

TC
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**BAZI AĞIR METALLERİN KETEN BİTKİSİ (*Linum usitatissimum* L.)'NİN
KAMBİYUM FAALİYETİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Hülya ECE

DANIŞMAN : Prof. Dr. Bekir TİLEKLİOĞLU

VAN - 2008

TC
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**BAZI AĞIR METALLERİN KETEN BİTKİSİ (*Linum usitatissimum* L.)'NİN
KAMBIYUM FAALİYETİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Hülya ECE

VAN - 2008

KABUL ve ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Bekir TİLEKLİOĞLU danışmanlığında, Hülya ECE tarafından hazırlanan “Bazı Ağır Metallerin Keten Bitkisi (*Linum usitatissimum* L.)’nin Kambiyum Faaliyeti Üzerine Etkileri” isimli bu çalışma/...../2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:.....

İmza:

Üye :.....

İmza:

Üye :.....

İmza:

Üye :.....

İmza:

Üye :.....

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../..... Gün ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....

Enstitü Müdürü

ÖZET

BAZI AĞIR METALLERİN KETEN BİTKİSİ (*Linum usitatissimum* L.)' NİN KAMBIYUM FAALİYETİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ECE, Hülya
Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bekir TİLEKLİOĞLU
Eylül 2008, 56 sayfa

Bu çalışmada keten bitkisi (*Linum usitatissimum* L.)'nin kambiyum faaliyeti üzerine ağır metallere Cu, Zn, Hg, Ni ve Co'nun her birinin 2, 4, 6 gr/lt' deki konsantrasyonlarının etkileri araştırıldı. Bitkilerin morfolojik gelişimleri takip edilerek kök, gövde, yaprak eni, yaprak boyu ve internod uzunlukları belirlendi. Bitkinin anatomik incelenmesinde alttan 1. internodundan alınan enine kesitlerde bu ağır metallere gövdede kambiyum faaliyeti, korteks ve ksilem farklılaşması üzerine etkileri araştırıldı.

Elde edilen bulgulara kambiyum faaliyetine en çok zararı dokunan elementler sırayla Hg, Co, Ni, Zn ve Cu, ksilem farklılaşmasına en çok zararı dokunan elementler sırayla Co, Hg, Ni, Zn ve Cu, korteks farklılaşmasına en çok zararı dokunan elementler sırayla Co, Zn, Hg, Ni ve Cu, köke en çok zararı dokunan elementler sırayla Hg, Ni, Co, Zn ve Cu, gövdeye en çok zararı dokunan elementler sırayla Hg, Co, Ni, Zn ve Cu, yaprak uzunluğuna en çok zararı dokunan elementler sırayla Hg, Ni, Zn, Co ve Cu, yaprak enine en çok zararı dokunan elementler sırayla Hg, Zn, Ni, Cu ve Co, internod uzunluğuna en çok zararı dokunan elementler sırayla Hg, Ni, Zn, Cu ve Co olduğu tespit edildi.

Bütün incelemelerde konsantrasyon miktarı arttıkça hem kambiyum kalınlığı hem de kambiyum hücre sayısının önemli miktarda azaldığı görüldü.

Anahtar Kelimeler: Kambiyum faaliyeti, Ksilem, Floem, *Linum usitatissimum* L., Ağır metal.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SOME HEAVY METALS ON THE CAMBIAL ACTIVITY OF FLAX (*Linum usitatissimum* L.)

ECE, Hülya

Master Thesis, Biological Science

Supervisor: Prof. Dr. Bekir TİLEKLİOĞLU

September 2008, 56 pages

In this study, the effects of heavy metals, Cu, Zn, Hg, Ni and Co at 2, 4, 6 gr/lt concentration, on the cambial activity of flax (*Linum usitatissimum* L.) were investigated. The morphological growths such as the lengths of roots and stems, the widths and lengths of leaves and the lengths of internodes were determined. Also, at the anatomical examinations, the effects of these heavy metals on the cambial activities, phloem and xylem developments of stems were searched at the trans-sections which were taken from the first internodes at the base.

According to the results, the elements which damaged to the activity of cambium were at most Hg, Co, Ni, Zn and Cu in turn, the elements which damaged to the differentiation of xylem in turn were at most Co, Hg, Ni, Zn and Cu, the elements which damaged to the differentiation of floem in turn are at most Co, Zn, Hg, Ni and Cu, the elements which damaged the roots in turn are at most Hg, Ni, Co, Zn and Cu, the elements which caused damaged to the stems in turn were at most Hg, Co, Ni, Zn and Cu, the elements that damaged the lengths of leaves in turn were at most Hg, Ni, Zn, Co ve Cu, the elements which damaged to the widths of leaves in turn were at most Hg, Zn, Ni, Cu and Co, the elements that damaged to the lengths of internods in turn were at most Hg, Ni, Zn, Cu and Co.

From all the examinations was seen that when the quantities of cambium and the cell number of cambium decreased mostly parallel to increasing concentrations.

Key words: Cambial activity, xylem, phloem, *Linum usitatissimum* , Heavy metal

ÖNSÖZ

Çevremizde büyük bir kirliliğin mevcut olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Endüstrileşme ve kentleşmeye bağlı olarak artan çevre kirliliği, canlılar üzerinde tehlikeli olabilecek boyutlara ulaşmıştır. Bu sorun ekosistemlerin primer üreticileri konumundaki bitkiler üzerinde çok daha fazadır. Doğrudan ve dolaylı yollardan çevre kirliliği probleminden besin zincirinin temel halkası olan bitkilerin etkilenmesi, bu problemin büyüklüğünü ve tehlikesini daha da arttırmaktadır.

Bitkilerin olumsuz çevre şartları ile baş edebilmesi için sahip oldukları potansiyel gücün anlaşılması gelecekte bu sorunların çıkaracağı problemlerin çözümünde yararlı olacaktır. Bu olumsuz şartlardan bitkilerin sadece büyüme organları değil aynı zamanda üreme organları da etkilenmektedir. Büyüme organlarının gelişiminde önemli olan dokulardan biri de kambiyumdur. Kambiyum bölünerek bitkilerde enine büyümeyi sağlar. Kambiyum tabakası kambiyum hücreleri, floem ana hücreleri ve ksilem ana hücrelerinden oluşur. Kambiyum dışa doğru bölünerek floemi, içe doğru bölünerek ksilemi oluşturur.

Bu çalışmada Keten (*Linum usitatissimum* L) fidelerine klor tuzları şeklinde uygulanan Nikel, Kobalt, Bakır, Civa ve Çinko ağır metal katyonlarının ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ZnCl_2 , HgCl_2) kambiyum üzerine olan etkileri tespit edildi. Ayrıca bu beş ağır metalin belirtilen parametreler açısından birbiriyle kıyası yapılarak toksiklik dereceleri belirlendi.

Bu konuda bana çalışma fikri veren ve yüksek lisans çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen tez yöneticisi değerli hocam Prof. Dr. Bekir TİLEKLİOĞLU'na, Yrd. Doç. Dr. İsmail YILDIZ'a, Yrd. Doç. Dr. Sıddık KESKİN'e, Yrd. Doç. Dr. Sinan İŞLER'e, Araştırma görevlisi Emre EREZ'e, Yüksek lisans öğrencisi Sema OKUYAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her aşamasında bana manevi destek olan eşim Turhan ECE'ye teşekkür ederim.

Hülya ECE

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	6
3.1.Kum ve Toprak Ortamının Hazırlanması	6
3.2.Saksıların Hazırlanması ve Gruplandırılması	6
3.3.Tohumların Dikilmesi	6
3.4. Stok Çözeltilerinin Hazırlanması	7
3.5. Bitki Büyütme Yöntemi	7
3.6. Örnek Alma ve Analiz İşlemleri	8
4.BULGULAR	9
4.1. Morfolojik Gözlemler	9
4.1.1.Kontrol bitkilerinin morfolojik özellikleri	9
4.1.2. Bakır uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler	9
4.1.3. Çinko uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler	11
4.1.4. Civa uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler	13
4.1.5. Nikel uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler	15
4.1.6. Kobalt uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler	17
4.2. Anatomik Gözlemler	20
4.2.1. Gövde çapı	20
4.2.2. Epidermis	21
4.2.3. Korteks	24
4.2.4. Kambiyum	30
4.2.5. Ksilem	38
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	50

6. KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde kök uzunlukları.	10
Şekil 4.2. Farklı çinko konsantrasyonlarına bırakılan <i>Linum usitatissimum</i> L. bitkilerinin genel görünüşü.	11
Şekil 4.3. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde gövde uzunlukları.	12
Şekil 4.4. Farklı çinko konsantrasyonlarına bırakılan <i>Linum usitatissimum</i> L. bitkilerinin genel görünüşü.	13
Şekil 4.5. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde yaprak boyu.	14
Şekil 4.6. Farklı civa konsantrasyonlarına bırakılan <i>Linum usitatissimum</i> L. bitkilerinin genel görünüşü.	15
Şekil 4.7. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde yaprak eni.	16
Şekil 4.8. Farklı nikel konsantrasyonlarına bırakılan <i>Linum usitatissimum</i> L. bitkilerinin genel görünüşü.	17
Şekil 4.9. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde internod uzunluğu.	18
Şekil 4.10. Farklı kobalt konsantrasyonlarına bırakılan <i>Linum usitatissimum</i> L. bitkilerinin genel görünüşü.	19
Şekil 4.11. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde gövde kalınlığı.	20
Şekil 4.12. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde epidermis hücrelerinin radyal uzunluğu.	21
Şekil 4.13. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde epidermis hücrelerinin teğetsel uzunluğu.	22
Şekil 4.14. <i>Linum usitatissimum</i> L.'nin Cu uygulamasına ait genel durumları	23
Şekil 4.15. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde korteks kalınlığı.	24
Şekil 4.16. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde parankima hücre çapı.	25
Şekil 4.17. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde kortekste hücre sırası.	26
Şekil 4.18. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücre çapı.	27
Şekil 4.19. <i>Linum usitatissimum</i> L.'nin Zn uygulamasına ait genel durumları	28
Şekil 4.20. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücrelerinin lümen genişliği.	29
Şekil 4.21. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücrelerinin çeper kalınlığı.	30
Şekil 4.22. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyal zon kalınlığı.	31
Şekil 4.23. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyumdaki hücre sırası.	33

Şekil 4.24.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu.	34
Şekil 4.25.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu.	36
Şekil 4.26.	<i>Linum usitatissimum</i> L.'nin Hg uygulamasına ait genel durumları	37
Şekil 4.27.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilem kalınlığı.	38
Şekil 4.28.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ksilem kalınlığı.	39
Şekil 4.29.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde sekonder ksilem kalınlığı.	40
Şekil 4.30.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ve sekonder ksilemdeki hücre sayısı.	41
Şekil 4.31.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ve sekonder ksilemdeki hücre çapı	42
Şekil 4.32.	<i>Linum usitatissimum</i> L.'nin Ni uygulamasına ait genel durumları	43
Şekil 4.33.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilemdeki lümen genişliği.	44
Şekil 4.34.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz bölgesinin çapı.	45
Şekil 4.35.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz bölgesinin hücre çapı.	46
Şekil 4.36.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz bölgesinin hücre sayısı.	47
Şekil 4.37.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz boşluğu çapı.	48
Şekil 4.38.	<i>Linum usitatissimum</i> L.'nin Co uygulamasına ait genel durumları	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

	sayfa
Çizelge 4.1. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan saksılarda deney sonunda bitki sayısı	9
Çizelge 4.2. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kök uzunlukları	10
Çizelge 4.3. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin gövde uzunlukları	12
Çizelge 4.4. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin yaprak boyu	14
Çizelge 4.5. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin yaprak eni	16
Çizelge 4.6. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin internod uzunlukları	18
Çizelge 4.7. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin gövde kalınlığı	20
Çizelge 4.8. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin epidermis hücrelerinin radyal uzunluğu.	21
Çizelge 4.9. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin epidermis hücrelerinin teğetsel uzunluğu.	22
Çizelge 4.10. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin korteks kalınlığı	24
Çizelge 4.11. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin parankima hücre çapı.	25
Çizelge 4.12. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin parankima hücre sırası.	26
Çizelge 4.13. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin sklerankima hücre çapı.	27
Çizelge 4.14. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan hücrelerinin lümen genişliği.	39
Çizelge 4.15. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücrelerinin çeper kalınlığı.	30
Çizelge 4.16. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyal zon kalınlığı.	31
Çizelge 4.17. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyumdaki hücre sırası.	33
Çizelge 4.18. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu.	35
Çizelge 4.19. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu.	36
Çizelge 4.20. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilem kalınlığı.	38

Çizelge 4.21.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ksilem kalınlığı.	39
Çizelge 4.22.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde sekonder ksilem kalınlığı.	40
Çizelge 4.23.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ve sekonder ksilemdeki hücre sayısı.	41
Çizelge 4.24.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilemdeki hücre çapı.	42
Çizelge 4.25.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilemdeki lümen çapı.	44
Çizelge 4.26.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz bölgesinin çapı.	45
Çizelge 4.27.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz bölgesinin hücre çapı.	46
Çizelge 4.28.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz bölgesinin hücre sayısı.	47
Çizelge 4.29.	Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz boşluğu çapı	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

gr	Gram
lt	Litre
cm	Santimetre
%	Yüzde
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
µg	Mikrogram
µ	Mikron
mM	Milimolar

Kısaltmalar

Cu	Bakır
Zn	Çinko
Hg	Civa
Ni	Nikel
Co	Kobalt
Cl	Klor
IAA	Indol Asetik Asit
Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
ABA	Absisik Asit
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum

1. GİRİŞ

Son yıllarda nüfustaki hızlı artış, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların aşırı tüketim isteği ve baş döndürücü bir hızla gelişen teknolojik ilerlemeler, çevre kirliliği sorununun önemini iyice hissettirir hale gelmiştir. Söz konusu sorunların çözümlenmesinde önemli rol oynayan teknolojik gelişmeler, insanlığın yararına bir çok yeni ve alternatif ürünler sunarken küçümsenmeyecek oranda ve nitel-nicel yönden oldukça farklı atıklar oluşmaktadır.

Ekosistemlerin toprak, su ve hava gibi ortamlarında yaygın bir şekilde birikmeye başlayan ağır metaller, bitkiden insana hemen her çeşit organizma için boyutları giderek artan ve acilen tedbir alınmasını gerektiren bir çevre sorunu haline gelmiştir. Çevreyi kirleten bütün unsurlar bitkilerde strese neden olur. Stres ise bitkilerin fizyolojisini etkiler, onları genetik potansiyellerini değiştirir, verimliliklerini kısıtlar ve ölümlerine yol açarak büyük oranlarda ürün kayıpları meydana getirir. Bitki veriminin artırılması diğer bazı faktörlerle birlikte toprak ve suyun kalitesine bağlıdır. Gerek toprak ve gerekse suyun kalitesini bozan etmenlerden biri de ağır metallerdir. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda gübreleme ve ilaçlama gibi pek çok etmen ağır metallerin de çevredeki miktarlarını attırmaktadır. Bu durum özellikle aktif hareket etme yeteneği olmayan bitkilerde bir çok olumsuzluğa neden olmaktadır.

Ağır metallerin özellikle belirli dozlardan itibaren bitkilerdeki fizyolojik fonksiyonları ve biyokimyasal olayları doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği bilinmektedir. Ağır metal stresinin bitkilerdeki metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, ayrıca bitkilerin bu kirleticilere karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi uyum mekanizmalar geliştirdiğini belirlemek oldukça önemlidir. Problemin boyutu bu durumda daha iyi anlaşılabilir. Bu da alınacak önlemlerin ve gelecekle ilgili yapılacak planlamaların daha sağlıklı olmasını sağlar. Bitki türlerinin çevresel stres faktörlerine olan toleransları aynı değildir. Bu durum bitkinin türüne, stres faktörüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına göre büyük değişiklikler gösterir. Bitkilerin bu kirleticilere karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi mekanizmalar geliştirdiğini belirlemek oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın amacı Ketan (*Linum usitatissimum* L.) fidelerine klor tuzları şeklinde uygulanan Nikel, Kobalt, Bakır, Civa ve Çinko ağır metal katyonlarının ($\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$,

$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ZnCl_2 , HgCl_2) morfolojik etkileri, kambiyum faaliyeti, ksilem ve korteks farklılaşması üzerine etkisini araştırmaktır.

2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Arpanın (*Hordeum vulgare*) primer yapraklarında çinkonun dağılım ve taşınımı incelenmiştir (Brune ve ark. 1994).

Civanın *Bacopa monnieri* L. bitkisindeki biyolojik birikimi ve biyokimyasal etkileri incelenmiştir. *Bacopa monnieri* bitkisi altı farklı (0.01, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, ve 5.0 µg) civa konsantrasyonu ile 4, 7 ve 14 gün boyunca laboratuvar şartları altında muamele edilmiştir. Kök dokularındaki metal birikimi sürgün dokularından yaklaşık 5 kat daha fazla bulunmuştur. Civanın bütün konsantrasyonlarında total sistein glutasyonu azaltmıştır ve *B. monnieri*'nin 7 gün boyunca köklere uygulanması askorbik asit içeriğini arttırmıştır. Civanın bütün konsantrasyonlarında malondietil içeriği düşmüştür. Bununla birlikte protein ve şeker içeriği de yaklaşık 0.1 ve 2.0 µg Hg₂ düşmüştür. Yapraklarda klorofil içeriği, metal içeriği ve maruz kalma süresinin artmasıyla önemli derecede düşmüştür (Sinha ve ark., 1996).

