmolkg^{-1} 'lık dozunda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21.'de kobalt ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gödenin demir içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.20. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri (mgkg^{-1})ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	78,070	120,697	166,303	121,690b
Kök	125,803	166,863	199,553	164,073a
Ortalama	101,937c	143,780b	182,928a	142,882
LSD	Bitki aksamı=5,864			
P<0.05	BxE= -			
	EDTA =7,182			

Çizelge 4.21. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Demir (Fe)
Bitki aksamı	1	8083,561
EDTA	2	9843,107
Bitki aksamıxEDTA	2	94,765
Hata	12	32,595
Genel	17	1667,673
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	248,000**
	EDTA	301,982**
	Bitki aksamı x EDTA	2,907

4.6.1.7. Çinko İçeriği

Saksılara uygulanan farklı dozlardaki EDTA' nın kök ve gövdedeki çinko içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Elde edilen çinko içerikleri incelendiğinde gövdenin ortalama çinko (Zn) içeriği ($12,708 \text{ mgkg}^{-1}$) kökün ortalama çinko (Zn) içeriğinden ($39,332 \text{ mgkg}^{-1}$) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Zn içeriğinin önemli düzeyde artmış olduğu görülür. En yüksek ortalama Zn içeriğinin $31,852 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 10 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu $26,685 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 5 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama çinko içeriği ise 0 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozundan ($19,523 \text{ mgkg}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 4.22.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Zn içeriği $46,463 \text{ mgkg}^{-1}$ - $8,983 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek Zn içeriği kökün 10 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu $41,470 \text{ mgkg}^{-1}$ ile kökün 5 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük Zn içeriği ($8,983 \text{ mgkg}^{-1}$) ise, gövdenin 0 mmolkg^{-1} 'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.22.).

Çizelge 4.22. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	8,983e	11,900e	17,240d	12,708b
Kök	30,63c	41,470b	46,463a	39,332a
Ortalama	19,523	26,685b	31,852a	26,015
LSD	Bitki aksamı=2,266			
P<0.05	BxE=3,924			
	EDTA =2,775			

Çizelge 4.23.'de kobalt ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gövdenin çinko içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.23. Kirlетici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Çinko (Zn mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	3189,875
EDTA	2	229,972
Bitki aksamıxEDTA	2	34,629
Hata	12	4,867
Genel	17	222,205
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	655,368**
	EDTA	47,248**
	Bitki aksamı x EDTA	7,115

4.6.1.8. Bakır İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama bakır (Cu) içeriği (11,361 mgkg⁻¹) kökün ortalama bakır (Cu) içeriğinden (17,982 mgkg⁻¹) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Cu içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Cu içeriğinin 18,613 mgkg⁻¹ ile 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu 15,600 mgkg⁻¹ ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama bakır içeriği ise 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (9,667 mgkg⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.24.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda Cu içeriği 23,413 mgkg⁻¹ – 7,823 mgkg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek Cu içeriği kökün 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu 18,753 mgkg⁻¹ ile kökün 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük Cu içeriği (7,823 mgkg⁻¹) ise, gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.24.).

Çizelge 4.24. Kirlетici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri (mgkg⁻¹)ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	7,823e	12,447cd	13,813c	11,361b
Kök	11,510d	18,753b	23,413a	17,892a
Ortalama	9,667c	15,600b	18,613a	14,627
LSD	Bitki aksamı=0,869			
P≤0.05	BxE=1,505			
	EDTA =1,065			

Çizelge 4.25.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Bakır (Cu mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	191,949
EDTA	2	124,327
Bitki aksamıxEDTA	2	13,169
Hata	12	0,716
Genel	17	27,973
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	267,982**
	EDTA	173,574**
	Bitki aksamı x EDTA	18,386**

4.6.1.9. Mangan İçeriği

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde gövdenin ortalama mangan (Mn) içeriği (100,697 mgkg⁻¹), kökün ortalama mangan (Mn) içeriğinden (121,737 mgkg⁻¹) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Mn içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Mn içeriğinin 144,910 ile 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu 101,950 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Mn içeriği ise 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (86,790 mgkg⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.26.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda Mn içeriği 162,217 mgkg⁻¹ – 77,883 mgkg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek Mn içeriği kökün 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu 127,603 mgkg⁻¹ ile gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük Mn içeriği (77,883 mgkg⁻¹) ise, gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.26.).

Çizelge 4.27.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.26. Kirletici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri (mgkg⁻¹) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	77,883e	96,603d	127,603b	100,697b
Kök	95,697d	107,297c	162,217a	121,737a
Ortalama	86,790c	101,950b	144,910a	111,217
LSD	Bitki aksamı=3,272			
P≤0.05	BxE=5,667			
	EDTA =4,008			

Çizelge 4.27. Kirlotici olarak kobalt uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Mangan (Mn mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	1992,067
EDTA	2	5453,322
Bitki aksamıxEDTA	2	226,275
Hata	12	10,148
Genel	17	792,532
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	196,297**
	EDTA	537,367**
	Bitki aksamı x EDTA	22,297**

4.6.2. Kurşun Uygulanan Topraklarda Yetiştirilen Kanola Bitkisinin Bazı Makro Ve Mikro Besin Elementi İçerikleri

4.6.2.1. Azot İçeriği

Kanola bitkisinin gövdesinin ortalama N içeriği (% 4,077) ile kökün ortalama N içeriğinden (% 2,177) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak N içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama N içeriğinin % 3,633 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 2,985 ile 5 mmol kg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama azot içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 2,762) elde edilmiştir (Çizelge 4.28.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, azot içeriği % 1,700 – % 4,077 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama N içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 3,960 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük N içeriği(% 1,700) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.28.).

Çizelge 4.29.'da verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.28. Kirlotici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	4,447a	3,960a	3,823b	4,077a
Kök	2,820c	2,010d	1,700e	2,177b
Ortalama	3,633a	2,985b	2,762c	3,127
LSD	Bitki aksamı=0,091			
P<0.05	BxE=0,159			
	EDTA =0,111			

Çizelge 4.29. Kirlетici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Azot(%N)
Bitki aksamı	1	616,245
EDTA	2	1,230
Bitki aksamıxEDTA	2	0,095
Hata	12	0,008
Genel	17	1,117
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	2088,643**
	EDTA	158,145**
	Bitki aksamı x EDTA	12,255**

4.6.2.2. Fosfor İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama P içeriği (% 0,533) kökün ortalama P içeriğinden (% 0,369) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak ortalama P içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama P içeriğinin % 0,550 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 0,470 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama fosfor içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 0,333) elde edilmiştir (Çizelge 4.30.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, P içeriği % 0,293 – % 0,667 arasında değişmiştir. En yüksek P içeriği gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu %0,560 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük P içeriği ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.30.).

Çizelge 4.31.'den de görüldüğü üzere bitki aksamı x EDTA interaksiyonu istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.30. Kirlетici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	0,667a	0,560b	0,373d	0,533a
Kök	0,433c	0,380cd	0,293e	0,369b
Ortalama	0,550a	0,470b	0,333c	0,451
LSD	Bitki aksamı=0,032			
P≤0.05	BxE=0,056			
	EDTA =0,039			

Çizelge 4.31. Kirlletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Fosfor(%P)
Bitki aksamı	1	0,122
EDTA	2	0,072
Bitki aksamıxEDTA	2	0,009
Hata	12	0,001
Genel	17	0,017
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	127,349**
	EDTA	75,372**
	Bitki aksamı x EDTA	9,512**

4.6.2.3. Potasyum İçeriği

Bitkinin gövdesinin ortalama potasyum içeriği (% 4,012) kökün ortalama potasyum içeriğinden (% 3,283) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak K içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama K içeriğinin % 4,247 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 3,618 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama potasyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 3,078) elde edilmiştir (Çizelge 4.32.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, K içeriği % 2,983 – % 4,930 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama K içeriği gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 3,933 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama K içeriği (% 2,983) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.32.).

