

**GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KROM, NİKEL VE KROM-NİKEL
ETKİLEŞİMLERİNİN *Triticum aestivum* L. cv.
BASRİBEY-95 VE GUADALUPE'NİN ÇİMLENME
VE ERKEN FİDE GELİŞİMİNE ETKİLERİ**

**BİYOLOJİ BÖLÜMÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DERYA SÖNMEZ
MAYIS 2011**

Krom, Nikel ve Krom-Nikel Etkileşimlerinin
***Triticum aestivum* L. cv. Basribey-95 ve**
Guadalupe'nin Çimlenme ve Erken Fide Gelişimine
Etkileri

Gaziantep Üniversitesi
Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN

Derya SÖNMEZ
Mayıs 2011

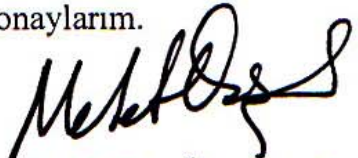
T.C.
GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

Tezin Adı: Krom, Nikel ve Krom-Nikel Etkileşimlerinin *Triticum aestivum* L. cv.
Basribey-95 ve Guadalupe'nin Çimlenme ve Erken Fide Gelişimine
Etkileri

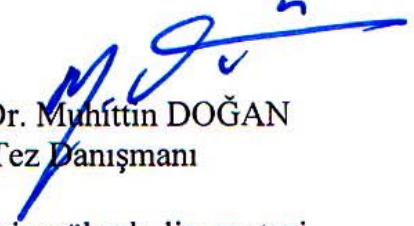
Öğrencinin, Adı Soyadı: Derya SÖNMEZ
Tez Savunma Tarihi: 10.05.2011


Prof. Dr. Ramazan KOÇ
FBE Müdürü

Bu tezin yüksek lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.


Prof. Dr. Mehmet ÖZASLAN
Enstitü ABD Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN
Tez Danışmanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

İmzası

Prof. Dr. Saadet D. SAYGIDEĞER



Doç. Dr. Osman GÜLNAZ



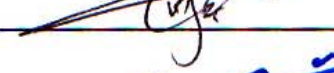
Doç. Dr. Abuzer ÇELEKLİ



Yrd. Doç. Dr. Hasan AKGÜL



Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN





ÖZET

KROM, NİKEL VE KROM-NİKEL ETKİLEŞİMLERİNİN *Triticum aestivum* L. cv. BASRİBEY-95 VE GUADALUPE'NİN ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİNE ETKİLERİ

SÖNMEZ, Derya

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Bölümü

Tez Yöneticisi: Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN

Mayıs 2011, 61 sayfa

Bu çalışmada, Cr, Ni ve Cr+Ni kombinasyonlarının ekmeklik buğday çeşitlerinden Basribey-95 ve Guadalupe tohumlarının çimlenmesine etkileri ile buğday fidelerinin kök ve otsu gövdelerindeki bazı biyokimyasal parametrelere etkileri belirlenmiştir. Tohum çimlenmesi Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamalarının 25 ve 50 μM derişimlerinde önemli değişim göstermemiştir. Ancak, tohum çimlenmesi, Guadalupe'nin 100 μM 'lık Ni derişimdekiler hariç, Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamalarının 100 μM 'lık derişiminde ise önemli düzeyde azalmıştır. Her iki çeşidin kök ve gövde gelişimleri uygulanan yüksek derişim ve kombinasyonlardan olumsuz yönde etkilenmiştir. Kök ve otsu gövdelerin protein miktarları derişim artışına bağlı olarak azalmıştır. Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamalarının buğday fidelerinin kök ve otsu gövdelerinde oksidatif strese neden olduğu kantitatif olarak malondialdehit miktarıyla ve ayrıca kalitatif olarak histokimyasal metotla da belirlenmiştir. Konsantrasyona bağlı olarak prolin miktarlarında artışlar olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyokimyasal etki, krom, nikel, tohum çimlenmesi, ekmeklik buğday

ABSTRACT

EFFECTS OF CHROMIUM, NICKEL AND CHROMIUM-NICKEL INTERACTIONS ON GERMINATION AND EARLY SEEDLING DEVELOPMENT IN *Triticum aestivum* L. cv. BASRİBEY-95 AND GUADALUPE

SÖNMEZ, Derya

M.Sc. in Biology Department

Supervisor: Dr. Muhittin DOĞAN

May 2011, 61 pages

In the present study, effects of Cr, Ni and Cr+Ni interactions on seed germination of bread wheat varieties Basribey-95 and Guadalupe and some biochemical changes in their seedling roots and shoots were determined. The seed germination did not significantly change in 25 and 50 μ M Cr, Ni and Cr+Ni applicatios. However, the seed germination of wheat seed germinations were significantly inhibited by 100 μ M Cr, Ni and Cr+Ni applicatios of both variesties, exception of 100 μ M in Guadalupe. Root and shoot developments were adversely affected by high concentrations and combinations. Concentration-dependant decreases in protein contents of roots and shoots were found. Cr, Ni and Cr+Ni applicatios induced oxidative stress in roots and shoots demonstrating by evaluated quantitatively with malondialdehyde and by observed qualitatively a histochemical method as well. Concentration-dependant increases in proline contents of both roots and shoots were generally determined.

Key words: Biochemical effect, chromium, nickel, seed germination, bread wheat

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN'a,

Çalışmalarımnda manevi desteğini gördüğüm Sayın Öğr. Gör. Dr. Erdihan TUNÇ'a,

Çalışmalarımnda desteğini gördüğüm Sayın Uzm. Biyolog Mustafa PEHLİVAN'a,

Ayrıca, Biyolog Yağmur GÜRPINAR, Samet KUBAT, Esin MÜLKPINAR, Yasemin ÖZYAZGAN, Emine GÜLTEKİN, Hatice KOCAOĞLU, Ahmet ÇAKMAK, İzzettin GÜLER ve Ruşen AVŞAR'a,

Varlıklarından güç aldığım sevgili annem, babam ve kardeşlerime,

En içten şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
1.1. Krom	2
1.1.1. Çevrede Krom.....	3
1.1.2. Kromun Alınımı, Taşınması ve Biriktirilmesi.....	4
1.1.3. Kromun Bitkilerdeki Zararlı Etkileri.....	5
1.1.3.1. Çimlenmeye Etkileri.....	5
1.1.3.2. Kök Büyümesine Etkileri.....	5
1.1.3.3. Gövde Büyümesine Etkileri.....	6
1.1.3.4. Yaprak Büyümesine Etkileri.....	6
1.1.3.5. Kuru Madde Miktarına Etkileri.....	7
1.1.3.6. Diğer Fizyolojik ve Biyokimyasal Proseslere Etkileri	7
1.2. Nikel.....	9
1.2.1. Toprak ve Bitkide Nikel.....	11
1.3. Çalışmanın Amacı.....	12
BÖLÜM 2:LİTERATÜR ÖZETLERİ	13
2.1. Kromun Bitkilerdeki Etkileriyle İlgili Çalışmalar.....	13
2.2. Nikelin Bitkilerdeki Etkileriyle İlgili Çalışmalar.....	14
2.3. Krom ve Nikel Uygulamasının Bitkilerdeki Etkileriyle İlgili	16
Çalışmalar.....	16
BÖLÜM 3:MATERYAL VE METOD	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Bitki Materyali.....	17
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Uygulama Kimyasalları.....	17

3.2. Metod.....	17
3.2.1. Deney Ortamı ve Uygulama.....	17
3.2.2. Ölçümler.....	18
3.2.3. Çimlenme Testleri.....	18
3.2.4. Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi.....	18
3.2.5. Protein Analizi.....	18
3.2.6. Prolin Tayini	19
3.2.7. Histokimyasal Analizler.....	19
3.2.8. Buğdayların Kök ve Otsu Gövdelerinin Cr ve Ni Derişimleri....	19
3.2.9. İstatistiksel Analiz.....	20
BÖLÜM 4: ARAŞTIRMA BULGULARI.....	21
4.1. Buğday Çeşitlerindeki Metal Miktarları.....	21
4.1.1. Kök ve Otsu Gövdelerin Krom Miktarları.....	21
4.1.2. Kök ve Otsu Gövdelerin Nikel Miktarları.....	24
4.2. Krom, Nikel ve Bunların Kombinasyonlarının Çimlenmeye Etkileri	27
4.3. Krom, Nikel ve Bunların Kombinasyonlarının Büyümeye Etkileri...	28
4.3.1. Büyümesine Etkileri.....	28
4.3.1.1. Kromun Kök ve Otsu Gövde Büyümesine Etkileri.....	28
4.3.1.2. Nikelin Kök ve Otsu Gövde Büyümesine Etkileri.....	30
4.3.1.3. Krom ve Nikel Kombinasyonlarının Kök ve Otsu Gövde Büyümesine Etkileri.....	31
4.4. Protein Miktarlarına Etkileri.....	33
4.5. Lipid Peroksidasyonu.....	36
4.5.1. MDA Miktarları.....	36
4.5.2. Lipid Peroksidasyonunun Histokimyasal Olarak Belirlenmesi....	39
4.6. Prolin Miktarları.....	42
BÖLÜM 5: TARTIŞMA VE SONUÇ.....	46
KAYNAKLAR.....	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa no
Şekil 4.1. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları.....	22
Şekil 4.2. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları.....	22
Şekil 4.3. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları...	23
Şekil 4.4. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları...	23
Şekil 4.5. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları.....	25
Şekil 4.6. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları.....	25
Şekil 4.7. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları.	26
Şekil 4.8. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları...	26
Şekil 4.9. Farklı Cr, Ni ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in final çimlenme oranları.....	27
Şekil 4.10. Farklı Cr, Ni ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin final çimlenme oranları.....	28
Şekil 4.11. Farklı Cr, Ni ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin final çimlenme oranları.....	29
Şekil 4.12. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövde uzunlukları.....	29
Şekil 4.13. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövde uzunlukları.....	30
Şekil 4.14. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövde uzunlukları.....	31

Şekil 4.15.	Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövde uzunlukları.	32
Şekil 4.16.	Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövde uzunlukları.....	32
Şekil 4.17.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in köklerinin protein miktarları.	33
Şekil 4.18.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in köklerinin protein miktarları.	34
Şekil 4.19.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin köklerinin protein miktarları.	34
Şekil 4.20.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin otsu gövdelerinin protein miktarları.....	35
Şekil 4.21	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in köklerinin MDA miktarları..	36
Şekil 4.22.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in otsu gövdelerinin MDA miktarları.....	37
Şekil 4.23.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin köklerinin MDA miktarları.	38
Şekil 4.24.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin otsu gövdelerinin MDA miktarları.....	38
Şekil 4.25.	Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	39
Şekil 4.26.	Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	40
Şekil 4.27.	Farklı Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	40

Şekil 4.28.	Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	41
Şekil 4.29.	Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	41
Şekil 4.30.	Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	42
Şekil 4.31.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in köklerinin prolin miktarları..	43
Şekil 4.32.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Basribey-95'in otsu gövdelerinin prolin miktarları.....	43
Şekil 4.33.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin köklerinin prolin miktarları..	44
Şekil 4.34.	Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki <i>T. aestivum</i> L. cv. Guadalupe'nin otsu gövdelerinin prolin miktarları.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

μM	: Mikromolar
Ag	: Gümüş
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
EPA	: Çevre Koruma Örgütü
Fe	: Demir
Hg	: Cıva
K	: Potasyum
K.A.	: kuru ağırlık
MDA	: Malondialdehit
Mg	: Magnezyum
mM	: Milimolar
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
NADPH	: Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
ppm	: Milyonda bir kısım
ROT	: Reaktif oksijen türleri
S	: Kükürt
Se	: Selenyum
SOD	: Süperoksit dismutaz
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
T.A.	: Taze ağırlık
TCA	: Trikloroasetik asit
Zn	: Çinko

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ekosistemlerin toprak, su ve hava gibi cansız öğeleri başta insan olmak üzere bitki ve hayvanların etkileri ile kirlenmektedir. Ayrıca çeşitli doğa olayları bu kirlenmeyi artırmaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren endüstri gelişimine paralel olarak artan kirlilik günümüzde bütün canlıları tehdit eder bir duruma gelmiştir. Bu tehdit ana üretici konumunda olan bitkiler üzerinde çok daha fazladır (Kırbağ Zengin, 2006).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bazı elementlerin üretim ve tüketiminin sürekli artış göstermesi, bunların çevreye yayılma ve bulaşma olasılığını artırmaktadır. Bir element gerek maden cevheri halindeyken gerekse işlenirken doğaya karışabilmektedir. Ayrıca tarımda yüksek üretim için gübre kullanımı da bu olasılığı artırmaktadır (Özbek vd., 1995).

Çevre kirliliği konusunda en çok kullanılan terimlerden biri ağır metallerdir. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda gübreleme ve ilaçlama gibi pek çok etken ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında yer almaktadır (Kırbağ Zengin, 2006). Bazı metallerin canlıların yaşamı ve insan sağlığına eser miktarda da olsa katkısı vardır. EPA (Çevre Koruma Örgütü)'nin 1993 yılı öncelikli kirleticiler listesinde 129 kirletici vardır. Bunlardan 13 tanesi metal, diğerleri organik bileşikler, pestisitler, poliklorobifeniller ve birkaç metal olmayan inorganik bileşiklerdir. Bu metaller; Kadmiyum, Kurşun, Antimon, Arsenik, Berilyum, Krom, Bakır, Civa, Nikel, Selenyum, Gümüş, Talyum ve Çinkodur. Bu metaller dünyanın birçok yerinde çevre koruma örgütleri tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınmışlardır (Novotny, 1995).

Ağır metaller atomik yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten büyük olan metal ve metaloitler grubu için kullanılan genel bir isimdir. Genellikle kirlilik ve toksisite problemleriyle ilişkili

olan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn gibi elementler için kullanılır. Bu grup elementler için alternatif isim iz elementlerdir. Ancak yaygın bir şekilde kullanılmaz. Ağır metaller normal olarak, kayaların ve maden cevherlerinin bünyesinde bulunduğu için yaşayan organizmalarda, sulara, sedimentlerde ve toprakta bulunması doğaldır (Alloway ve Ayres, 1993).

Bitkiler buldukları ortamlardan bazı elementleri bünyelerinde biriktirme yeteneğine sahiptirler. Bazı ağır metaller bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için gereklidir. Bunlar; Mn, Zn, Cu, Mg, Mo ve Ni' dir. Bazı bitkiler ise biyolojik işlevi bilinmeyen ağır metalleri de biriktirmektedirler. Bunlar da; Cd, Cr, Pb, Co, Ag, Se ve Hg' dir (Raskin vd., 1994). Farklı bitki türleri bu metalleri birlikte ve ayrı olarak yüksek derişimlerde biriktirme yeteneğine sahiptirler. Ayrıca bazı bitki türlerinin yüksek derişimdeki metal düzeylerine tolerans yetenekleri gelişmiştir (Baker ve Brooks, 1989).

Besin elementi olsun veya olmasın ağır metallerin bitkide fazla birikimi strese, büyüme ve gelişmede azalmaya sebep olabilir (Bahlsberg-Phalsson, 1989). Bitki dokularında ağır metal birikimi fazla olursa besin alımı (Ouzounidou vd., 1992), fotosentez (Lidon vd., 1993), enzim aktivitesi (Nussbaum, 1988), klorofil biyosentezi (Somashekaraiyah vd., 1992) ve çimlenme (Munzuroğlu ve Geckil, 2002) gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenir. Bunlara membranlarda hasar (Kennedy ve Gonsalves, 1987), hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir. Bitkilerin büyüme ve gelişimleri proseslerinde olumsuz etkileri olan metaller arasında krom ve nikel de önemli yer tutmaktadır.

1.1. Krom

Krom periyodik tablonun VIB grubu bir geçiş metalidir. Atom numarası 24'tür ve atom ağırlığı 51.996'dır. Bu atomun bilinen beş radyoiztopu vardır. ⁵¹Cr (yarılanma ömrü 27.8 gündür) deneysel çalışmalarda kullanılan en yaygın izotopudur. Krom 1877'den bu yana çelik alaşımlarında kullanılmaktadır. Ayrıca, 1926'dan bu yana krom kaplamada kullanılmaktadır. Krom metali gri renkte ve hassastır. Ayrıca cilalanabilir. Bu metal oksidasyona dirençlidir ve bu özelliği alaşımlarda kullanılmasına olanak sağlar. Alaşımlarda kromun kullanılması sertliği artırır ve

mekanik aşınmalara direnç sağlanmış olur. Krom çevrede +3 ve +6 oksidasyon durumundadır. Çoğunlukla Cr(III) (Cr^{+3}) daha kararlıdır.

Krom elementi ilk olarak 1798 yılında Fransız kimyacı Vauquelin tarafından Sibirya kırmızı kurşun madeninde tespit edilmiştir. Kromun kararlı türleri üç değerlikli Cr(III) ve Cr(VI) değerlikli olanlarıdır. Buna rağmen değişik değerlikte bulunan kararsız ve biyolojik ömrü kısa olan türleri de mevcuttur. Cr(VI), kromat ve bikromat'ın oksijenle ilişkiye girmiş oldukça toksik bir formu olduğu düşünülmektedir. Cr(III) daha az toksiktir ve genelde sucul çevrelerde ve toprakta organik maddelerle birlikte bağ yapmış şekilde bulunurlar. Çeşitli aktivitelerde Cr'un kullanılması sonucunda toprak ve suya bulaşmasından dolayı özellikle son zamanlarda hayvan ve bitkilerde bu metalin etkileriyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Cr elementi, kadmiyum, kurşun, alüminyum ve cıva gibi diğer toksik metallerin aksine bitki ile ilgilenen bilim insanları tarafından daha az ilgi görmüştür (Becquer vd., 2003).

1.1.1. Çevrede Krom

Krom, hava, su ve toprak gibi çevrenin tüm fazlarında bulunur. Toprakta doğal olarak meydana gelen Cr ana materyale bağlı olarak 10-50 mg/kg düzeylerinde bulunur (Adriano, 1986). Tatlı sularda krom konsantrasyonu genellikle 0.01- 117 $\mu\text{g/l}$ aralığındayken, deniz suları için bu değer 0.2-50 $\mu\text{g/l}$ aralığındadır. Atmosferdeki Cr derişimi bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Hava örneklerinde 5.0×10^{-6} - 1.2×10^{-3} $\mu\text{g m}^{-3}$ aralığında tespit edilmiştir. Antarktika ve Greenland gibi bölgelerde kırsal yerleşim yerlerinden alınan örneklerde bu değer 0.015×10^{-6} - 0.03×10^{-3} $\mu\text{g m}^{-3}$ aralığında belirlenmiştir (Nriagu, 1988). Cr (VI) serbest oksijen türleri (ROT)'nin hızlı ve yüksek üretimi ve bunun sonucunda artan toksisitesi için hesaplanan 1.33- 1.38 eV aralığında yüksek redoks potansiyeli ile güçlü bir oksidanttır (Shanker vd., 2004).

Krom ve onun bileşikleri çeşitli endüstriyel kullanımlara sahiptir. Deri sektöründe derinin hazırlık süreçlerin başlaması ve sonlanmasında, buzdolabı çeliklerinin üretiminde, sondaj çamuru, elektrokaplama sanayisinde, katalitik üretimde ve kromik asidin üretiminde yoğun olarak kullanılmaktadır (Nriagu, 1988). Bu antropojenik

aktiviteler Cr'un geniş şekilde yayılmasına yol açmaktadır. Deri endüstrisinde kullanılan krom miktarı göz önünde bulundurulduğunda Cr'un toplam endüstrilerde kullanılan miktarının % 40'nı biyosfere bu sektör vermektedir (Barnhard, 1997). Hindistan'da, 2000-32000 ton arasında Cr tabaklama endüstrisinden çevreye yayılmaktadır. Cr'un su içindeki uygun bulunan miktarı Cr(III) için 8 µg/L ve Cr VI için 1 µg/L olarak belirlense bile bu değerler bu endüstrilerden dolayı 2-5 g/l aralığına kadar artmaktadır (Chandra vd., 1997).

1.1.2. Kromun Alınımı, Taşınması ve Biriktirilmesi

Krom bitkiler için gerekli bir element değildir. Bir bitki ile kromun ilk ilişkisi bu elementin alınması sırasında olmaktadır. Bundan dolayı, bitkiler bu elementin alınımı için herhangi özel bir mekanizmaya sahip değildir. Bu ağır metalin alınımı bitki metabolizması için gerekli metallerin alınması için kullanılan taşıyıcılar vasıtasıyla yapılmaktadır. Kromun toksik etkileri temel olarak metalin alınımında, taşınmasında ve birikmesinde kendini göstermektedir. Cr(VI)'nın taşındığı metabolik yol, sülfat gibi temel anyonların taşınmasını sağlayan taşıyıcıları gerektiren aktif bir mekanizmadır (Cervantes vd., 2001). Cr(VI) ve Cr(III)'ün bağımsız alım mekanizması arpa bitkisinde bildirilmiştir. Cr(VI)'nın alınımı metabolik inhibitörlerin alınımı ile engellenirken, Cr(III)'ün alınımı bu etmenlerden etkilenmez. Bu durum göstermektedir ki Cr(VI)'nın alınımı metabolik enerjiye bağlı iken, Cr(III)'ün alınımında bu enerjiye gerek yoktur (Skeffington vd., 1976). Bunun aksine, her iki krom türünün aktif alınımında Cr(VI) için kullanılan daha fazla miktarda Cr(III) için kullanılan enerji olduğu aynı bitkilerde tespit edilmiştir (Ramachandran vd., 1980). Analiz edilen 10 ürünün 7'sinde Cr(VI) ile büyüyen bitkilerde Cr(III)'e göre daha fazla birikim görülmüştür (Zayed vd., 1998).