Hızlı sanayileşme ve her geçen gün artan trafik yoğunluğu bir çok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır. Klorür tuzu halinde uygulanan civa, çinko, nikel, kobalt ile nitrat tuzu halinde uygulanan kurşun ve kadmiyum gibi ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)'da polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu ağır metaller polen çimlenmesini ve tüp büyümesini önemli oranda azaltmıştır. Ağır metal tuzunun konsantrasyonu ile polen çimlenmesi ve tüp büyümesindeki inhibisyon arasında bir paralellik olduğu görülmüştür (Munzuroğlu ve ark., 2000).

Kurşun ve çinkonun *Mantha spicata*'ya etkileri incelenmiştir. *Mantha spicata* klonları çözülebilir formda kurşun ve civanın eklendiği besleyici solüsyona yetiştirilmiştir. Bitkiler iki hafta boyunca kontrollü ortamda bu çözeltide kalmıştır. Bitkilerin kök uzunluğu ve üst-alt yaprakların klorofil içeriği ölçülmüştür. Bitki dokularının kurşun ve çinko içeriği de belirlenmiştir. Kurşunun çinkodan daha fazla bitki dokularına girdiği ancak çinkonun zıt şekilde yapraklara ulaşmadığı bulunmuştur (Bekiaroğlu ve Karataglis, 2002).

Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine civa (HgCl₂) ve kadmiyum (CdCl₂.H₂O)'un etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu iki ağır metalin belirtilen parametreler açısından birbiriyle karşılaştırma yapılarak toksisite dereceleri tespit edilmiştir. Bir haftalık fasulye fideleri 10 gün boyunca Hoagland solüsyonuyla hazırlanmış farklı konsantrasyonlardaki ağır metal tuzu çözeltilerine maruz bırakılmıştır. Civa

ve kadmiyum uygulaması fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellenmiştir. Bu ağır metallerin konsantrasyonlarındaki artış ile kök, gövde ve yaprak büyümesinin inhibisyon oranı arasında bir paralellik görülmüştür. Fidelerin ağır metale maruz kalma süresinin uzaması kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalmanın daha fazla olmasına yol açmıştır (Kırbağ Zengin ve Munzuroğlu, 2003).

Clivia sp. bitkisinin polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine klor tuzu halinde uygulanan kurşun, bakır, civa ve kadmiyum ağır metallerinin etkileri incelenmiştir. Her bir ağır metalin 30, 60, 90, 120 ve 240 μM lık konsantrasyonları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm ağır metal konsantrasyonları polen çimlenmesini ve tüp büyümesini değişik oranlarda azaltmıştır. Kullanılan ağır metallerden polen çimlenmesini ve tüp uzunluğunu en fazla engelleyen kadmiyum, en az engelleyen ise kurşun olduğu görülmüştür (Gür ve ark., 2004).

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) fidelerinde kök, gövde ve yaprak ile yaprak disklerinin absisik asit düzeyleri üzerine civanın etkileri araştırılmıştır. Bir haftalık ayçiçeği fideleri civa klorür (HgCl_2)'ün farklı konsantrasyonlarında (0.03, 0.05 ve 0.07 mM) on gün süreyle büyütülmüştür. Fidelerin absisik asit düzeyleri kök, gövde ve yaprak dokularında HPLC ile tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre civa stresi altında büyütülen ayçiçeği fidelerinin kök, gövde, yaprak, fide ve yaprak disklerinin absisik asit miktarları önemli artışlar göstermiştir. Civa tuzu uygulanan ayçiçeği bitkilerinin kök, gövde, yaprak, fide ve yaprak disklerinde absisik asit miktarının kontrole göre sırasıyla % 141-206, % 131-269, % 223-300, % 202-287 ve % 277-367 arasında değişen oranlarda artış gösterdiği kaydedilmiştir (Kırbağ Zengin ve ark., 2005).

Civa stresi altında oksinin *Luffa cylindrica* L.'de kambiyum faaliyetine etkisi incelenmiştir. Mevcut çalışmada *L. cylindrica* L. internodu üzerine ağır metal civa klorürün etkileri ve bu etkilerin büyüme hormonu IAA uygulayarak değerlendirilmiştir. Öz bölgesi, kambiyum, sklerankima ve korteksin çapı değerlendirilmiştir. Ksilem ve floem hücrelerinin erken olgunlaşmasını takiben uygulamalar göz önüne alınmıştır. Civa klorürün uygulanması internodun çapını azaltmıştır. IAA uygulanması korteks, kambial bölge ve primer ksilem hücrelerini arttırmıştır. Demet içerisindeki vasküler dokuların düzenlenmesi bikoletardır. Floem bölgesinin büyümesi araştırılmıştır (Khan ve Chaudhry, 2006).

Kadmiyum geçişinin *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze' nin glutatyon metabolizması genleri üzerine olan oksidatif stresi incelenmiştir. Glutatyon hücre ortamındaki indirgenme-yükseltgenme ayarını düzenleyen çok önemli bir bileşiktir. Bu çalışmada Cd maruziyetinin

Camellia sinensis' in tomurcuk dokularında glutasyon metabolizması genlerinin transkripsiyon seviyelerine olan etkisini gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, bazı fizyokimyasal parametreler üzerine çalışılmıştır. Kadmiyuma maruz kalma klorofil ve protein içeriğini düşürürken lipid peroxidasyonunu arttırdığı gözlenmiştir (Mohanpuria ve ark., 2007).

Perlit' te yetişen *Rumex induratus* ve *Marrubium vulgare*' de civa birikimi ve civa stresine karşı direnç incelenmiştir. Almeden'in madencilik bölgesinde toplanan *Rumex induratus* ve *Marrubium vulgare* bitkileri saksılara aktarılmış, 2 ay süreyle perlit kullanılmış ve besleyici çözeltiye çözülebilir civa (Hg) uygulanmıştır. Civa direnci, Hg biyolojik birikim ve bazı özellikler (klorofil, Ca, Cu, Fe v.b.) iki bitki türünde de incelenmiştir. Ortamdaki çözülebilir civa, mevcut civa ve toplam civa miktarları belirlenmiştir. Gövde / kök oranı incelenmiştir. *Rumex induratus*' in civa birikiminde daha etkili olduğu bulunmuştur (Jimenez ve ark., 2007).

Ağır metaller içeren atık su örneklerinin biyolojik etkilerini değerlendirmek için *Spirodel polyrrhiza* L.'da kadmium ve arsenik metallerinin etkileri üzerine çalışılmıştır. Bitki 1, 4, 7 günlük periyotta tek başına ve kombine olarak 0.1, 0.5, 1, 2 μM ' lık kadmium ve 1.5, 10, 20 μM ' lık arsenik metal konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. Bitki tek başına olan uygulamada 7 günden sonra 1855 mg kg^{-1} kuru ağırlık kadmium ve 1230 mg kg^{-1} arsenik kuru ağırlık biriktirirken kombine uygulamada bu 885 mg kg^{-1} kuru ağırlık kadmium ve 865 mg kg^{-1} kuru ağırlık arsenik olmuştur. Kombine uygulamanın sonuçları taze biyokütle, protein içeriği ve klorofil seviyelerinde düşüşü ortaya çıkarmıştır, lakin tek başına olan uygulamaya kıyasla nonenzimatik antioksidanların miktarları önemli artışlar göstermemiştir (Seth ve ark., 2007).

Kadmium ve bakır fazlalığına (7 günde 3, 60 ve 120 μM) maruz kalan *Matricaria chamomilla* bitkisinin fizyolojik tepkisi üzerine çalışılmıştır. 120 μM ' daki bakır *M. chamomilla*'nin özellikle kadmiyumun daha bol bulunduğu köklerdeki büyümeyi azaltmıştır. Alt yapraklardaki bakır miktarı ile kadmiyumun oranının aynı olmadığı bulunmuştur. Kadmiyumun fazla olması köklerdeki büyümenin inhibisyonuna sebep olmuştur. (Kovacık ve ark., 2008).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmamızda, materyal olarak bir kültür bitkisi olan keten (*Linum usitatissimum* L.) kullanıldı. Keten tohumları Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden temin edildi.

3.1. Kum ve Toprak Ortamının Hazırlanması

Çalışmamızda gübresiz saf toprak ve kumun 2:1 oranındaki karışımı kullanıldı. Toprak ve kum, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümünden temin edildi. Hazırlanan karışım elekten geçirildi.

3.2. Saksıların Hazırlanması ve Gruplandırılması

Çalışmamızda 6 numaralı 80 adet saksı kullanıldı. Bu saksılar 5 ağır metal elementinin 3 farklı konsantrasyonu ve beşerli paraleller şeklinde gruplandırıldı. Kontrol grubu da 5 saksıdan oluşturuldu.

3.3. Tohumların Dikilmesi

Çalışmamda bölüm 3.1’de hazırlanan toprak kullanıldı. Toprak üstten 5 cm kalacak şekilde saksılara dolduruldu. Tohumların aynı büyüklükte ve dolgun görünüşlü olanı seçildi. Ekim yapılacak tohumlar saf suda 24 saat bırakıldı. Petri kaplarında karanlıkta çimlenmeye bırakıldı. İki gün arayla düzenli olarak sulandı. Bir hafta sonra çimlenen tohumlar petri kaplarından saksılara alındı. Her grup için hazırlanan beşer saksının her birine 10’ar adet petride çimlendirilen fideler dikildi. Üzerleri ince bir toprak - kum tabakasıyla kapatıldı.

Saksılar şu şekilde gruplara ayrıldı:

1. Kontrol grubu: Çeşme suyu verildi.

2. 2, 4, 6 gr/lit Cu

3. 2, 4, 6 gr/lit Zn

4. 2, 4, 6 gr/lit Hg

5. 2, 4, 6 gr/lit Ni

6. 2, 4, 6 gr/lit Co

Saksılar bitkilerin yetişmesi için Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde bulunan seraya yerleştirildi.

3.4. Stok Çözeltilerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılacak stok çözeltiler hazırlandı. Bitkilere verilecek ağır metaller (Hg, Cu, Zn, Ni ve Co) uygulama çözeltilerinin minimum, optimum ve maksimum değerleri sırasıyla 2 gr/lit, 4gr/lit ve 6gr/lit şeklinde oldu. Çözeltiler belirtilen miktarlarda tartılıp distile su ile 2 litreye tamamlanarak hazırlandı. Ağır metal çözeltileri sulama suyuyla birlikte uygulandı.

Çözeltiler; $\text{CuCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ olarak 2, 4, 6 gr/lit bakır, ZnCl_2 olarak 2, 4, 6 gr/lit çinko, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ olarak 2, 4, 6 gr/lit nikel, HgCl_2 olarak 2, 4, 6 gr/lit civa, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ olarak 2, 4, 6 gr/lit kobalt kullanıldı.

3.5. Bitki Büyütme Yöntemi

Bitki ekimi Kasım ayında yapıldı. Saksılar Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümündeki seraya taşındı. Sera koşulları, sıcaklık için 17 °C, fotoperyot 15 saat karanlık, 9 saat ışık (kısa gün) olacak şekilde düzenlendi. Haftada iki kez musluk suyu bir

kez de ağır metal stok çözeltileri verildi. Bitkilerin boyları 2 cm olunca dipleri toprakla dolduruldu. Her hafta bitkilerin gelişme durumları düzenli olarak takip edilerek kaydedildi.

Gelişim süresince kontrollü olarak sulanan bitkilerin gövde uzunlukları, yaprak uzunlukları, yaprak sararmaları morfolojik özellikleri rapor edildi. Denemeye 12 hafta devam edildi.

3.6. Örnek Alma ve Analiz İşlemleri

Bitkiler 12 haftanın sonunda % 96'lık alkole alındı. Tesadüfi olarak örnekler alınıp kambyal aktiviteleri incelendi. Örnekler gövdelerin alttan 1. internodundan alındı. El ile enine kesitler alındı. Kesitler safranin ve hızlı yeşil (fast-green) ile boyandı. Enine kesitte ağır metallerin kambyum faaliyeti ksilem ve korteks farklılaşması üzerine etkileri mikroskopta incelenerek ölçümler yapıldı ve fotoğraflar çekildi.

4. BULGULAR

4.1. Morfolojik Gözlemler

4.1.1. Kontrol bitkilerinin morfolojik özellikleri

Her grup için hazırlanan beşer saksının her birine 10'ar adet petride çimlendirilen fideler dikildi, 12 hafta sonunda ağır metal konsantrasyonu arttıkça saksıdaki bitki sayısında ciddi bir düşüş görüldü.

Kontrol grubundaki bitkilerin gelişimi ve büyümesi normal bir seyir izledi. Bu gruptaki bitki boylarının diğer gruplardan daha uzun olduğu gözlemlendi. Gövde üzerindeki yapraklar, büyüme ve gelişmenin başlangıcından sonuna kadar bütünüyle yeşil renkteydiler, sararma ve nekrotik tabakalar görülmedi. 12. haftanın sonunda ölçümler yapıldı. Bu ölçümlere göre ortalama olarak gövde uzunluğu 11,21 cm, kök uzunluğu 29,21 cm, yaprakların eni 3 mm, yaprak boyu 8,75 mm, internod uzunluğu 3 mm olduğu görüldü.(Şekil 4.1-10)(Çizelge 4.2-6).

Çizelge 4.1. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan saksılarda deney sonunda bitki sayısı

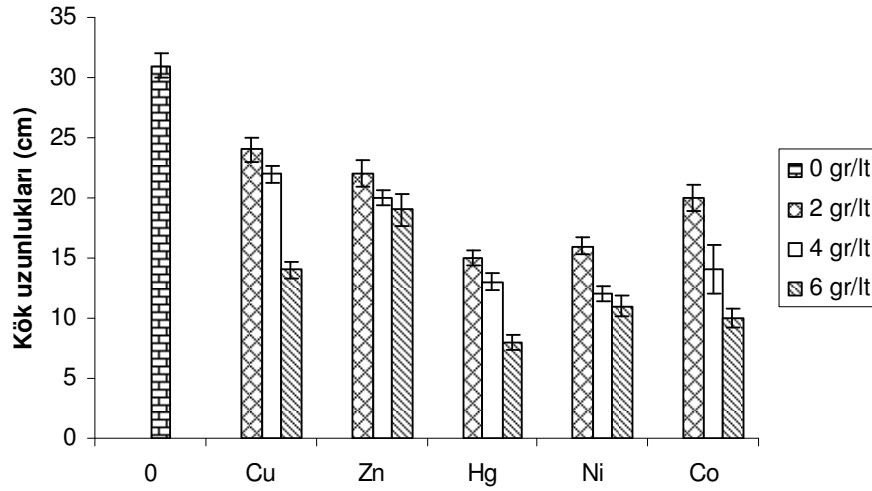
Konsantrasyon	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	10					
2 gr/lt		9	9	6	6	4
4 gr/lt		7	7	4	3	2
6 gr/lt		3	5	1	1	1

4.1.2. Bakır uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler

Bakır uygulanan bitkilerde normal büyüme ve gelişmelerini tamamlayamadılar. Üçüncü haftada 2 gr/lt uygulanan saksılarda bitki sayısı tam olmasına rağmen alt yapraklarda sararmaların olduğu gözlemlendi. 4 gr/lt uygulanan saksılarda 7 bitkinin, 6 gr/lt uygulanan saksılarda 3 bitkinin yaşadığı gözlemlendi(Şekil 4.2)(Çizelge 4.1).

Bu bitkilerde yapılan ölçümlere göre; 2 gr/lt bakır uygulanan bitkilerde kök uzunluğu 24,50 cm, gövde uzunluğu 10,02 cm, yaprak boyu 8,90 mm, yaprak eni 2,60 mm, internod

uzunluğu 1,94 mm değerleri bulundu. 4 gr/lt bakır uygulanan bitkilerde kök uzunluğu 22,52 cm, gövde uzunluğu 9,60 cm, yaprak boyu 8,50 mm, yaprak eni 2,53 mm, internod uzunluğu 1,60 mm değerleri bulundu. 6 gr/lt bakır uygulanan bitkilerde ortalama olarak kök uzunluğu 14,32 cm, gövde uzunluğu 8,92 cm, yaprak boyu 6,80 mm, yaprak eni 1,88 mm, internod uzunluğu 1,46 mm değerleri bulundu(Çizelge 4.2-10).



Şekil 4.1. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde kök uzunlukları.

Çizelge 4.2. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kök uzunlukları (cm)

Konsnt.	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	31.08±0.99					
2 gr/lt		24.50±1.05aA#	22.46±1.12abA#	15.94±0.55cA#	16.12±0.67cA#	20.74±1.09bA#
4 gr/lt		22.52±0.71aA#	20.44±0.65aAB#	13.02±0.68bB#	12.76±0.59bB#	14.67±2.03bB#
6 gr/lt		14.32±0.73bA#	19.12±1.31aB#	8.40±0.59dC#	11.98±0.91cB#	10.30±0.75cdC#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

İstatistiki olarak 2 gr/lt'de elementlerin gövde uzunluğuna etkisi önemli bulunmamıştır. Kontrol grubu ortalaması ile elementlerin farklı konsantrasyonları arasındaki fark anlamlıdır. 2 gr/lt çinko ile kontrol arasındaki fark anlamlı bulunmadı.