Çizelge 4.33.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Kirlletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	4,930a	3,933b	3,173cd	4,012a
Kök	3,563bc	3,303cd	2,983d	3,283b
Ortalama	4,247a	3,618b	3,078c	3,648
LSD	Bitki aksamı=0,267			
P<0.05	BxE=0,460			
	EDTA =0,326			

Çizelge 4.33. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Potasyum (%K)
Bitki aksamı	1	2,391
EDTA	2	2,051
Bitki aksamıxEDTA	2	0,530
Hata	12	0,067
Genel	17	0,492
Hesaplanan fFdeğerleri	Bitki aksamı	35,509**
	EDTA	30,469**
	Bitki aksamı x EDTA	7,875**

4.6.2.4. Kalsiyum İçeriği

Çizelge 4.34.' den de görüldüğü üzere gövdenin ortalama kalsiyum içeriği (% 2,394) kökün ortalama kalsiyum içeriğinden (% 1,838) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Ca içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Ca içeriğinin % 2,567 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 2,200 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama kalsiyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 1,582) elde edilmiştir.

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Ca içeriği % 2,963 – % 1,443 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Ca içeriği gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 2,500 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Ca içeriği (% 1,433) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.34.).

Çizelge 4.35.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Kirletici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	2,963a	2,500b	1,720e	2,394a
Kök	2,170c	1,900d	1,443f	1,838b
Ortalama	2,567a	2,200b	1,582c	2,116
LSD	Bitki aksamı=0,057			
P<0.05	BxE=0,097			
	EDTA =0,070			

Çizelge 4.35. Kirlenici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kalsiyum (%Ca)
Bitki aksamı	1	1,394
EDTA	2	1,487
Bitki aksamıxEDTA	2	0,102
Hata	12	0,003
Genel	17	0,271
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	453,070**
	EDTA	483,143**
	Bitki aksamı x EDTA	33,211**

4.6.2.5. Magnezyum İçeriği

Çizelge 4.36 incelendiğinde gövdenin ortalama magnezyum içeriği (% 0,600) kökün ortalama magnezyum içeriğinden (% 0,400) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Mg içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Mg içeriğinin % 0,628 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 0,510 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama magnezyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 0,362) elde edilmiştir.

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Mg içeriği % 0,723 – % 0,283 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Mg içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 0,637 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Mg içeriği (% 0,283) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.37.'de kobalt ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gövdenin magnezyum içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir. Kök ve gövdedeki magnezyum içeriğine EDTA'nın etkisi % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Kirlenici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri (%)ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	0,723	0,637	0,440	0,600a
Kök	0,533	0,383	0,283	0,400b
Ortalama	0,628a	0,510b	0,362c	0,500
LSD	Bitki aksamı=0,036			
P<0.05	BxE= -			
	EDTA=0,070			

Çizelge 4.37. Kirlenici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Magnezyum (%Mg)
Bitki aksamı	1	5241,515
EDTA	2	12445,312
Bitki aksamıxEDTA	2	685,321
Hata	12	3,298
Genel	17	1855,433
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	1589,226**
	EDTA	3773,416**
	Bitki aksamı x EDTA	207,789**

4.6.2.6. Demir İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama demir içeriği ($112,696 \text{ mgkg}^{-1}$) kökün ortalama demir (Fe) içeriğinden ($124,211 \text{ mgkg}^{-1}$) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Fe içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Fe içeriği $157,818 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 10 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu $112,897 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 5 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama demir içeriği ise 0 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozundan ($84,645 \text{ mgkg}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 4.38.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Fe içeriği $166,463 \text{ mgkg}^{-1} - 79,667 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Fe içeriği kökün 10 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu $149,173 \text{ mgkg}^{-1}$ ile gövdenin 10 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Fe içeriği ($79,667 \text{ mgkg}^{-1}$) ise, gövdenin 0 mmolkg^{-1} 'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.38.).

Çizelge 4.39.'da kobalt ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gövdenin demir içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.38. Kirlenici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	79,667	109,247	149,173	112,696b
Kök	89,623	116,547	166,463	124,211a
Ortalama	84,645c	112,897b	157,818a	118,454
LSD	Bitki aksamı=5,142			
P<0.05	BxE= -			
	EDTA =6,298			

Çizelge 4.39. Kirlenici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Demir (Fe mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	596,736
EDTA	2	8170,450
Bitki aksamıxEDTA	2	40,159
Hata	12	25,059
Genel	17	1018,745
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	23,813**
	EDTA	326,046**
	Bitki aksamı x EDTA	1,603

4.6.2.7. Çinko İçeriği

Bitkinin gövdesinin ortalama çinko (Zn) içeriği (30,562 mgkg⁻¹) kökün ortalama çinko (Zn) içeriğinden (39,332 mgkg⁻¹) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Zn içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Zn içeriğinin 42,050 mgkg⁻¹ ile 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu 33,935 mgkg⁻¹ ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama çinko içeriği ise 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (28,478 mgkg⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.40.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Zn içeriği 48,050 mgkg⁻¹ – 24,010 mgkg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Zn içeriği kökün 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu 37,340 mgkg⁻¹ ile kökün 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Zn içeriği (24,010 mgkg⁻¹) ise, gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.40.).

Çizelge 4.41.'de kobalt ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gövdenin çinko içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir. Çinko içeriğine kök ve gövdenin etkisi ile EDTA'nın etkisi %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.40. Kirlenici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri (mgkg⁻¹) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	24,010	30,530	37,147	30,562b
Kök	32,947	37,340	48,050	39,446a
Ortalama	28,478c	33,935b	42,598a	35,004
LSD	Bitki aksamı=2,143			
P<0.05	BxE= -			
	EDTA =2,624			

Çizelge 4.41. Kirlotici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	inko (Zn)
Bitki aksamı	1	355,11
EDTA	2	304,203
Bitki aksamıxEDTA	2	6,286
Hata	12	4,352
Genel	17	60,489
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	81,598**
	EDTA	69,900**
	Bitki aksamı x EDTA	1,445

4.6.2.8. Bakır İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama bakır içeriği ($11,330 \text{ mgkg}^{-1}$) kökün ortalama bakır içeriğinden ($14,099 \text{ mgkg}^{-1}$) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Cu içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Cu içeriğinin $15,993 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 10 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozunda saptanmış, bunu $13,563 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 5 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama bakır içeriği ise 0 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozundan ($8,587 \text{ mgkg}^{-1}$) elde edilmiştir (izelge 4.42.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda Cu içeriği $18,277 \text{ mgkg}^{-1} - 7,837 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Cu içeriği kökün 10 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu $14,683 \text{ mgkg}^{-1}$ ile kökün 5 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Cu içeriği ($7,837 \text{ mgkg}^{-1}$) ise, gövdenin 0 mmolkg^{-1} ’lik dozunda tespit edilmiştir (izelge 4.42.).

Çizelge 4.43.’de kobalt ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gdenin bakır içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir. Bakır içeriğine kök ve gövdenin etkisi ile EDTA’in etkisi %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.42. Kirlotici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	7,837	12,443	13,710	11,330b
Kök	9,337	14,683	18,277	14,099a
Ortalama	8,587c	13,563b	15,993a	12,715
LSD	Bitki aksamı=4,840			
$P \leq 0.05$	BxE= -			
	EDTA=5,928			

Çizelge 4.43. Kirlotici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Bakır (Cu mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	34,500
EDTA	2	85,531
Bitki aksamıxEDTA	2	3,841
Hata	12	2,417
Genel	17	14,250
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	14,273**
	EDTA	35,384
	Bitki aksamı x EDTA	1,589

4.6.2.9. Mangan İçeriği

Kanola bitkisinin gövdesinin ortalama mangan içeriği (79,367 mgkg⁻¹) kökün ortalama mangan içeriğinden (113,496 mgkg⁻¹) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Mn içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Mn içeriğinin 143,018 mgkg⁻¹ ile 10 mmolkg⁻¹ lik EDTA dozunda saptanmış, bunu 94,267 mgkg⁻¹ ile 5 mmolkg⁻¹ lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama bakır içeriği ise 0 mmolkg⁻¹ lik EDTA dozundan (52,008 mgkg⁻¹) elde edilmiştir (izelge 4.44).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda Mn içeriği 172,013 mgkg⁻¹ - 38,177 mgkg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Mn içeriği kökün 10 mmolkg⁻¹ lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu 114,023 mgkg⁻¹ ile gövdenin 10 mmolkg⁻¹ lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Mn içeriği (38,177 mgkg⁻¹) ise, gövdenin 0 mmolkg⁻¹ lik dozunda tespit edilmiştir (izelge 4.44).