Skeffington vd. (1976), ⁵¹Cr kullanılan radyoaktif etiketleme çalışmasında Cr elementinin özellikle bitkilerin odun borularında taşınmakta olduğunu rapor etmişlerdir. Golovaty vd. (1999), bitkilerde krom dağılımının toprağın özelliğine ve bu elementin konsantrasyonuna bağlı olmayan sabit bir karaktere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Element kontaminasyonunun maksimum miktarı her zaman köklerde bulunmaktadır ve minimum miktarlar ise vejetatif ve üreme organlarında bulunur. Fasulyede, krom birikiminin sadece % 0,1'i tohumlarda bulunurken buna karşın %

98'i köklerde tespit edilmiştir (Huffman ve Allaway, 1973). Bitkilerin köklerde yüksek olarak birikiminin sebebi kök hücrelerinin vakuolünde Cr'un taşınmaz olmasından dolayı olabilir. Böylece bu element daha az toksik kalmaktadır. Bu durum bitkinin metalin toksisitesine bir cevap olarak düşünülmüştür.

1.1.3. Kromun Bitkilerdeki Zararlı Etkileri

1.1.3.1. Çimlenmeye Etkileri

Tohum çimlenmesinin krom tarafından etkilenmiş ilk fizyolojik sürecinden dolayı, krom içeren bir ortamda bir tohumun çimlenme kabiliyeti bu metale toleransın seviyesini gösterir (Peralta vd., 2001). Yabani *Echinochloa colona*'nın tohum çimlenmesi 200 µM krom uygulaması ile % 25 oranında engellenmiştir (Rout vd., 2000). Toprakta, altı değerlikli kromun yüksek seviyeleri (500 ppm) *Phaseolus vulgaris* bitkisinde çimlenmeyi % 48'e kadar engellemiştir (Parry ve Taylor, 1982). Peralta vd. (2001) tarafından altı değerlikli kromun 40 ppm'inin *Medicago sativa* bitkisinde çimlenme ve büyüme yeteneğini % 23 oranında düşürdüğünü bulunmuştur. Şeker kamışında çimlenmenin % 32-57 arasında düşmesi 20 ve 80 ppm Cr varlığında gözlemlenmiştir (Jain vd., 2000). Cr stresi altında tohumların azalan çimlenmesi amilazın aktivitesi ve embriyoya şekerin bir sonraki taşınması üzerine kromun depresif etkisinden dolayı olabileceği belirtilmiştir (Zeid, 2001). Proteaz aktivitesi, diğer bir yandan, Cr ile muamelelerdeki artan dozlarda, Cr uygulanmış tohumların çimlenmesinin engellenmesinde ayrıca bir katkı sağlayabilir (Zeid, 2001).

1.1.3.2. Kök Büyümesine Etkileri

Kök büyümesinde azalmanın ağaç ve tarla ürünlerinde ağır metaller yüzünden etkilendiğine dair raporlar mevcuttur (Breckle, 1991; Goldbold ve Kettner, 1991; Tang vd., 2001). Prasad vd., (2001) *Salix viminalis*'de yeni kök primordialarına metal toksisitesinin sırasını Cd>Cr>>Pb olarak tespit ederken, kök uzunluğunun Cr'da diğer ağır metallere göre daha fazla etkilendiğini göstermiştir. *Caesalpinia pulcherrima*'nın kök uzunluğu ve kuru ağırlık 100 ppm Cr tarafından engellenmiştir (Iqbal vd., 2001). Buğday bitkisinin kök ağırlığı ve kök uzunluğu 20 mgCr(VI)/kg tarafından etkilenmiştir (Chen vd., 2001). Panda ve Patra (2000) tarafından 1 mM

kromun azot beslenme seviyeleri altında sürgün büyümesinde kök uzunluğunu arttırdığı bulunmuştur. Daha yüksek Cr konsantrasyonları tüm azot uygulamalarında kök uzunluğunu azaltır. Samantaray vd. (1999) maş fasulyesinin beş kültüründe kromit madeni ile kontamine olmuş topraklar ile yapılan bir çalışmada, kök büyümesinin 28. günde önemli şekilde etkilendiğini not etmişlerdir. Krom toksisitesinden dolayı azalan kök büyümesinin genel cevabı kök hücre bölünmesi/ kök genişlemesinin inhibisyonu ya da köklerde hücre döngüsünün genişlemesi yüzünden olabilir (Barcelo vd., 1986).

1.1.3.3. Gövde Büyümesine Etkileri

Bitki gövde büyümesi üzerine kromun olumsuz etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Rout vd., 1997). Anderson vd. (1972), 2, 10 ve 25 ppm Cr bulunan kum kültürlerinde yetiştirilen yulaf bitkisinin gövde gelişimi kontrolüne göre sırasıyla %11, %22 ve %41 oranında azaldığı bulunmuştur. Joseph vd. (1995) *Curcumas sativus*, *Lactuca sativa* ve *Panicum miliaceum* üzerinde Cr(VI)'un gövde gelişimini azalttığını bildirmişlerdir. Sharma ve Sharma (1993) 32 ve 96. günden sonra buğday bitkisinin uzunluğunda önemli şekilde bir azalmanın olduğunu bildirmişlerdir. Barton vd. (2000) yoncaya Cr(III) uygulamasının gövde büyümesini engellediğini gözlemlemişlerdir. *Sinapsis alba*'ya 200 - 400 ppm Cr uygulaması sonucunda gövde gelişimi azaldığı belirlenmiştir. (Hanus ve Tomas, 1993). Bitki uzunluğunda bu azalmanın azalmış kök büyümesi ve bunun sonucunda daha az besin ve suyun bitkinin üst kısımlarına taşınmasından dolayı olabileceği söylenebilir. Buna ek olarak, bitkinin toprak üstü kısımlarına Cr'un taşınması bitki uzunluğunda azalmaya katkı sağlayan köklerin hücrel metabolizmaları üzerine doğrudan bir etkiye sahip olabilir.

1.1.3.4. Yaprak Büyümesine Etkileri

Bitki başına düşen yaprak sayısı, besin çözeltilisine 0.5 mM Cr eklendiği zaman % 50 oranında azalmıştır (Sharma ve Sharma,1993). Karunyal vd. (1994) yaprak alanı ve biyokütle üzerine dericilik atık suyunun etkileri üzerine çalışmışlar ve test edilen tüm konsantrasyonların *Orziya sativa*, *Acacia holosericea* ve *Leucaena leucocephala* bitkilerinde yaprak alanı ve biyokütle üzerinde bir azalmaya neden olduğunu rapor

etmişlerdir. Singh (2001), ıspanak bitkisinde Cr(III) ve Cr(VI)'nın etkileri üzerine yapılan çalışmada, 60 mg/kg Cr uygulamalarında yaprak alan genişliğinin azaldığını, yaprak uç ve kenarlarının yandığını ve büyüme oranında yavaşlamanın olduğunu rapor etmişlerdir. Jain vd. (2000) 40 ppm krom uygulaması yaprakta kloroza ve 80 ppm uygulamalarda ise artık nekrozların oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Pedreno vd. (1997) Cr'un yaprak büyümesi üzerine göze çarpan bir etkisinin olduğunu ve tercihen domates bitkisinde genç yaprakları etkilediği rapor edilmiştir.

1.1.3.5. Kuru Madde Miktarına Etkileri

Bitkilerde daha yüksek verim için öncelikli istenilen kuru madde bakımından biyokütle üretiminde artış olmalıdır. Toplam kuru maddenin % 80-90 civarında karbon bileşikleri bitkiler tarafından üretilir. Biyokütle üretimi ile ilişkili krom birikimi ve toksisitesini değerlendirmek için *Vallisneria spiralis* üzerine yapılan bir çalışmada, besin ortamında 2.5 µg/ml civarında Cr(VI)'nın bulunması ile kuru madde üretiminin olumsuz şekilde etkilendiği tespit edilmiştir (Vajpayee vd., 2001). Zurayk vd. (2001) tuzluluk ve Cr(VI) toksisitesinin *Portulaca oleracea*'nin kuru madde birikiminde önemli bir azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Kocik ve Ilavsky (1994) ayçiçeği, mısır ve bakla bitkisinde Cr birikimi ve etkilerini çalışmışlardır. Bu bitkilerin 200 mg/kg Cr(VI) tarafından önemli şekilde etkilenmediği ancak bitkideki krom alınıminin topraktaki krom ile pozitif olarak ilişkili olduğu belirlenmiştir.

1.1.3.6. Diğer Fizyolojik ve Biyokimyasal Proseslere Etkileri

Krom stresi karbondioksit fiksasyonu, elektron taşınımı, fotofosforilasyon ve enzim etkileri bakımından fotosentezi etkileyen önemli faktörlerden birisidir (Clijsters ve Van Assche, 1985). Bununla birlikte, fotosentezin kromla uyarılmış inhibisyonunun kloroplast ultra yapılarının organizasyonunun bozulması, elektron taşınımının inhibisyonu ve kalvin döngüsünün enzimleri üzerine kromun etkisi tam olarak anlaşılammıştır (Vazques vd., 1987). Kromdan izole olmuş kloroplastlar bir Hill ajanı olarak kullanılmaktadır (Desmet vd., 1975). Fotosistem I üzerine Cr(VI)'nın etkisinin izole edilmiş kloroplastlarda fotosistem II aktivitesine olduğundan daha dikkate değer olduğu bezelye bitkisinde bildirilmiştir (Bishnoi vd., 1993ab). Bununla

birlikte çalışılan bitkilerin tümünde her iki fotosistem etkilenmiştir. Zeid vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada 0,01 M krom konsantrasyonunun uygulandığı bezelyede fotosentez şiddetli bir şekilde azalmıştır. 0.1 mM Cr (VI) ile yetiştirilen bitkilerin 52. gününde tüm bitkilerin fotosentezinin % 40 inhibisyona uğradığı ve 76 ve 89 gün sonra bunun % 65 ve % 95'e yükseldiği bildirilmiştir (Bishnoi vd., 1993a). Klorofil içeriği, *E. colona*'da Cr ve Ni toleransı ile ilgili bir çalışmada yüksek Cr konsantrasyonu altında canlılık bakımından tolerant kalluslarda yüksek olduğu belirlenmiştir (Samantaray vd., 2001). Klorofil içeriği *Triticum sativum* bitkisinde Cr(III) ve Cr(VI) gibi farklı Cr bileşiklerinin çeşitli konsantrasyonlarının belirgin bir etkisi olarak azalmıştır (Sharma ve Sharma, 1996).

Barcelo vd. (1985), krom uygulanmış bezelye bitkisinde yaprak su potansiyelinde bir azalma gözlemlemiştir. Aşırı krom, su potansiyelini ve transpirasyon oranını azaltmaktadır (Chatterjee ve Chatterjee, 2000). Azalan turgor ve plazmoliz kroma maruz kalmış bezelye bitkisinin epidermis ve kabuk hücrelerinde gözlemlenmiştir. Bezelyede kromun toksik seviyelerinin trake damar çapını azalttığı bulunmuştur ve bu yüzden dikey su taşınımında azalma tespit edilmiştir (Vazques vd., 1987).

Krom, mutlak gerekli bazı elementlerle yapısal benzerliklerinden dolayı, kompleks bir yolda bitkilerin mineral beslenmesini etkileyebilir. Cr(III) ve Cr(VI) bitkiler tarafından farklı mekanizmalar ile alınmaktadır (Zaccheo vd., 1985). Her iki tür Fe ve S gibi iyonik olarak benzer birkaç elementin alınımı ile ilişkilidir (Skeffington vd., 1976). Besin solüsyonunda 9.6 µM Cr(VI) bulunan soya fasulyesinin köklerinde K, Mg, P, Fe ve Mn'nın alınımı azalmıştır (Turner ve Rust, 1971). Barcelo vd., (1985) bezelye bitkisi besin solüsyonunda Cr'a maruz kaldığı zaman bitki kısımları içerisinde P, K, Zn, Cu ve Fe'in taşınımının engellendiğini bildirmişlerdir. Sujatha ve Gupta (1996) tabaklama suyu ile yapılan sulamanın birkaç tarım bitkisinde mikro besin eksikliğine neden olduğunu açıklamışlardır. Kromca uyarılmış kloroz ayrıca gözlemlenirken yaprak demir seviyeleri ve kloroz arasında açık bir ilişki bulunamamıştır (Ottabong, 1989). Toprakta yetişen soya fasulyesinde Ca, K, Mg, P, B ve Cu konsantrasyonlarında Cr(VI) tarafından indüklenen bir azalma gözlemlenmiştir (Turner ve Rust, 1971). Moral vd. (1996) Cr stresi altında domateslerin mineral beslenmesi üzerine detaylı bir çalışma yapmış ve Fe

absorbsiyonu üzerine Cr elementinin negatif bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Krom stresli bitkilerde metabolik modifikasyonun üç olası şekli şunlar olabilir: (i) pigmentlerin üretimindeki değişiklikler (klorofil, antosiyanin vb.) (Boonyapookana vd., 2002); (ii) bitkilerde zarara neden olabilen Cr stresine doğrudan bir cevap olarak metabolitlerin üretiminde artış (Shanker vd., 2003a); ve (iii) Cr stresine direnç ya da tolerans sağlayan yeni biyokimyasal olarak ilişkili metabolitlerin üretimi (fitokelatin, histidin vb.) (Schmfger, 2001).

Süperoksit dismutaz (SOD) ve antioksidan katalazın indüksiyonu ve aktivasyonu bitkilerde temel metal detoksifikasyon mekanizmalarının bazılarıdır (Gwozdz vd., 1997; Prasad, 1998; Shanker vd., 2003b). Düşük miktarda ağır metal konsantrasyonlarında antioksidan enzimlerin aktivitesinin arttığını bulmuşlardır. Yüksek konsantrasyonlarda ise SOD aktivitesi artmazken katalazın aktivitesi azalmıştır. Bezelye bitkisi 7 gün süresince çevresel olarak düşük (20 µM) ve yüksek (200 µM) miktarlarda Cr(VI) konsantrasyonlarına maruz kaldığında kök mitokondrisinin toplam SOD aktivitesi etkilenmiştir. 20 µM Cr(VI) uygulamasında SOD aktivitesinin % 29 oranında azaldığı tespit edilirken 200 µM uygulamalarda tam bir inhibisyon görünmektedir (Dixit vd., 2002). Aşırı krom (0,5 mM) karnabahar'ın yapraklarında katalaz aktivitesini azaltmıştır (Chatterjee ve Chatterjee, 2000). 50 µM Cr(VI) ve 100 µM Cr (III)'ün her ikisiyle muamele gören Süpürge darısı bitkisinin hem yaprakları hem de köklerinde H₂O₂ seviyesinde bir artış tespit edilmiştir. Lipid peroksidasyonunda benzer bir artış, malondialdehit formasyonu bakımından, bu uygulamalar ile gözlemlenmiştir. 1,5 mg/I Cr ile muamele gören *E. Colona* bitkilerinde, peroksidaz ve katalazın aktiviteleri dirençli kalluslarda dirençsiz olanlardan daha fazla görülmektedir (Samantaray vd., 2001).

1.2. Nikel

Nikel periyodik tablonun VIII B grubu bir geçiş metalidir. Atom numarası 28 ve atom ağırlığı 58.71 dir. Bilinen 7 radyoizotopu mevcut olmakla birlikte toprak-bitki çalışmalarında en yaygın kullanılan izotopu ⁶³Ni'dir (yarılanma ömrü 92 yıl). Ni oksidasyon durumlarının pek çoğunda meydana gelebilir. Ancak sadece Ni(II) geniş

bir pH aralığı üzerinde ve toprak içerisindeki redoks şartlarında kararlıdır. Ni(II)'nin iyonik yarıçapı 0.0065 nm'dir (Fe, Mg, Cu ve Zn'nin yarıçaplarına yakındır). Ni metalloenzimlerde esansiyel metallerle yer değiştirebilir ve metabolik yolun zarar görmesine neden olabilir. Çeşitli Ni-çelik alaşımları 19. yüzyılda geliştirilmiştir ve bunların korozyona dirençliliği sayesinde motorlu taşıtlar, silah sanayi ve uçak yapımı için kullanılmışlardır. Son yıllarda batarya ve elektronik cihazlarda da kullanılmaktadır. Nikel, sülfür ve oksitlenmiş madenlerden ekstrakte edilmiştir. Ekonomik olarak iki önemli Ni madeni vardır; lateritik oksitler ve bir sülfür olan pentlanditdir (fenilsülfür minerali). Son olarak, bu element ticari olarak büyük bir öneme sahiptir ve kroma benzer olarak mafik ve ultramafik kaya parçalarıyla ilişkisi bulunmuştur (Adriano,1986). Nikelin dünyadaki üretimi aşağı yukarı $0,8 \times 10^6$ ton/yıl miktarındadır ve bu elementin en geniş kullanım alanı paslanmaz çelik sektörüdür. Elektrokaplama, alaşımlar, Ni-Cd bataryaları, elektronik cihazlar, yağların hidrojenasyonu için katalizör, metan üretimi ve petrol ürünleri diğer temel kullanım alanlarındandır (Papp,1988).

Nikelin hayvanlar için zorunlu bir element olduğu yapılan çalışmalar gösterilmiştir (Welch,1981). Bu element insan metabolizması için temel bir rol oynar ancak nikelin kesin bir fonksiyonunun olup olmadığı açık değildir. Nikelin çok düşük konsantrasyonlarını (40 µg/kg) içeren besinlerin etkileri arasında bozulmuş karaciğer metabolizması, demir alınımında azalma ve pek çok enzimin düşük aktivite göstermesi örnek verilebilir (Kirchgessner ve Schnegg,1980; Welch,1981).

Nikelin yeryüzüne yayılması genellikle insan etkisi tarafından oluşan faaliyetlerden kaynaklanır. Bununla birlikte bu elementlerin emisyonuna ait bilgilerimiz mükemmel değildir ve emisyonun toplam yayılımını tahmin eden hesaplamaların yapıldığı rapor edilmiştir (Schmidt ve Andren 1980;Nriagu ve Pacyna,1988). Özellikle, metalurjik ve kimya endüstrileri Cr için gerekli olan kesin bilgilerden haberdar değildir. Nikelin ölçülen toplam birikimi kırsal alanlarda 2 kg/km²/yıl'dan endüstriyel ve kentsel alanlar civarındaki miktarı 88 kg/km²/yıl aralığında değişmektedir (Schmidt ve Andren, 1980).

1.2.1. Toprak ve Bitkide Nikel

Dünya topraklarında Ni'in ortalama konsantrasyonu yaklaşık olarak 20 mg/kg'dır. Toprakta nikelin içeriği ana materyalin doğası üzerinde pek çok etmene bağlıdır. Örnek olarak, serpentin üzerinde biçimlenmiş topraklar 100-7000 mg/kg içerir (Brooks vd., 1987) ve genellikle Cr, Mg ve Fe'in geniş konsantrasyonlarını ancak Ca ve Si'un düşük konsantrasyonlarını içerir. Ni ve yüksek Mg:Ca oranlarının toksisitesi bu topraklarda yetişen ürünler için temel sınırlayıcı faktörler olabilir. Vinogradov (1959) 40 mg/kg'ın topraklarda nikel için ortalama bir değer olduğunu bildirmiştir. Ure ve Berrow (1982) dünya literatüründe son yapılan 13000 araştırmada 84 mg Cr/kg ve 34 mg Ni/kg ortalamalarını bildirmişlerdir.

Dünya topraklarına Cr ve Ni'in toplam yıllık katılımı 480-1300 ve $106-544 \times 10^3$ arasında olabileceği tahmin edilmektedir (Nriagu ve Pacyna,1988). Tarımda kullanılan gübrelerde nikelden çok Cr elementi vardır ve her iki elementte fosfatlar ile en zengin hale getirilir. Kanada ulusal araştırma kurulu (National Research Council of Canada,1976) fosfat gübrelerinde 30-3000 Cr/kg aralığında Cr olduğunu rapor etmiştir. Fosfat gübreleri normal olarak 30 mg Ni/kg Ni içerir ancak bazı durumlarda bu miktar 1000 mg/kg'a kadar çıkabilir. Bununla birlikte, pek çok fosfat gübresi, nikelin çok düşük miktarlarını içerir. Standart oranlarda kullanılan ortalama nikel ve fosfat içeriği, mevcut besin zincirinin etkilenmesinden dolayı topraklarda çok fazla artışlara neden olmayabilir. Buna rağmen, fosfat gübrelerinin kullanılması yoluyla toprağa geçen krom miktarı belli değildir (Boyle ve Robinson,1988).

Nikelin en büyük antropojenik kaynağı mazot ve yağ kalıntılarının yanmasıyla oluşur ve global olarak 26700 ton Ni/yıl miktarında yayılım göstermektedir. Dizel tüketimlerde nikel konsantrasyonu 500-10000 mg/l olarak tespit edilmiştir (Frey ve Corn,1967). Yağlar Pb, Zn ve Cu gibi elementlerden daha fazla miktarlarda Ni ile kompleks yaparlar. Ana yollardan uzak mesafelerde bulunan toprak ve bitkilerde Nikel konsantrasyonunun düşük olması bunun bir kanıtıdır (Lagerweff ve Specht,1970). Kömür kullanımı bir sonraki en önemli emisyonudur. Bunu nikel madenciliği ve dökümcülüğü takip eder. Atmosferdeki mevcut Ni'in en büyük kaynağı rüzgarla savrulan topraklar, volkanik aktiviteler, orman yangınları, meteorit tozları ve deniz tuzu partikülleridir. Ancak krom için en önemlisi ilk iki sırada

sayılanlardır. Nikelin vejetasyonlardaki biyogenik emisyonları düşüktür (Schmidt ve Andren,1980). Mevcut nikelin türleri toprak mineralleri, oksitler ve sülfatlarıdır (Schmidt ve Andren, 1980).