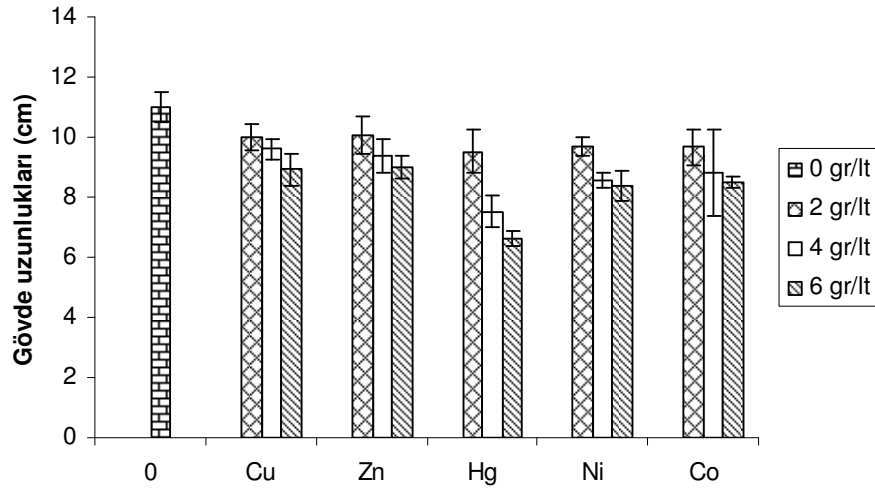
Şekil 4.2. Farklı bakır konsantrasyonlarına bırakılan *Linum usitatissimum* L. bitkilerinin genel görünüşü.

4.1.3. Çinko uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler

Kontrol bitkilerine göre çinko uygulanan bitkilerde büyüme ve gelişme çok iyi bir seyir göstermedi. Üçüncü haftada 6 gr/lit çinko uygulanan saksılarda bazı bitkilerin öldüğü, 4 ve 2 gr/lit çinko uygulanan saksılarda ise bitkilerin alt yapraklarında sararmaların olduğu gözlemlendi. Beşinci haftada ise 6 ve 4 gr/lit çinko uygulanan bitkilerde alt yapraklarda kuruma üst yapraklarda sararmalar görüldü(Şekil 4.4)(Çizelge 4.1).

2 gr/lit çinko uygulanan bitkilerde kök uzunluğu 22,46 cm, gövde uzunluğu 10,06 cm(Çizelge 4.3), yaprak boyu 7,80 mm, yaprak eni 2,58 mm, internod uzunluğu 1,64 mm değerleri belirlendi. 4 gr/lit çinko uygulanan bitkilerde kök uzunluğu 20,44 cm, gövde uzunluğu 9,38 cm, yaprak boyu 7,20 mm, yaprak eni 2,20 mm, internod uzunluğu 1,44 mm değerleri bulundu. 6 gr/lit çinko uygulanan bitkilerde kök uzunluğu 19,12 cm, gövde uzunluğu

9,00 cm, yaprak boyu 6,80 mm, yaprak eni 1,82 mm, internod uzunluğu 1,12 mm olarak hesaplandı(Çizelge 4.2-6).



Şekil.4.3. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde gövde uzunlukları.

Çizelge 4.3. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin gövde uzunlukları(cm)

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	11.44±0.47					
2 gr/Lt		10.02±0.44aA#	10.06±0.65aA	9.52±0.73aA#	9.68±0.29aA#	9.66±0.57aA#
4 gr/Lt		9.60±0.32aA#	9.38±0.55aA#	7.52±0.55bB#	8.54±0.25abA#	8.83±1.45abA#
6 gr/Lt		8.92±0.52aA#	9.00±0.38aA#	6.64±0.25bB#	8.38±0.51aA#	8.83±0.17aA#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

2 gr/Lt' de civanın nikel ile arasındaki fark anlamsız diğer gruplar arasındaki fark önemlidir. İstatistiki olarak 6 gr/Lt' de her element arasında önemli fark tespit edilmiştir. Bakırın farklı konsantrasyonlarında istatistiki açıdan önemli bir fark bulunmamıştır. Aynı sütunda çinko, civa ve kobaltın konsantrasyonları arasında fark anlamlıdır. Kontrol grubu ile diğer elementlerin farklı konsantrasyonları arasındaki fark kök uzunlukları bakımından önemli bulunmuştur.



Şekil 4.4. Farklı çinko konsantrasyonlarına bırakılan *Linum usitatissimum* L. bitkilerinin genel görünüşü.

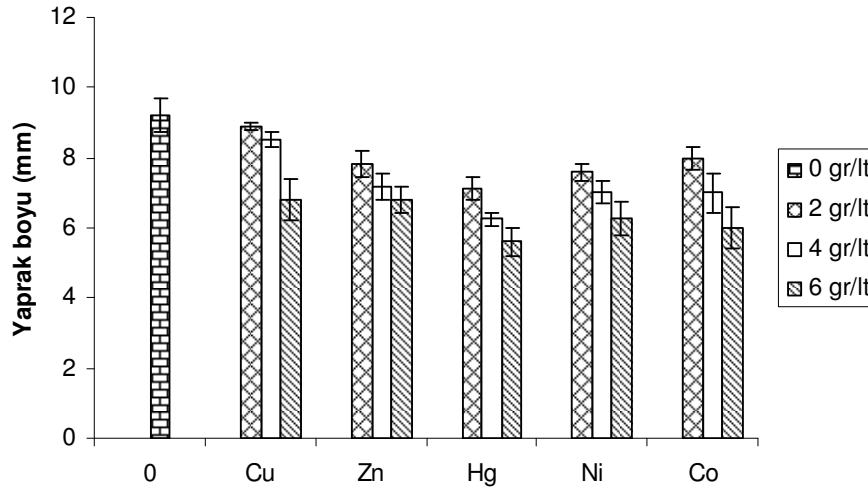
4.1.4. Civa uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler

Civa uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine ve diğer ağır metal uygulanan bitkilere oranla kök ve gövde uzunluğunda çok fazla düşüşler gözlemlendi. Üçüncü haftadan itibaren 2 gr/lt civa uygulanan saksılarda ölü bitki olmadığı yalnız bitkilerin alt yapraklarının sararıp kuruduğu görüldü. 4gr/lt civa uygulanan saksılarda bazı bitkilerin öldüğü, kalan bitkilerin ise alt yapraklarının sararıp kuruduğu tespit edildi. 6 gr/lt civa uygulanan saksılarda her saksıda 7 fide kuruduğu 3 fidenin kaldığı gözlemlendi.

Beşinci haftanın sonunda 2 gr/lt civa uygulanan saksılarda bitkilerin alt yapraklarında kuruma ve gelişmede gerilik görüldü. 4 gr/lt civa uygulanan saksılarda bitkilerin yarı yarıya öldüğü ve alt yaprakların kuruduğu tespit edildi. 6 gr/lt civa uygulanan saksılarda her saksıda 2 bitkinin kaldığı, kontrol bitkilerine göre büyüme ve gelişmelerinin çok geri kaldığı görüldü(Şekil 4.6)(Çizelge 4.1).

Civa 2 gr/lt uygulanan bitkilerde ortalama olarak kök uzunluğu 15,94 cm, gövde uzunluğu 9,52 cm, yaprak boyu 7,12 mm, (Çizelge 4.4) yaprak eni 2,18 mm, internod

uzunluğu 1,56 mm değerleri bulundu. Civa 4 gr/lit uygulanan bitkilerde ortalama olarak kök uzunluğu 13,02 cm, gövde uzunluğu 7,52 cm, yaprak boyu 6,26 mm, yaprak eni 2,00 mm, internod uzunluğu 1,10 mm değerleri ölçüldü. Civa 6 gr/lit uygulanan bitkilerde ortalama olarak kök uzunluğu 8,40 cm, gövde uzunluğu 6,64 cm, yaprak boyu 5,60 mm, yaprak eni 1,70 mm, internod uzunluğu 0,70 mm değerleri bulundu(Çizelge 4.2-6).



Şekil 4.5. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde yaprak boyu.

Çizelge 4.4. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin yaprak boyu (mm)

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lit	9,20±0,49					
2 gr/lit		8,90±0,10aA	7,80±0,37bA#	7,12±0,33bA#	7,60±0,24bA#	8,00±0,32abA#
4 gr/lit		8,50±0,22aA	7,20±0,37bAB#	6,26±0,19cAB#	7,00±0,32bcAB#	7,00±0,58bcB#
6 gr/lit		6,80±0,58aB#	6,80±0,37aB#	5,60±0,40bB#	6,25±0,48abB#	6,00±0,58abC#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

Bütün grupların özellikle nikelin konsantrasyonları arasındaki fark önemlidir. Kontrol grubu ile diğer grup konsantrasyonlarının her biri arasında istatistiki olarak önemli fark tespit edildi.



Şekil 4.6. Farklı cıva konsantrasyonlarına bırakılan *Linum usitatissimum* L. bitkilerinin genel görünüşü.

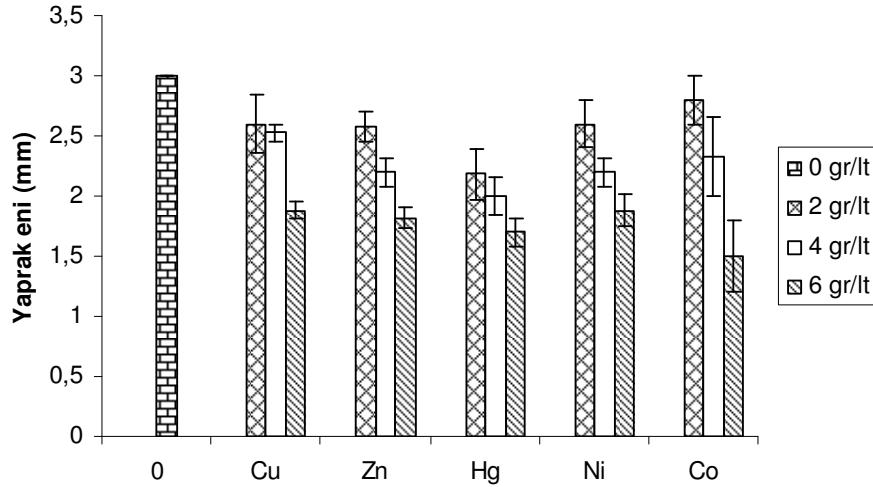
4.1.5. Nikel uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler

Nikel uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla büyüme ve gelişmede gerileme görüldü. Üçüncü haftada 2 gr/lt nikel uygulanan saksılarda bitkilerin alt yapraklarının sararmaya başladığı gözlemlendi. 4 gr/lt nikel uygulanan saksılarda 6 fidenin yaşadığı bu fidelerin alt yapraklarında sararmaların olduğu gözlemlendi. 6 gr/lt nikel uygulanan saksılarda bitkilerin çoğunun öldüğü her saksıda 4 fide kaldığı gözlemlendi. Beşinci haftada 4 ve 6 gr/lt uygulanan saksılarda bitkilerin çoğunun öldüğü, var olan bitkilerin ise alt yapraklarının kuruduğu veya sarardığı gözlemlendi(Şekil 4.8)(Çizelge 4.1).

Bu bitkilerde yapılan ölçümlere göre; Nikel 2 gr/lt uygulanan bitkilerde ortalama olarak kök uzunluğu 16,12 cm, gövde uzunluğu 9,68 cm, yaprak boyu 7,60 mm, yaprak eni 2,60 mm(Çizelge 4.5), internod uzunluğu 1,54 mm değerleri ölçüldü. Nikel 4 gr/lt uygulanan bitkilerde ortalama olarak kök uzunluğu 12,76 cm, gövde uzunluğu 8,54 cm, yaprak boyu 7,00 mm, yaprak eni 2,20 mm, internod uzunluğu 1,40 mm değerleri belirlendi. Nikel 6 gr/lt uygulanan bitkilerde ortalama olarak kök uzunluğu 11,98 cm, gövde uzunluğu 8,38 cm,

yaprak boyu 6,25 mm, yaprak eni 1,88 mm, internod uzunluğu 1,13 mm değerleri bulundu(Çizelge 4.2-6).

Ağır metallerin konsantrasyonu arttıkça bitkilerde büyüme ve gelişmede gözle görülür bir gerileme görüldü.



Şekil 4.7. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde yaprak eni.

Çizelge 4.5. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin yaprak eni (mm)

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	3.00±0					
2 gr/Lt		2.60±0.24aA#	2.58±0.13abA#	2.18±0.21bA#	2.60±0.19aA#	2.80±0.20aA
4 gr/Lt		2.53±0.07aA#	2.20±0.12abA#	2.00±0.16bAB#	2.20±0.12abB#	2.33±0.33abB#
6 gr/Lt		1.88±0.07aB#	1.82±0.09aB#	1.70±0.12aB#	1.88±0.13aB#	1.50±0.29aC#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Bakırın 2 gr/Lt ve 4 gr/Lt konsantrasyon arasındaki fark anlamlı değil, diğer grupların konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlıdır. Kontrol grubu ile bakırın 2 gr/Lt ve 4 gr/Lt konsantrasyonu arasındaki fark önemsiz, diğer grupların konsantrasyonlarının her biri arasında önemli fark tespit edildi.

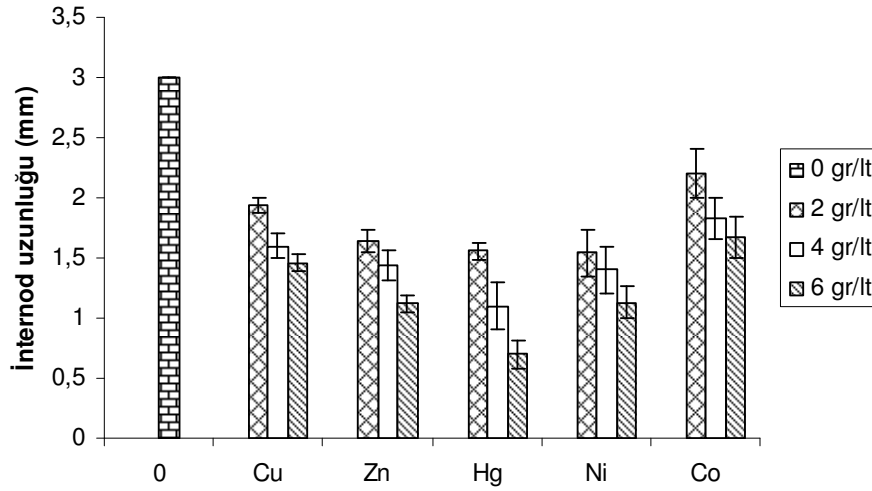


Şekil 4.8. Farklı nikel konsantrasyonlarına bırakılan *Linum usitatissimum* L. bitkilerinin genel görünüşü.

4.1.6. Kobalt uygulanan bitkilerde morfolojik özellikler

Kobalt uygulanan bitkiler, kontrol bitkilerine göre normal büyüme ve gelişmelerini tamamlayamadılar. Kobaltın gr/lt' deki miktarı arttıkça gövde ve kök uzunluklarında düşüşler gözlemlendi. İlk iki hafta normal büyüme ve gelişme görülürken, üçüncü haftadan itibaren saksıdaki bitkilerde sararma ve ölümler görüldü. Beşinci haftanın sonunda 2 gr/lt kobalt uygulanan saksılarda 7, 4 gr/lt kobalt uygulanan saksılarda 5, 6 gr/lt kobalt uygulanan saksılarda 3 fidenin olduğu gözlemlendi(Şekil 4.10) (Çizelge 4.1).

Kobalt 2 gr/lt uygulanan bitkilerde ortalama olarak gövde uzunluğu 9,66 cm, kök uzunluğu 20,74 cm, yaprak eni 2,80 mm, yaprak boyu 8,00 mm, internod uzunluğu 2,20 mm değerleri ölçüldü. Kobalt 4 gr/lt uygulanan bitkilerde ortalama olarak gövde uzunluğu 8,50 cm, kök uzunluğu 14,67 cm, yaprak eni 2,33 mm, yaprak boyu 7,00 mm, internod uzunluğu 1,83 mm olduğu gözlemlendi. Kobalt 6 gr/lt uygulanan bitkilerde ortalama olarak gövde uzunluğu 8,83 cm, kök uzunluğu 10,30 cm, yaprak eni 1,50 mm, yaprak boyu 6,00 mm, internod uzunluğu 1,67 mm değerler bulundu(Çizelge 4.2-6).



Şekil 4.9. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerinde internod uzunluğu.