Çizelge 4.45.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.44. Kirlotici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri (mgkg⁻¹) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	38,177f	85,900d	114,023b	79,367b
Kök	65,840e	102,633c	172,013a	113,496a
Ortalama	52,008c	94,267b	143,018a	96,4315
LSD	Bitki aksamı=1,865			
P≤0.05	BxE=3,230			
	EDTA =2,285			

Çizelge 4.45. Kirlenici olarak kurşun uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Mangan (Mn mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	5241,515
EDTA	2	12445,312
Bitki aksamıxEDTA	2	685,321
Hata	12	3,298
Genel	17	1855,433
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	1589,226**
	EDTA	3773,416**
	Bitki aksamı x EDTA	207,789**

4.6.3. Kadmiyum Uygulanan Topraklarda Yetiştirilen Kanola Bitkisinin Bazı Makro ve Mikro Besin Elementi İçerikleri

4.6.3.1. Azot İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama N içeriği (% 3,809) kökün ortalama N içeriğinden (% 1,736) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak N içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama N içeriğinin % 3,255 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 2,675 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama azot içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 2,387) elde edilmiştir (Çizelge 4.46.).

Bitki aksamı x EDTA interaksyonunda, Azot içeriği % 1,157 – % 4,013 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama N içeriği gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 3,797 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama N içeriği (% 1,157) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.46.).

Çizelge 4.47.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.46. Kirlenici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	4,013a	3,797b	3,617c	3,809a
Kök	2,497d	1,553e	1,157f	1,736b
Ortalama	3,255a	2,675b	2,387c	2,768
LSD	Bitki aksamı=0,052			
P<0.05	BxE=0,097			
	EDTA =0,064			

Çizelge 4.47. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait azot içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Azot(%N)
Bitki aksamı	1	19,344
EDTA	2	1,174
Bitki aksamıxEDTA	2	0,366
Hata	12	0,003
Genel	17	1,321
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	7585,961**
	EDTA	460,211**
	Bitki aksamı x EDTA	143,617**

4.6.3.2. Fosfor İçeriği

Bitkinin gövdesinin ortalama P içeriği (% 0,473) kökün ortalama P içeriğinden (% 0,368) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak P içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama P içeriğinin % 0,530 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 0,393 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama fosfor içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 0,338) elde edilmiştir (izelge 4.48.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, P içeriği % 0,297- % 0,597 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama P içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 0,443 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama P içeriği (% 0,297) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (izelge 4.48.).

Varyans analiz tablosu incelendiğinde fosfor içeriği zerine EDTA' ın ve bitki aksamının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (izelge 4.49).

Çizelge 4.48. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	0,597	0,443	0,380	0,473a
Kök	0,463	0,343	0,297	0,368b
Ortalama	0,530a	0,393b	0,338c	0,421
LSD	Bitki aksamı=0,019			
P≤0.05	BxE= -			
	EDTA =0,023			

Çizelge 4.49. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait fosfor içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Fosfor(%P)
Bitki aksamı	1	0,050
EDTA	2	0,058
Bitki aksamıxEDTA	2	0,001
Hata	12	0,000
Genel	17	0,010
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	145,565
	EDTA	169,661
	Bitki aksamı x EDTA	2,823

4.6.3.3. Potasyum İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama potasyum içeriği (% 4,356) kökün ortalama potasyum içeriğinden (% 3,767) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak K içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama K ieriğinin% 4,930 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 3,913 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama potasyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 3,340) elde edilmiştir (izelge 4.50.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, K içeriği % 2,990 – % 5,080 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama K içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 4,780 ile kökün 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama K içeriği (% 2,990) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (izelge 4.50.).

Çizelge 4.51.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.50. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	5,080a	4,297c	3,690d	4,356a
Kök	4,780b	3,530d	2,990e	3,767b
Ortalama	4,930a	3,913b	3,340c	4,062
LSD	Bitki aksamı=0,096			
P≤0.05	BxE=0,168			
	EDTA =0,118			

Çizelge 4.51. Kirlетici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait potasyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Potasyum (%K)
Bitki aksamı	1	1,561
EDTA	2	3,890
Bitki aksamıxEDTA	2	0,096
Hata	12	0,009
Genel	17	0,567
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	177,224**
	EDTA	441,815**
	Bitki aksamı x EDTA	10,852**

4.6.3.4. Kalsiyum İçeriği

Çizelge 4.52.' den de görüldüğü üzere gövdenin ortalama kalsiyum içeriği (% 2,131) kökün ortalama kalsiyum içeriğinden (% 1,826) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Ca içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Ca içeriğinin % 2,713 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 1,807 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama kalsiyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 1,415) elde edilmiştir.

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Ca içeriği % 2,967 – % 1,300 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Ca içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 2,460 ile kökün 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Ca içeriği (% 1,300) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.52.).

Çizelge 4.53.'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.52. Kirlетici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	2,967a	1,897c	1,530e	2,131a
Kök	2,460b	1,717d	1,300f	1,826b
Ortalama	2,713a	1,807b	1,415c	1,979
LSD	Bitki aksamı=0,049			
P<0.05	BxE=0,079			
	EDTA =0,060			

Çizelge 4.53. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait kalsiyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kalsiyum (% Ca)
Bitki aksamı	1	0,420
EDTA	2	2,661
Bitki aksamıxEDTA	2	0,046
Hata	12	0,002
Genel	17	0,345
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	182,669**
	EDTA	1157,007**
	Bitki aksamı x EDTA	20,191**

4.6.3.5. Magnezyum İçeriği

Çizelge 4.54 incelendiğinde gövdenin ortalama magnezyum içeriği (% 0,477) kökün ortalama magnezyum içeriğinden (% 0,382) daha yüksek bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Mg içeriğinin önemli düzeyde azaldığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Mg içeriğinin % 0,543 ile 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu % 0,463 ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama magnezyum içeriği ise 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (% 0,282) elde edilmiştir.

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Mg içeriği % 0,593 – % 0,250 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Mg içeriği gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu % 0,523 ile gövdenin 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Mg içeriği (% 0,250) ise, kökün 10 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.55.'den de görüldüğü üzere bitki aksamı x EDTA dozu kök ve gövdenin magnezyum içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır (Çizelge 4.55.).

Çizelge 4.54. Kirletici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri (%) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	0,593	0,523	0,313	0,477a
Kök	0,493	0,403	0,250	0,382b
Ortalama	0,543a	0,463b	0,282c	0,430
LSD	Bitki aksamı=0,028			
P≤0.05	BxE= -			
	EDTA =0,034			

Çizelge 4.55. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait magnezyum içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Magnezyum (%Mg)
Bitki aksamı	1	0,040
EDTA	2	0,108
Bitki aksamıxEDTA	2	0,001
Hata	12	0,001
Genel	17	0,016
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	55,153**
	EDTA	148,221
	Bitki aksamı x EDTA	1,702

4.6.3.6. Demir İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama demir içeriği ($83,190 \text{ mgkg}^{-1}$) kökün ortalama demir içeriğinden ($103,389 \text{ mgkg}^{-1}$) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak bitkinin Fe içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Fe içeriğinin $124,435 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 10 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu $102,637 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 5 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama demir içeriği ise 0 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozundan ($52,797 \text{ mgkg}^{-1}$) elde edilmiştir (izelge 4.56.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Fe içeriği $138,707 \text{ mgkg}^{-1} - 42,337 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Fe içeriği kökün 10 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu $110,163 \text{ mgkg}^{-1}$ ile gövdenin 100 mmolkg^{-1} 'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Fe içeriği ($42,337 \text{ mgkg}^{-1}$) ise, gövdenin 0 mmolkg^{-1} 'lik dozunda tespit edilmiştir (izelge 4.56.).

Çizelge 4.57.'de kadmiyum ile kirlenmiş toprakların farklı EDTA dozu uygulamalarına karşı kökün ve gdenin demir içeriğindeki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.56. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	42,337e	97,070c	110,163b	83,190b
Kök	63,257d	108,203b	138,707a	103,389a
Ortalama	52,797c	102,637b	124,435s	93,290
LSD	Bitki aksamı=1,542			
P<0.05	BxE=2,670			
	EDTA =1,888			

Çizelge 4.57. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait demir içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Demir (Fe)
Bitki aksamı	1	1835,978
EDTA	2	8091,244
Bitki aksamıxEDTA	2	114,251
Hata	12	2,253
Genel	17	1074,941
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	814,906**
	EDTA	3591,329**
	Bitki aksamı x EDTA	50,711**

4.6.3.7. Çinko İçeriği

Elde edilen veriler incelendiğinde gövdenin ortalama çinko içeriği ($30,893 \text{ mgkg}^{-1}$) kökün ortalama çinko içeriğinden ($34,938 \text{ mgkg}^{-1}$) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Zn içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Zn içeriğinin $39,822 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 10 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozunda saptanmış, bunu $34,297 \text{ mgkg}^{-1}$ ile 5 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama çinko içeriği ise 0 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozundan ($24,628 \text{ mgkg}^{-1}$) elde edilmiştir (izelge 4.58.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda, Zn içeriği $42,257 \text{ mgkg}^{-1}$ – $22,553 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Zn içeriği kökün 10 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu $37,387 \text{ mgkg}^{-1}$ ile gövdenin 10 mmolkg^{-1} ’lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Zn içeriği ($22,553 \text{ mgkg}^{-1}$) ise, gövdenin 0 mmolkg^{-1} ’lik dozunda tespit edilmiştir (izelge 4.58.).