Bitkilerdeki nikelin konsantrasyonu, toprakta bulunan elementin konsantrasyonu yansıtır (Hutchinson,1981; Duneman,vd.1991). Tahıl türlerinde Ni'in absorpsiyonu topraklardaki alınabilme ya da suda çözünebilmesi ile ilişkilidir (Keefer ve Singh,1986). Mikoriza, ağaçlardaki metallerin konsantrasyonunu azaltır ve nikelide içeren metallerin yapraklara taşınımını sınırlar (Wilkins,1991). Toprak asitliğindeki artış bitkiler tarafından nikelin absorpsiyonu artırır (Farago ve Cole,1988). Kireçleme ya da topraklara organik maddelerin katılması hem nikelin alınabilirliğini hem de bitkiler tarafından alınan miktarının azalmasına neden olur (Halstead,vd.1969). Bitkiler içerisinde Nikelin yüksek şekilde hareketli olduğu düşünülmektedir. Cataldo vd. (1978) nikelin davranışının Cu ve Zn'e yakın olduğunu öne sürmüşlerdir. Soya fasülyesinde vejetatif büyüme süresince, nikelin başlıca yapraklarda biriktiği bulunmuştur ancak yaşlanma süresince tohumlara taşındığı belirlenmiştir. Nikel konsantrasyonunun tahıllarda saz kamışlarına göre daha fazla olduklarını bulmuşlardır ve fotosentez ürünleri ve nikelin taşınması arasında bir ilişkinin olduğunu rapor etmişlerdir (Sauerbeck ve Hein,1991).

1.3. Çalışmanın Amacı

Hızlı sanayileşme, araç sayısındaki artış, tarımsal amaçlı pestisit ve gübre kullanımı ve evsel atıklardan kaynaklı birçok antropojenik aktivite hava, su ve toprağın hem organik hem de inorganik olarak kirlenmesine neden olmaktadır. İnorganik kirleticiler arasında krom ve nikel de önemli yer tutmaktadır. Gaziantep ili sanayi aktiviteleri bakımından oldukça gelişmiştir. Bu aktiviteler sonucunda atmosfere, sulara ve topraklara çeşitli tipte kirleticiler salınmaktadır. Bunlar da gerek sucul gerekse karasal ortamlarda yaşayan canlılara büyük zararlar verebilmektedirler. İnorganik kirleticilerden Cr ve Ni'nin Gaziantep ilinde ekimi yapılan ekmeklik buğday çeşitlerinin tohumlarının çimlenmesine ve fide gelişimine etkisi yapılacak bu çalışma ile belirlenecektir. Yapılacak fizyolojik analizler yanı sıra Cr ve Ni toksisitesinin buğday köklerinde meydana getirdiği hasar histokimyasal yöntemle de belirlenecektir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Kromun Bitkilerdeki Etkileriyle İlgili Çalışmalar

Akıncı ve Akıncı (2010) krom toksisitesinin *Cucumis molo* tohumlarının çimlenme ve erken fide gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Kromun 0-300 ppm'lik derişimleri çimlenme denemelerinde, 0-70 ppm'lik derişimlerini erken fide gelişim araştırmalarında kullanmışlardır. Aşırı krom derişimleri çimlenme indeksi, çimlenme zamanı, ortalama çimlenme ve çimlenme oranlarını sınırlandırmıştır. Radikula uzunluğu, radikulanın taze ve kuru ağırlığı, hipokotil uzunluğu, hipokotil taze ve kuru ağırlığı, büyüme tolerans indeksi ve göreceli büyüme oranı artan Cr derişimlerinden olumsuz yönde etkilenmiştir.

Andaleeb vd. (2008) kromun farklı derişimlerinin etkisindeki (0, 20, 40 ve 60 mg/kg) ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) üç farklı varietesindeki (G-3, G-9 ve G-59) etkilerini araştırmışlardır. Artan Cr dozlarıyla birlikte tohum çimlenmesi, kök ve gövde uzunluklarında azalmalar olmuştur. Bununla birlikte artan Cr dozuna paralel olarak kök ve gövdenin yaş ve kuru ağırlıklarında da azalmalar olmuştur. Ayrıca, kökler gövdelere göre daha fazla metali biriktirmişlerdir.

Singh vd. (2006) krom toksisitesinin pirinç bitkisindeki bazı fizyolojik olaylara etkilerini araştırmışlardır. Artan Cr derişimleri pirinç yapraklarının klorofil, protein ve şeker miktarlarını azalttığı bulunmuştur. Ayrıca metalin artan derişimleri peroksidaz aktivitesi ile katalaz aktivitelerini de azalttığı belirlenmiştir.

Nichols vd. (2000) 1-2 mg/l kroma maruz bıraktıkları *Salvinia minima*'daki fizyolojik cevapları incelemiştir. Krom varlığında *S. minima*'nın büyümesi ve CO₂ alınımı belirgin ölçüde azalmıştır. Aynı sonuçlar klorofil *a*, klorofil *b* ve karoten konsantrasyonları için de elde edilmiştir. Bitkinin özellikle mavi ve kırmızı dalga boyundaki ışığı alma kapasitesi Cr'un konsantrasyonundaki artma ile azaldığını ve

Cr artışında çözülebilir şeker, nişasta ve toplam yapısal olmayan karbonhidrat konsantrasyonu belirgin bir biçimde arttığını rapor etmişlerdir.

Vajpayee vd. (1999) *Nelumbo nucifera*'da Cr akümülyasyonu ve bu metalin birikiminin fotosentetik pigment, nitrat redüktaz aktivitesi ve protein içeriğine etkilerini araştırmışlardır. Farklı Cr konsantrasyonlarında yetiştirilen bitkinin dokularında benzer birikim miktarları belirlenmiştir. Bununla birlikte en yüksek birikim köklerde bulunmuştur. Bitki dokularındaki çok yüksek krom birikimi klorofil, protein içeriği ve *in vitro* nitraz redüktaz aktivitesini önemli ölçüde engellediği bulunmuştur.

Bishnoi vd. (1993) kromun bezelye tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi ile ürün miktarına etkilerini araştırmışlardır. Potasyum dikromat olarak uygulanan Cr derişimlerinin bezelye tohumlarının çimlenmesine etkileri olmamışken, radikula ve plumula gelişimini ise önemli düzeyde azaltmıştır.

2.2. Nikelin Bitkilerdeki Etkileriyle İlgili Çalışmalar

Akıncı ve Akıncı (2011) nikel toksisitesinin ıspanakta (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador) çimlenme ve erken fide gelişimine etkilerini belirlemişlerdir. Nikelin çimlenme aşamasında 0 (kontrol), 25, 50, 100, 200, 400 ve 800 mg/l ve erken fide aşamasında 0 (kontrol), 2,5, 5, 10, 20, 40 ve 80 mg/l konsantrasyonları kullanılmıştır. Nikel çimlenme, radikula-hipokotil gelişimi, radikula-hipokotil tolerans indeksi ve su içeriği için çimlenme aşamasında 25 mg/l ve erken fide aşamasında 2,5 mg/l dozunda uyarıcı, daha yüksek dozlarda engelleyici etkide bulunmuştur.

Duman ve Ozturk (2010) *Nasturtium officinale*'de nikelin farklı derişimlerinin (1-25 ppm) 1, 3, 5 ve 7 gün uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Nikelin akümülyasyonu ve translokasyonunun yanında bu metalin kök ve yaprakların biyomas ve protein miktarı ile enzimatik antioksidanlara etkileri belirlenmiştir. Nikel özellikle köklerde akümüle olmuştur. Düşük Ni derişimlerinde biyomas artarken, yüksek derişimlerde ise bu artışlara rastlanılmamıştır. 5-10 ppm'lik derişimlerde protein ve antioksidan enzim aktivitelerinde artışlar bulunmuştur. Bu derişimlerde *Nasturtium officinale* oksidatif strese direnç göstermiştir.

Gajewska ve Skłodowska (2009) 50 ve 100 µM Ni'nin buğday fidelerinde büyüme, glutamat, prolin ve nitrat birikimi ile nitrat redüktaz, glutamat dehidrojenaz, alanin aminotransferaz ve aspartat aminotransferaz aktiviteleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Uygulanan nikel derişimleriyle otsu gövdelerde nikel akümülyasyonlarında artışlar olmuş; bununla beraber organların büyümesinde azalmalar tespit edilmiştir. Dokularda nitrat derişimi azalırken, nikel stresinde amonyum miktarında artışlar belirlenmiştir. Çalışmanın ilk zamanlarında prolin miktarı önemli düzeyde artmıştır. Özellikle yüksek derişimde nitrat redüktaz aktivitesinde ciddi azalmalar olmuştur. Alanin aminotransferaz ve aspartat aminotransferaz aktiviteleri Ni uygulamasıyla birlikte stümüle olduğu bulunmuştur.

Kovacik vd. (2009) 10 gün Ni uygulamasının *Matricaria chamomilla*'nın metabolizmasındaki değişimlerini araştırmışlardır. Yüksek Ni dozları kök protein miktarında azalmaya neden olmuştur. Ayrıca, yüksek Ni derişimleri kök ve yapraklarda çözülebilir fenolik miktarlarını stümüle etmiştir. Malondialdehit derişimleri Ni stresinde değişmemiştir. Kökler yapraklardan 3.4-6.1 kat daha fazla Ni akümüle etmiş olması, bu bitkinin metali üst organlara taşımadığını (excluder) göstermektedir.

Hao vd. (2006) buğday fidelerinde Ni stresinde plazma membran NADPH oksidazın rollerini araştırmışlardır. Nikel uygulaması membran lipid peroksidasyonu, hidrojen peroksit içeriği, süperoksit radikal üretimi ve plazma membran NADPH oksidazın aktivitesinde artışa neden olmuştur.

Parida vd. (2003) *Trigonella corniculata*'nın büyümesi ve mineral kompozisyonu üzerinde nikelin derişimlerinin etkisini incelemişlerdir. Araştırmada 0-300 mg/kg derişimlerde nikel kullanılmıştır. Araştırma bulgularına, bitkinin büyüme ve gelişiminde 10 ile 20 mg/kg Ni uygulanan bitkilerde normal olduklarını belirtmişlerdir. Uygulanan derişimin 20 mg/kg'ın üzerine çıkması ile birlikte özellikle 40 mg/kg nikel dozundan itibaren genç yapraklarda demir eksikliğine benzer klorozların oluştuğunu, daha yüksek nikel seviyelerinde ise büyüme ve gelişmenin engellendiği bildirmişlerdir.

Baccouch vd. (1998) mısır fidelerini beş gün boyunca 250 µM Ni derişimlerine maruz bırakmışlar ve nikel stresinin fidelerdeki antioksidan parametrelerdeki etkilerini araştırmışlardır. İki gün muamele sonucunda membran lipid peroksidasyonunda artışlar belirlenmiştir. Guajakol peroksidaz aktivitesinde değişmeler belirlenmiş, süperoksit dismutaz aktivitesi ise uygulamanın ilk zamanlarında stimüle olmuştur. Daha sonra glutatyon redüktaz ve askorbat peroksidaz aktivitelerinde de artışlar belirlenmiştir.

2.3. Krom ve Nikel Uygulamasının Bitkilerdeki Etkileriyle İlgili Çalışmalar

Kırbağ Zengin (2006), fasulye fidelerinin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine nikel ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ve krom ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)'un etkileri araştırılmıştır. Çalışmada bir haftalık fasulye fideleri kullanılmıştır. Her iki metalinde klor tuzu kullanılmıştır. Nikelin stok solüsyonundan ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0,5, 0,7, 1,0 mM ve kromun stok solüsyonundan ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ise 0,5, 0,7, 1,0 mM konsantrasyonları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre her iki ağır metalin de fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellediği tespit edilmiştir. Bu ağır metallerin konsantrasyonlarındaki artış ile kök, gövde ve yaprak büyümesinin inhibisyon oranı arasında bir paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Fidelerin ağır metale maruz kalma süresinin uzaması kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalmanın daha fazla olmasına yol açmıştır. Ayrıca kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalışın ağır metalin çeşidi ve konsantrasyonu ile ilişkili olduğu görülmüştür. Nikel ve krom stresine kök büyümesinin daha duyarlı olduğu, bunu gövde ve yaprak büyümesinin takip ettiği belirlenmiştir. Bu iki ağır metalden nikelin kroma göre daha toksik olduğu tespit edilmiştir.

Rout vd. (2000), çim bitkisinin nikel ve krom metallerine karşı etkisini belirlemek için bir çalışma yapmıştır. Araştırmacılar Cr ve Ni metallerinin iki ayrı derişimini (1,25 ve 2,5 mg/L) ve etkileşimini (1,25 mg/L Cr + 1,25 mg/L Ni) kullanmışlardır. Sonuçlara göre, Ni ve Cr'li şartlarda metal içermeyen ortama kıyasla tohum çimlenmesi ve bitki büyümesinin daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali

Araştırmada kullanılan ekmeclik buğday çeşitlerinden *Triticum aestivum* L. cv. Basribey-95 ve *T. aestivum* L. cv. Guadalupe çeşitlerinin tohumları Tarım Bakanlığı, Gaziantep İl Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çalışmalar başlayana kadar tohumlar +4 °C’de muhafaza edilmişlerdir.

3.1.2. Araştırmada Kullanılan Uygulama Kimyasalları

Araştırmada test kimyasalları olarak NiCl₂ (Merck) ve K₂Cr₂O₇ (Riedel-de Haen) kullanılmıştır. Bu kimyasallar Cr ve Ni’nin 25, 50 ve 100 µM’lık Cr ve Ni çözeltileri hazırlanmıştır. Araştırmamızdaki analizlerde kullanılan diğer kimyasalların da analitik kalitede olmasına özen gösterilmiştir.

3.2. Metod

3.2.1. Deney Ortamı ve Uygulama

Çimlenme deneylerine başlanılmadan önce, tohumlar %5’lik sodyumhipoklorit’te 15 dakika bekletilmiştir. Tohumlar sonra üçer defa distile sudan geçirilerek yüzeylerindeki hipokloritten arındırılmıştır. Araştırmamız petri kaplarında (120 mm) yürütülmüştür. Deney başlamadan önce petri kapları steril edilmiştir. Petri kaplarının altına iki kat kaba filtre kağıdı yerleştirilmiştir. Dört tekrarlı olarak, her petri kabına 20 tohum gelecek şekilde deney düzeneği oluşturulmuştur. Tohumlar Cr, Ni ve Cr+Ni’nin 25, 50 ve 100 µM’lık derişimleri ile (~10 mL) sulanmıştır. Kontrol grubu için saf su kullanılmıştır. Günlük olarak petri kapları kontrol edilmiş, gerekli olduğu durumlarda kendi test çözeltileri ile sulanmışlardır. Petri kaplarındaki buğday

tohumları fotoperiyot uygulamadan 24 ± 1 °C’de inkübe edilmiştir. Ayrıca günlük olarak çimlenmeler gözlemlenerek kaydedilmiştir.

3.2.2. Ölçümler

Yedinci günün sonunda, buğday çeşitlerinin otsu gövde ve kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.3. Çimlenme Testleri

Deney başlangıcından sonuna kadar günlük çimlenmeler gözlemlenmiştir. Uygulama periyodu sonunda buğday çeşitlerinin final çimlenme yüzdeleri hesaplanmıştır.

3.2.4. Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi

Buğday çeşitlerinin kök ve otsu gövdelerinin lipid peroksidasyon düzeyleri Zhou (2001)’e göre belirlenmiştir. Taze bitki dokuları %10’luk TCA’da havan kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenizat 10000 devir/dakika’da 20 dakika santrifüj edilmiştir. Sonra 2 ml homojenizattan alınmış, 2 ml tiyobarbutirik asit eklenerek 95°C’de 30 dakika bekletilmiştir. Bu bekleme süresi sonunda örnekler şok soğutma uygulamasına tabi tutulmuştur. Tekrar 10000 devir/dakika’da 20 dakika santrifüjden sonra 532, 600 ve 450 nm’de spektrofotometrede okunmuştur.

3.2.5. Protein Analizi

Buğday çeşitlerinin protein analizi Lowry vd. (1951)’nin saptadıkları yöntemine göre yapılmıştır. 0,5 gram taze materyal 5 ml 0.1 M fosfor tamponunda (pH 7) homojenize edildikten sonra 12000 devir/dakika’da 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanttan 0,3 ml alınmış, üzerine 3 ml alkali çözelti ilave edilip 15 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sonra 0,3 ml Folin-Ciocalteu ayırıcı eklenerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve 750 nm’de okunmuştur. Aynı işlem 0,3 ml distile su kullanılarak tank için de uygulanmıştır. Standart olarak bovin serum albumin (BSA) kullanılmıştır.

3.2.6. Prolin Tayini

Bitki kök ve otsu gövdelerinin prolin miktarları Bates vd. (1973)'nin saptadıkları yöntemle göre belirlenmiştir. Taze bitki materyali tartılmış ve % 3'lük 5 ml sülfosalisilik asit kullanılarak havanda homojenize edilmiştir. Homojenizat 5000 devir/dakika'da 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatantın 2 ml'si 2 ml asit-ninhidrin ve 2 ml glasiyel asetik asitle test tüpünde karıştırılmıştır. Bu karışım 100 °C'de 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda tüpler alınarak buz içerisine sokulmuş ve reaksiyon sonlandırılmıştır. Reaksiyon karışımı 4 ml toluen ile ekstrakte edilmiş ve 15-20 saniye tüp karıştırıcıda çalkalanmıştır. Toluene içeren renkli sıvı oda sıcaklığında bekletilmiş ve 520 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Cintra 202) okunmuştur. Standart olarak *L*-Prolin kullanılmıştır.

3.2.7. Histokimyasal Analizler

Histokimyasal analizlerde kullanılacak buğday kökleri birkaç dakika 0.5 mM CaCl₂'de (pH 4.5) yıkanmıştır. Beklenmeden kurutma kağıdında kurulandıktan sonra uygulamalar yapılmıştır. Lipid peroksidasyonun histokimyasal olarak belirlenmesi: Kökler Schiff's reagentinde 60 dakika bekletilmiştir. Daha sonra boyanan kökler 0.05 M HCl'de hazırlanmış % 5'lik K₂S₂O₅'de köklerdeki renk kırmızı olana kadar durulanmıştır. Daha sonra yeterince saf su ile yıkandıktan sonra fotoğrafları çekilmiştir (Pompella vd., 1987). Boyamalardan sonra buğday köklerinin fotoğrafları CANON EOS 5D marka fotoğraf makinesi kullanılarak çekilmiştir.

3.2.8. Buğdayların Kök ve Otsu Gövdelerinin Cr ve Ni Derişimleri

Kurutularak öğütülmüş örnekler tartılıp 50 mL'lik erlene konmuştur. Üzerine 10 mL konsantre HNO₃ ilave edilmiştir. Erlenler daha sonra ısıyı ayarlanabilen ısıtıcı tabla üzerinde düşük ısıda renkli buharlar kayboluncaya kadar yavaş yavaş ısıtılmıştır. Daha sonra ısı biraz yükseltilmiştir. Erlenlerin üzerindeki balonlar alınmıştır. Tortu kalıncaya kadar yavaş yavaş buharlaştırılmıştır. Erlenlere 10 ml HCl ilave edilerek aynı işlem yenilenmiştir. Örneklerin tümü buharlaştıktan ve dipteki tortu kuruduktan sonra erlene konan örnek için 1 M'lik HCl ile sulandırılmıştır. Sulandırılan örneklerdeki Pb derişimleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Perkin Emler AA400) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.9. İstatistiksel Analiz

Araştırma bulgularının istatistiksel analizi SPSS (SPSS 11.0 for Windows) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Hangi grubun ya da grupların farklı olduğunu belirlemek amacıyla One-Way ANOVA LSD testi uygulanmıştır.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Buğday Çeşitlerindeki Metal Miktarları

Farklı metal derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinin kök ve otsu gövdelerinin Cr ve Ni birikimleri, metallerin standartları ile absorbanlarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır.

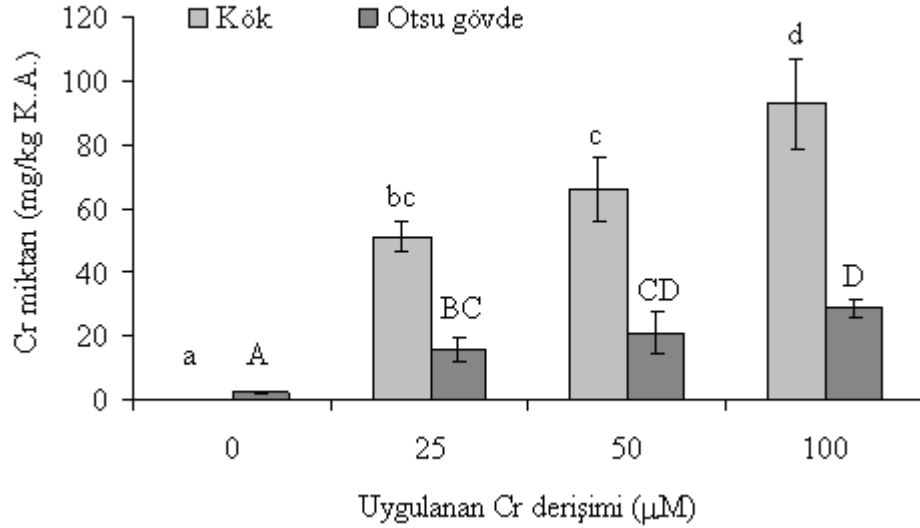
4.1.1. Kök ve Otsu Gövdelerin Krom Miktarları

Bulgularımıza göre, farklı Cr derişimlerinin etkisindeki Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerin Cr derişimleri uygulanan metal derişimiyle birlikte artmıştır (Şekil 4.1). Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 μM 'lık derişimlerinde, kök dokularının Cr derişimleri sırasıyla 51,4, 66,4 ve 92,9 mg/kg K.A. olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde, 25, 50 ve 100 μM 'lık Cr derişimlerinin etkisinde Basribey-95'in otsu gövdelerinin Cr derişimleri de sırasıyla 15,6, 20,7 ve 28,5 mg/kg K.A. olduğu bulunmuştur.