Çizelge 4.6. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin internod uzunlukları (mm)

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	3.00±0					
2 gr/Lt		1.94±0.06abA#	1.64±0.10bcA#	1.56±0.07cA#	1.54±0.20cA#	2.20±0.20aA#
4 gr/Lt		1.60±0.10abB#	1.44±0.12bcA#	1.10±0.19cB#	1.40±0.19bcAB#	1.83±0.17aB#
6 gr/Lt		1.46±0.07abB#	1.12±0.07bB#	0.70±0.12cC#	1.13±0.13bB#	1.67±0.17aB#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

6 gr/Lt' de elementler arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Aynı sütunda yaprak enine etkinin nikel ve kobalt konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir. Kontrol grubunun ortalaması ile 2 gr/Lt kobalt arasındaki fark anlamsız diğer grupların her biri arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlıdır.

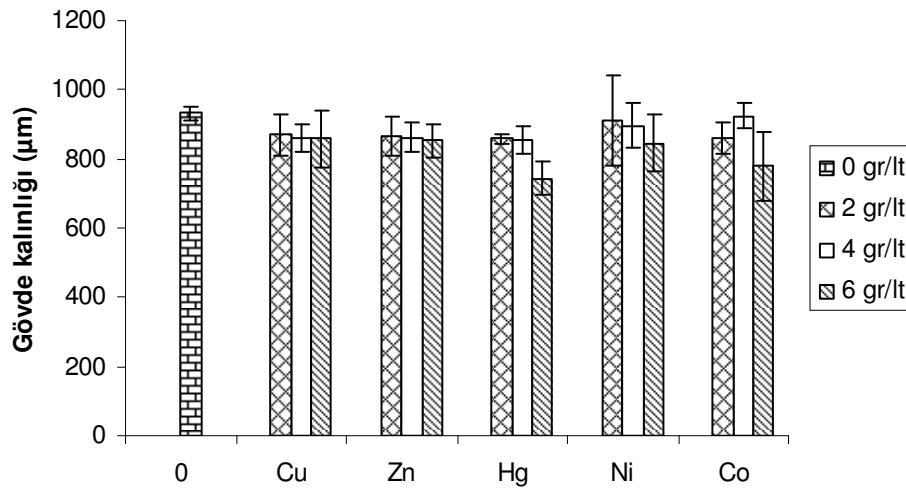


Şekil 4.10. Farklı kobalt konsantrasyonlarına bırakılan *Linum usitatissimum* L. bitkilerinin genel görünüşü.

4.2. Anatomik Gözlemler

4.2.1. Gövde kalınlığı

Alınan enine kesitlerde gövde çapının, kontrol bitkileri ile farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkiler arasında belirgin farklar kaydedilmedi. 6 gr/lt civa uygulanan bitkilerde gövde çapının kontrol bitkilerine göre gözle görünür bir azalma gösterdiği gözlemlendi (Şekil 4.11) (Çizelge 4.7).



Şekil 4.11. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde gövde kalınlığı.

Çizelge 4.7. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin gövde kalınlığı(µm).

Konstr	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	932.00±8.00					
2 gr/lt		870±26.83aA	864±25.42aA	858±5.83aA#	912±58.26aA	860±20.49aA
4 gr/lt		860±17.89aA	862±19.08aA	854±16.91aA#	897±29.98aA	825±14.43aAB#
6 gr/lt		858±37.07aA#	854±21.35aA#	744±21.12aB#	847±33.00aA#	780±56.86aB#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

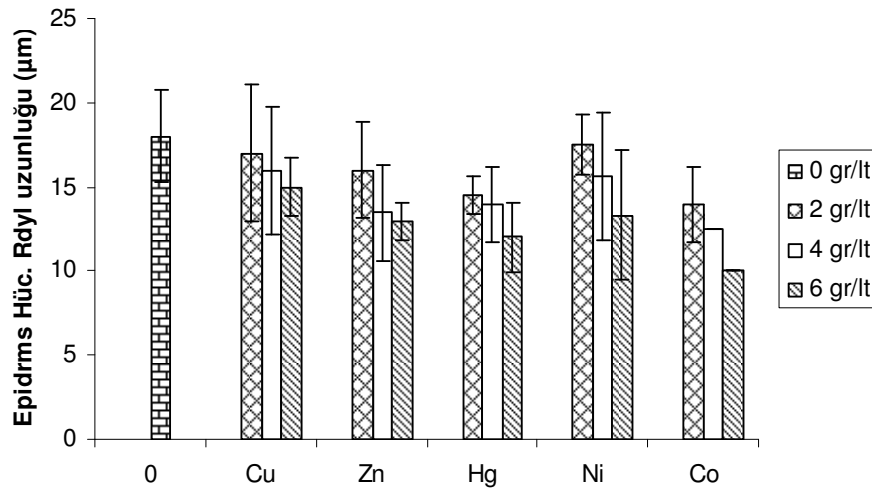
Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Aynı satırdaki gruplar arasındaki farklar istatistiki açıdan önemli bulunmadı. Aynı sütunda bakır, çinko ve nikelin konsantrasyonları arasındaki fark anlamsız, kobalt konsantrasyonları arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubu ile civanın bütün konsantrasyonları arasındaki fark önemlidir.

4.2.2. Epidermis

Gövdenin dış yüzeyini kaplayan epidermis hücreleri tek sıralıdır. İnce çeperli olan epidermis hücreleri genellikle uzun şekildedirler. Bu hücrelerin uzun çeperleri teğetsel, dar olan çeperleri ise radyal yöndedir. Epidermis hücrelerinin dış uzun eksenleri ince bir kutikula ile örtülüdür.

Yapılan ölçümlerde kontrol bitkilerinde epidermis hücrelerinin kısa eksenleri 15,00 – 20,00 μm (Şekil 4.7) arasında değişirken, uzun eksenleri ise 35,00 – 40,00 μm (Şekil 4.8) arasında değişmektedir. Yapılan ölçümlere göre bitkilerde ağır metal konsantrasyonu arttıkça epidermis hücrelerinin en ve boy uzunlukları kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında düşüş tespit edildi (Çizelge 4.8).



Şekil 4.12. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde epidermis hücrelerinin radyal uzunluğu.

Çizelge 4.8. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin epidermis hücrelerinin radyal uzunluğu(μm).

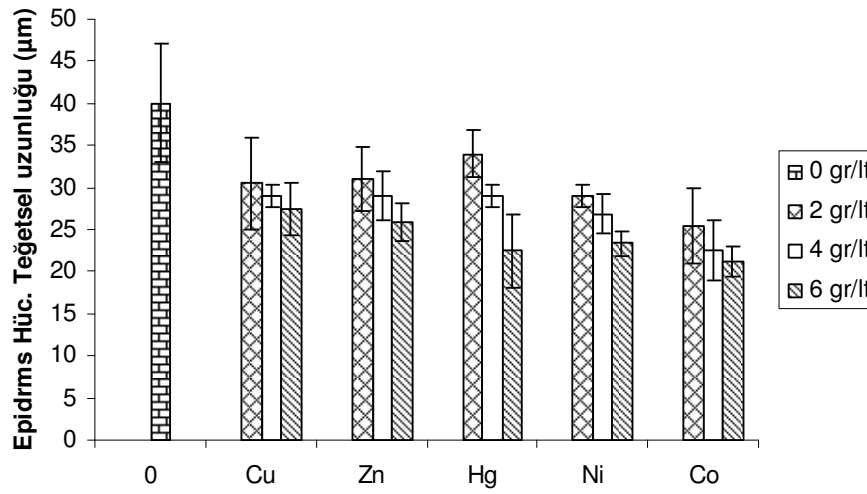
Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	18.00±1.22					
2 gr/Lt		17.00±1.84abA	16.00±1.27abcA	14.50±0.50bcA#	17.50±0.79aA	14.00±1.00cA#
4 gr/Lt		16.00±1.70aA	13.50±1.27abAB#	14.00±1.00abA#	15.50±1.46aAB	12.50±0.00bAB#
6 gr/Lt		15.00±0.79aA#	13.00±0.50abB#	12.00±0.94bcA#	13.25±1.56abB#	10.00±0.00cB#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

2 gr/lt' de gruplar arasındaki fark anlamlıdır. Aynı sütunda bakır ve cıvanın farklı konsantrasyonları arasında fark istatistiki açıdan önemli değil, çinko, nikel ve kobalt arasındaki fark önemlidir. Kontrol grubu 6 gr/lt bakır, 4 gr/lt çinko, 6 gr/lt çinko, cıvanın ve kobaltın bütün konsantrasyonları ile 6 gr/lt nikel grupları arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlıdır (Çizelge 4.9).



Şekil 4.13. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde epidermis hücrelerinin teğetsel uzunluğu.

Çizelge 4.9. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin epidermis hücrelerinin teğetsel uzunluğu(µm).

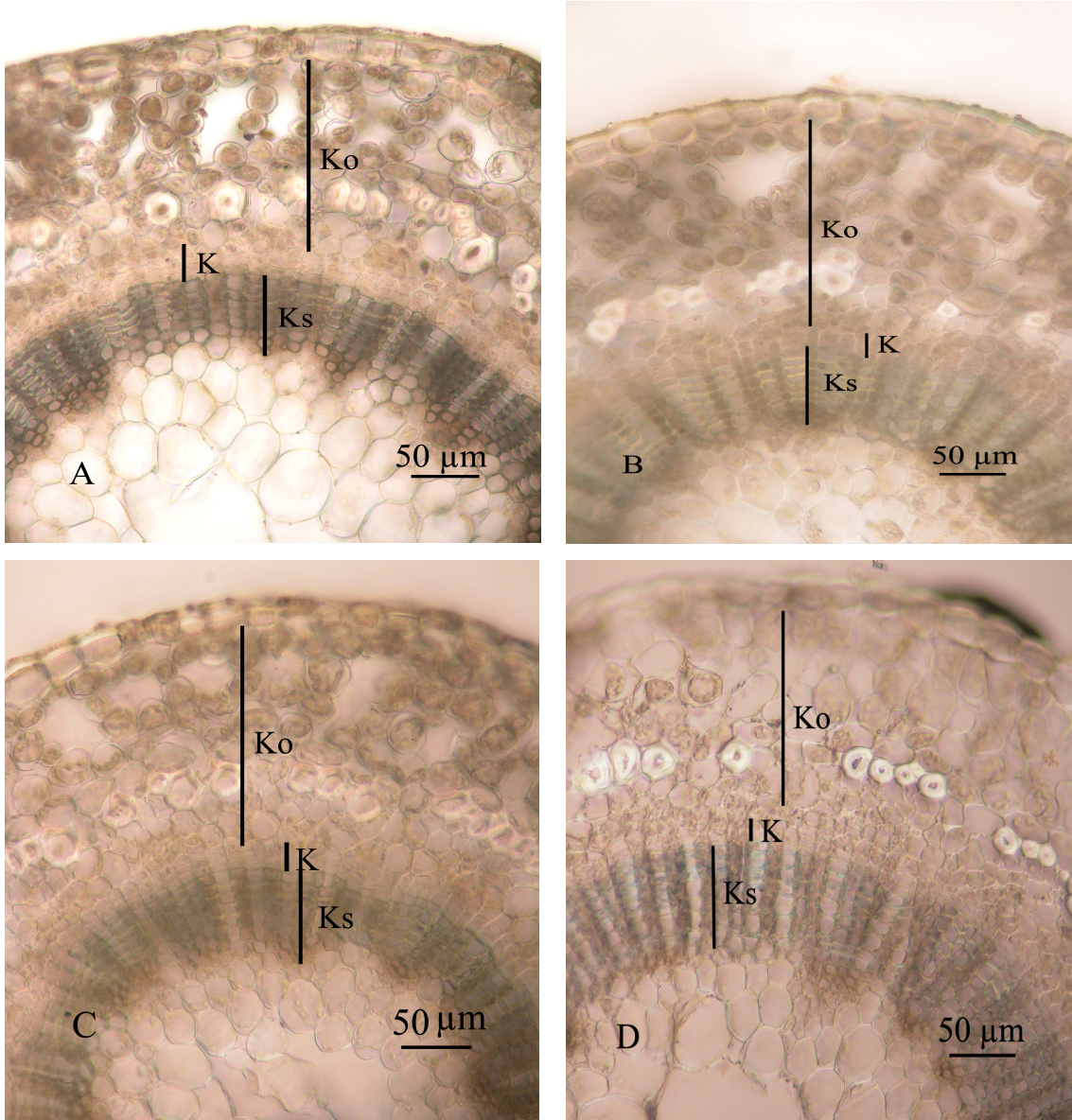
Konsant	Kontrol	Bakır	Çinko	Cıva	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	40.00±3.16					
2 gr/lt		30.50±2.42abA#	31.00±1.70abA#	34.00±1.27aA#	29.00±0.61bcA#	25.50±2.00cA#
4 gr/lt		29.00±0.61aA#	29.00±1.27aAB#	29.00±0.61aB#	26.70±0.94aAB#	22.33±1.45bAB#
6 gr/lt		27.50±1.37aA#	26.00±1.00abB#	22.50±1.94bcC#	23.25±0.60bcB#	21.17±0.73cB#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

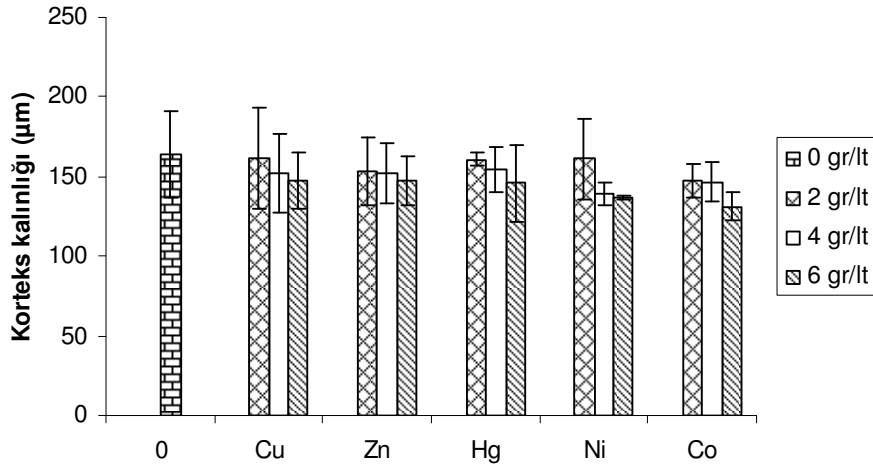
4 gr/lt kobalt ile diğer gruplar arasındaki fark önemlidir. Aynı sütunda bakır hariç çalışılan diğer ağır metallerin konsantrasyonlarının her biri arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir. Kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki fark anlamlıdır.



Şekil.4. 14. *Linum usitatissimum* L.'nin Cu uygulamasına ait genel durumları A:Kontrol, B: 2 gr/lt Cu, C: 4 gr/lt Cu, D: 6 gr/lt Cu, Korteks (Ko), Kambiyum (K), Ksilem (Ks).

4.2.3. Korteks

Korteks dışta epidermisin altından başlayıp içte kambiyuma kadar devam etmektedir. Yapılan ölçümlerde ağır metal konsantrasyonu arttıkça korteks kalınlığının kontrol bitkilerine göre düştüğü tespit edildi. Ölçümlerde kontrol bitkilerinde korteks kalınlığının 137,50 -195,00 μm (Şekil 4.15) arasında değiştiği tespit edildi.



Şekil 4.15. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde korteks kalınlığı.

Çizelge 4.10. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin korteks kalınlığı(μm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	164.50±12.08					
2 gr/Lt		161.50±14.09aA	153.50±9.34aA	160.50±1.84aA	161.00±11.42aA	147.50±4.68aA
4 gr/Lt		152.10±10.90aA	152.00±8.23aA	154.00±6.35aA	139.40±2.74aB#	146.17±5.05aA
6 gr/Lt		147.00±7.84aA	147.00±6.91aA	146.00±10.77aA	136.25±0.72aB#	131.17±3.61aA#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

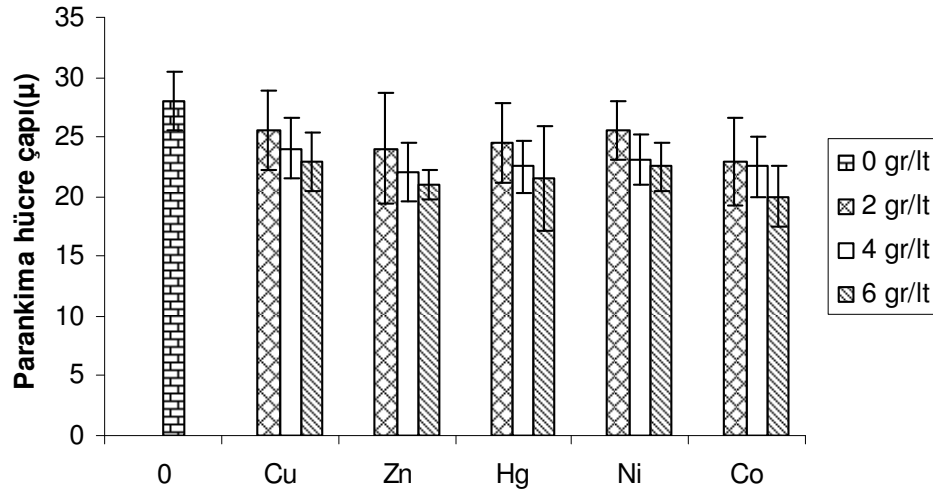
Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Aynı satırda çalışılan bütün konsantrasyonlar açısından fark anlamlı bulunmadı. Aynı sütunda nikel grupları arasındaki fark anlamlı, diğer gruplar istatistiki açıdan anlamlı değildir. Kontrol grubu ile 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt nikel, 6 gr/Lt kobalt grupları arasındaki fark anlamlıdır (Çizelge 4.10).