Sonuçlar incelendiğinde bitki aksamı ve EDTA’nın kanola bitkisinin çinko içeriğine etkisi istatistiksel olarak $0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (izelge 4.59).

Çizelge 4.58. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri (mgkg^{-1}) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg^{-1})			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	22,553	32,740	37,387	30,893b
Kök	26,703	35,853	42,257	34,938a
Ortalama	24,628c	34,297b	39,822a	32,92
LSD	Bitki aksamı=1,046			
$P \leq 0.05$	BxE= -			
	EDTA =1,282			

Çizelge 4.59. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait çinko içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Çinko (Zn mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	73,609
EDTA	2	354,840
Bitki aksamıxEDTA	2	1,170
Hata	12	1,038
Genel	17	46,946
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	70,919**
	EDTA	341,873**
	Bitki aksamı x EDTA	1,127*

4.6.3.8. Bakır İçeriği

Sonuçlar incelendiğinde gövdenin ortalama bakır içeriği (11,808 mgkg⁻¹) kökün ortalama bakır içeriğinden (15,701 mgkg⁻¹) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Cu içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Cu içeriğinin 18,932 mgkg⁻¹ ile 10 mmolkg⁻¹lik EDTA dozunda saptanmış, bunu 13,880 mgkg⁻¹ ile 5 mmolkg⁻¹lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama bakır içeriği ise 0 mmolkg⁻¹lik EDTA dozundan (8,452 mgkg⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.60.).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda Cu içeriği 20,393 mgkg⁻¹– 5,863 mgkg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Cu içeriği kökün 10 mmolkg⁻¹lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu 17,470 mgkg⁻¹ ile gövdenin 10 mmolkg⁻¹lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Cu içeriği (5,863 mgkg⁻¹) ise, gövdenin 0 mmolkg⁻¹lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.60.).

Sonuçlar incelendiğinde bitki aksamı ve EDTA'nın kanolanın çinko içeriğine etkisi istatistiksel olarak 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.61).

Çizelge 4.60. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri (mgkg⁻¹) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	5,863	12,090	17,470	11,808b
Kök	11,040	15,670	20,393	15,701a
Ortalama	8,452c	13,880b	18,932a	13,755
LSD	Bitki aksamı=0,885			
P≤0.05	BxE= -			
	EDTA =1,084			

Çizelge 4.61. Kirlетici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait bakır içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Bakır (Cu mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	68,211
EDTA	2	164,817
Bitki aksamıxEDTA	2	2,015
Hata	12	0,743
Genel	17	24,164
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	91,835**
	EDTA	221,897**
	Bitki aksamı x EDTA	2,712*

4.6.3.9. Mangan İçeriği

Bitkinin gövdesinin ortalama mangan içeriği (155,419 mgkg⁻¹) kökün ortalama mangan içeriğinden (179,364 mgkg⁻¹) daha düşük bulunmuştur. EDTA dozları incelendiğinde, dozdaki artışa paralel olarak Mn içeriğinin önemli düzeyde arttığı dikkati çekmektedir. En yüksek ortalama Mn içeriğinin 226,400 mgkg⁻¹ ile 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda saptanmış, bunu 174,528 mgkg⁻¹ ile 5 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama bakır içeriği ise 0 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozundan (101,247 mgkg⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.62).

Bitki aksamı x EDTA interaksiyonunda Mn içeriği 246,140 mgkg⁻¹ – 96,500 mgkg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek ortalama Mn içeriği kökün 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozunda belirlenmiş olup, bunu 206,660 mgkg⁻¹ ile gövdenin 10 mmolkg⁻¹'lik EDTA dozu izlemiştir. En düşük ortalama Mn içeriği (96,500 mgkg⁻¹) ise, gövdenin 0 mmolkg⁻¹'lik dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.63'de verilen varyans analizine göre bitki aksamı x EDTA dozu interaksiyonları 0,01 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.62. Kirlетici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri (mgkg⁻¹) ortalama değerler ve önemlilik grupları

Bitki aksamı	EDTA (mmolkg ⁻¹)			Ortalama
	0	5	10	
Gövde	96,500f	163,097d	206,660b	155,419b
Kök	105,993e	185,960c	246,140a	179,364a
Ortalama	101,247c	174,528b	226,400a	167,392
LSD	Bitki aksamı=2,377			
P≤0.05	BxE=4,115			
	EDTA =2,911			

Çizelge 4.63. Kirlotici olarak kadmiyum uygulanan saksılarda yetiştirilen kanola bitkisine ait mangan içerikleri varyans analiz tablosu

Vayasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Mangan (Mn mgkg ⁻¹)
Bitki aksamı	1	2580,253
EDTA	2	23724,229
Bitki aksamıxEDTA	2	338,518
Hata	12	5,353
Genel	17	2986,470
Hesaplanan F değerleri	Bitki aksamı	482,000**
	EDTA	4431,761**
	Bitki aksamı x EDTA	63,236**

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ağır metallerle kirlenmiş toprakların kanola bitkisi kullanılarak ıslahında EDTA uygulamasının bitkinin ağır metal (Pb, Co ve Cd) alımını artırdığı ve bu artışların istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya konulmuştur. Kanola bitkisini toprakta aldığı bazı makro besin elementleri (N, P, K, Ca ve Mg) miktarları EDTA dozunun artışıyla azalmıştır. Diğer taraftan bitkinin bazı mikro besin elementi (Fe, Cu, Zn ve Mn) içerikleri ise artan EDTA uygulamaları ile birlikte artmıştır. Söz konusu bu artış ve azalışlar bitkinin kök ve gövde aksamalarına göre farklılıklar göstermiş olmakla birlikte istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Günümüzde çevre kirliliğine neden olan, sanayi faaliyetleriyle, tarımsal faaliyetlerle, insanlar aracılığıyla, trafikle ve daha birçok doğal ve insan kaynaklı aktivitelerden dolayı ağır metaller gün geçtikçe artan oranlarda topraklarımızı tehdit etmektedir. Hareket yeteneği son derece düşük olan ağır metaller besin zinciri yoluyla canlılara kadar ulaşmakta ve insan ve bitki yaşamını tehdit etmektedir. Söz konusu bu tehditler Trakya Bölgesi için çok daha önemlidir.

Tarımsal üretimde maksimum geliri minimum giderle elde etmek esas olsa da, geri dönüşümü neredeyse imkansız olan toprak kirliliği de her zaman göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi halde ağır metallerle kirlenmiş olan topraklardaki ağır metal toksisitesi dolayısıyla canlılar için ciddi sağlık sorunları her geçen gün artmaktadır..

Kanola bitkisindeki düşük kuru madde içeriği 100 mgkg^{-1} olarak uygulanan ağır metallerin toksitelerinin etkisine ve kısa gelişim periyoduna bağlanmıştır. Ağır metallerin topraktaki hareketlerini arttırmak amacıyla uygulanan EDTA kanola bitkisi için en büyük artışı 10 mmolkg^{-1} dozunda ve kadmiyum (Cd) metalinde göstermiştir. Özellikle kök ile alınan kurşunun miktarı kontrol grubuyla karşılaştırıldığında oldukça dikkat çekici ve artış gösterdiği görülmektedir.

Bu saksı denemesiyle ortaya konan çalışmanın bundan sonra fitoremediasyon tekniği kullanılarak yapılacak ağır metal kirliliğinin önlenmesi çalışmaları için yararlı olacağı düşünülmektedir. Ancak farklı bitkilerin, farklı ağır metallerin ve EDTA dozlarının birbirinden çok farklı sonuçlar ortaya koyabileceği unutulmamalıdır. Bu açıdan fitoremediasyon tekniğiyle ağır metallerin doğru bitkilerle temizlenebilmesi için bu konuda çok sayıda çalışmaya ihtiyaç olacağı açıktır.