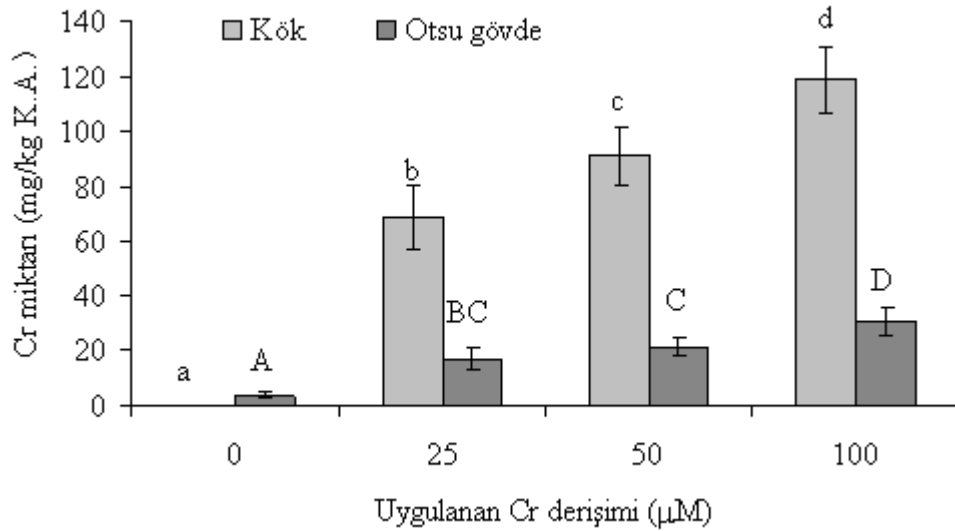
Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerin Cr derişimleri de uygulanan metal derişimiyle birlikte artmıştır (Şekil 4.2). Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 μM 'lık derişimlerinde, kök dokularının Cr derişimleri sırasıyla 68,8, 91,2 ve 118,9 mg/kg K.A. olduğu belirlenmiştir. Benzer biçimde, 25, 50 ve 100 μM 'lık Cr derişimlerinin etkisinde Basribey-95'in otsu gövdelerinin Cr derişimleri de sırasıyla 16,8, 21,4 ve 30,6 mg/kg K.A. olduğu bulunmuştur.

Krom ve nikelin 25, 50 ve 100 μM 'lık derişimlerinin kombine Basribey-95 ve Guadalupe'nin etkilerinde de kök ve otsu gövdelerin Cr derişimlerinde artışlar olmuştur (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Bu artışların yalnız Cr uygulamalarına göre genelde düşük olduğu bulunmuştur. Basribey-95'in Cr+Ni kombine uygulamasında en yüksek Cr derişimleri kök ve otsu gövde için 100 μM 'lık kombine uygulamada ve sırasıyla 79,5 ve 30,1 mg/kg K.A. olarak hesaplanmıştır. Guadalupe'nin Cr+Ni

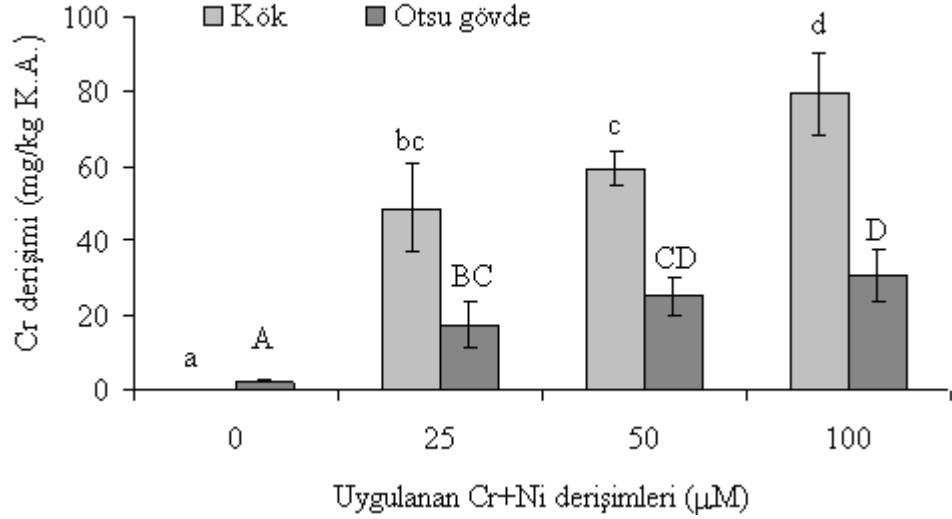
kombine uygulamasında da en yüksek Cr derişimleri yine kök ve otsu gövde için 100 μM 'lık kombine uygulamada ve sırasıyla 84,9 ve 36.4 mg/kg K.A. olarak hesaplanmıştır.



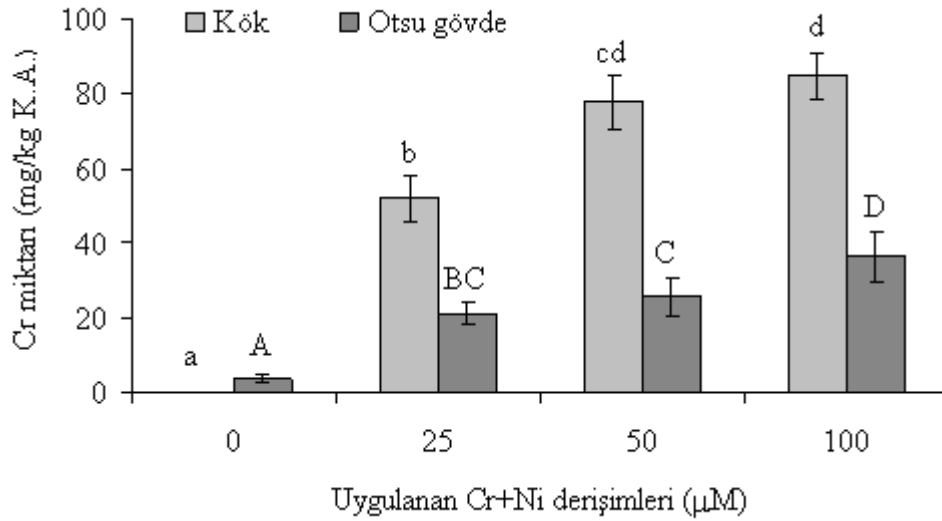
Şekil 4.1. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



Şekil 4.2. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



Şekil 4.3. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



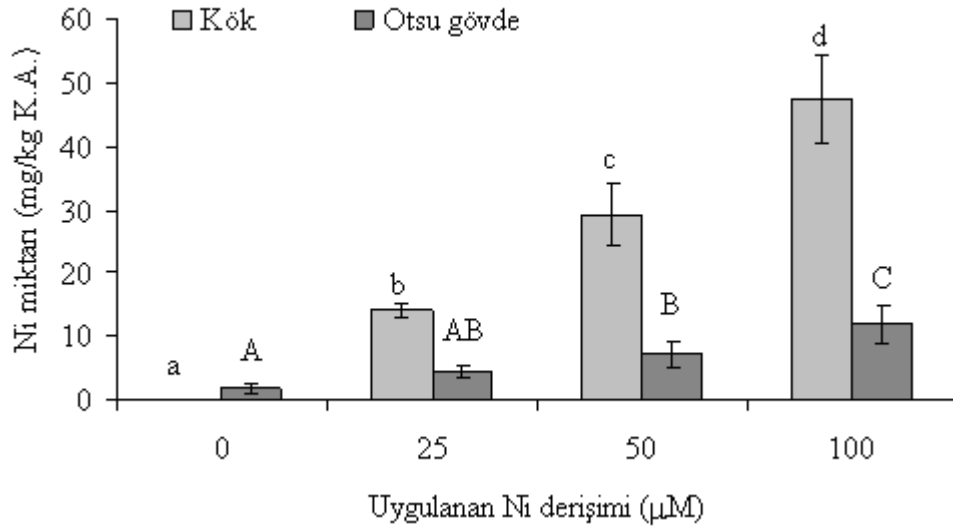
Şekil 4.4. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Cr miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.1.2. Kök ve Otsu Gövdelerin Nikel Miktarları

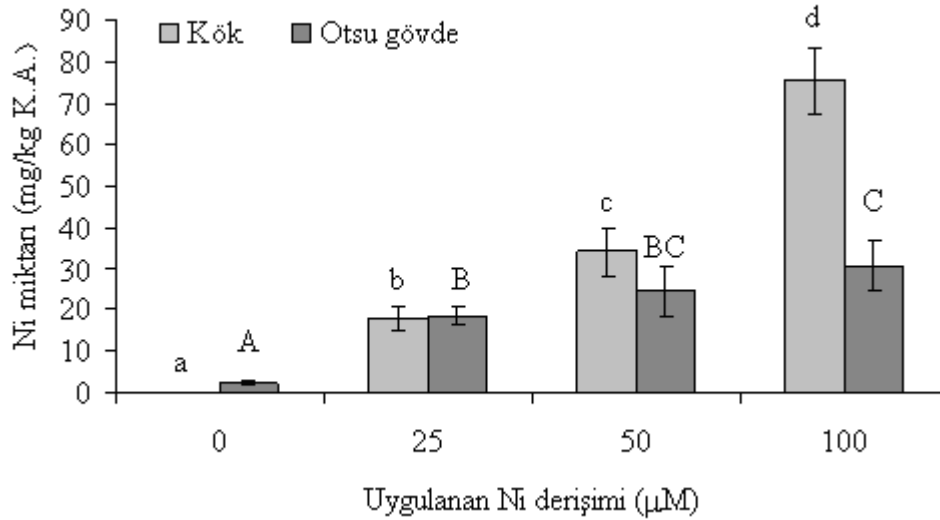
Araştırma bulgularımıza göre, farklı Ni derişimlerinin etkisindeki Basribey-95'in kök ve otsu gövde dokularının Ni derişimleri uygulanan metal derişimiyle birlikte artmıştır (Şekil 4.5). Nikel uygulamasının 25, 50 ve 100 μM 'lık derişimlerinde, kök dokularının nikel derişimleri sırasıyla 14,0, 29,2 ve 47,4 mg/kg K.A. olduğu belirlenmiştir. Kök dokularına kıyasla, oldukça düşük derişimlerde otsu gövdelerde Ni biriktiği belirlenmiştir.

Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerin Ni derişimleri de uygulanan metal derişimiyle birlikte artmıştır (Şekil 4.6). Ni uygulamasının 25, 50 ve 100 μM 'lık derişimlerinde, kök dokularının Ni derişimleri sırasıyla 17,8, 34,1 ve 75,5 mg/kg K.A. olduğu belirlenmiştir. Basribey-95'de olduğu gibi, otsu gövdeler köklere nazaran daha düşük derişimlerde Ni biriktirdikleri belirlenmiştir.

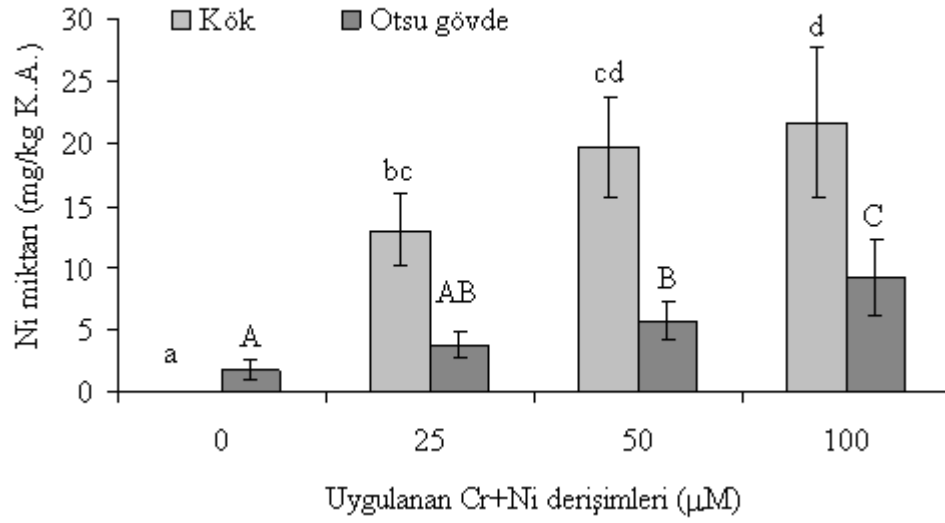
Krom ve nikelin 25, 50 ve 100 μM 'lık derişimlerinin kombine Basribey-95 ve Guadalupe'nin etkilerinde de kök ve otsu gövdelerin Ni derişimlerinde artışlar olmuştur (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Bu artışların kombine metal uygulamasında Cr için elde edilen bulgulara benzer biçimde, yalnız Ni uygulamalarında da düşük olduğu bulunmuştur. Basribey-95'in Cr+Ni kombine uygulamasında en yüksek Ni derişimleri kök ve otsu gövde için 100 μM 'lık kombine uygulamada ve sırasıyla 21,7 ve 9,4 mg/kg K.A. olarak hesaplanmıştır. Guadalupe'nin Cr+Ni kombine uygulamasında da en yüksek Ni derişimleri yine kök ve otsu gövde için 100 μM 'lık kombine uygulamada ve sırasıyla 49,3 ve 33,2 mg/kg K.A. olarak hesaplanmıştır.



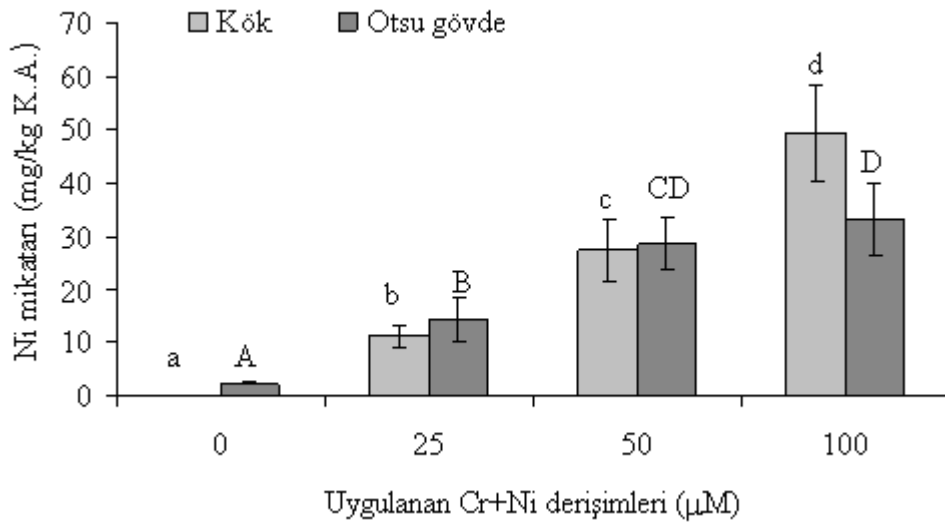
Şekil 4.5. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



Şekil 4.6. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



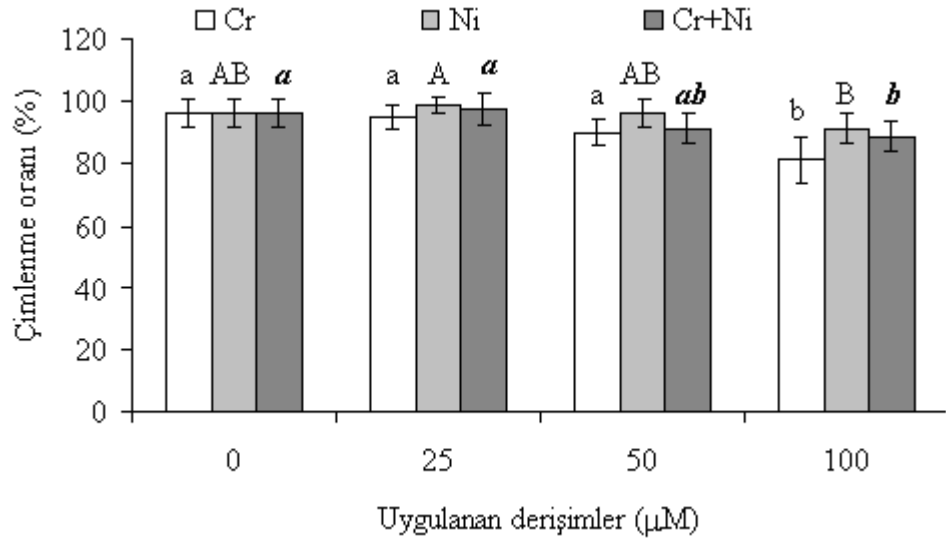
Şekil 4.7. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



Şekil 4.8. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin Ni miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

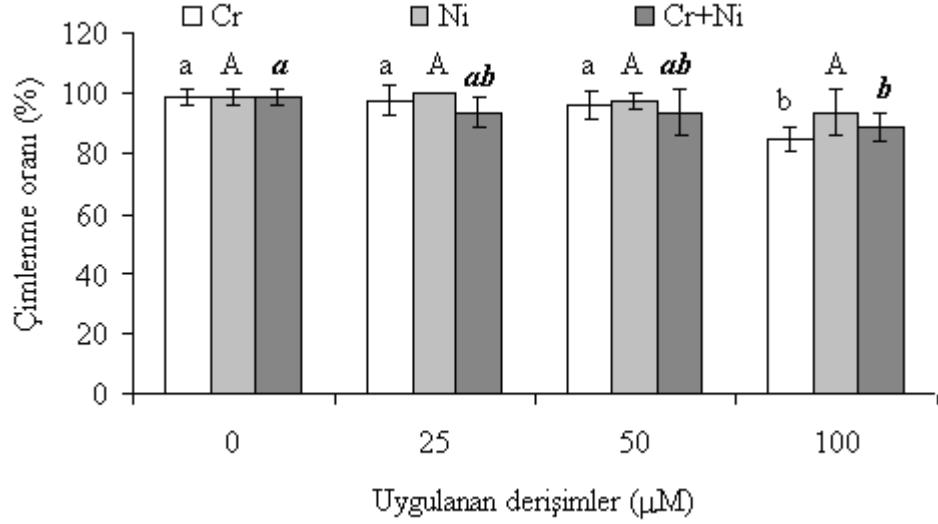
4.2. Krom, Nikel ve Bunların Kombinasyonlarının Çimlenmeye Etkileri

Krom, nikel ve bunların kombinasyonlarının Basribey-95 tohumlarının çimlenmesine etkileri Şekil 4.9'da verilmiştir. Bu çeşidin tohumlarının en yüksek çimlenme yüzdeleri kontrolde bulunmuştur. Her üç uygulama da genel olarak Basribey-95'in tohumlarının çimlenmesinde azalmaya neden olmuştur. En düşük final çimlenme yüzdeleri 100 μM 'lık derişimlerde ve kombinasyonda bulunmuştur. 100 μM Cr, Ni ve 100 μM Cr+Ni kombinasyonundaki final çimlenme oranları sırasıyla %81,21, %91,25 ve %88,75 olarak hesaplanmıştır ($p<0.05$).



Şekil 4.9. Farklı Cr, Ni ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in final çimlenme oranları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Krom, nikel ve bunların kombinasyonlarının Guadalupe tohumlarının çimlenmesine etkileri Şekil 4.10'da verilmiştir. Bu çeşidin tohumlarının en yüksek çimlenme yüzdeleri de kontrolde bulunmuştur. Nikel uygulamasının tohum çimlenmesine etkisi olmamıştır ($p>0,05$). Yine aynı şekilde, en düşük final çimlenme yüzdeleri 100 μM 'lık derişimlerde ve kombinasyonda bulunmuştur. 100 μM Cr, Ni ve 100 μM Cr+Ni kombinasyonundaki final çimlenme oranları sırasıyla %85,0 ($p<0.05$) %93,75 ($p>0.05$) ve %88,75 ($p<0.05$) olarak hesaplanmıştır.