Korteks belli bir düzen göstermeyen 9–11 (Şekil 4.17) hücre parankima sırasından meydana gelmiştir. Bu tabakaya ait parankima hücreleri, hücreler arası boşluğa sahip olup farklı şekil ve büyüklükte dirler. Bu hücreler genellikle oval ve köşelidirler. Parankima

hücrelerinin kontrol bitkilerindeki hücrelere göre küçülmüş olduğu belirlendi. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça parankima hücre çaplarının azaldığı görüldü.



Şekil 4.16. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde parankima hücre çapı.

Çizelge 4.11. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin parankima hücre çapı(μm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	28.00±1.22					
2 gr/Lt		25.50±1.66aA	24.00±2.32aA#	24.50±1.66aA	25.50±1.22aA	23.00±1.84aA#
4 gr/Lt		24.00±1.27aA#	22.00±1.22aA#	22.50±1.12aA#	23.00±0.94aA#	22.50±1.44aA#
6 gr/Lt		23.00±1.22aA#	21.00±0.61aA#	21.50±2.18aA#	22.50±1.02aA#	20.00±1.44aA#

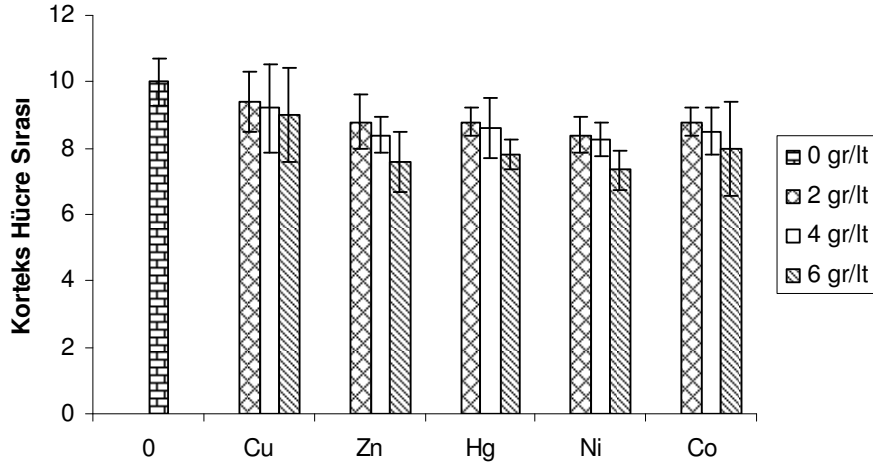
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

Aynı satır ve sütunda bütün gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemli değildir. Kontrol grubu bakır, civa ve nikelin 2 gr/Lt' deki konsantrasyonları anlamsız diğer gruplar ile arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlıdır.

Kortekste parankima hücre sayısı kontrol bitkilerinde ortalama 10 hücreden oluşmaktadır. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça parankima hücre sayısında azalma görüldü. Ağır metal uygulanan parankima hücrelerinin kontrol bitkilerindeki parankima hücrelerine göre küçük olduğu belirlendi (Şekil 4.17.).



Şekil 4.17. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde kortekste hücre sayısı.

Çizelge 4.12. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kortekste hücre sayısı.

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	10.00±0.32					
2 gr/Lt		9.40±0.40aA	8.80±0.37abA#	8.80±0.20abA#	8.40±0.24bA#	8.80±0.20abA#
4 gr/Lt		9.20±0.58aA	8.40±0.24abAB#	8.60±0.40abAB#	8.00±0.32bA#	8.33±0.33abAB#
6 gr/Lt		9.00±0.63aA#	7.60±0.40bB#	7.80±0.20bB#	7.50±0.29bA#	7.67±0.67bB#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

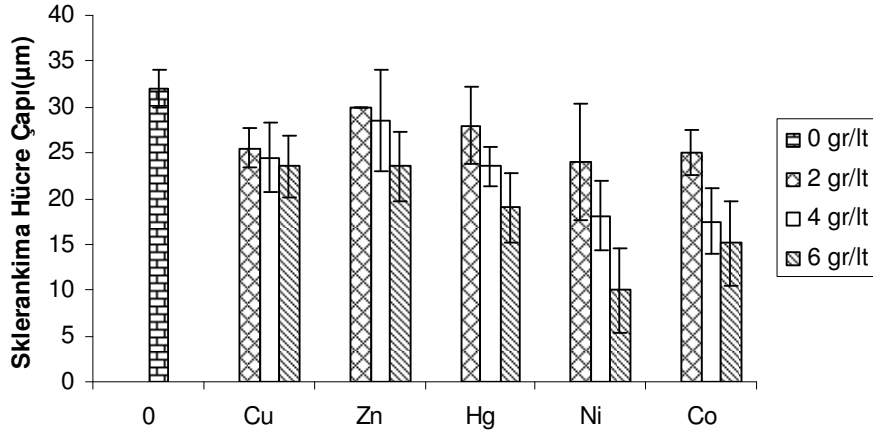
Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Parankima hücre sırası bakımından 6 gr/Lt' de bakır önemli diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmadı. Aynı sütunda bakır ve nikelin farklı konsantrasyonları arasındaki fark anlamsızdır. Çinko, civa ve kobaltın konsantrasyonları arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubunun, bakırın 2 gr/Lt ile 4 gr/Lt arasındaki fark anlamsız çalışılan diğer parametler arasındaki fark anlamlıdır (Çizelge 4.12).

Sklerankima

Parankima hücrelerinin arasında bazen tek tek, bazen de toplu olarak bulunan sklerankima lifleri bulunmaktadır. Çeperleri fazlaca kalınlaşmış olan bu liflerin lümenleri oldukça daralmıştır. Şekilleri genellikle oval daire görünümündedirler. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça sklerankima hücrelerinin yapısının bozulduğu görüldü. Yapılan ölçümlerde kontrol bitkilerinde lif çapları 30,00 – 35,00 µm arasında değiştiği görüldü (Şekil 4.18). Ağır metal konsantrasyonu arttıkça sklerankima hücre çaplarında düşüş gözlemlendi, bu durum özellikle Nikel 6 gr/Lt' de çok bariz görüldü.



Şekil 4.18. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücre çapı.

Çizelge 4.13. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin sklerankima hücre çapı(µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	32.00±0.94					
2 gr/Lt		25.50±0.94abA	30.00±.00aA	28.00±1.84abA	24.00±2.81bA#	25.00±1.12bA#
4 gr/Lt		24.50±1.66abA#	28.50±3.84aAB	23.50±1.00bAB#	18.10±1.45cB#	17.50±1.44cB#
6 gr/Lt		23.50±1.50aA#	23.30±1.74aB#	19.00±1.70abB#	10.00±2.70cC#	15.17±2.67bB#

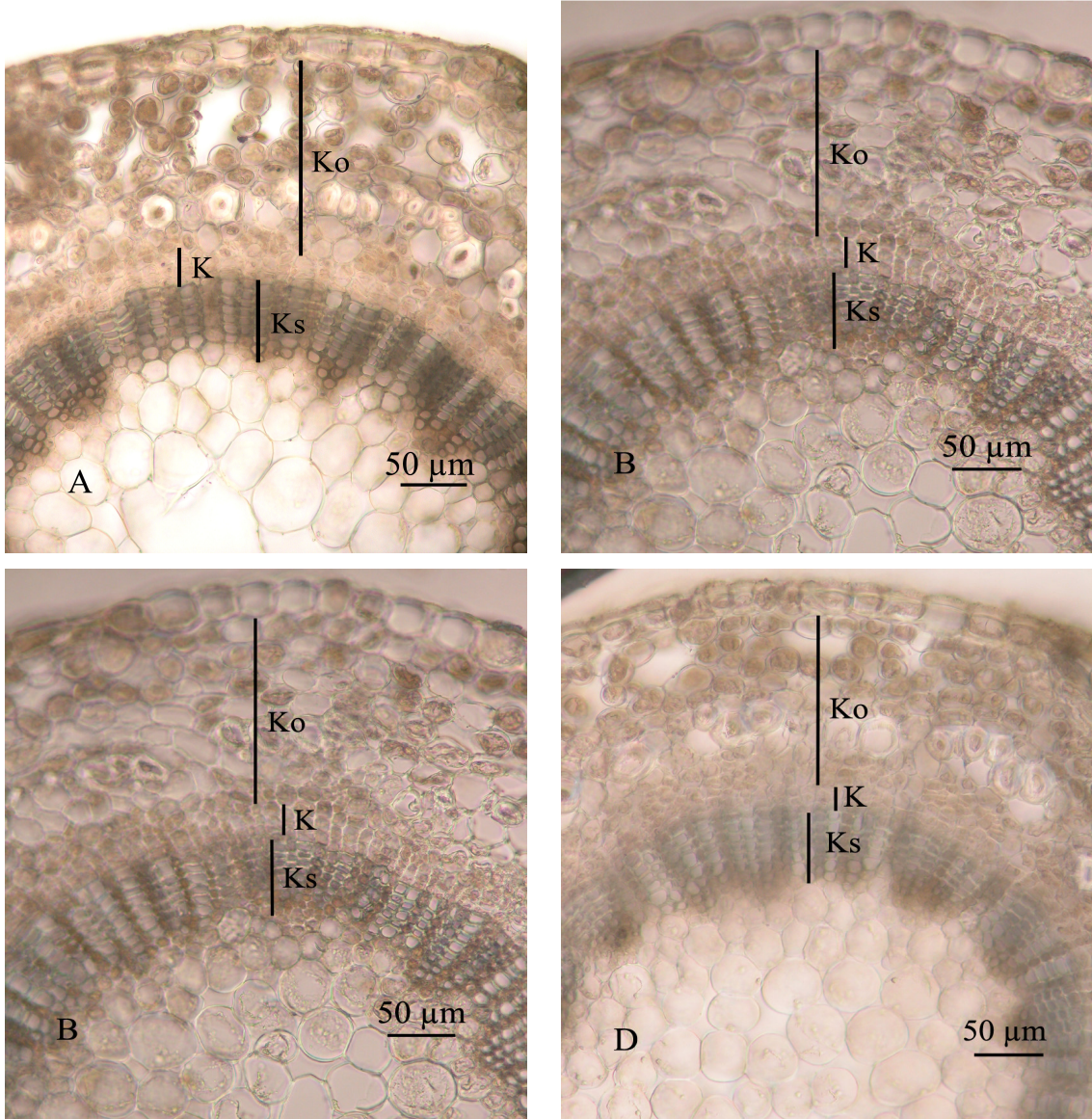
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

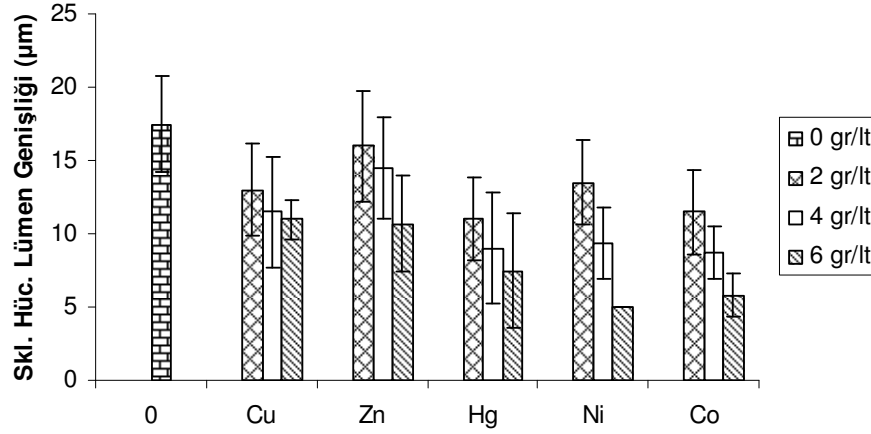
Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Sklerankima hücre çapı bakımından 6 gr/Lt' de bakırın çinko ile arasındaki fark anlamlı bulunmadı. Bu konsantrasyonda diğer elementler arasındaki fark anlamlıdır. Aynı sütunda bakırın bütün konsantrasyonları ile kobaltın 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt arasındaki fark anlamsız bulundu, diğer gruplar arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubu bakır 2 gr/Lt, çinko 2-4 gr/Lt ve civa 2 gr/Lt ile aralarındaki fark anlamlı değil, diğer gruplar arasındaki fark anlamlıdır (Çizelge 4.13.).

Ölçümlerde kontrol bitkilerinde lümen genişlikleri ortalama 17,50 µm olduğu görüldü (Şekil 4.20). Kontrol bitkilerine oranla ağır metal konsantrasyonu arttıkça sklerankima liflerinin lümen genişliğinin azaldığı belirlendi. Özellikle 6 gr/Lt' de nikel ve kobaltın diğer ağır metal uygulanan bitkilere oranla lümenlerinin daralmış olduğu belirlendi.



Şekil.4.19. *Linum usitatissimum* L.'nin Zn uygulamasına ait genel durumları A:Kontrol, B:2 gr/lt Zn, C:4 gr/lt Zn, D:6 gr/lt Zn, Korteks (Ko), Kambiyum (K), Ksilem (Ks).



Şekil 4.20. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücrelerinin lümen genişliği.

Çizelge 4.14. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan hücrelerinin lümen genişliği(µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	17.5±2.37					
2 gr/lt		13.00±1.84abA#	16.00±1.70aA	11.00±1.27bA#	13.50±1.27abA#	11.50±1.27bA#
4 gr/lt		11.50±1.70abA#	14.50±2.42aAB	9.00±1.70bA#	9.30±0.93bB#	8.77±0.72bAB#
6 gr/lt		11.00±0.61aA#	10.70±1.93aB#	7.50±1.77abA#	5.00±0.00bC#	5.83±0.83bB#

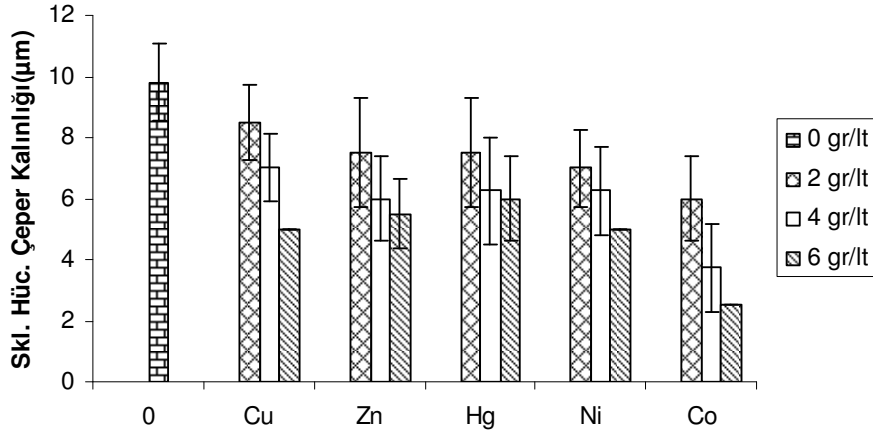
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

2 gr/lt' de bakırın nikel ile civanın kobalt ile arasındaki fark anlamlı bulunmadı. 4 gr/lt' de civa, nikel ve kobalt arasındaki fark önemli değil. Bu üç grubun diğer gruplarla arasındaki fark önemlidir. 6 gr/lt' de bakır ve çinko arasındaki fark anlamsız, diğer gruplarla arasındaki fark anlamlıdır. Aynı sütunda bakırın ve civanın konsantrasyonları arasındaki fark anlamlı değil, çinko,nikel ve kobalt konsantrasyonları arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubu ile çinkonun 2 gr/lt ve 4 gr/lt hariç çalışılan diğer bütün parametreler arasındaki fark anlamlıdır (Çizelge 4.14.).

Yapılan ölçümlerde kontrol bitkilerinde sklerankima liflerinin çeper kalınlıkları 7,50 – 12,00 µm arasında değiştiği görüldü (Şekil 4.21). Ağır metal konsantrasyonu arttıkça sklerankima liflerinin çeper kalınlığının azaldığı belirlendi. Özellikle kobalt 6 gr/lt' de sklerankima liflerinin çeper kalınlığında diğer gruplara oranla belirgin bir düşüş gözlemlendi.



Şekil 4.21. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücrelerinin çeper kalınlığı.