Fitoremediasyon yöntemi kullanılarak ağır metallerle kirlenmiş tarım topraklarının ıslahı Trakya Bölgesi için özel bir önem taşımaktadır. Çünkü bu bölgede her geçen gün artan

sanayi tesislerinin sayısı ve faaliyeti sonucunda tarım topraklarındaki ağır metal kirliliğinin boyutları da sürekli olarak artmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada da ortaya konulduğu gibi ağır metallerle kirlenmiş tarım toprakları fitoremediasyon yöntemi ile başarılı bir biçimde ıslah edilebilmektedir. Sonuç olarak fitoremediasyon yönteminin Trakya Bölgesi'nde yaygınlaştırılması için gerekli olan bilgi günleri, demonstrasyon, panel, konferans vs. gibi çalışmalara hız verilmeli ve söz konusu bu ıslah yöntemi Trakya Bölgesi'nde yaygınlaştırılmalıdır. Aksi takdirde bölge topraklarında ağır metal kirliliği her geçen gün artmaya devam edecektir. Bunun sonucunda ağır metal kirliliği çevre ve canlı sağlığını ciddi bir şekilde etkilemeyi sürdürecektir.

6. KAYNAKLAR

- Anonymous (1980). Soil Testing and Plant Analysis. Bull. 38/1. Food Agriculture Organization. Rome- Italy.
- Alloway BJ (1995). Cadmium. In BJ Alloway (Ed.). Heavy Metals in Soils. Blackie, London.
- Alparslan M, Güneş A ve İnal A (1988). Deneme Tekniği. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1501, Ankara.
- AOAC (1990). In: Helrich, K (Ed), Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Asri FÖ ve Sönmez S (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi, Cilt, 23 (2): 36-45.
- Bingöl AM, (2008). Bor ile Kirlenmiş Zeminlerin Yeşil Islah (phytoremediation) Yöntemi ile Temizlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Blaylock MJ, Salt DE, S. Zakharova, O, Gussman, C., Kapulnik, Y., Ensley, B.D. and Raskin, I. (1997). Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. Environ.Sci. Technol., 31: 860-865.
- Carman EP, Crossman TL and Gatliff EG (1998). Phytoremediation of no 2 fuel oil-contaminated soil. Journal of Soil Contamination, 7: 455-466
- Carrigan RA and Erwin TC (1951). Cobalt determination in soils by spectrographic analysis following chemical preconcentration. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 15: 145- 149.
- Chaney R L, Malik M, Lim YM, Brown SL, Brewer EP, Angle JS and Baker AJM (1997). Phytoremediation of soils metals. Curr. Opin. Biotechnol. p: 279-284.
- Chen H M, Zheng CR, Tu C and Shen ZG (2000). Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals. Chemosphere, 41: 229-234.
- Chitra K, Sharavanan S, Vijayaragavan M (2011). Tobacco, corn and wheat for phytoremediation of cadmium polluted soil. Resent Research in Science Technology, 3 (2): 148-151.
- Cunningham SD, Berti WR and Huang JW (1995). Phytoremediation of contaminated soils. Trends Biotechnol, 13: 393-397.
- Dağdeviren Ş (2007). Çorlu ve civarındaki topraklarda ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve sonuçların yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Dürüst N, Dürüst Y, Tuğrul D and Zengin M (2004). Heavy metal contents od pinus radiata trees of İzmit (Turkey). Asian J. of Chemistry, Vol 16 (2): 1129- 1134.
- Ebbs SD, Kochian LV (1998). Phytoextraction of zinc by oat (*Avena sativa*), barley (*Hordeum vulgare*), and indian mustard (*Brassica juncea*). Environmental Science and Technology, Vol 32: 802-806.

- Elik A. (1995). Çevresel Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde Yeni Bir Örnek Hazırlama Yaklaşımı: Ultrasonik Leaching. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sivas
- Epstein A, Gussman CD, Blaylock MJ, Yermiyahu U, Huang JW, Kapulnik Y. and Orser C (1999). EDTA and Pb-EDTA accumulation in *Brassica juncea* grown in Pb-amended soil. *Plant and Soil*, 208: 87-94.
- Esringü A (2005) Toprakta Kirliliğe Neden Olan Bazı Ağır Metallerin Kanola (*Brassica nopus*) ve Hardal (*Brassica juncea*) Bitkileri ile Uzaklaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak ABD, Erzurum.
- FAO (1990). Micronutrient, Assesment and the Country Level: An International Study. FAO Soils Bulletin 63, Rome, Italy.
- Gee GW and Bauder JW (1986). Particle- Size Analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods Second Edition. Agronomy No: 9*, p: 383-441.
- Gisbert CR, Ros A, De Haro DJ, Walker, M, Pilar- Bernal M, Serrano R and Avino JN (2003). A plant genetically modified that accumulates Pb is especially promising for phytoremediation. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 303: 440- 445.
- Gordon M, Choe N, Duffy J, Ekuan G, Heilman P, Muiznieks I, Newman L, Ruszaj M, Shurtleff BB, Strand S. and Wilmoth J. (1998) Phytoremediation of trichloroethylene with hybrid polars. İn: Kruger, E.l., Anderson, T.A. ve Coats, JR. Eds. *Phytoremediation of soil and water contaminants. Washington, D.C. American Society*, p: 177-185.
- Hasselbach G (1982). Ergebnisse zum Scwemetaltransfer Boden/Plaflanze aufgrund von Grassversuchen und chemischen Extraktionsverfahren mit Boden aus Langjahrigen Klarschlamm-Feldversuchen Inaugural-beim Fachbereich Agrarwiissenschaften der Justus-Liebig Universität Giessen.
- Kacar B ve İnal A (2008). Bitki Analizleri, Nobel Yayınları No: 1241.
- Karakaş D (2000). Ağır Metallerin Toksik Etkileri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Eğitim Notları.
- Kirkham MB (2000). EDTA-facilitated phytoremediation of soil with heavy metals from sewage sludge. *Int. J. Phytoremediation*, 2: 159- 172.
- Kocaer FO, Kemiksiz A, Başkaya HS (2003). Arıtma çamuru uygulanmış bir topraktaki organik azotun mineralizasyonu üzerine bir araştırma. *Ekoloji* 12, 46: 12-16.
- Lindsay WL and Norvell WA (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganase and copper. *Soil Sci. Soc.Am.J.* 42: 421- 428.
- Liphadzi MZ, Kirkham MB, Mankin KR and Paulsen, GM (2003). EDTA- assisted heavy-metal uptake by poplar and sunflower grown at along-term sewage-sludge farm. *Plant and Soil*, 257: 171-182.