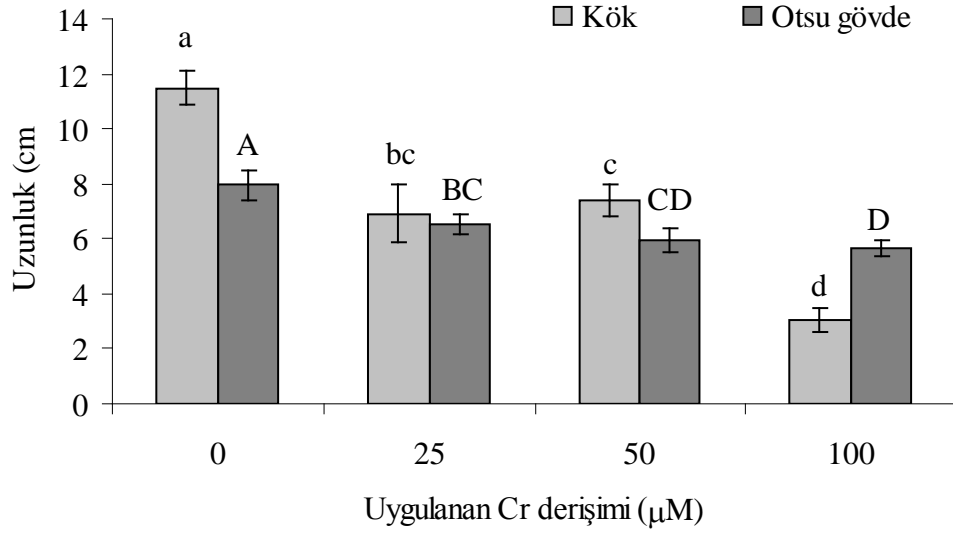
Şekil 4.10. Farklı Cr, Ni ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin final çimlenme oranları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.3. Krom, Nikel ve Bunların Kombinasyonlarının Büyümeye Etkileri

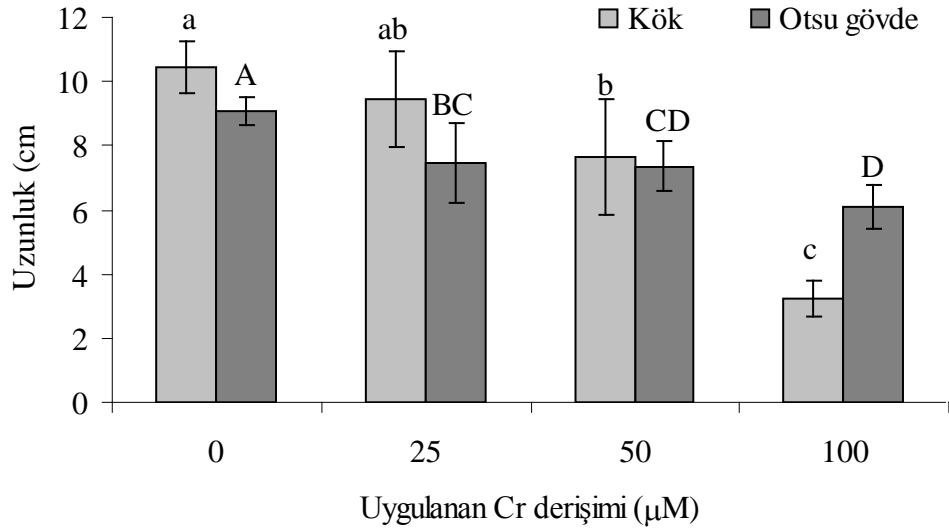
4.3.1. Büyümesine Etkileri

4.3.1.1. Kromun Kök ve Otsu Gövde Büyümesine Etkileri

Basribey-95 ve Guadalupe fidelerinin Cr etkisindeki kök ve otsu gövde uzunlukları sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Uygulanan Cr derişimleri her iki ekmeklik buğday çeşidinin fidelerinde kök ve otsu gövde gelişimini olumsuz şekilde etkilemiştir. En yüksek kök ve otsu gövde uzunlukları kontrol bitkilerde belirlenmiştir. En düşük uzunluklar ise en yüksek derişimde elde edilmiştir. Buna göre, Basribey-95 ve Guadalupe'nin köklerinin 100 µM Cr etkisindeki uzunlukları sırasıyla 3,03 ve 3,25 cm olarak ölçülmüştür ($p < 0,05$). Benzer olarak, Basribey-95 ve Guadalupe'nin otsu gövdelerinin 100 µM Cr etkisindeki uzunlukları ise sırasıyla 5,68 ve 6,10 cm olarak ölçülmüştür ($p < 0,05$).



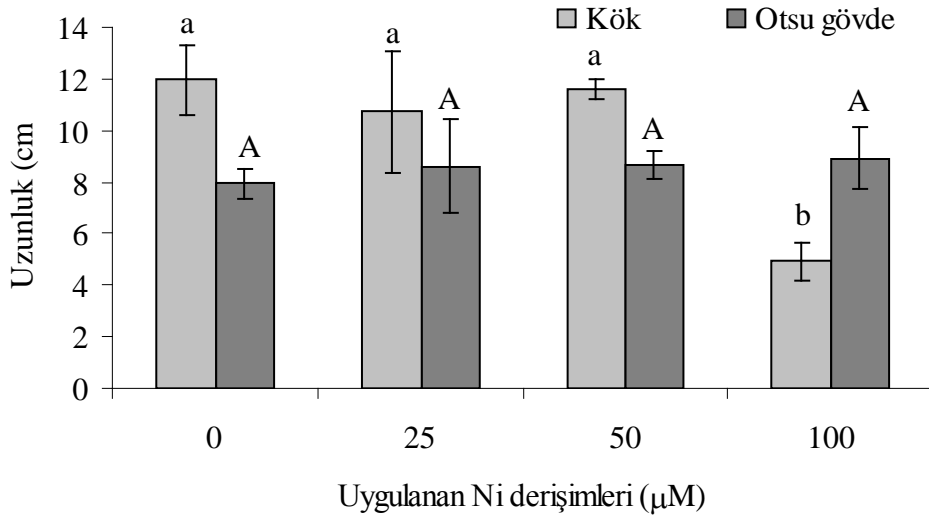
Şekil 4.11. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövde uzunlukları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



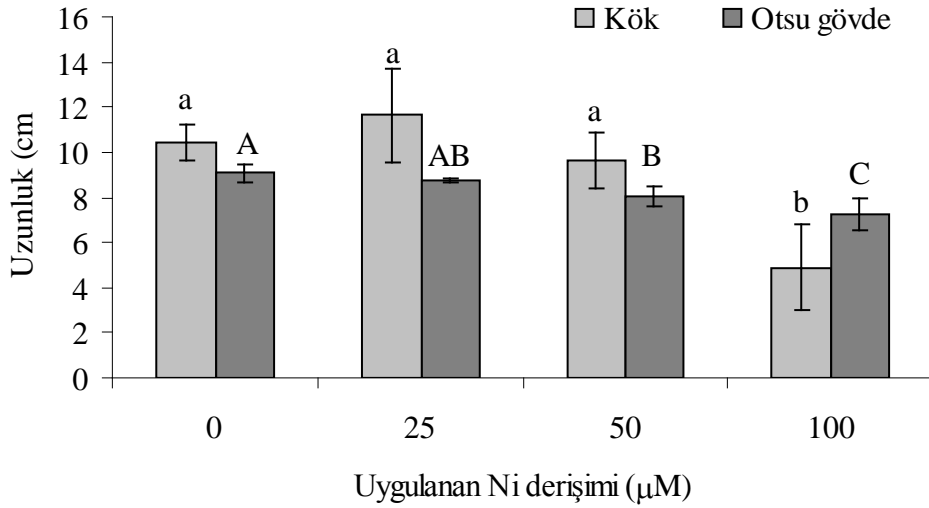
Şekil 4.12. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövde uzunlukları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.3.1.2. Nikelin Kök ve Otsu Gövde Büyümesine Etkileri

Basribey-95 ve Guadalupe fidelerinin Ni etkisindeki kök ve otsu gövde uzunlukları sırasıyla Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de verilmiştir. Uygulanan Cr derişimlerine kıyasla, Ni derişimleri her iki ekmeklik buğday çeşidinin fidelerinde kök ve otsu gövde gelişimini daha az olumsuz şekilde etkilemiştir. Basribey-95 ve Guadalupe’nin köklerinin 100 µM Ni etkisindeki uzunlukları sırasıyla 4,93 ve 4,88 cm olarak ölçülmüştür ($p<0,05$). Ayrıca, Basribey-95 ve Guadaolope’nin otsu gövdelerinin 100 µM Ni etkisindeki uzunlukları ise sırasıyla 8,93 cm ($p>0,05$) ve 7,25 cm ($p<0,05$) olarak ölçülmüştür.



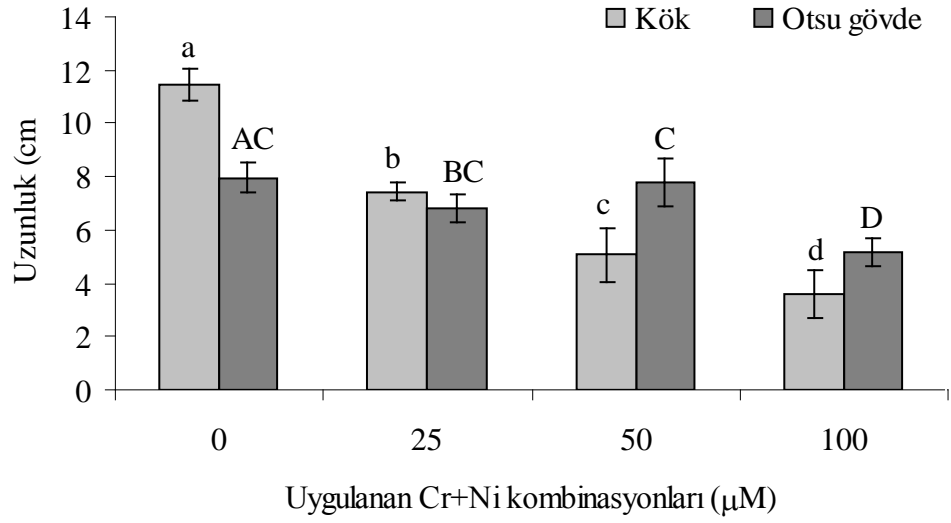
Şekil 4.13. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95’in kök ve otsu gövde uzunlukları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



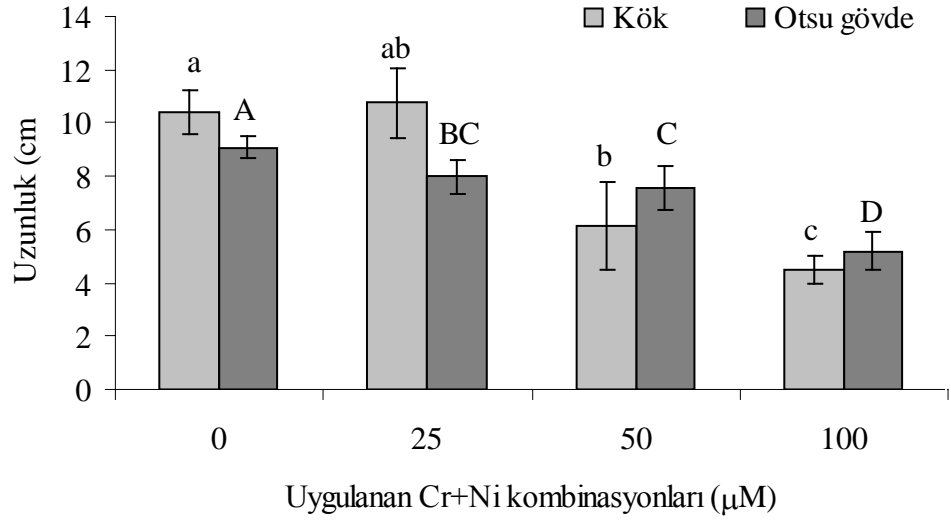
Şekil 4.14. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövde uzunlukları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.3.1.3. Krom ve Nikel Kombinasyonlarının Kök ve Otsu Gövde Büyümesine Etkileri

Basribey-95 ve Guadalupe fidelerinin Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki kök ve otsu gövde uzunlukları sırasıyla Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'de verilmiştir. Uygulanan Cr+Ni kombinasyonları da her iki ekmeklik buğday çeşidinin fidelerinde kök ve otsu gövde gelişimi üzerinde olumsuz etkiler göstermiştir. Kombine metal uygulamaları kök ve otsu gövde gelişimi üzerinde olumsuz etkiler göstermiştir. Kombinasyonun derişimi arttıkça bu etkiler de artmıştır. Buna göre, Basribey-95 ve Guadalupe'nin 100 µM Cr + 100 µM Ni kombinasyonunun etkisindeki köklerinin uzunlukları sırasıyla 3,6 ve 4,5 cm olarak ölçülmüştür ($p < 0,05$). Yine aynı şekilde, Basribey-95 ve Guadalupe'nin otsu gövdelerinin 100 µM Cr + 100 µM Ni etkisindeki uzunlukları da sırasıyla 5,18 ve 5,12 cm olarak ölçülmüştür ($p < 0,05$).



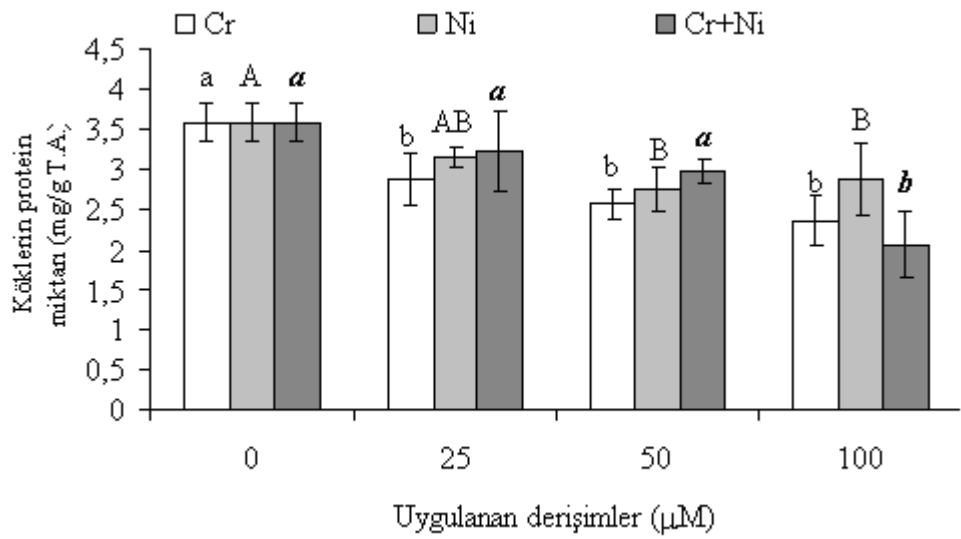
Şekil 4.15. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in kök ve otsu gövde uzunlukları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



Şekil 4.16. Farklı Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin kök ve otsu gövde uzunlukları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

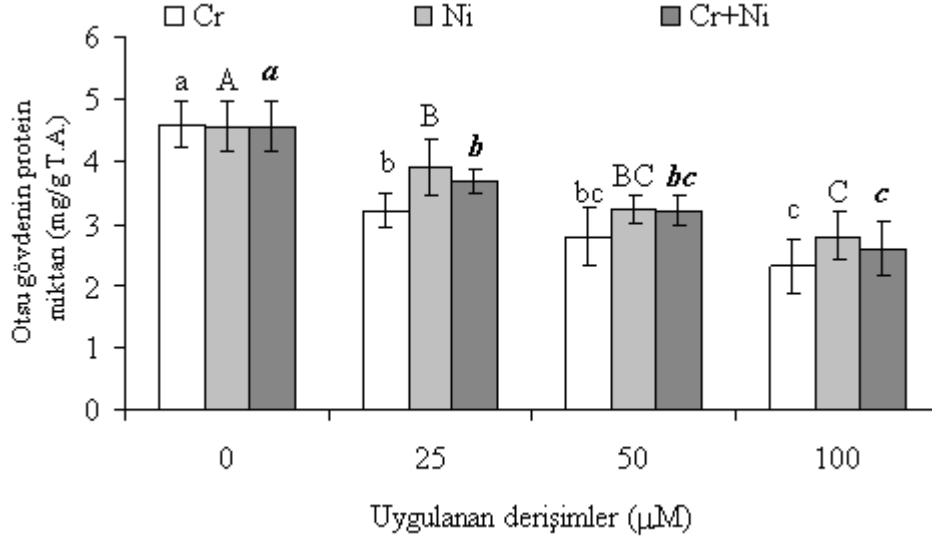
4.4. Protein Miktarlarına Etkileri

Basribey-95'in kök ve otsu gövdelerinin protein miktarları sırasıyla Şekil 4.17. ve Şekil 4.22'de verilmiştir. Protein miktarları uygulanan metal derişimleri ve bunların kombinasyonlarının etkisinde azaldığı belirlenmiştir. Köklerin protein miktarları 25 μM Ni ve Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki azalmaları kontrole göre önemsiz olmuştur ($p>0,05$). Basribey-95'in köklerinin en düşük protein içeriği genel olarak en yüksek derişimlerin bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.17. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in köklerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

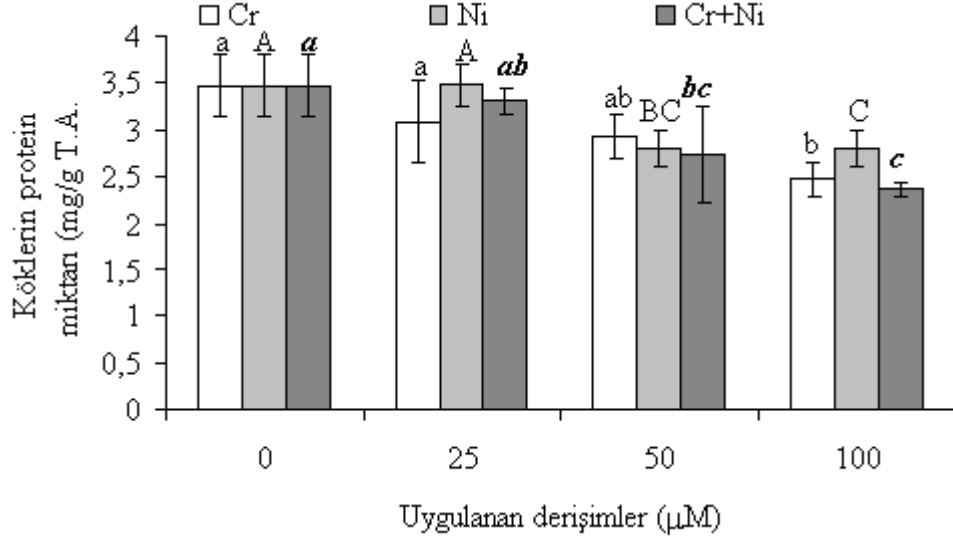
Basribey 95'in gövdelerinin protein miktarları da metal uygulamalarının etkisinde azalmıştır. Bu azalmalar kontrole göre tüm derişimlerde önemli olmuştur ($p<0,05$). 25, 50 ve 100 μM Cr etkisinde Basribey-95'in gövdelerinin protein miktarları sırasıyla %30, %39,1 ve %49,6 düzeyinde azalmıştır. 25, 50 ve 100 μM Ni etkisinde gövdelerin protein miktarları sırasıyla %14,2, %29,1 ve %38,5 düzeylerinde azalmıştır. Aynı derişimlerin kombinasyonlarının etkisinde ise sırasıyla %19, %29,5 ve %43,1 düzeylerinde azalmıştır.



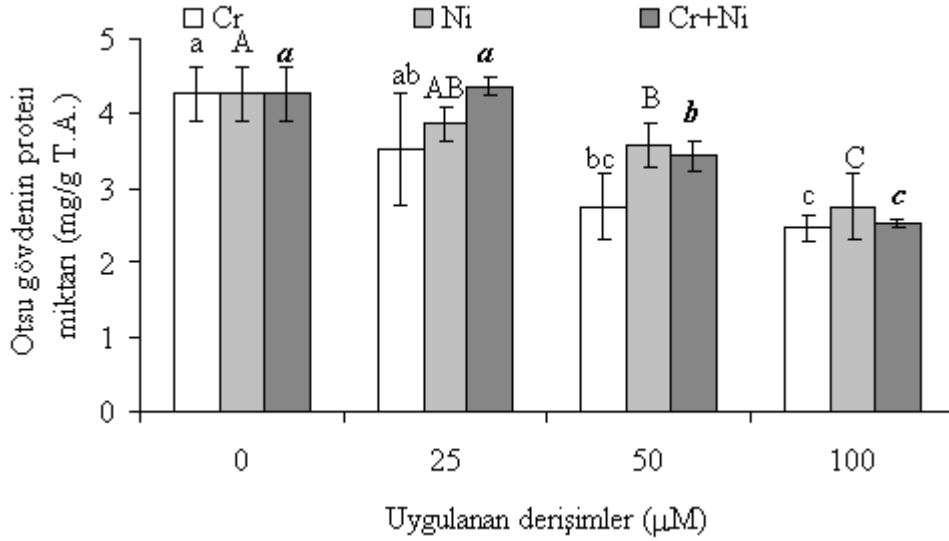
Şekil 4.18. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in otsu gövdelerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarin ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Cr, Ni ve Cr+Ni etkisindeki Guadalupe'nin köklerinin protein miktarları Şekil 4.19'da verilmiştir. Köklerin protein miktarları metal uygulamalarının etkisinde azalmıştır. Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 µM etkisinde köklerin protein miktarları sırasıyla %11,2, %15,6 ve %28,8 düzeyinde azalmıştır. Nikelin 25, 50 ve 100 µM etkisinde gövdelerin protein miktarları sırasıyla %0,9, %19,3 ve %19,3 düzeylerinde azalmıştır. Krom+nikel kombinasyonlarının etkisinde ise sırasıyla %4,9 %21,3 ve %32 düzeylerinde azalmıştır.

Cr, Ni ve Cr+Ni etkisindeki Guadalupe'nin otsu gövdelerinin protein miktarları Şekil 4.20'de verilmiştir. Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 µM etkisinde köklerin protein miktarları sırasıyla %17,6, %35,6 ve %42,2 düzeyinde azalmıştır. Nikelin 25, 50 ve 100 µM etkisinde gövdelerin protein miktarları sırasıyla %9,4, %16,2 ve %35,6 düzeylerinde azalmıştır. Krom+nikel kombinasyonlarının etkisindeki gövdelerin protein miktarı 25 µM'lık derişimde önemsiz artmışken, 50 ve 100 µM'lık derişimlerde ise önemli azalmalar olmuştur.