Çizelge 4.15. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan keten bitkilerden alınan enine kesitlerde sklerankima hücrelerinin çeper kalınlığı (µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	9.80±1.01					
2 gr/Lt		22.00±13.29aA#	7.50±0.79bA	7.50±0.79bA	7.00±1.46bA	6.00±0.61bA
4 gr/Lt		7.00±0.50aB	6.00±0.61aA	6.25±0.79aA	6.25±0.72aA	4.17±0.83aA
6 gr/Lt		5.00±0.00aB	5.50±0.50aA	6.00±0.61aA	5.00±0.00aA	2.50±0.00aA

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

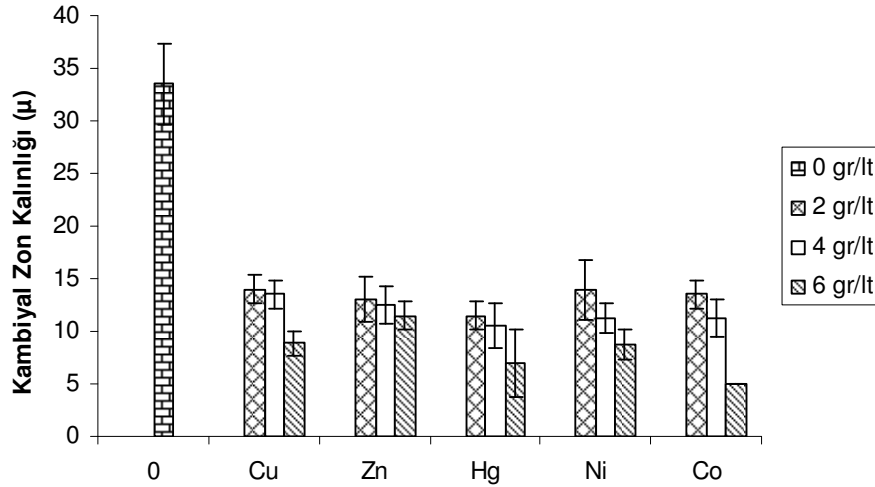
Bakırın 2 gr/Lt' deki konsantrasyonu önemli değil diğer gruplar istatistiki açıdan önemli değildir. Aynı sütunda bakır hariç diğer gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmadı. Kontrol grubu ile sadece 2 gr/Lt bakır arasındaki fark anlamlı bulundu.

4.2.4. Kambiyum

Kontrol bitkilerinin gövdelerinden alınan enine kesitlerde kambiyum :

Yapılan ölçümlerde kontrol bitkilerinde kambiyal zon kalınlığı 30,00 - 37,50 µm (Şekil 4.22) tespit edildi. Bu kalınlığı 4 - 6 hücre sırası teşkil etmektedir. Bu kambiyum hücreleri farklılaşmış ve radyal olarak dizilmişlerdir. Kesitlerde genellikle dikdörtgen şeklinde olan kambiyum hücreleri, şekil ve büyüklük bakımından pek farklılık göstermemektedir. Kambiyum hücrelerinin uzun ve düz olan çeperleri teğetsel, kısa ve

genellikle dışa doğru çıkıntılı olan çeperleri ise radyal yöndedir. Ölçümlerde kambiyum hücrelerinin kısa eksenlerinin 7,50 – 10,00 μm uzun eksenlerinin ise 14,00 – 20,00 μm arasında değiştiği tespit edildi. Kambiyum hücreleri floemi verirken hem periklinal hem de antiklinal olarak bölünmüşlerdir. Ksilemi verirken de daha çok periklinal olarak bölünmüşler ve büyüyerek farklılaşmışlardır.



Şekil 4.22. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyal zon kalınlığı.

Çizelge 4.16. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyal zon kalınlığı(μm).

Konsnt.	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	33.5±1.70					
2 gr/Lt		14.00±0.61aA#	13.00±0.94abA#	11.50±0.61bA#	14.00±1.27aA#	13.50±0.61abA#
4 gr/Lt		13.50±0.61aA#	12.50±0.79abA#	10.50±0.94bA#	11.25±0.72abB#	11.17±0.73abB#
6 gr/Lt		7.50±1.79bB#	11.50±0.61aA#	7.00±1.46bcB#	8.75±0.72bC#	5.00±0.00cC#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

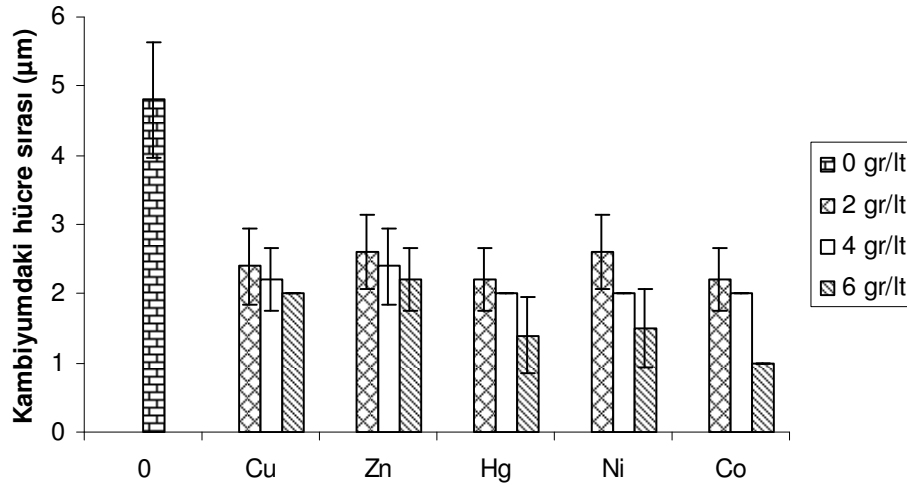
6 gr/Lt' de ağır metal elementlerinin kambiyum kalınlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aynı sütunda bakır ve civanın 2 gr/Lt ile 4 gr/Lt 'deki konsantrasyonları ile çinkonun bütün konsantrasyonları arasındaki fark önemli bulunmadı. Nikel ve kobaltın konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir. Kontrol grubu ile çalışılan ağır metallerin bütün konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli fark tespit edilmiştir.

Bakır uygulanan bitkilerden alınan kesitlerde kambiyum:

Bakır uygulanan bitkilerde kambiyum dokusunun gelişimi kontrol bitkilerine göre oldukça azdır. 2 gr/lt bakır uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 12,50 – 15,00 μm arasında değiştiği hesaplandı. Bu kalınlığı 2 – 3 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 – 7,50 μm uzun eksenleri ise 7,50 μm arasında değişmektedir. 4 gr/lt bakır uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 12,50 – 15,00 μm arasında değiştiği, bu kalınlık 2 -3 sıra hücreden meydana gelmektedir. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 – 7,50 μm , uzun eksenleri ise 7,50-12,50 μm değerindedir. 6 gr/lt bakır uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 7,50 – 10,00 μm bulundu. Bu kalınlığı 2 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 3,75 – 5,00 μm uzun eksenleri ise 10,00 – 12,50 μm arasında değişmektedir.

Çinko uygulanan bitkilerden alınan kesitlerde kambiyum:

Yapılan ölçümlerde çinko uygulanan bitkilerde kambiyum dokusu kontrol bitkilerine göre gelişimi oldukça azdır. 2 gr/lt Çinko uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 10,00 – 15,00 μm arasında değiştiği hesaplandı. Bu kalınlığı 2 – 3 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 – 7,50 μm uzun eksenleri ise 7,50 – 15,00 μm arasında değişmektedir. 4 gr/lt çinko uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 10,00 – 15,00 μm arasında değiştiği, bu kalınlığıda 2 -3 sıra hücreden meydana gelmektedir. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 – 7,50 μm uzun eksenleri ise 7,50 – 15,00 μm değerindedir. 6 gr/lt çinko uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 10,00 – 12,50 μm bulundu. Bu kalınlığı 2 – 3 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 4,25 – 5,00 μm uzun eksenleri ise 7,50 – 10,00 μm arasında değişmektedir.



Şekil 4.23. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyumdaki hücre sırası.

Çizelge 4.17. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyumdaki hücre sırası.

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	4.8±0.37					
2 gr/Lt		2.40±0.24aA#	2.60±0.24aA#	2.20±0.20aA#	2.60±0.24aA#	2.20±0.20aA#
4 gr/Lt		2.20±0.20aA#	2.40±0.24aA#	2.00±0.00aA#	2.00±0.00aB#	2.00±0.00aA#
6 gr/Lt		2.00±0.00abA#	1.20±0.20aA#	1.40±0.24cB#	1.50±0.29bcC#	1.00±0.00cB#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Çalışılan ağır metallerin 2 gr/Lt ve 4 gr/Lt' de kambiyum hücre sırasına etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmadı. Aynı sütunda bakır ve çinko konsantrasyonları arasındaki fark anlamlı bulunmadı. Aynı sütunda civa ve kobaltın 2 gr/Lt ile 4 gr/Lt arasındaki fark anlamlı değil, diğer gruplar ile arasındaki farklar anlamlıdır. Kontrol grubunun çalışılan bütün gruplarla arasındaki fark anlamlı bulundu.

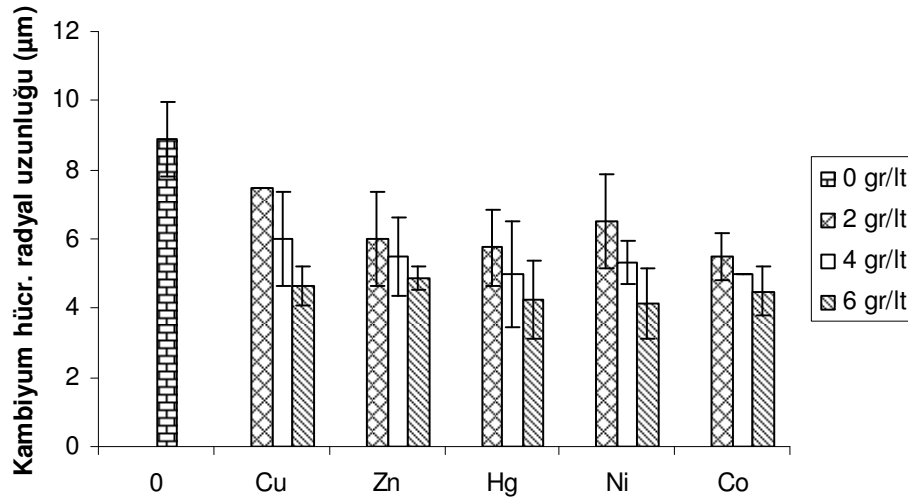
Civa uygulanan bitkilerden alınan kesitlerde kambiyum:

Yapılan ölçümlerde civa uygulanan bitkilerde kambiyum dokusu kontrol bitkilerine göre gelişimi oldukça azdır. 2 gr/Lt civa uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 10,00 - 12,50 µm arasında değiştiği hesaplandı. Bu kalınlığı 2 - 3 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 - 7,50 µm uzun eksenleri ise 10,00 - 20,00 µm arasında değişmektedir. 4 gr/Lt civa uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 7,50 - 12,50 µm arasında değiştiği, bu kalınlığıda 2 sıra hücreden meydana geldiği görüldü. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 3,75 - 7,50 µm uzun eksenleri ise 10,00 - 12,50 µm değerinde

hesaplandı. 6 gr/lt civa uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 5,00 – 12,50 μm bulundu. Bu kalınlığı 1 -2 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 2,50 – 5,00 μm uzun eksenleri ise 10,00 – 12,50 μm arasında değiştiği tespit edildi.

Nikel uygulanan bitkilerden alınan kesitlerde kambiyum:

Yapılan ölçümlerde nikel uygulanan bitkilerde kambiyum dokusu kontrol bitkilerine göre gelişimi oldukça azdır. 2 gr/lt nikel uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 10,00 – 17,50 μm arasında değiştiği hesaplandı. Bu kalınlığı 2 – 3 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 – 7,50 μm uzun eksenleri ise 10,00 – 15,00 μm arasında değişmektedir. 4 gr/lt nikel uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 10,00 – 12,50 μm arasında değiştiği, bu kalınlığı da 2 sıra hücreden meydana gelmektedir. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 – 6,25 μm uzun eksenleri ise 10,00 μm (Şekil) değerindedir. 6 gr/lt nikel uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 7,50 – 10,00 μm bulundu. Bu kalınlığı 1 - 2 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 3,25 – 5,00 μm uzun eksenleri ise 7,50 – 10,00 μm arasında değişmektedir.



Şekil 4.24. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu.

Çizelge 4.18. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu(μm).

Konsnt.	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	8.9 $\pm$ 0.48					
2 gr/lt		7.50 $\pm$ 0.00aA#	6.00 $\pm$ 0.61bA#	5.75 $\pm$ 0.50bA#	6.50 $\pm$ 0.61abA#	5.50 $\pm$ 0.31bA#
4 gr/lt		6.00 $\pm$ 0.61aC#	5.50 $\pm$ 0.50aB#	5.00 $\pm$ 0.68aAB#	5.31 $\pm$ 0.31aB#	5.00 $\pm$ 0.00aA#
6 gr/lt		4.65 $\pm$ 0.24aB#	4.85 $\pm$ 0.15aB#	4.25 $\pm$ 0.50aB#	4.13 $\pm$ 0.51aC#	4.50 $\pm$ 0.29aA#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

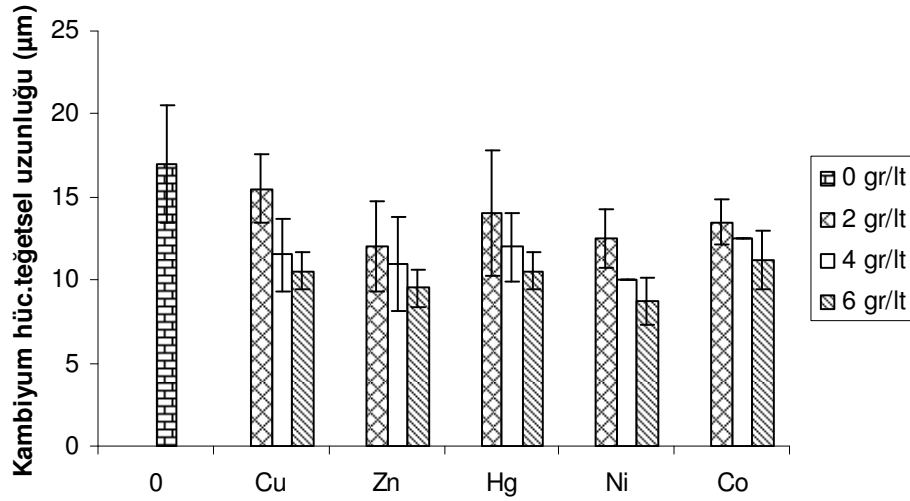
Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

4 gr/lt ve 6 gr/lt' de çalışılan elementler arasında fark istatistiki açıdan önemli değildir. Aynı sütunda kobaltın konsantrasyonları arasındaki fark anlamsız, diğer elementlerin konsantrasyonları arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Kobalt uygulanan bitkilerden alınan kesitlerde kambiyum:

Kobalt uygulanan bitkilerde kambiyum dokusu, kontrol bitkilere göre oldukça azdır. Yapılan ölçümlere göre 2 gr/lt kobalt uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 12,50 – 15,00 μm arasında değiştiği hesaplandı. Bu kalınlığı 2 – 3 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 – 6,25 μm uzun eksenleri ise 12,50 – 15,00 μm arasında değişmektedir. 4 gr/lt kobalt uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 10,00 – 12,50 μm arasında değiştiği, bu kalınlığıda 2 sıra hücreden meydana gelmektedir. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 5,00 μm uzun eksenleri ise 12,50 μm değerindedir. 6 gr/lt kobalt uygulanan bitkilerde kambiyum kalınlığının 5,00 μm bulundu. Bu kalınlığı 1 sıra hücre oluşturmaktadır. Kambiyum hücrelerinin kısa eksenleri 4,00 – 5,00 μm uzun eksenleri ise 10,00– 12,50 μm arasında değişmektedir. Kambiyum hücreleri kontrol bitkilerinde olduğu gibi floemi verirken antiklinal ve periklinal, ksilemi verirken de genellikle periklinal olarak bölünüp farklılaşmışlardır.



Şekil 4.25. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu.

Çizelge 4.19. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu(μm).