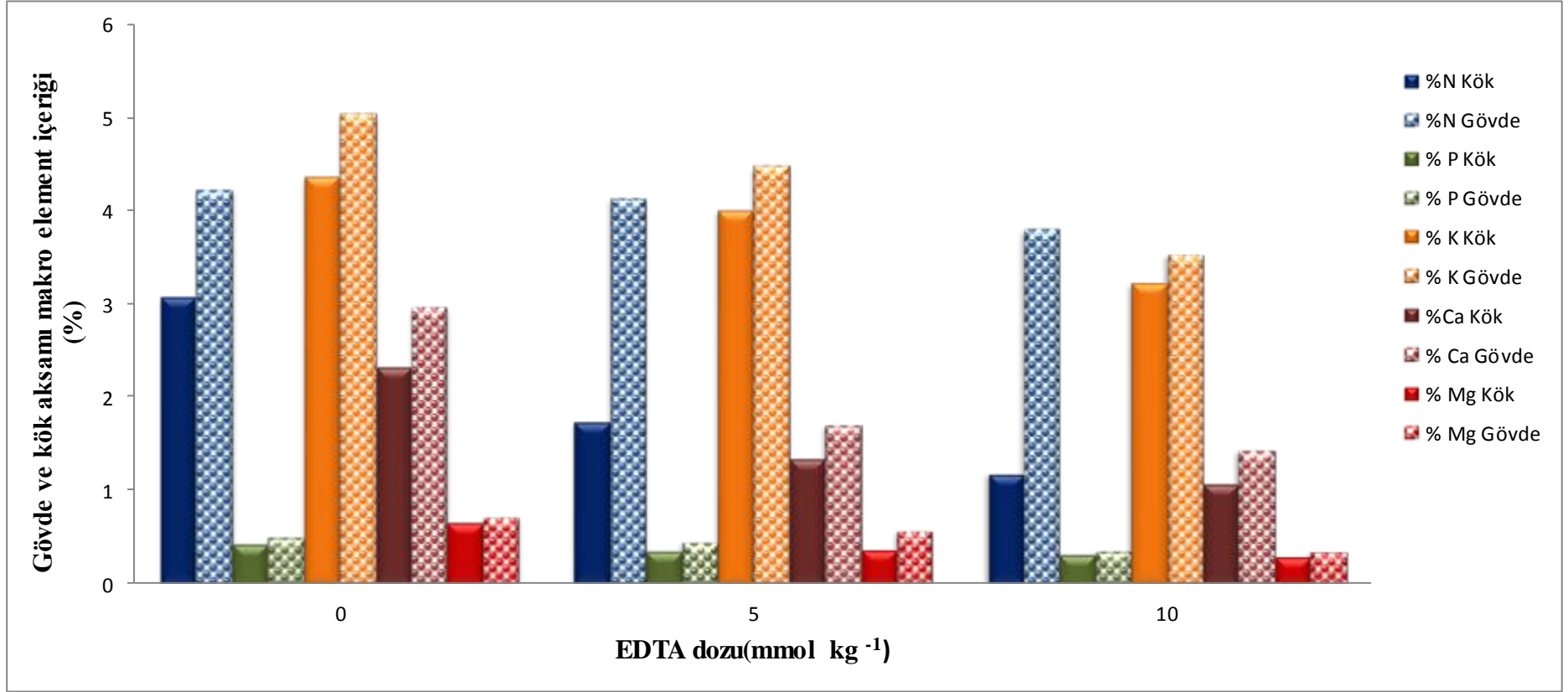
- McGrath SP, Shen ZG and Zhao FJ (1997). Heavy metal uptake and chemical changes in rhizosphere of *Thlaspi caeulescens* and *Thlaspi ochroleucum* grown in contaminated soils. *Plant and Soil*, 188: 153-159.
- Mclean EO (1982). Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2*, p: 199-224.
- Mengel K and Kirkby EA (1978). *Principles of Plant Nutrition*, International Potash Institute P.O. Box. CH. 3048, Worblaufen, Bern, Switzerland.
- Nelson DW and Sommers LE (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph no. 9. (2nd Ed). ASA-SSSA, Madison, Winsconsin. USA.*
- Norvell WA (1991). Reactions of metal chelates in soils and nutrient solutions. In *Micronutrients in Agriculture, 2nd Ed.* pp: 187-227. SSSA Book Series No.4. Ed.J.Jm Mortvedt. Soil Sciences Society of America Inc., Madison, WI.
- Olsen SR and Sommers LE (1982). Phosphorus. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2*, p: 403-427.
- Öztürk, Ö (2000). Bazı kışlık kolza çeşitlerinde ekim zamanı ve sıra arası uygulamalarının verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkileri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
- Reeves RD and Brooks RR (1983). Hyperaccumulation of lead and zinc by two metallophytes from a mine area in Central Europe. *Environmental Pollution Seri A*, 31: 275-283.
- Rickes EL, Brink NG, Koniuszy FR, Wood TR and Folkers K. (1948). Crystalline vitaminB12, *Science* 107: 396-397.
- Sağlam MT (2012). *Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri*. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No: 2, Tekirdağ.
- Salt DE, Smith RD and Raskin L. (1998). Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol.* 49: 643-668.
- Sommer B (1984). Pflanzeverfügbarkeit von Schwermetallen in einer Löss-Parabraunerde nach langjähriger Düngung mit Klärschlamm. *Diss Agrarw. Fak. Univ. of Hohenheim*.
- Şahin Y (2007). Kurşun ile Kirlenmiş Toprakların Bitkisel Ekstraksiyon ile İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sarı T (2009). Edirne ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bil. Enst. Toprak ABD, Tekirdağ.
- Schroeder HA (1974). *The Poisons Around us. Toxic Metals in Food, Air and Water*, Bloomington, Indiana Üniversitesi. Press.

- Shen ZG, Zhao FJ and McGrath SP (1997). Uptake and transport of zinc in the hyperaccumulator *Thlaspi caerules* and the non- hyperaccumulator *Thlaspi ochroleucum*. *Plant Cell Environ.* 20: 898-906.
- Steel RGD and Torrie JH (1960). *Principles and Procedures of Statistics: with Special Reference to the Biological Sciences*.
- Thayalakumar T, Robinson BH, Vogeler I, Scotter DR, Clothier BE and Percival HJ (2003). Plant uptake and leaching of copper during EDTA-enhanced phytoremediation of repacked and undisturbed soil. *Plant and Soil*, 254: 415-423.
- Thomas M, Petit D. and Lamberts L. (1984). Pound sediments as historical record of heavy metals fallout. *Water, Air and Soil Pollut.*, 23: 51-59.
- TOVEP (1991). *Türkiye Toprakları Verimlilik Envanteri*. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Tok HH (1997). *Çevre Kirliliği*. Anadolu Matbaacılık, İstanbul.
- Turan M and Angın I (2004). Organic Chelate assisted phytoextraction of B, Cd, Mo and Pb from contaminated soils using two agricultural crop species. *Acta Agr. Scand., Sec. B, Soil Plant Sci.*, 54: 221-23.
- Turgut C, Pepe MK, Cutright TJ (2004). The effect of EDTA and citric acid phytoremediation of Cd, Cr, and Ni from soil using *Helianthus annuus*. *Environmental Pollution*, Vol 131: 147-154.
- U.S. EPA (1979). *Process design manual for sludge treatment and disposal*. EPA 625/1-79-0011, Cincinnati, (OH-USA).
- U. S. Soil Survey Staff (1951). *Soil survey Manual*. U.S. Dept. Agr. Handbook 18 U.S. Govt. Printing Office. Washington D.C., USA.
- Wong MK, Chuah GK, Koh LL, Ang KP and Hew CS (1984). The uptake of Cd by *brassica chinensis* and Its effect on plant Zn and Fe distribution: *Env. Exp. Bot.* 24: 189-195.

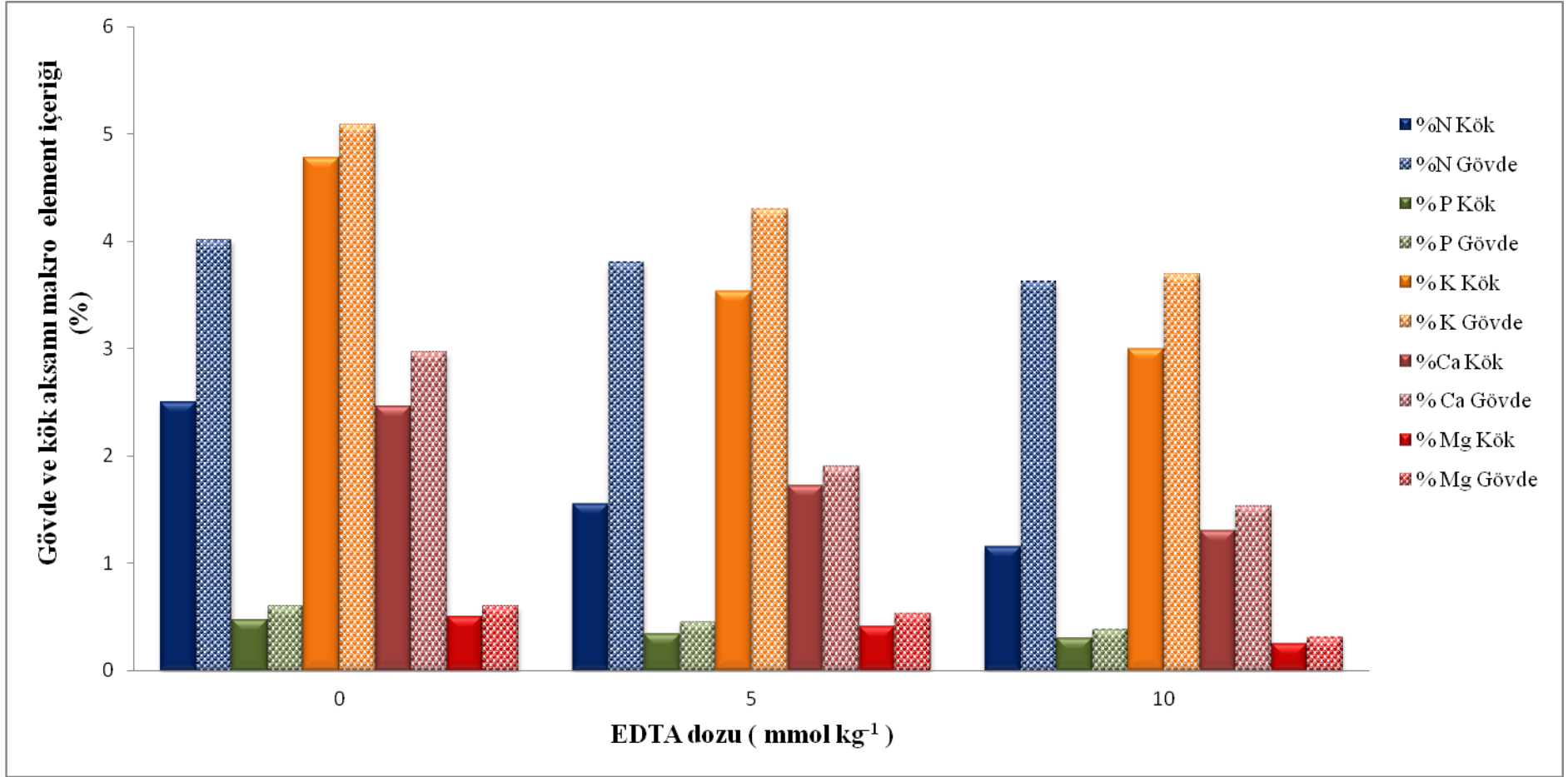
7. ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Manisa- Alaşehir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Alaşehir’de tamamladı. 2004 yılında başladığı Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği Programından 2010 yılında mezun oldu. 2010 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalına “Araştırma Görevlisi” olarak atandı. Halen Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında araştırma görevlisi olarak Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.