Şekil 4.19. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin köklerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

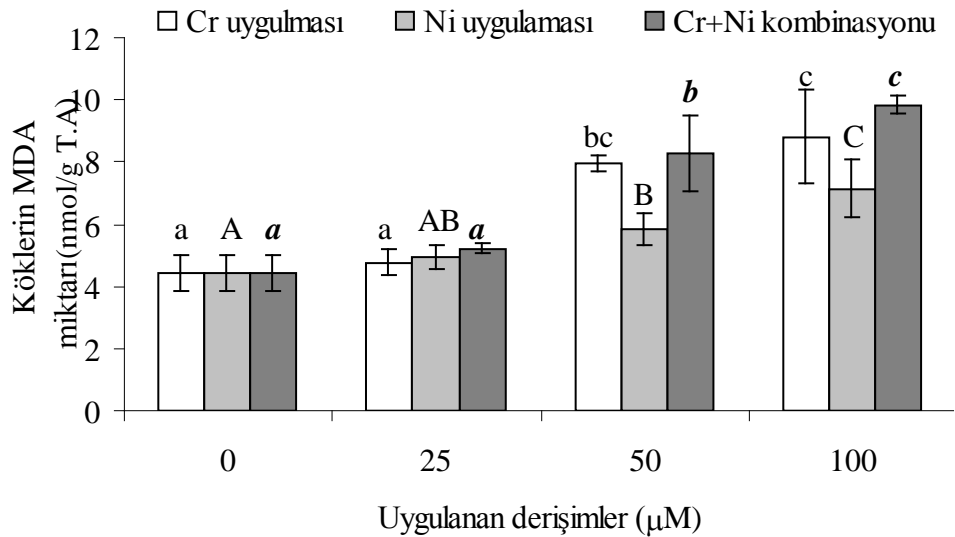


Şekil 4.20. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin otsu gövdelerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.5. Lipid Peroksidasyonu

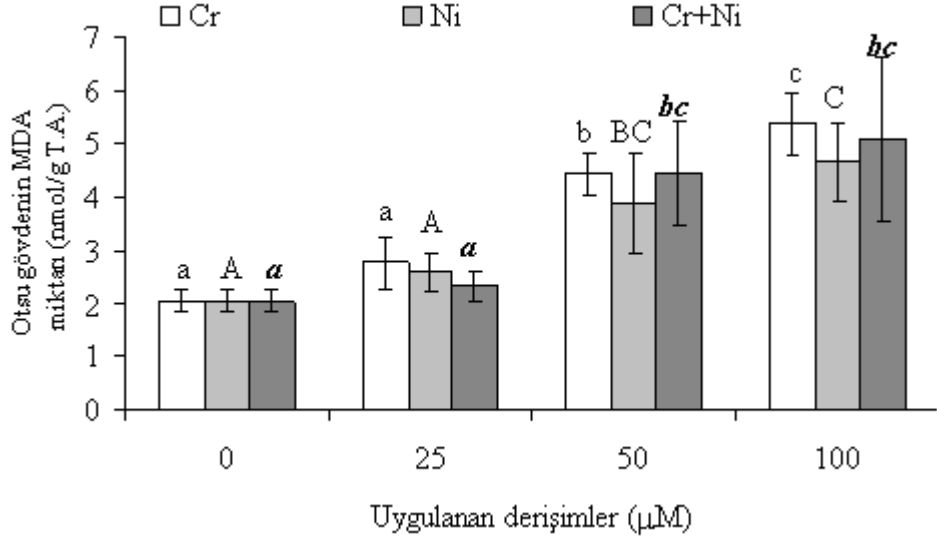
4.5.1. MDA Miktarları

Basribey 95'in köklerinin MDA miktarları metal uygulamalarının etkisinde genelde artışlar göstermiştir. 25 μM metal derişimlerinin ve kombinasyonlarının etkisindeki köklerin MDA değişimleri kontrole göre anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Şekil 4.21). 50 ve 100 μM Cr etkisinde Basribey-95'in köklerinin MDA miktarları sırasıyla %80,5 ve %100 düzeyinde artmıştır. 50 ve 100 μM Ni etkisinde köklerinin MDA miktarları miktarları sırasıyla %32,4 ve %61,9 düzeylerinde artmıştır. Aynı derişimlerin kombinasyonlarının etkisinde ise sırasıyla %87,5 ve %123,1 düzeylerinde artmıştır.



Şekil 4.21. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in köklerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

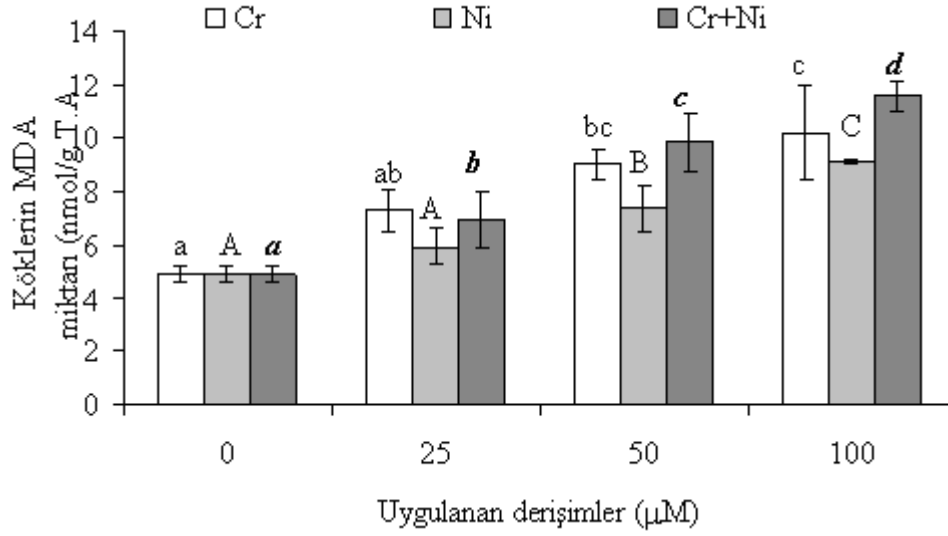
Cr, Ni ve Cr+Ni etkisindeki Basribey-95'in otsu gövdelerinin MDA miktarları Şekil 4.22'de verilmiştir. Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 μM etkisinde gövdelerin MDA miktarları sırasıyla %37,3 %117,7 ve %163,7 düzeyinde artmıştır. Nikelin 25, 50 ve 100 μM etkisinde gövdelerin protein miktarları sırasıyla %27, %91,2 ve %138,4 düzeylerinde artmıştır. Krom+nikel kombinasyonlarının etkisindeki gövdelerin protein miktarı 25 μM 'lık derişimde önemsiz artmışken, 50 ve 100 μM 'lık derişimlerde kontrole göre sırasıyla %117,7 ve %149 ise önemli artmıştır.



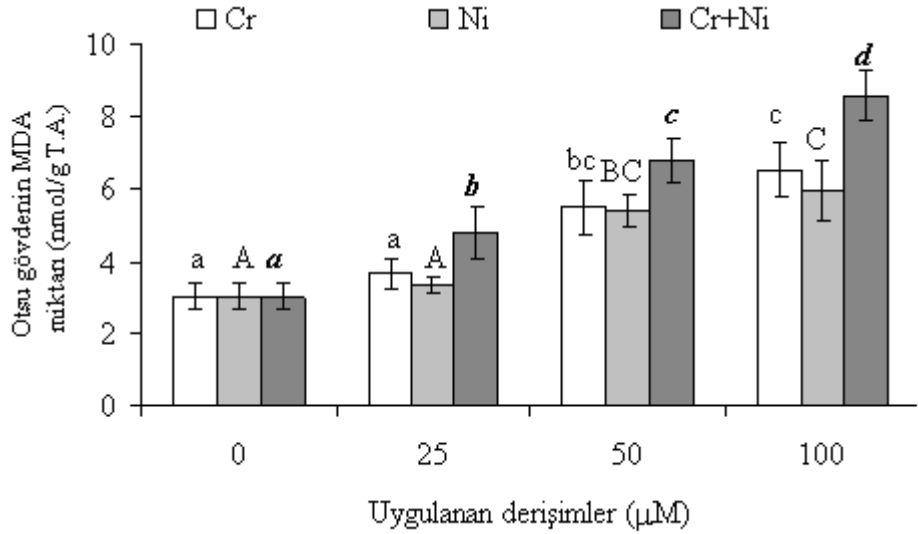
Şekil 4.22. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in otsu gövdelerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Metallerin etkisinde test edilen Guadalupenin'in köklerinin MDA miktarları Şekil 4.23'de verilmiştir. MDA miktarları uygulanan metal derişimleri ve bunların kombinasyonlarının etkisinde arttığı belirlenmiştir. 25 µM Cr ve Ni etkisinde bu artışlar önemsiz olmuştur ($p > 0,05$). Tüm derişim ve kombinasyonlar dikkate alındığında en yüksek artışların 100 µM'lık derişimlerde ve kontrole göre önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Cr, Ni ve Cr+Ni etkisindeki Guadalupe'nin otsu gövdelerinin MDA miktarları Şekil 4.24'de verilmiştir. Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 µM etkisinde köklerin protein miktarları sırasıyla %21, %83,3 ve %116,7 düzeyinde artışlar olmuştur. Nikelin 25, 50 ve 100 µM etkisinde gövdelerin protein miktarları sırasıyla %10,3, %80,3 ve %98,7 düzeylerinde artmıştır. 25, 50 ve 100 µM'lık krom+nikel kombinasyonlarının etkisindeki sırasıyla %60,3, %126,7 ve %186,7 düzeylerinde artışlar belirlenmiştir.



Şekil 4.23. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin köklerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



Şekil 4.24. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin otsu gövdelerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.5.2. Lipid Peroksidasyonunun Histokimyasal Olarak Belirlenmesi

Şekil 4.25-30'de Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamaları sonunda, boyanan köklerin durumu verilmiştir. Bunlara göre, Basribey-95'e uygulanan metaller ve kombinasyonlar dikkate alındığında 100 µM Cr derişimi ile Cr+Ni kombinasyonunun 50 ve 100 µM'lık derişimlerindeki köklerde boyanmaların olduğu belirlenmiştir. Guadalupenin kökleri dikkate alındığında ise sadece 100 µM Cr ve Cr+Ni kombinasyonunun 100 µM'lık derişimlerindeki köklerde boyanmaların olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre, boyanmalar uygulamaların bitki köklerinde lipid peroksidasyonuna neden olduğunun en açık kanıtı olarak sunulabileceğini göstermiştir.



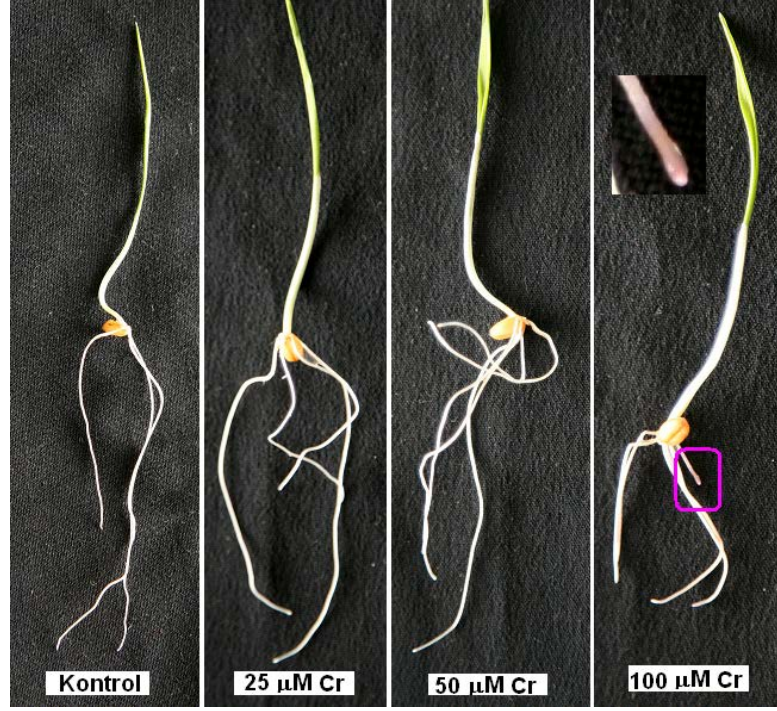
Şekil 4.25. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



Şekil 4.26. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in köklerdeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



Şekil 4.27. Farklı Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in köklerdeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



Şekil 4.28. Farklı Cr derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin köklerdeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



Şekil 4.29. Farklı Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin köklerdeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



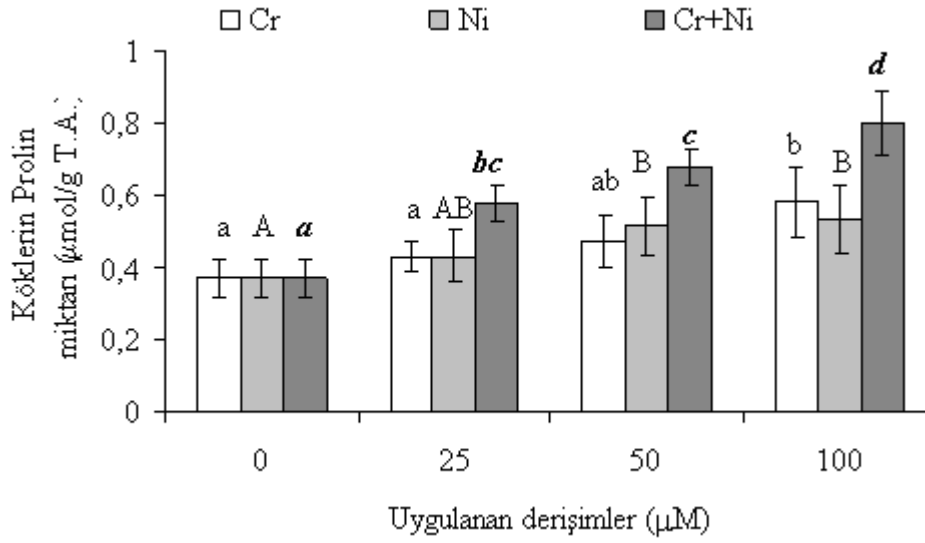
Şekil 4.30. Farklı Cr+Ni kombinasyonlarının etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.

4.6. Prolin Miktarları

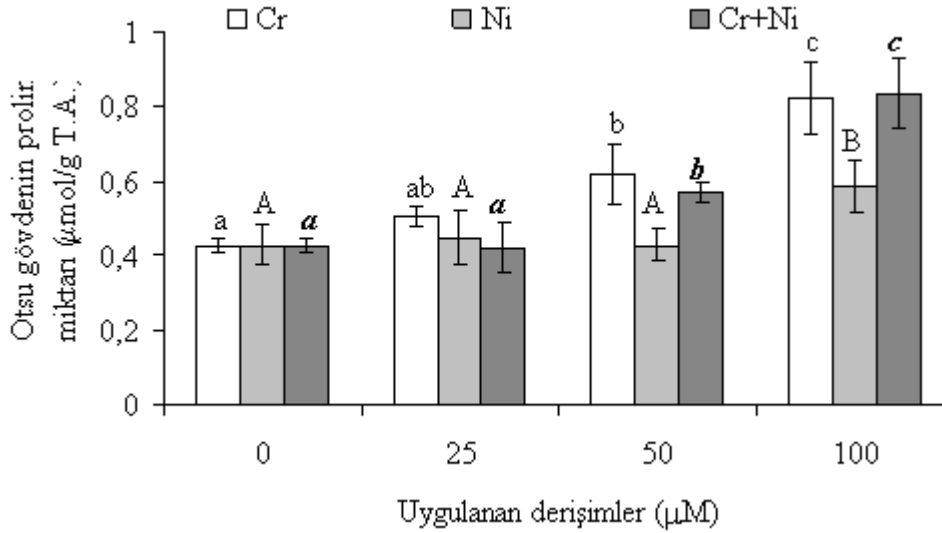
Metallerin derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Basribey-95'in köklerinin prolin miktarları Şekil 4.31'de verilmiştir. Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 µM etkisinde Basribey-95 fidelerinin köklerinin prolin miktarları sırasıyla %16,3 %27 ve %56,8 düzeylerinde artmıştır. Benzer olarak nikelin 25, 50 ve 100 µM etkisindeki fide köklerinin prolin miktarları sırasıyla %16,21, %37,8 ve %43,2 düzeylerinde artmıştır. Krom+nikel kombinasyonlarının 25, 50 ve 100 µM etkisindeki köklerin prolin miktarları ise kontrole göre sırasıyla %56,8, %122 ve %154 artmıştır.

Metallerin ve kombinasyonlarının etkisindeki Basribey-95'in otsu gövdelerinin prolin miktarları Şekil 4.32'de verilmiştir. Krom uygulamasının 25, 50 ve 100 µM etkisinde otsu gövdelerinin prolin miktarları sırasıyla %18,6, %44,2 ve %90,7 düzeyinde arttığı belirlenmiştir. Nikel uygulamasının 25 ve 50 µM'lık derişimlerinde önemli değişim göstermemiştir. 25, 50 ve 100 µM Cr+Ni kombinasyonunda ise

gövdelerin prolin miktarları kontrole göre sırasıyla %2,3, %32,6 ve %93 düzeylerinde artmıştır.



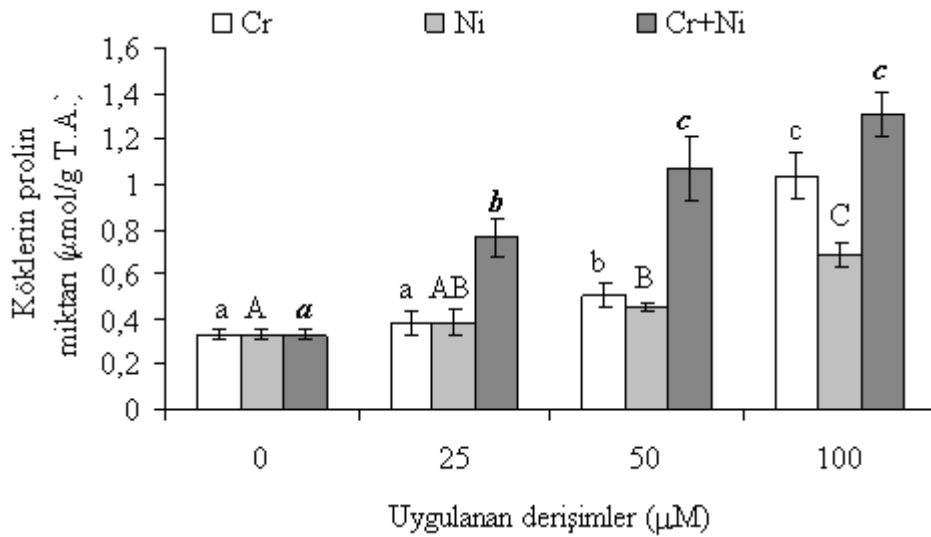
Şekil 4.31. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in köklerinin prolin miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



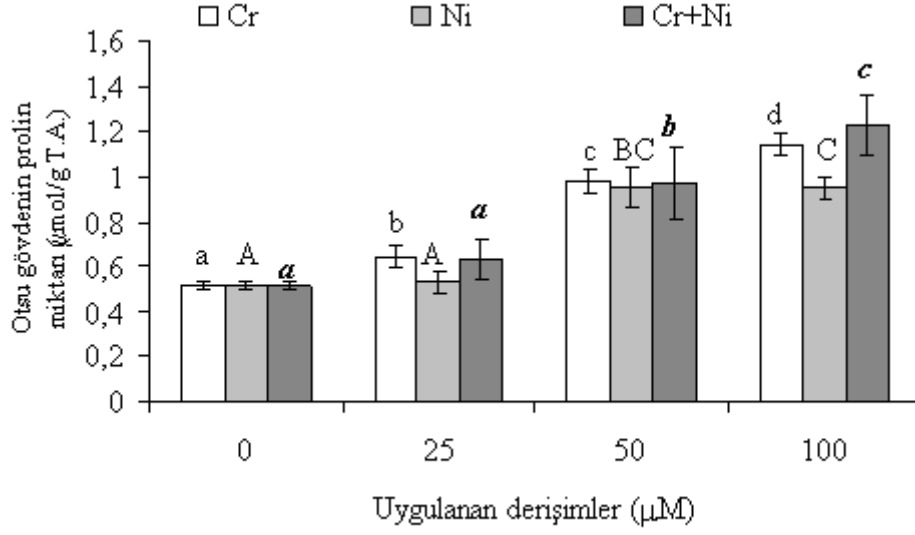
Şekil 4.32. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Basribey-95'in otsu gövdelerinin prolin miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Cr, Ni ve Cr+Ni etkisindeki Guadalupe'nin köklerin prolin miktarları Şekil 4.33'de verilmiştir. Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamalarındaki en yüksek prolin miktarları 100 μM 'lık derişimde ve kontrole göre sırasıyla %212,2, %109,1 ve %297 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir. Kontrole göre en düşük prolin derişimleri ise 25 μM 'lık derişimde bulunmuştur.

Cr, Ni ve Cr+Ni etkisindeki Guadalupe'nin otsu gövdelerinin prolin miktarları ise Şekil 4.34'de verilmiştir. Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamalarındaki en yüksek prolin miktarları köklerde bulunduğu gibi yine 100 μM 'lık derişimde ve kontrole göre sırasıyla %123,5, %86,3 ve %141,1 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir. Kontrole göre en düşük prolin derişimleri ise yine 25 μM 'lık derişimde bulunmuştur.