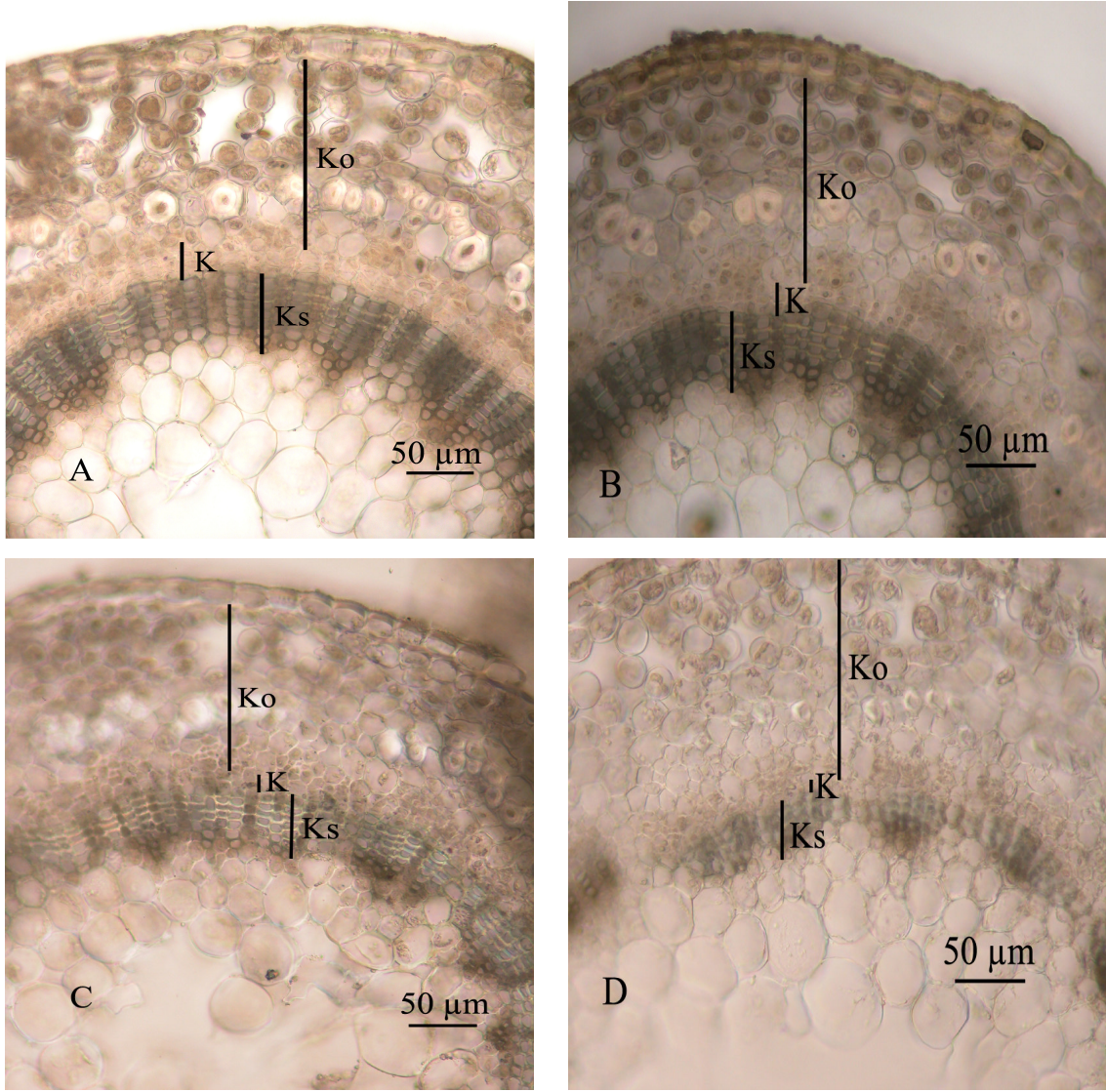
Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	17.00±1.57					
2 gr/Lt		15.50±0.94aA	12.00±1.22bA#	14.00±1.70abA#	12.50±0.79bA#	13.50±0.61abA#
4 gr/Lt		11.50±1.00aB#	11.00±1.27aAB#	12.00±0.94aAB#	10.00±0.00aB#	12.50±0.00aAB#
6 gr/Lt		10.50±0.50aB#	9.50±0.50aB#	10.50±0.50aB#	8.75±0.72aB#	11.17±0.73aB#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

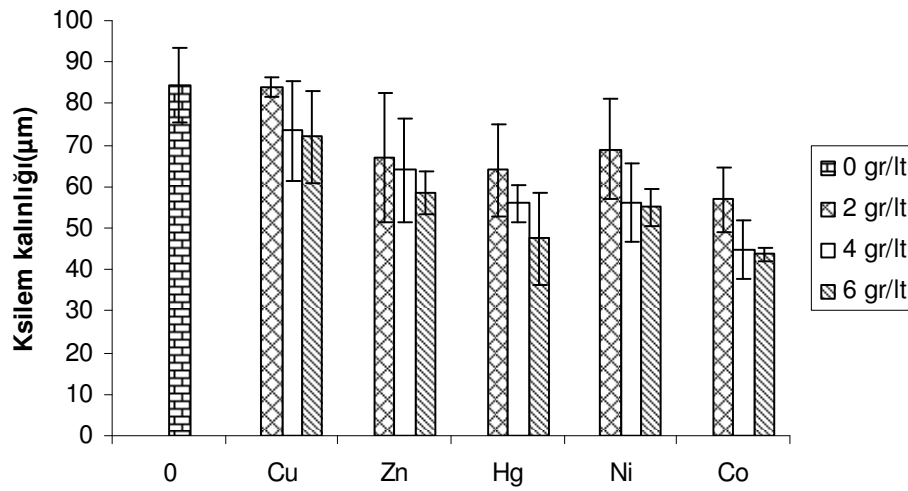
4 gr/Lt ile 6 gr/Lt' de çalışılan elementler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmadı. Aynı sütunda bakır ve nikelin 4 gr/ Lt ile 6 gr/Lt konsantrasyonları arasındaki fark anlamlı değil, çalışılan diğer parametreler arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubunun bakır 2 gr/Lt' deki konsantrasyonu hariç diğer gruplarla arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı bulundu.



Şekil.4.26. *Linum usitatissimum* L.'nin Hg uygulamasına ait genel durumları A:Kontrol, B: 2 gr/lt Hg, C: 4 gr/lt Hg, D: 6 gr/lt Hg, Korteks (Ko), Kambiyum (K), Ksilem (Ks).

4.2.5. Ksilem

Yapılan ölçümlerde ksilem kalınlıklarının kontrol bitkisinde 75,00 - 92,50 μm (Şekil 4.27) arasında olduğu tespit edildi. Bu kalınlığı trake ve trakeidler meydana getirmektedir. Trakelerin genellikle radyal olarak dizildiği tespit edildi. Bunlar genellikle dörtgen, bazen de çokgen şeklindedirler. Büyüklüklerinin yer yer değiştiği görüldü. Trake elemanlarında kenarlı geçitler mevcuttur. Kenarlı geçitler hem radyal hem de teğetsel çeperlerde bulunmaktadır. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça ksilem kalınlığının kontrol bitkilerine oranla küçüldüğü tespit edildi. Primer ksilem ve sekonder ksilem ayırt edilebilmektedir.



Şekil 4.27. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilem kalınlığı.

Çizelge 4.20. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilem kalınlığı (μm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	84.5±3.98					
2 gr/Lt		84.00±1.00aA	67.00±7.04bA#	64.00±4.91bA#	69.00±5.40bA#	57.00±3.48bA#
4 gr/Lt		73.50±5.40aB	64.00±5.57abA#	56.00±2.03bcAB#	56.25±4.73bcB#	45.00±2.89cB#
6 gr/Lt		72.00±4.96aB#	58.50±2.32bA#	47.50±4.94bcB#	55.00±1.77bcB#	43.75±0.72cB#

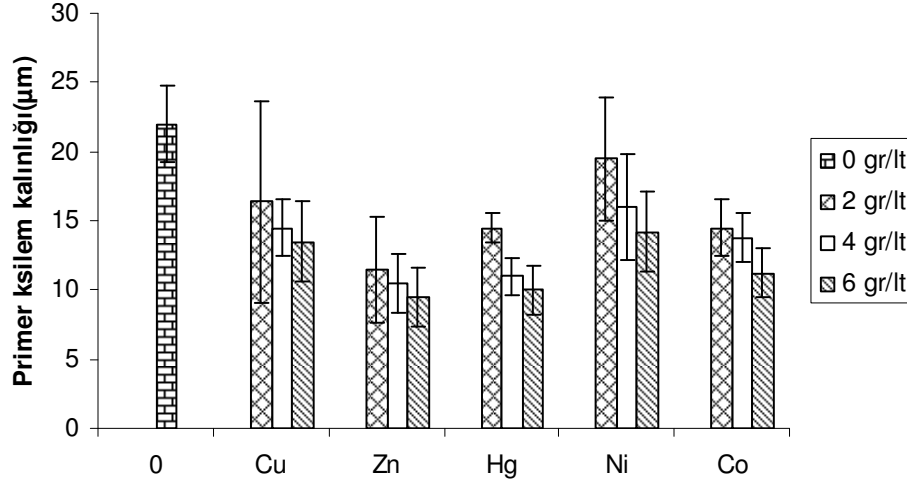
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

2 gr/Lt' de çinko, civa, nikel ve kobalt arasındaki fark anlamlı bulunmadı. 4 gr/Lt' de ve 6 gr/Lt' de civa ve nikel arasındaki fark anlamsız, diğer gruplar arasındaki fark anlamlıdır. Aynı sütunda çinkonun konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı.

Aynı sütunda civanın konsantrasyonları arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubu ile bakır 2 gr/lt ve 4 gr/lt arasındaki fark anlamsız diğer gruplar arasındaki fark anlamlıdır.



Şekil 4.28. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ksilem kalınlığı.

Çizelge 4.21. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ksilem kalınlığı(µm).

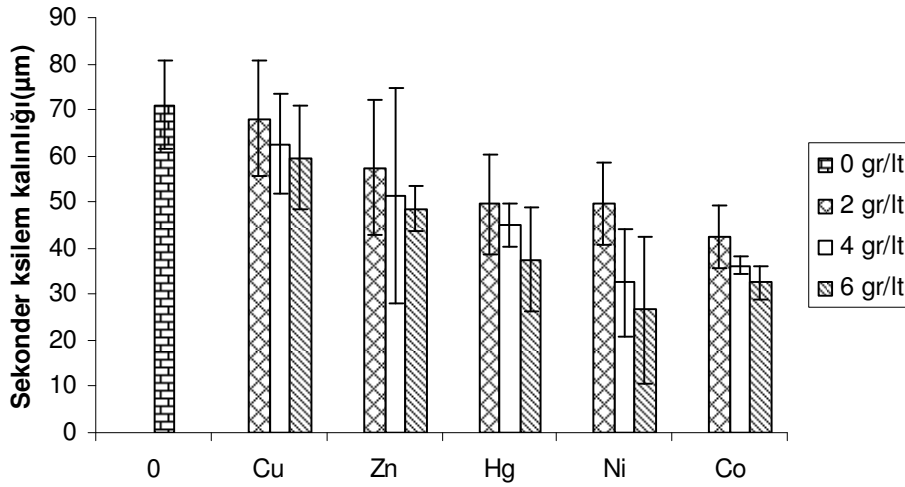
Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	22.00±1.22					
2 gr/lt		16.40±3.25abA#	11.50±1.70cA#	14.50±0.50bcA#	19.50±2.00aA	14.50±0.94bcA#
4 gr/lt		14.50±0.94aA#	10.50±0.94bA#	11.00±0.61cAB#	16.88±1.88aAB#	13.50±0.76abA#
6 gr/lt		13.50±1.27abA#	9.50±0.94cA#	10.00±0.79bcB#	14.38±1.20aB#	11.17±0.73abcA#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

6 gr/lt' de bütün gruplar arasındaki fark anlamlıdır. Aynı sütunda bakır, çinko ve kobaltın konsantrasyonları arasındaki fark anlamlı bulunmadı. Civa ve nikelin aynı sütundaki konsantrasyonları anlamlıdır. Kontrol grubunun 2 gr/lt nikel ile arasındaki fark anlamsız diğer gruplarla arasındaki fark anlamlıdır.



Şekil 4.29. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde sekonder ksilem kalınlığı.

Çizelge 4.22. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde sekonder ksilem kalınlığı (µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	71.00±4.23					
2 gr/Lt		68.00±5.61aA	57.50±6.52abA#	49.50±4.90bcA#	49.50±3.98bcA#	42.50±3.06cA#
4 gr/Lt		62.50±4.87aA	51.30±10.43abA#	45.00±2.09bcA#	32.50±5.86cB#	36.25±0.72cA#
6 gr/Lt		59.50±5.02aA	48.50±2.18abA#	37.50±5.00bcA#	26.50±6.48cB#	32.50±1.44cA#

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

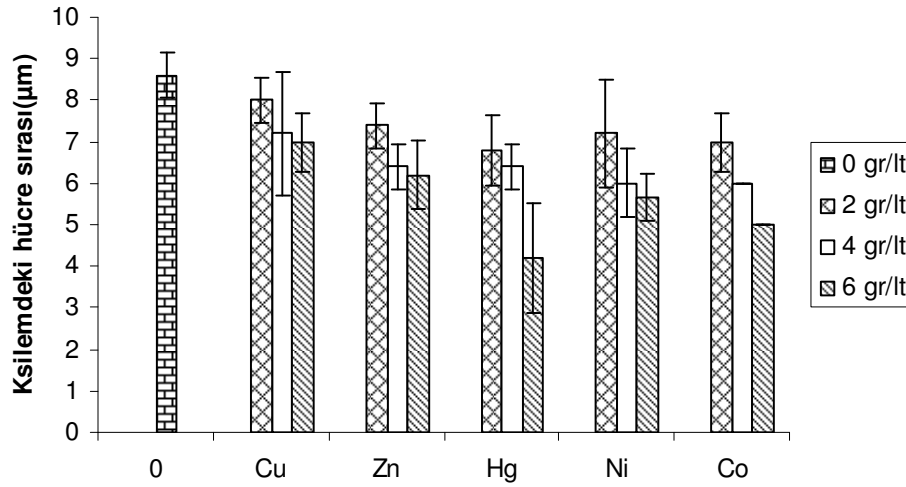
Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

2 gr/Lt' de civa ve nikel arasındaki fark anlamlı değil, diğer gruplar gruplar arasındaki fark anlamlıdır. 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt' de nikel ve kobalt arasındaki fark anlamlı değil, diğer gruplar arasındaki fark anlamlıdır. Aynı sütunda bakır, çinko, civa ve kobaltın konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmadı. Nikelin aynı sütundaki 2 gr/Lt'deki konsantrasyonu ile diğer konsantrasyonlar arasındaki fark önemli bulundu. Kontrol grubu ile bakırın bütün konsantrasyonları arasındaki fark önemli bulunmadı. Çalışılan diğer parametrelerle kontrol grubu arasındaki fark önemlidir.

Ksilemdeki hücre sayısı kontrol bitkilerinde 8 – 9 (Şekil 4.30) sıra hücreden oluştuğu görüldü.

Diğer bitkilerde ağır metal konsantrasyonuna bağlı olarak ksilemde hücre sayısında azalma tespit edildi. Bu azalma en fazla civa 6 gr/Lt'de görüldü



Şekil 4.30. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ve sekonder ksilemdeki hücre sayısı.

Çizelge 4.23. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ve sekonder ksilemdeki hücre sayısı(μm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	8.6±0.24					
2 gr/lt		8.60±0.24aA	7.40±0.24bA#	6.80±0.37bA#	7.20±0.58bA#	7.00±0.32bA#
4 gr/lt		7.20±0.66aB#	6.40±0.24abB#	6.40±0.24abA#	6.00±0.41aB#	6.00±0.00aB#
6 gr/lt		7.00±0.32aB	6.20±0.37abB#	4.20±0.58dB#	5.67±0.33bcB#	5.00±0.00cdC#

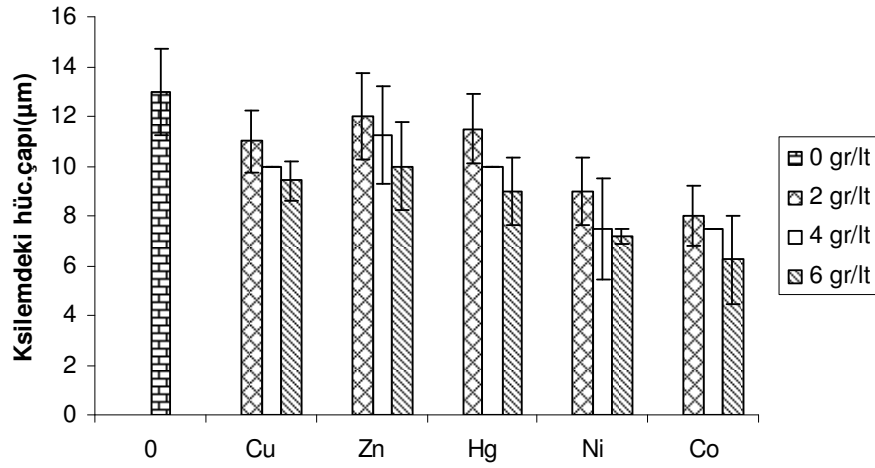
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

Aynı satırda 2 gr/lt' de bakırın diğer gruplarla arasındaki fark anlamlıdır. Aynı satırda 6 gr/lt' de çalışılan gruplar arasındaki fark anlamlıdır. Aynı sütunda konsantrasyonlar arasındaki en önemli fark kobaltta bulundu. 2 gr/lt bakır hariç çalışılan diğer gruplarla kontrol arasındaki fark anlamlıdır.

Ksilemde hücre çapı hücrelerin radyal ve teğetsel uzunluklarının aritmetik ortalaması alınarak bulundu. Yapılan ölçümlerde ksilem hücre çaplarının kontrol bitkisinde 10,00 - 17,50 μm (Şekil 4.31) arasında olduğu görüldü. Ağır metal konsantrasyonlarına maruz bırakılan bitkilerde ksilemde hücre çapının kontrole göre azalmış olduğu tespit edildi.