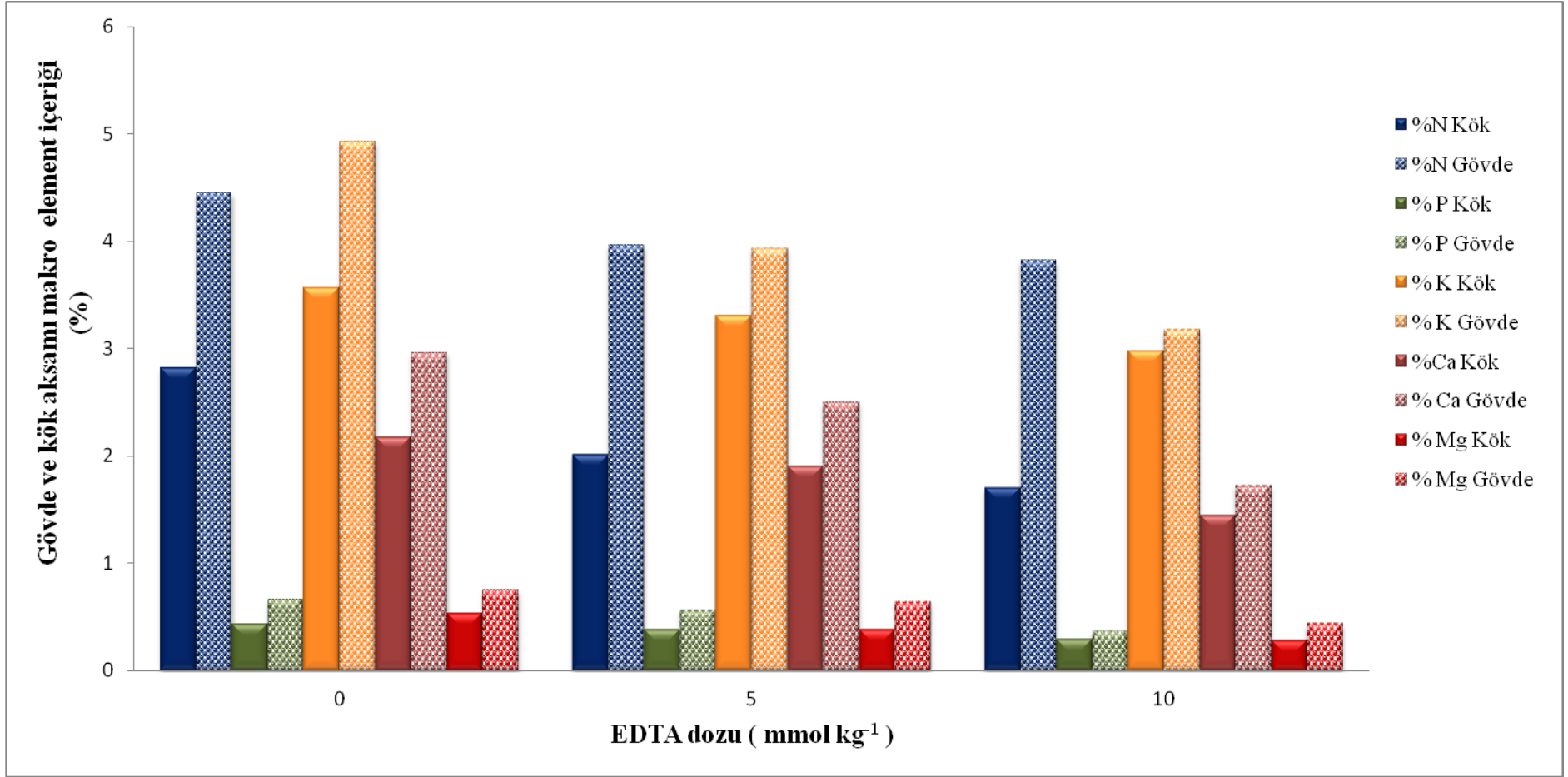
EKLER



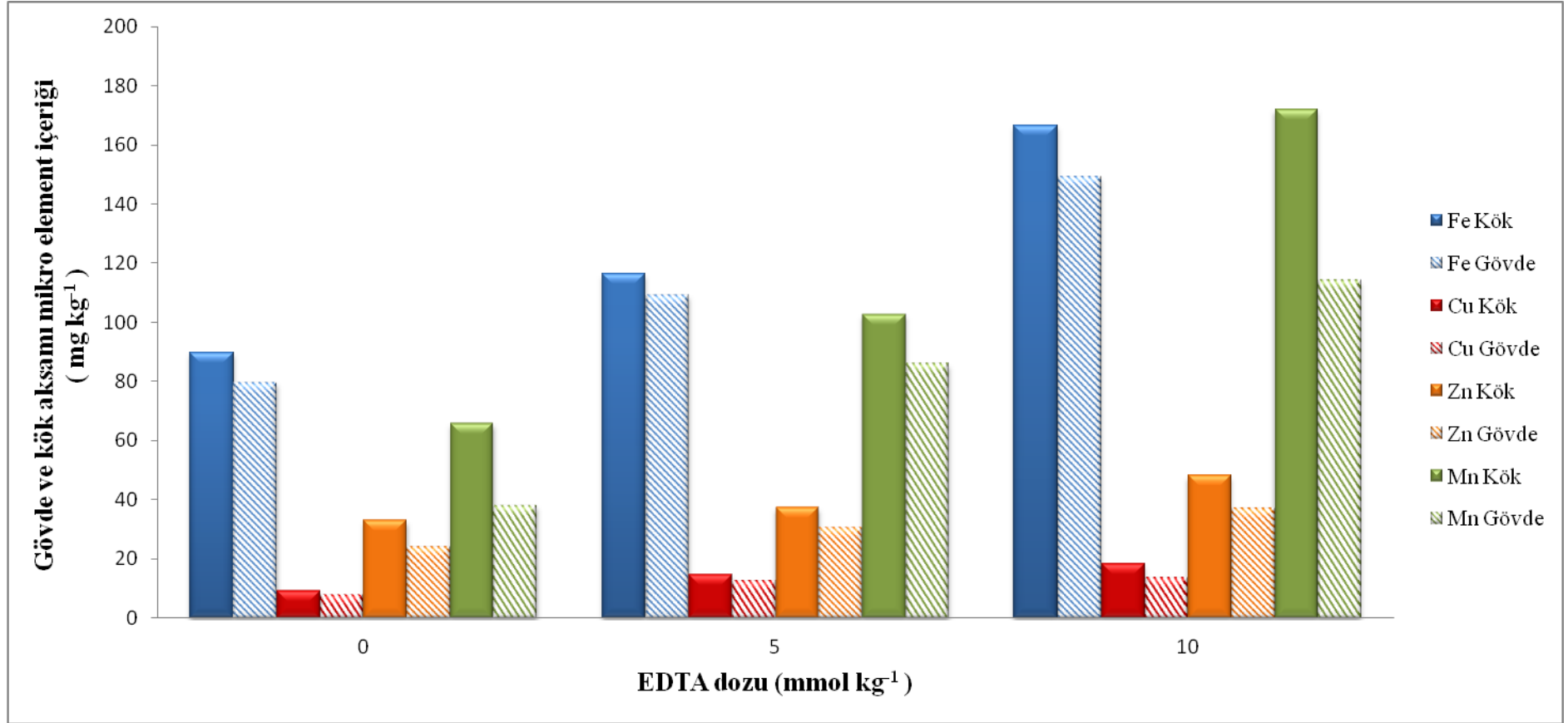
EK ŞEKİL 1. Kurşun uygulanan saksılarda kanola bitkisinin makro besin elementi içeriği (%)