Şekil 4.33. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin köklerinin prolin miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



Şekil 4.34. Farklı Ni, Cr ve Cr+Ni derişimlerinin etkisindeki *T. aestivum* L. cv. Guadalupe'nin otsu gövdelerinin prolin miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirtmektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

BÖLÜM 5

TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde, toprak, su ve havada yaygın bir şekilde birikmeye başlayan ağır metaller, dünya yüzeyindeki tüm organizmaların yaşamını tehdit eden önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan etmenlerin başında endüstriyel faaliyetler, zirai ve kentsel atıklar gelmektedir (Stresty ve Madhava Rao, 1999). Çinko, kobalt, bakır ve molibden gibi bazı ağır metaller bitki gelişimi için mutlak gerekli iken alüminyum, vanadyum, arsenik, civa, kurşun, kadmiyum ve selenyum toksik etkilidir. Bitki gelişimi için mutlak gerekli element olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Gür vd., 2004). Ağır metaller bu toksik etkileri nedeniyle bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su alımı, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayda düzensizliklere neden olabilmektedirler.

Bitkilerin metalleri yaşam ortamlarından alarak biriktirdikleri bilinmektedir. Ağır metalle kontamine olmuş toprak veya su ortamından alınan bu metallerin birikimi bitki türü, gelişim durumu, organı gibi birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Buğday çeşitlerinden Balcalı-85 ve C-1252'i ile yapılan araştırmada bitkilerin köklerinin yeşil aksamlarına kıyasla daha yüksek derişimlerde Cd biriktirdikleri bulunmuştur (Öztürk vd., 2003). Yapılan diğer bir araştırma bulgularına göre, ekmeçlik buğday çeşitlerinin köklerinde otsu gövdelerine kıyasla yüksek derişimlerde Pb biriktirdikleri belirlenmiştir. Tosunbey'in 10 ve 100 mg/l'lik derişimlerinde köklerindeki Pb derişimleri otsu gövdelerine göre sırasıyla 30,1 ve 13,8 kat fazla bulunmuştur. Benzer şekilde Ceyhan 99'un da 10 ve 100 mg/l'lik derişimlerinde köklerindeki Pb derişimleri yeşil aksamlarına göre sırasıyla 9,5 ve 5,8 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Buğday çeşitleri kıyaslandığında Ceyhan 99'un Tosunbey'e göre kök ve otsu gövdelerinde yüksek derişimde daha fazla Pb biriktirdiği belirlenmiştir (Çolak, 2009). Yaptığımız çalışma bulgularına göre, her iki

ekmeklik buğday çeşidinin kök ve otsu gövdelerinin Cr ve Ni akümülyasyonları uygulanan metalin artan derişimiyle birlikte arttığı bulunmuştur. Her iki çeşitte de genel olarak Cr ve Ni birikimlerinin otsu gövdedeki birikimden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki çeşidin metal birikimleri dikkate alındığında Cr'un Ni'ye nazaran daha fazla biriktirildiği bulunmuştur. Her iki metalin kombinasyonları metal alınımını farklı şekilde etkilemiştir.

Büyüme başlıca iç ve dış büyüme faktörlerinin oluşturduğu çevresel ve genotip fonksiyonunun bir ifadesidir. Dış çevrede kromun varlığı bitki örneklerinin büyüüp gelişmesinde değişimlere yol açar. Krom bileşikleri bitkiler için oldukça toksiktir ve onların büyümesi ve gelişmesi için zararlıdır. Bazı ürünler düşük krom konsantrasyonundan etkilenmemesine rağmen, Cr yüksek bitkiler için 100 mM/kg kuru ağırlıkta oldukça toksik bir elementtir (Huffman ve Allaway, 1973). Cr stresli bitkilerde metabolik modifikasyonun üç olası şekli şunlar olabilir: (i) pigmentlerin üretimindeki değişiklikler (klorofil, antosiyenin vb.) (Boonyapookana vd., 2002); (ii) bitkilerde zarara neden olabilen Cr stresine doğrudan bir cevap olarak metabolitlerin üretiminde artış (Shanker vd., 2003); ve (iii) Cr stresine direnç ya da tolerans sağlayan yeni biyokimyasal olarak ilişkili metabolitlerin üretimi (Schmfer, 2001).

Nikel bitkilerde düşük miktarlarda yararlı olduğu halde; artan endüstriyel faaliyetler mineral ve organik gübreler, kimyasal ilaçlar, yerleşim yeri ve endüstri atıkları ile ekolojik evrede miktarı birikerek artmakta bunun sonucunda olumsuz etki yapmaktadır (Brown vd., 1987; Zornoza vd., 1999). Nikelin zararlı etkileri arasında fotosentez ve solunumu engellemesi, hücre zarı geçirgenliğini azaltması; fotosentetik elektron taşınımını engellemesi, hücre de peroksidaz ve üreaz aktivitesinin düşmesi, protein sentezini, klorofil ve azot düzeyini azaltması, hücre su dengesini değiştirmesi gibi fizyolojik ve biyokimyasal işlemlerin aksaması gelmektedir (Brown vd., 1990; Pandolfini vd., 1992).

Birçok çevresel faktör tohum çimlenmesi üzerine olumsuz etkiler yapabilmektedir. Bu faktörlerden biri de hiç kuşkusuz ağır metallerdir. Yüksek Cr derişimleri *C. molo* tohumlarının çimlenme indeksi, çimlenme zamanı, ortalama çimlenme ve çimlenme oranlarını sınırlandırmıştır. Radikula uzunluğu, radikulanın taze ve kuru ağırlığı, hipokotil uzunluğu, hipokotil taze ve kuru ağırlığı, büyüme tolerans indeksi ve

göreceli büyüme oranı artan Cr derişimlerinden olumsuz yönde etkilenmiştir (Akıncı ve Akıncı, 2010). Yüksek derişimlerde Ni etkisindeki ıspanak tohumlarının çimlenmesinin olumsuz yönde etkilendikleri rapor edilmiştir (Akıncı ve Akıncı, 2011). Araştırma bulgularımıza göre, her üç uygulama da genel olarak Basribey-95 ve Guadalupe tohumlarının çimlenmesinde azalmaya neden olmuştur. Uygulanan derişimlere bağılı olarak çimlenme oranlarında azalmalar olmuştur. Uygulamalar dikkate alındığında Cr uygulamasındaki çimlenme oranları Ni ve Cr+Ni kombinasyonuna göre genelde daha düşük olmuştur. Çimlenme üzerinde en az olumsuz etkiler ise Ni uygulamalarında belirlenmiştir. Bitki bünyesinde toksik seviyeye ulaşan kromun bitkide etkilediğı ilk fizyolojik olay tohum çimlenmesidir. Krom, amilaz aktivitesi ve embriyoya şeker taşınmasını azaltması ve proteaz aktivitesini arttırması sonucunda tohum çimlenmesini engellemektedir. Yapılan bir çalışmada toprakta 500 ppm Cr bulunmasının, fasulye tohumlarının çimlenmesini % 48, 20 ve 80 ppm Cr bulunması ise şeker kamışı bitkisinde tomurcuk çimlenmesini %32-57 oranında azalttığı belirlenmiştir (Jain vd., 2000).

Krom kök hücrelerinin bölünme ve uzamasını engelleyerek kök gelişimini engeller. Bu durum dışardan alınan bitki besin maddesi ve suyun azalmasına yol açarak bitki büyüme ve gelişmesini azaltır (Khan vd., 2000). Farklı Cr uygulaması ayçiçeğı bitkilerinin büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu belirtilmiştir (Andaleeb vd., 2008). Yapılan diğeri bir çalışmada, 0,1, 0,3 ve 0,5 mM nikel etkisinde yetiştirilen fasulye fidelerinin primer kök uzunlukları uygulamanın ikinci gününde kontrol bitkilerine göre azaldığı bulunmuştur. Ayrıca, on günlük uygulama süresinin sonunda yapılan ölçümler 0,1, 0,3 ve 0,5 mM nikel solüsyonlarının fidelerin kök uzunluğunu kontrol bitkilerine göre önemli oranda azalttığı belirlenmiştir. 0,1, 0,3 ve 0,5 mM nikel tuzu uygulanan fidelerin gövde büyüme oranları uygulamanın ikinci gününde kontrole göre, sırasıyla %12,97, %13,90 ve %16,15 oranlarında daha az olmuştur. Bu değerler uygulamanın onuncu günü için, sırasıyla %28,99, %32,28 ve %35,16 olarak tespit edilmiştir (Kırbağ Zengin, 2006). Yaptığımız çalışmanın bulgularına göre buğday fidelerinin kök ve otsu gövde gelişimleri Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamalarının etkisinde genelde azalmıştır. Her iki buğday çeşidinde en düşük kök ve gövde uzunlukları Cr uygulamalarında ölçülmüştür. Uygulamaların derişimleri arttıkça genelde kök ve gövde gelişiminde azalmalar saptanmıştır. Bu sonuçlara göre bir genelleme yapılırsa Cr toksisitesinin Ni

ve bu metallerin etkileşiminden daha olumsuz yönde etki gösterdiği sonucuna varılabilir.

Daha önce bahsedildiği gibi ağır metallerin özellikle yüksek derişimleri bitkilerde bazı fizyolojik bozukluklara neden olmaktadır. Singh vd. (2006) krom toksisitesinin pirinç bitkisindeki bazı fizyolojik olaylara etkilerini araştırmışlardır. Artan Cr derişimleri pirinç yapraklarının klorofil, protein ve şeker miktarlarını azalttığı bulunmuştur. Ayrıca metalin artan derişimleri peroksidaz aktivitesi ile katalaz aktivitelerini de azalttığı belirlenmiştir. Duman ve Ozturk (2010) *Nasturtium officinale*'de nikelin farklı derişimlerinin (1-25 ppm) 1, 3, 5 ve 7 gün uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Nikelin akümüasyonu ve translokasyonunun yanında bu metalin kök ve yaprakların biyomas ve protein miktarı ile enzimatik antioksidanlara etkileri belirlenmiştir. Nikel özellikle köklerde akümüle olmuştur. Düşük Ni derişimlerinde biyomas artarken, yüksek derişimlerde ise bu artışlara rastlanılmamıştır. 5-10 ppm'lik derişimlerde protein ve antioksidan enzim aktivitelerinde artışlar bulunmuştur. Bu derişimlerde *Nasturtium officinale* oksidatif strese direnç göstermiştir. 0,1 mM Ni uygulanan fidelerin yapraklarındaki klorofil a, klorofil b, total pigment I ve II miktarları kontrol fidelerine göre sırasıyla %27,8, %19,3, %18,9 ve %22,4 oranlarında; 0,5 mM Ni dozunda ise, % 35,1, %26,4, %25,2 ve %29,4 oranlarında azalmıştır (Zengin ve Munzuroğlu, 2005). Buğday çeşitlerinden Basribey-95 ve Guadalupe'nin kök ve otsu gövdelerinin protein miktarları Cr, Ni, Cr+Ni derişimlerinin etkisinde azaldığı bulunmuştur. Bu azalmalar özellikle yüksek derişimlerde daha fazla olmuştur. Uygulanan derişimle birlikte bitki dokularında biriken metallerin miktarında da artışların olması, protein miktarlarındaki bu azalmaların nedenini açıklayabilir. Ayrıca köklerin daha yüksek derişimde metal biriktirmesi ve protein miktarında yüksek oranda azalmaya neden olması da bu durumu desteklemektedir. Ayrıca, ağır metal streslerinde bitkilerin protein azalmalarının nedenlerinin genelde protein sentezinin inhibisyonundan ya da oksidatif streste üretilen reaktif oksijen türlerinin tetiklediği proteolisizten kaynaklandığı da rapor edilmiştir (Solomon vd., 1999).

Oksijenli hücre metabolizmasının kaçınılmaz ürünlerinden biri de reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretimidir. Ağır metal ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerinin bitkilerde süperoksit radikal, alkoksil radikal, hidrojen peroksit ve hidroksil

radikaller gibi ROT'ları katalizledikleri bilinmektedir (Scandalios, 2002). Bitkiler ROT'lar tarafından başlatılmış hasarın tamiri ve hafifletilmesi için kompleks antioksidan sistemler geliştirmişlerdir. Bu sistemin esas bileşenlerini süperoksit dismutaz, katalaz, glutatyon peroksidaz, peroksidazlar ve glutatyon-askorbat döngüsünün enzimleri olan askorbat peroksidaz, dehidroaskorbat redüktaz, monodehidroaskorbat redüktaz ve glutatyon redüktaz gibi enzimatik antioksidanlar ile askorbat, glutatyon, α -tokoferol, fenolik bileşikler ve karotenoidler gibi enzimatik olmayan antioksidanları içerdiği bilinmektedir (Foyer vd., 1994; Noctor ve Foyer, 1998; Hodges ve Forney, 2000).

Lipidler organik solventlerle çözünebilen karbon ve hidrojen zengin yağlar ve yağ benzeri maddelerin bir grubudur. Membran yapılarının yaklaşık % 40'ını oluştururlar ve bütünlüğünü sağlarlar. Membranların lipid kompozisyonu organellerin yapısı ve fonksiyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. (Harwood ve Russel, 1984). Membran lipidleri sık sık biyotik ve abiyotik stres koşulları altında kalitatif ve kantitatif olarak modifiye olurlar (Kuiper, 1985). Bunlar plazma membranları ve çeşitli hücre fosfolipidlerinin toplam ve oransal bolluğundaki değişimin yanı sıra yağ asitlerinin doymuşluk düzeyindeki değişimleri de içerir. Ayrıca biyotik ve abiyotik streslerin lipidlerde peroksidasyona neden olduğu da bilinmektedir (Rama Devi ve Prasad, 2004). Uygulanan Cr, Ni ve Cr+Ni derişimleri ekmeklik buğday çeşitlerinin kök ve otsu gövdelerinde lipid peroksidasyonuna neden olduğu, artan MDA miktarıyla belirlenmiştir. Özellikle MDA miktarındaki bu artışlar Cr ve Cr+Ni uygulamasında daha fazla bulunmuştur. Yaptığımız histokimyasal metod ile de Cr ve Cr+Ni uygulamasının yüksek derişimlerdeki lipidlerdeki peroksidasyonu açıklamaya destek olmuştur. Buğday çeşitlerinin kök uçlarındaki boyanmalar bu durumu açıklamaktadır.

Tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, ağır metal toksisitesi, patojen enfeksiyonları, besin elementi eksiklikleri, atmosferik kirlilik ve UV radyasyonları gibi stres koşullarında bitkilerde prolin akümülyasyonları stimüle edilebilir (Hare ve Cress, 1997). Bu stresler etkisinde bitkilerin büyük bir çoğunluğu prolin konsantrasyonlarını normal seviyeden 100 kat arttırabildikleri belirtilmiştir (Aziz vd., 1998). Makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinin dokularında prolin miktarları kurşun stresinde arttığı belirtilmiştir (Çolak, 2009). Ağır metal stresinde prolin

miktarlarında artışların olduğunu gösteren birçok araştırma yapılmıştır. Schat vd. (1997) *Silene vulgaris*'in metal tolerant ve tolerant olmayan ekotiplerini Cd, Cu ve Zn etkisinde bırakmış ve en yüksek prolin akümülyasyonun Cd stresinde oluştuğunu bulmuşlardır. Cd etkisinde bırakılan iki farklı arpa genotipinde prolin miktarlarında artışlar bulunmuştur (Wu vd., 2004). Bulgularımıza göre uygulanan Cr, Ni ve Cr+Ni derişimleri buğday çeşitlerinin kök ve otsu gövdelerinde prolin birikimine neden olmuştur. Prolin miktarları artan derişimle birlikte artmıştır. Her iki çeşidin kök ve otsu gövdelerinin prolin miktarları dikkate alındığında en az artışlar Ni uygulamalarında olduğu görülmüştür. En yüksek prolin miktarları ise genelde Cr ve Cr+Ni uygulamalarında bulunmuştur. Prolinin metal toksisitesindeki rolleri de birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Mehta ve Gaur (1999) prolinin bitkileri metal toksisitesinden korumayacağını belirtmişlerdir. Metal stresinde prolin proteinlerin denaturasyonunda, hücre içi pH ve $\text{NAD(P)}^+/\text{NAD(P)H}$ oranlarının regülyasyonunda, karbon ve azot kaynağı olarak kullanımda ve toksik reaktif oksijen türlerinin temizlenmesinde görev yapabilir (Sharmila ve Pardha Saradhi, 2002). Bazı araştırmacılar metalin prolin tarafından şelatlanıp detoksifikasyonunda da görev yaptığı belirtilmiştir (Farago ve Mullen, 1979). Yukarıdaki nedenler dikkate alındığında kurşun stresinde buğday çeşitlerinin kök ve otsu gövdelerinde prolin miktarlarında artışların olmasını açıklayabilir.

Cr, Ni ve Cr+Ni ekmeçlik buğday çeşitlerinin tohumlarının çimlenmesine etkileri ile buğday fidelerinin kök ve otsu gövdelerindeki bazı biyokimyasal parametrelere etkileri belirlenmiştir. Tohum çimlenmesi Cr, Ni ve Cr+Ni uygulamalarının özellikle 100 μM derişimlerinde önemli değişimler belirlenmiştir. Her iki çeşidin kök ve gövde gelişimleri uygulanan yüksek derişim ve kombinasyonlardan dolayı olumsuz yönde etkilenmiştir. Dokuların protein miktarları derişim artışına bağlı olarak azalmıştır. Uygulanan metal derişimleri ve uygulamaları buğday fidelerinde oksidatif strese neden olduğu kantitatif olarak malondialdehit miktarıyla ve ayrıca kalitatif olarak histokimyasal metotla da belirlenmiştir. Ayrıca uygulanan metaller prolin miktarlarında artışa neden olmuştur. Araştırma bulgularının bundan sonra yapılacak benzer çalışmalara destek olacağı düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Adriano, D. C., (1986). Trace Elements in the Terrestrial Environment. *Springer-Verlag*, New York. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **47**,47-57.
- Akıncı S. ve Akıncı İ.E., (2011) Nikelin ıspanakta (*Spinacia oleracea*) çimlenme ve bazı fide büyüme parametreleri üzerine etkisi. Ekoloji (baskıda).
- Akıncı, İ.E., Akıncı S. (2010). Effect of chromium toxicity on germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Biotechnology* **9**,4589-4594.
- Alloway, B.J.ve Ayres, D.C., (1993). *Chemical Principles of Environmental Pollution*, Blackie.
- Andaleeb, F., Anjum Zi, M., Ashraf, M., Mahmood Khalid Z. (2008). Effect of chromium on growth attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Environmental Sciences* **20**,1475-1480.
- Anderson, A.J., Meyer, D.R., Mayer,F.K., (1972). Heavy metal toxicities: levels of nickel, cobalt and chromium in the soil and plants associated with visual symptoms and variation in growth of an oat crop. *Aust J Agric Res* **24**, 557–571.
- Aziz, A., Martin-Tanguy, J. ve Larher, F. (1998). Stress-induced changes in polyamine and tyramine levels can regulate proline accumulation in tomato leaf discs treated with sodium chloride. *Physiol. Plant*, **104**, 195-202.
- Baccouch, S., Chaoui, A., El Ferjani, E., (1998). Nickel-induced oxidative damage and antioxidant responses in *Zea mays* shoots. *Plant Physiol. Biochem.*, **36**,689-694.
- Bahlsberg-Phalsson, A., (1989). Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants, *Water, Air and Soil Pollut.*, **47**, 287-319.
- Baker A.J.M., Brooks Rr., (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. *A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery* **1**, 81-126.
- Barcelo, J., Poschenrieder, C.ve Gunse, B., (1986). Water relations of chromium VI treated bush bean plants (*Phaseolus vulgaris* L cv Contender) under both normal and water stress conditions. *J Exp Bot* **37**,178– 187.
- Barcelo, J., Poschenriender ,C., Ruano, A., Gunse B., (1985). Leaf water potential in Cr(VI) treated bean plants (*Phaseolus vulgaris* L). *Plant Physiol Suppl* **77**,163–164.

- Barnhart, J., (1997). Occurrences, uses, and properties of chromium. *Regul Toxicol Pharm* **26**, 3–7.
- Barton, L.L., Johnson, G.V., O’Nan, A.G. ve Wagener, B.M., (2000). Inhibition of ferric chelate reductase in alfalfa roots by cobalt, nickel, chromium, and copper. *J. Plant Nutr.* **23** 1833– 1845.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. ve Teare, D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, **39**, 205-297
- Becquer, T., Quantin, C., Sicot, M., Boudot, J.P., (2003). Chromium availability in ultramafic soils from New Caledonia. *The Science of the Total Environment* **301**, 251-261.
- Bishnoi, N.R., Anita Dua, Gupta, Sawhne, S.K. (1993). Effect of chromium on seed germination, seedling growth and yield of peas. Bishnoi, N.R., Chugh, L.K., Sawhney, S.K., (1993a) Effect of chromium on photosynthesis, respiration and nitrogen fixation in pea (*Pisum sativum* L.) seedlings. *J Plant Physiol* **142**, 25–30.
- Boonyapookana, B., Upatham, E.S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Singhakaew, S., (2002). Phytoaccumulation and phytotoxicity of cadmium and chromium in duckweed *Wolffia globosa*. *Int J Phytoremed* **4**, 87– 100.
- Boyle, R.W., Robinson H.A., (1988). Nickel in natural environment. In: Sigel, H., (ed.), *Metal ions in biological systems* 1 – 29. Marcel Dekker Inc, New York.
- Breckle, S.W., (1991). Growth under stress: heavy metals. In: Waisel Y, Eshel A, Kafkafi, U, editors. *Plant Root: The Hidden Half*. NY, USA7 Marcel Dekker; p. 351– 373.
- Brooks, R.R., (1987). *Serpentine and its vegetation: a multidisciplinary approach*. Dioscorides Press, Portland.
- Brown P.H., Welch R.M., Cary E.E. (1987) Nickel a micronutrient essential for all higher plants. *Plant Physiology* **85**, 801-803.
- Brown PH, Welch RM, Madison J (1990) Effect of nickel deficiency on soluble anion, amino acid and nitrogen levels in barley. *Plant and Soil* **125**, 19-27.
- Cataldo, D., Garland, T., Wildung, R., (1978). Nickel Distribution and Chemical Form in Soybean plants. *Plant Physiology*. **62**, 566-570.
- Cervantes, C., Garcia, J.C., Devars, S., Corona, F.G., Tavera, H.L., Torres-Guzman, Carlos, J., et al., (2001). Interactions of chromium with micro-organisms and plants. *FEMS Microbiol Rev.* **25**, 335– 347.
- Chandra, P., Sinha, S., Rai, U.N., (1997). Bioremediation of Cr from water and soil by vascular aquatic plants. In: Kruger E.L., Anderson T.A., Coats J.R., editors. *Phytoremediation of Soil and Water Contaminants*. ACS

Symposium Series, vol. 664. Washington, DC American Chemical Society. p. 274-282.