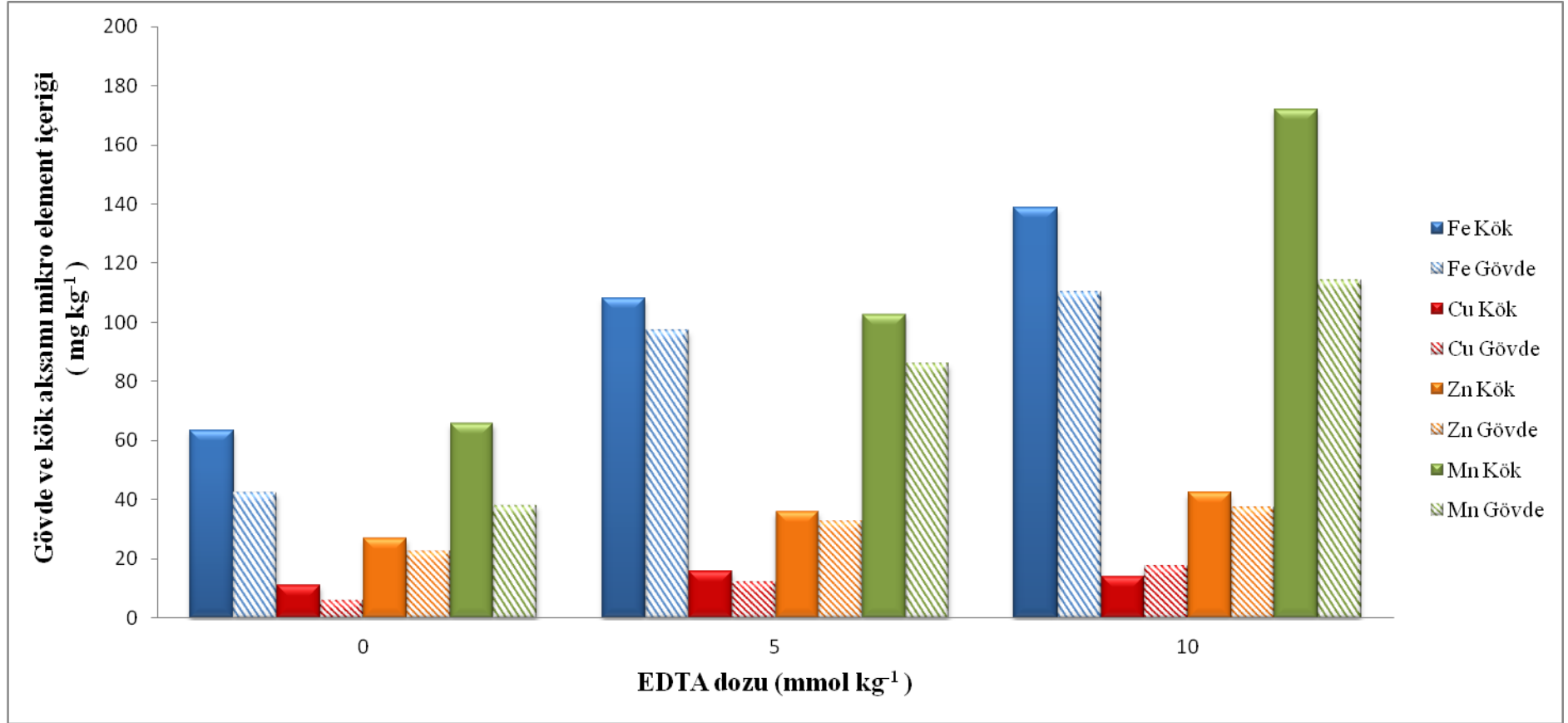
EK ŞEKİL 2. Kadmiyum uygulanan saksılarda kanola bitkisinin makro besin elementi içeriği (%)



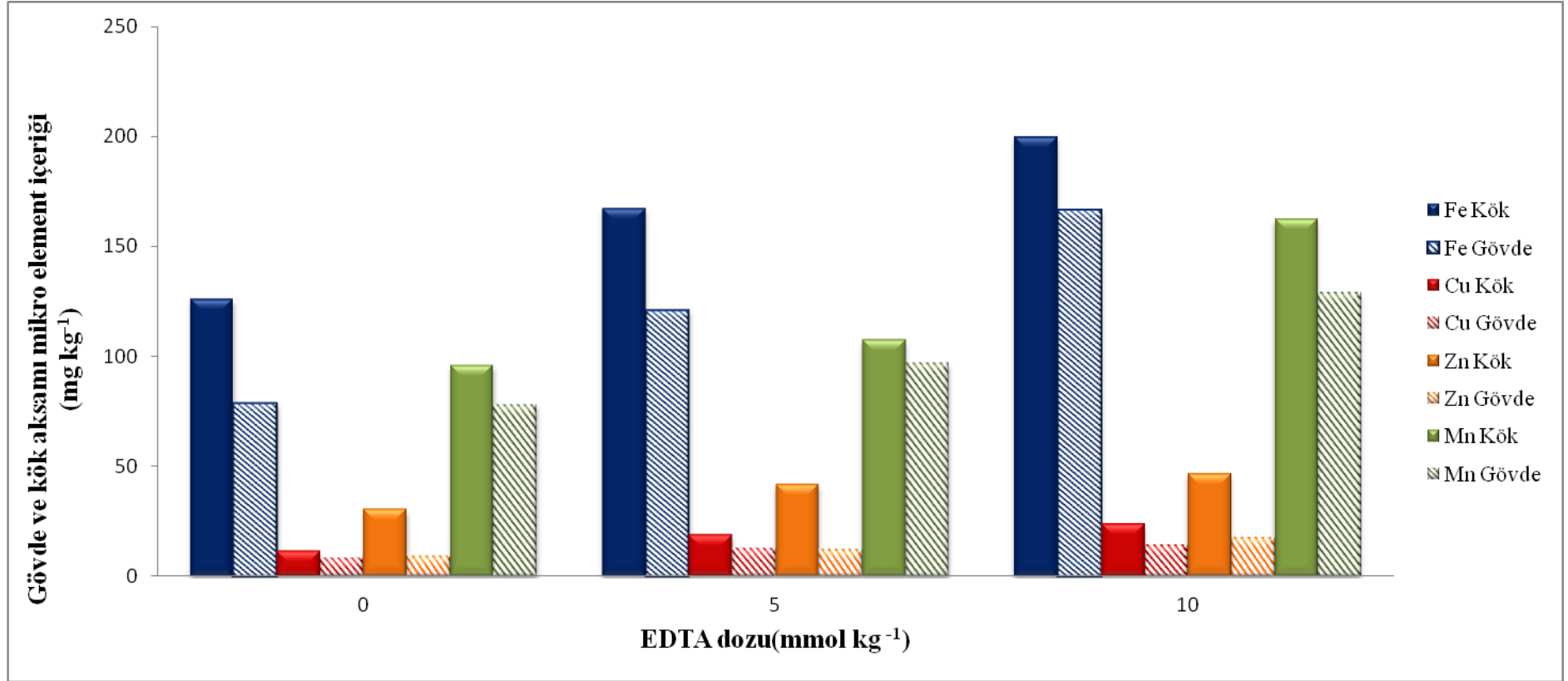
EK ŞEKİL 3. Kobalt uygulanan saksılarda kanola bitkisinin makro besin elementi içeriği (%)



EK ŞEKİL 4. Kurşun uygulanan saksılarda kanola bitkisinin mikro besin elementi içeriği (mmolkg⁻¹)



EK ŞEKİL 5. Kadmiyum uygulanan saksılarda kanola bitkisinin mikro besin elementi içeriği (mmolkg⁻¹)



EK ŞEKİL 6. Kobalt uygulanan saksılarda kanola bitkisinin mikro element içeriği (mmolkg⁻¹)