- Chatterjee, J., Chatterjee, C., (2000). Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. *Environ Pollut* **109**,69– 74.
- Chen, N.C., Kanazawa, S., Horiguchi, T., Chen, N.C., (2001). Effect of chromium on some enzyme activities in the wheat rhizosphere. *Soil Microorg* **55**, 3– 10.
- Clijsters, H., Van Assche F.(1985). Inhibition of photosynthesis by heavy metals. *Photosynth Res* **7**, 31– 40.
- Çolak, U. (2009). Gaziantep İlinde Ekimi Yapılan Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde (Tosunbey, Ceyhan 99) Kurşun Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik Etkileri ile Kurşuna Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi.
- Desmet, G.A., de Ruyter, G.A., Rigoet, A., (1975). Absorption and metabolism of Cr(VI) by isolated chloroplasts. *Phytochemistry* **14**, 2585–2588.
- Dixit, V., Pandey, V., Shyam, R.,(2002). Chromium ions inactivate electron transport and enhance superoxide generation in vivo in pea (*Pisum sativum* L.cv. Azad) root mitochondria. *Plant Cell Environ* **25**,687– 690.
- Duman, F., Ozturk, F. (2010). Nickel accumulation and its effect on biomass, protein content and antioxidative enzymes in roots and leaves of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). *Journal of Environmental Sciences* **22**,526-532.
- Duneman, L., Von Wirén, N.R., Schulz Marshner, H. (1991). Speciation analysis of nickel in soil solutions and availability to oats plants. *Plant Soil* **133**, 263–269
- Farago, M.E., Cole, M.M., (1988). Metal ions in biological systems, in: Sigel, H. (ed.), *Nickel and its Role in Biology*, **23**,47–90.
- Farago, M.E., ve Mullen, W.A. (1979). Plants which accumulate metals. Part IV. A possible copper-proline complex from the roots of *Armeria maritima*. *Inorg. Chim. Acta*, **32**, 93-94.
- Foyer, C.H., Lelandais, M. ve Kunert, K.J. (1994). Photooxidative stress in plants. *Physiol. Plant*, **92**, 696-717
- Frey, J. W., Corn, M., (1967). Physical and chemical characteristics of particulates in a diesel exhaust. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **28**, 468-478.
- Gajewska, E. and Skłodowska, M. (2009). Nickel-induced changes in nitrogen metabolism in wheat shoots. *Journal of Plant Physiology* **166**,1034-1044.
- Goldbold, D.L., Kettner, C., (1991). Use of root elongation studies to determine aluminium and lead toxicity in *Picea abies* seedlings. *J Plant Physiol* **138**, 231–235.

- Golovaty, S.E., Bogatyreva, E.N, Golovaty, S.E., (1999). Effect of levels of chromium content in a soil on its distribution in organs of corn plants. *Soil Res Fert* 197– 204.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö ve Çobanoğlu, D., 2004. Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cd^{+2}) Clivia sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi, **16**, 177-182.
- Gwozdz, E.A., Przymusinski, R., Rucinska, R., Deckert, J., (1997). Plant cell responses to heavy metals: molecular and physiological aspects. *Acta Physiol Plant* **19**,459–465.
- Halstead, R.L., Finn ,B.J., Mactean, A.J., (1969). Extractability of nickel added to soils and its concentration in plants. *Can. J. Soil Sci.* **49**, 335–342.
- Hanus, J., Tomas, J., (1993). An investigation of chromium content and its uptake from soil in white mustard. *Acta Fytotech* **48**,39– 47.
- Hao, F., Wang, X. and Chen, J. (2006). Involvement of plasma-membrane NADPH oxidase in nickel-induced oxidative stress in roots of wheat seedlings. *Plant Science* **170**,151-158.
- Hare, P.D. ve Cress, W.A. (1997). Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants, *Plant Growth Regul.*, **21**, 79-102.
- Harwood, J.L. and Russel, N.J. 1984. Lipids in Plants and Microbes. Allen and Unwin, London.
- Hodges, D.M. ve Forney, C.F. (2000). The effect of ethylene, depressed oxygen and elevated carbon dioxide on antioxidant profiles of senescing spinach leaves. *Journal of Experimental Botany*, **51**, 645-655.
- Huffman Jr E.W., Allaway W.H. (1973). Chromium in plants: distribution in tissues, organelles and extracts, and availability of bean leaf Cr to animals. *J. Agric. Food Chem.* **21**, 982–986.
- Hutchinson T.C., (1981). Sources of metal and elemental contaminants of terrestrial environments. In: Lepp NW (ed) Effect of heavy metal pollution on plants: *Metals in the environment, vol. II, London and New Jersey, Applied Sci Publ*, pp. 35-94.
- Iqbal, M.Z., Saeeda, S., Shafiq, M., (2001).Effects of chromium on an important arid tree (*Caesalpinia pulcherrima*) of Karachi city, Pakistan. *Ekol Bratislava* **20**, 414–422.
- Jain, R., Srivastava, S., Madan, ,V.K., Jain, R., (2000). Influence of chromium on growth and cell division of sugarcane. *Indian J Plant Physiol* **5**, 228–231.
- Joseph, G.W., Merrilee, R.A., Raymond, E., (1995). Comparative toxicities of six heavy metals using root elongation and shoot growth in three plant species.

The symposium on environmental toxicology and risk assessment, Atlanta, GA, USA; p. 26–29.

- Karunyal, S., Renuga, G., Paliwal, K., (1994). Effects of tannery effluent on seed germination, leaf area, biomass and mineral content of some plants. *Bioresour Technol* **47**,215–218.
- Keefer, R.F., Singh,R.N., (1986). Correlation of metal-organic fractions with soil properties in sevvage- sludge- amended soils.*Soil.Sci.*, **142**,20-26.
- Kennedy, C.D., Gonsalves, F.A.N., (1987). The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots. *J.Exp. Bot.*, **38**, 800-817.
- Khan, A.G., Kuek, C., T.M. Chaudhry, C.S. Khoo and Hayes, W.J. (2000). Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation, *Chemosphere* **41**, 197–207.
- Kırbağ Zengin, F. (2006). Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine nikel (Ni^{+2}) ve krom'un (Cr^{+3})'un etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi* **16**,49-56.
- Kircheggssner, M., Schnegg, A., (1980). Biochemical and physiological effects of nickel deficiency. In: Nriagu JO, ed. Nickel in the environment, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, John Wiley and Sons, pp. 635-652.
- Kocik, K., Ilavsky, J., (1994). Effect of Sr and Cr on the quantity and quality of the biomass of field crops. Production and utilization of agricultural and forest biomass for energy: *Proceedings of a seminar held at Zvolen, Slovakia*, p. 168–178.
- Kovacik, J., Klejdusb, B., Kadukova, J. and Backora, M. (2009). Physiology of *Matricaria chamomilla* exposed to nickel excess. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **72**,603-609.
- Kuiper, P.J.C., 1985. Lipid Metabolism of Higher Plants as a Factor in Environmental Adaptation. In: Siegenthaler, P.A. and Eichenberger, W. (Eds) Structure, Function and Metabolism of Plant Lipids. Elsevier, Amsterdam, pp, 525-530.
- Lagerweff, J.V.; Specht, A.W.,(1970). Contamination of roadside soil and vegetation with cadmium, nickel, lead and zinc. *Environ. Sci. Technol.* **4**, 583-586.
- Lidon, F.C., Ramalho, J., Henriques, F.S., (1993). Copper inhibition of rice photosynthesis. *J. Plant Physiol.* **142**, 12-17.
- Lowry, O.H., Rosebrought, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**, 265-275.

- Mehta, S.K. ve Gaur, J.P. (1999). Heavy metal-induced proline accumulation and its role in ameliorating metal toxicity in *Chlorella vulgaris*. *New Phytol.*, **143**, 253-259.
- Moral, R., Gomez ,I., Pedreno, J.N., Mataix, J.,(1996). Absorption of Cr and effects on micronutrient content in tomato plant (*Lycopersicum esculentum* M). *Agrochimica* **40**,132–138.
- Munzuroğlu, Ö., Geçkil, H., (2002) Heavy metal effect on seed germination, root elongation, coleoptile and hypocotyl growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **43**, 203-212.
- Nichols, P.B., Couch, J.D. and Al Hamdani, S.H. (2000). Selected physiological responses of *Salvinia minima* to different concentrations of chromium. *Aquat. Bot.* **68**,313-319.
- Noctor, G. ve Foyer, C.H. (1998). Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **49**, 249-279.
- Novotny, V., (1995). Diffuse sources of pollution by heavy metals and Impact on receiving waters . In:Solomons.,W., Förstner, U., Mader, P. (Eds.), *Heavy Metals. Problems and Solution*. Springer.
- Nriagu, J.O., (1988). Production and uses of chromium. Chromium in natural and human environment. *New York, USA7 John Wiley and Sons*. p. 81– 105.
- Nriagu, J.O., Pacyna, J.M., (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* **333**,134–139.
- Nussbaum, M.C., (1988). Nature, Function and Capability: Aristotle on Political Distribution., *Oxford Studies in Ancient Philosophy*, Supl. Vol., 145.84.
- Ottabong, E., (1989). Chemistry of Cr in some Swedish soil: II. Fate and impact of added Cr on pH and stutus of soluble Mn in four soils. *Acta Agric Scand* **39**,131–138.
- Ouzounidou, G., Moustakas, M. ve Eleftheriou. E.P. (1997). Physiological and ultrastructural effects of cadmium on wheat (*Triticum aestivum*) leaves. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **32**, 154-160.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., (1995). *Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, ADANA*.
- Öztürk, L., Eker, S. ve Özkutlu, F. (2003). Effect of cadmium on growth and concentrations of cadmium, ascorbic acid and sulphydryl groups in durum wheat cultivars. *Turk.J. Agric. For.* **27**, 161-168.

- Panda, S.K, Patra, H.K., (2000). Nitrate and ammonium ions effect on the chromium toxicity in developing wheat seedlings. *P Natl Acad Sci India B* **70**,75– 80.
- Pandolfini T., Gabbrielli R., Comparini C. (1992) Nickel toxicity and peroxidase activity in seedlings of *Triticum aestivum* L. *Plant Cell and Environment* **15**, 719-725.
- Papp, J.F. (1988). Chromium. In: 1987 Bureau of Mines Minerals Yearbook, Washington DC, Bureau of Mines, US Department of the Interior, pp. 1-17.
- Parida, B.K., Chibba, I.M. and Nayyar, V.K. (2003). Influence of nickel-contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. *Scientia Horticulturae* **98**,113-119.
- Parry, P. D , Taylor, Jr F.G., (1982). Germination and growth effects of hexavalent chromium in Orocol TL (a corrosion inhibitor) on *Phaseolus vulgaris*. *Environ Int* **7**, 197–202.
- Pedreno, N.J.I., Gomez, R., Moral, G., Palacios, J., Mataix, J., (1997). Heavy metals and plant nutrition and development. *Recent Res Dev Phytochem* **1**, 173– 179.
- Peralta, J.R., Gardea Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Gomez, E., Arteaga, S., Rascon, E., et al. (2001). Uptake and effects of five heavy metals on seed germination and plant growth in alfalfa (*Medicago sativa*) L. B. *Environ. Contam. Toxicol* **66**, 727– 734.
- Pompella, A., Maellaro, E., Casini, A.F., Comporti, M., 1987. Histochemical detection of lipid peroxidation in the liver of bromobenzene-poisoned mice. *Am. J. Pathol.* **129**, 295-301.
- Prasad, M.N.V., (1998). Metal-biomolecule complexes in plants: occurrence, functions, and applications. *Analisis* **26**,28.
- Prasad, M.N.V., Greger, M. , Landberg, T., (2001). *Acacia nilotica* L. bark removes toxic elements from solution: corroboration from toxicity bioassay using *Salix viminalis* L in hydroponic system. *Int J Phytoremed* **3**, 289– 300.
- Rama Devi, S. and Prasad, M.N.V., 2004. Membrane Lipid alterations in Heavy Metal Exposed Plant. In: Prasad, M.N.V. and Hagemeyer, J. (Eds.) Heavy Metal Stress in Plants, From Molecules to Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, 99-116.
- Ramachandran,V., D'Souza, T.J., Mistry, K.B., (1980).Uptake and transport of chromium in plants. *J. Nucl. Agric. Biol.* **9**,126 –129.
- Rout ,G.R., Samantaray, S., Das, P., (1997). Differential chromium tolerance among eight mungbean cultivars grown in nutrient culture. *J Plant Nutr* **20**,473– 483.

- Rout, G.R., Sanghamitra, S., Das, P., (2000). Effects of chromium and nickel on germination and growth in tolerant and non-tolerant populations of *Echinochloa colona* (L). *Chemosphere* **40**, 855–859.
- Salamons, W., ve Förstner, U. (1995). Heavy Metals Problems and Solutions, (P., Moder Eds.), Springer Verlag, 412.
- Samantaray ,S., Rout, G.R., Das, P.,(1999). Studies on differential tolerance of mungbean cultivars to metalliferous minewastes. *Agribiol Res* **52**,193– 201.
- Samantaray, S., Rout ,G.R., Das, P., (2001).Induction, selection and characterization of Cr and Ni-tolerant cell lines of *Echinochloa colona* (L) in vitro. *J Plant Physiol* **158**,1281–1290.
- Sauerbeck D.R. and Hein A. (1991). The nickel uptake from different soils and its prediction by chemical extractions. *Wat. Air Soil Poll.* **57–58**, 861–871
- Scandalios, J.G. (2002). The rise of ROS. *Trends in Biochemical Sciences*, **27**, 483-486.
- Schat H., Sharma, S.S. ve Vooijs, R. (1997). Heavy metal-induced accumulation of free proline in a metal-tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris*. *Physiol. Plant*, **101**, 477-482
- Schmfger. MEV., (2001). Phytochelatins: Complexation of Metals and Metalloids, Studies on the Phytochelatin Synthase. *PhD Thesis, Munich University of Technology (TUM), Munich, Germany.*
- Schmidt, J.A., Andren, A.W., (1980). The atmospheric chemistry of nickel. In: Nriagu, J.O., Ed. Nickel in the environment, ., N. Y. USA, Chichester, Brisbane, Toronto, JohnWiley and sons., pp. 93-135.
- Shanker, A.K, Djanaguiraman, M., Pathmanabhan, G., Sudhagar, R., (2003a). Avudainayagam S. Uptake and phytoaccumulation of chromium by selected tree species. *Proceedings of the International Conference on Water and Environment held in Bhopal, M.P. India.*
- Shanker, A.K., Pathmanabhan G., (2004). Speciation dependant antioxidative response in roots and leaves of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv CO 27) under Cr(III) and Cr(VI) stress *Plant and Soil* **265**, 141-151.
- Shanker, A.K., Sudhagar, R., Pathmanabhan, G., (2003b) Phytochelatin SH and antioxidative response of Sunflower as affected by chromium speciation. *2nd International Congress of Plant Physiology on sustainable plant productivity under changing environment, New Delhi, India.*
- Sharma, D.C., Sharma, C.P., (1993).Chromium uptake and toxicity effects on growth and metabolic activities in wheat, *Triticum aestivum* L. cv. UP 2003. *Indian J Exp Biol* **34**, 689– 691.

- Sharmila, P. ve Pardha Saradhi, P. (2002). Proline accumulation in heavy metal stressed plants: an Adaptive Strategy. In: Prasad MNV, Strazlka K (eds) physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants. Kluwer, Dordrecht, pp 179-199.
- Singh, A.K., (2001) Effect of trivalent and hexavalent chromium on spinach (*Spinacea oleracea* L). *Environ Ecol* **19**,807–810.
- Singh, A.K., Misra P. and Tandon P.K. (2006). Phytotoxicity of chromium in paddy (*Oryza sativa* L.) plants. *Journal of Environmental Biology* **27**, 283-285.
- Skeffington,R.A.,Shewry,P.R.,Petersen,P.J., (1976). Chromium uptake and transport in barley seedlings *Hordeum vulgare*. *Planta* **132**, 209–214.
- Solomon, M., Belenghi, B., Delledonne, M., Menachem, E. ve Levine, A. (1999). The involvement of cysteine proteases and protease inhibitor genes in the regulation of programmed cell death in plants, *Plant Cell*, **11**, 431-444
- Somashekaraiah, B.V., Patmaja, K., Prasad A.R.K., (1992). Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seedlings of Mung bean (*Phaseolus vulgaris*): involvement of lipid peroxides in chlorophyll degradation. *Physiol Plantarum* **85**, 85–89.
- Stresty, T.V.S., Madhava Rao, K.V. (1999). Ultrastructural Alterations in Response to Zinc and Nickel Stress in the Root Cell of Pigeonpea. *Env. and Exp. Bot.* **41**, 3-13.
- Sujatha, P., Gupta, A., (1996). Tannery effluent characteristics and its effects on agriculture. *J Ecotoxicol Environ Monit* **6**,45–48.
- Tang, S.R., Wilke, B.M., Brooks, R.R., Tang, S.R., (2001). Heavy-metal uptake by metaltolerant *Elsholtzia haichowensis* and *Commelina communis* from China. *Commun Soil Sci Plant Anal* **32**, 895–905.
- Turner, M.A., Rust, R.H.,(1971). Effects of chromium on growth and mineral nutrition of soybeans. *Soil Sci Soc Am Proc* **35**, 755–758.
- Ure, A.M., Berrow, L.M., (1982). The elemental constituents of soils. Alınmıştır: Environmental Chemistry. Bowen H.L.M. (ED), Vol.2, Royal soc. Chem. London.
- Vajpayee, P., U.N., Rai, M.B., Ali, Tripathi, R.D., Yadav, V., Sinha, S., et al., (2001). Chromium induced physiological changes in *Vallisneria spiralis* L and its role in phytoremediation of tannery effluent. *Bull Environ Contam Toxicol* **67**, 246– 256.
- Vajpayee, P., Sharma, S.C., Tripathi, R.D., Rai, U.N. and Yunus, M. (1999). Bioaccumulation of Chromium and Toxicity to Photosynthetic Pigments, Nitrate Reductase Activity and Protein Content of *Nelumbo nucifera* Gaertn. *Chemosphere* **39**,2159- 2169.

- Vazques, M.D., Poschenrieder, C.H., Barcelo, J., (1987). Chromium (VI) induced structural changes in bush bean plants. *Ann Bot* **59**, 427–438.
- Vinogradov, A. P., (1959). The geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils [2d ed., revised and enlarged]: *New York, Consultants Bureau Enterprises*, 209.
- Welch, R.M., (1981). The biological significance of Nickel. *J. Plant Nutr.*, **3**, 345-356.
- Wilkins, D.A., (1991). The influence of sheathing (ecto) mycorrhizas on the uptake and toxicity of metals. *Agric. Ecosyst. Environ.* **35**, 245-260.
- Wu, F.B., Chen, F., Wei, K. ve Zhang, G.P. (2004). Effect of cadmium on free amino acid, glutathione and ascorbic acid concentrations in two barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) differing in cadmium tolerance. *Chemosphere*, **57**, 447-454.
- Zaccheo, P., Cocucci, M., Cocucci, S., (1985). Effects of Cr on proton extrusion, potassium uptake and transmembrane electric potential in maize root segments. *Plant Cell Environ* **8**, 721–726.
- Zayed, A., Lytle, C.M., Jin-Hong, Q., Terry, N., Qian, J.H., (1998). Chromium accumulation, translocation and chemical speciation in vegetable crops. *Planta* **206**, 293–299.
- Zeid, I.M., (2001). Responses of *Phaseolus vulgaris* to chromium and cobalt treatments. *Biol Plant* **44**, 111 – 115.
- Zengin, F.K., Munzuroglu, O. (2005). Effects of Some Heavy Metals on Content of Chlorophyll, Proline and Some Antioxidant Chemicals in Bean (*Phaseolus vulgaris* L) Seedlings., *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, **47**, 157-164.
- Zhou, Q., 2001. The measurement of malondialdehyde in plants. In: Zhou Q. (Ed.): *Methods in Plant Physiology*. China Agricultural Press, Beijing: pp.
- Zornoza P., Robles S., Martin N. (1999) Alleviation of nickel toxicity by ammonium supply to sunflower plants. *Plant and Soil* **208**, 221-226.
- Zurayk, R., Sukkariyah, B., Baalbaki, R., (2001). Common hydrophytes as bioindicators of nickel, chromium and cadmium pollution. *Water Air Soil Pollut* **127**, 373–88.