Şekil 4.31. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde primer ve sekonder ksilemdeki hücre çapı

Çizelge 4.24. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilemdeki hücre çapı(µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	13.00±1.22					
2 gr/Lt		11.00±1.00abA	13.00±1.22aA	11.50±0.61aA	9.00±0.61bcA#	8.00±0.50cA#
4 gr/Lt		10.00±0.00aA#	11.25±1.77aAB	10.00±0.00aAB#	7.50±1.02bA#	7.50±0.00bA#
6 gr/Lt		9.40±0.37abA#	10.00±0.79aB#	9.00±0.61abB#	7.17±0.17bcA#	6.25±0.72cA#

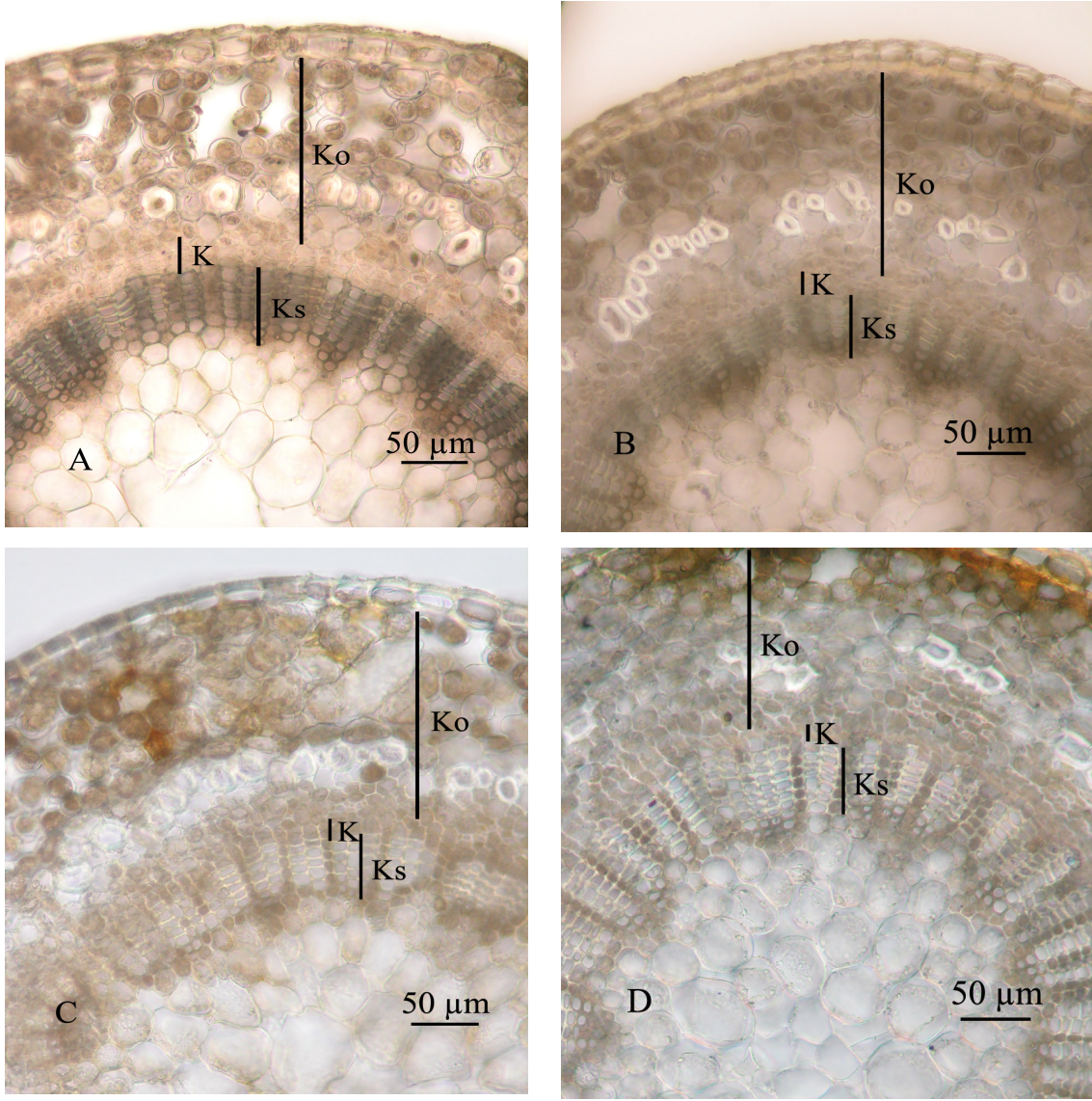
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

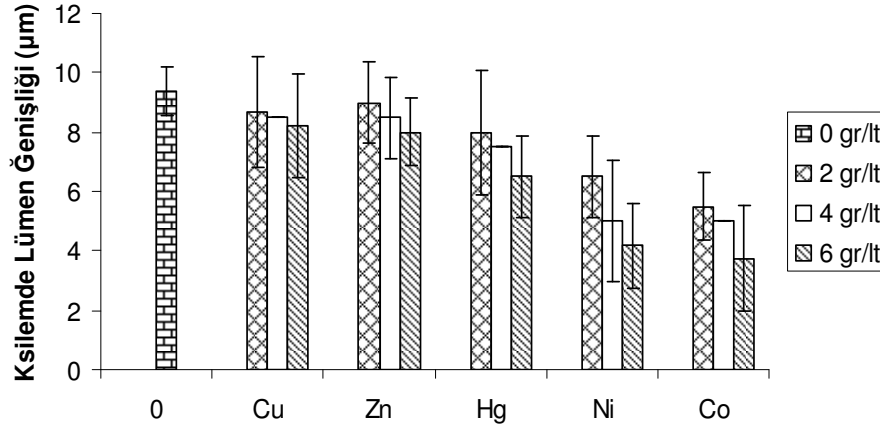
Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Aynı sütunda bakır, nikel ve kobalt konsantrasyonları arasında ksilem hücre çaplarında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Aynı sütunda çinko ve civa konsantrasyonları arasındaki fark anlamlıdır. Kontrol grubu ile bakır, çinko ve civanın 2 gr/Lt' deki konsantrasyonu hariç diğer gruplarla arasında fark anlamlıdır(Çizelge 4.24).

Ksilemde lümen çapı uzun ve kısa eksenlerin aritmetik ortalaması alınarak bulundu. Kontrol bitkilerinde lümen çapı 8,50 – 10,00 µm (Şekil 4.33) arasında değişen değerlerde olduğu görüldü. Ağır metal konsantrasyonu maruz bırakılan bitkilerde lümen çapının daraldığı tespit edildi.



Şekil. 4.32. *Linum usitatissimum* L.'nin Ni uygulamasına ait genel durumları A:Kontrol, B: 2 gr/lt Ni, C: 4 gr/lt Ni, D: 6 gr/lt Ni, Korteks (Ko), Kambiyum (K), Ksilem (Ks).



Şekil 4.33. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilemdeki lümen genişliği.

Çizelge 4.25. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde ksilemdeki lümen genişliği(µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/lt	9.40±0.37					
2 gr/lt		8.70±0.83aA	9.00±0.61aA	8.00±0.94abA	6.50±0.61bcA#	5.50±0.50cA#
4 gr/lt		8.50±0.00aA	8.50±0.61aA	7.50±0.00aA#	5.00±1.02bAB#	5.00±0.00bAB#
6 gr/lt		8.20±0.78aA	8.00±0.50aA	6.50±0.61aA#	4.17±0.83bB#	3.75±0.72bB#

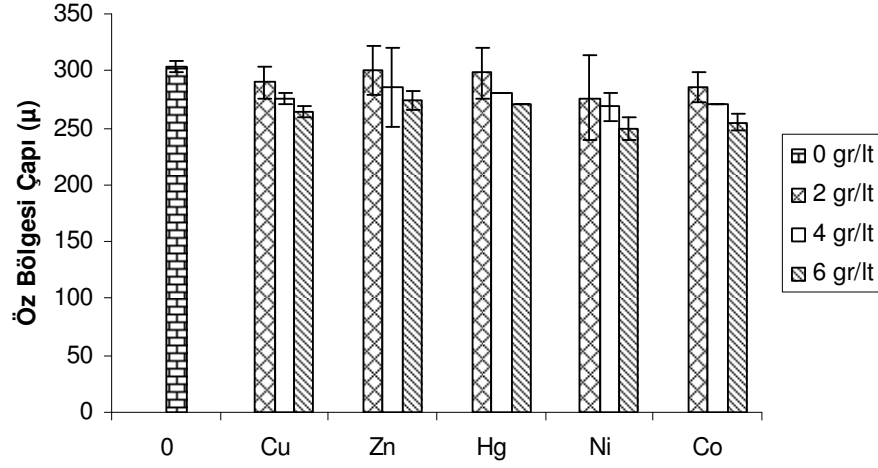
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

2 gr/lt' de bakır ve çinko arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmadı. Civa, nikel ve kobalt arasındaki fark anlamlıdır. 4 gr/lt ve 6 gr/lt' de bakır, çinko ve civa arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Aynı sütunda bakır, çinko ve civanın farklı konsantrasyonları arasındaki fark önemli değil, nikel ve kobaltın konsantrasyonları arasındaki fark önemlidir. Kontrol grubu ile nikel ve kobaltın bütün konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlıdır.

Öz bölgesi, dışta ksilem içte ise öz boşluğu arasında yer almaktadır. Yapılan ölçümlerde kontrol bitkilerinde öz bölgesinin çapı 290,00 – 310,00 µm (Şekil 4.34) arasında değişmektedir.



Şekil 4.34. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz bölgesinin çapı.

Çizelge 4.26. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz bölgesinin çapı(μm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	304±2.45					
2 gr/Lt		290±6.32aA	300±9.49aA	298±10.20aA	276.00±16.61aA#	286±6.00aA
4 gr/Lt		276±2.45aA#	286±15.36aA	280±0.00bA#	268.75±6.25aA#	270±0.00aA#
6 gr/Lt		264±2.45aA#	274±4.00aA#	270±0.00aA#	250.00±5.77aA#	255±2.89aA#

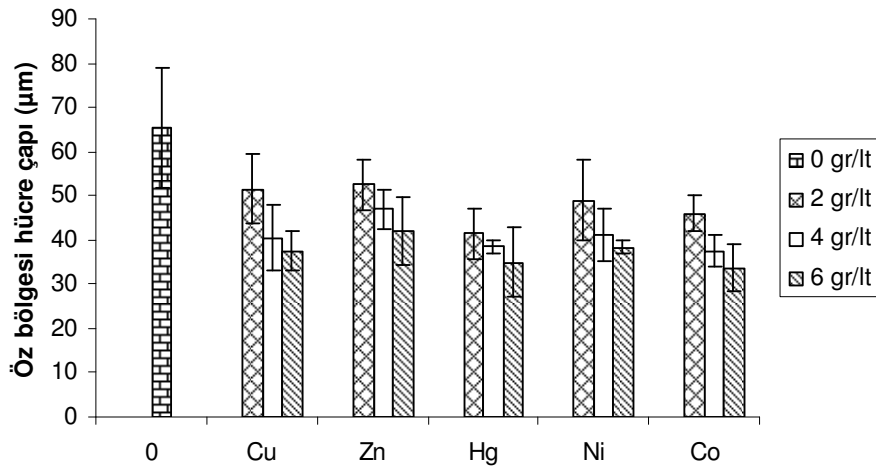
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

Aynı satır ve sütunda ağır metallerin farklı konsantrasyonları arasında istatistiki bakımdan önemli bir fark bulunmadı. Kontrol grubu ile bakırın 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt, çinkonun 6 gr/Lt, civanın 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt, nikelin bütün konsantrasyonları, kobaltın 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt arasındaki fark anlamlıdır.

Öz bölgesinin hücrelerinin şekil ve büyüklükleri yer yer değişmektedir. Genellikle şekilleri oval, yuvarlak veya 5 - 6 köşelidir. Bu hücrelerin çeperleri çok incedir. Ölçümlerde kontrol bitkilerinde öz bölgesinin hücre çapı 50,00 – 79,00 μm (Şekil 4.30) arasında değişmektedir. Ağır metal konsantrasyonu maruz bırakılan bitkilerde öz bölgesinin hücre çapının daraldığı tespit edildi.



Şekil 4.35. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz bölgesinin hücre çapı.

Çizelge 4.27. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz bölgesinin hücre çapı(µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	65.5±6.04					
2 gr/Lt		51.50±10.10aA#	53.50±2.50aA#	41.50±2.57aA#	49.00±4.08aA#	46.00±1.87aA#
4 gr/Lt		40.50±3.39aA#	47.00±2.00aA#	38.50±0.61aA#	41.25±2.98aA#	37.50±1.44aA#
6 gr/Lt		37.50±1.94aA#	42.00±3.39aA#	35.00±3.54aA#	38.33±0.83aA#	33.75±2.17aA#

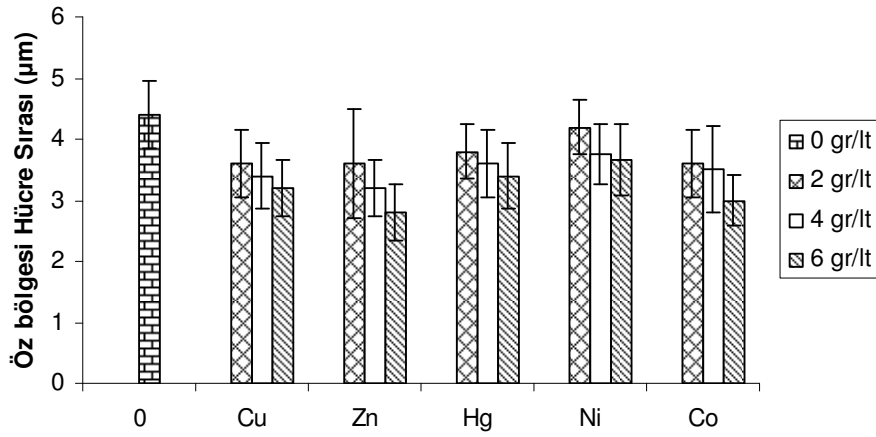
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

Ağır metallerin aynı satır ve sütunda öz bölgesi hücre çapına etkisi istatistiki olarak önemli bulunmadı. Kontrol grubunun çalışılan bütün parametrelerle arasındaki fark anlamlıdır.

Öz bölgesinin kalınlığı 4 - 5 hücre sayısından (Şekil 4.36) oluştuğu görüldü. Bu hücreler arasında hücreler arası boşluk mevcuttur. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça öz bölgesinin hücre sayısında azalma tespit edildi.



Şekil 4.36. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz bölgesinin hücre sırası.

Çizelge 4.28. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz bölgesinin hücre sırası(µm).

Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	4.4±0.24					
2 gr/Lt		3.60±0.24aA#	3.60±0.40aA#	3.80±0.20aA	4.20±0.20aA	3.60±0.24aA#
4 gr/Lt		3.40±0.24aA#	3.20±0.20aAB#	3.60±0.24aA#	3.75±0.25aA	3.33±0.33aA#
6 gr/Lt		3.20±0.20abA#	2.80±0.20bB#	3.40±0.24abA#	3.67±0.33aA#	3.00±0.58abA#

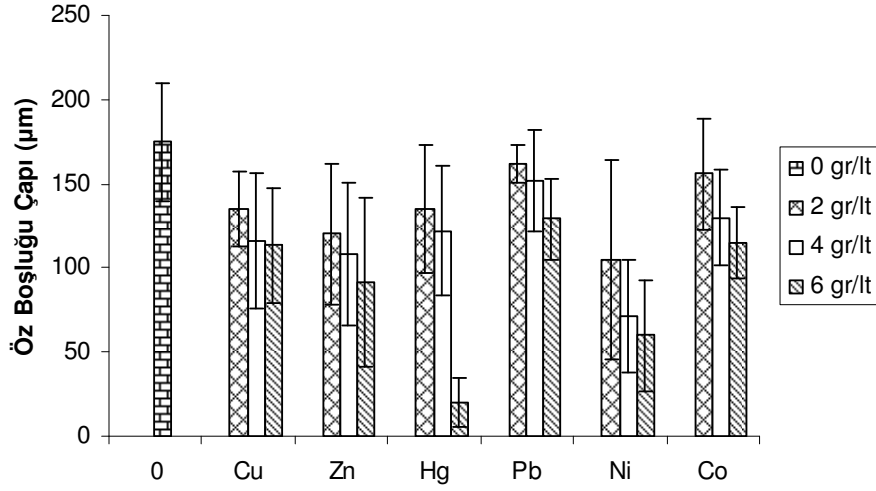
Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır (p < 0.05)

2 gr/Lt ve 6 gr/Lt' de gruplar arasındaki fark önemli bulunmadı. 6 gr/Lt'de bakır, civa ve kobalt arasındaki fark anlamlı bulunmadı. Aynı sütunda çinkonun konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir. Çalışılan diğer ağır metaller arasındaki fark önemli bulunmadı. Kontrol grubu ile bakır, çinko ve kobaltın bütün konsantrasyonları ile 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt civa, 6 gr/Lt nikel grupları arasındaki fark anlamlıdır.

Öz boşluğu sekonder büyüme sonucunda özde bulunan hücrelerin ezilip parçalanmasıyla meydana gelmiştir. Öz boşluğu kontrol bitkilerinde 140,00 – 210,00 µm (Şekil 4.37) arasında değişmektedir. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça bitkilerden alınan kesitlerde öz boşluğunun azaldığı tespit edildi. Özellikle 6 gr/Lt civa konsantrasyonunda daralma çok bariz gözlemlendi.



Şekil 4.37. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerde öz boşluğu çapı.

Çizelge 4.29. Farklı ağır metal konsantrasyonlarına bırakılan bitkilerin öz boşluğu çapı(µm)

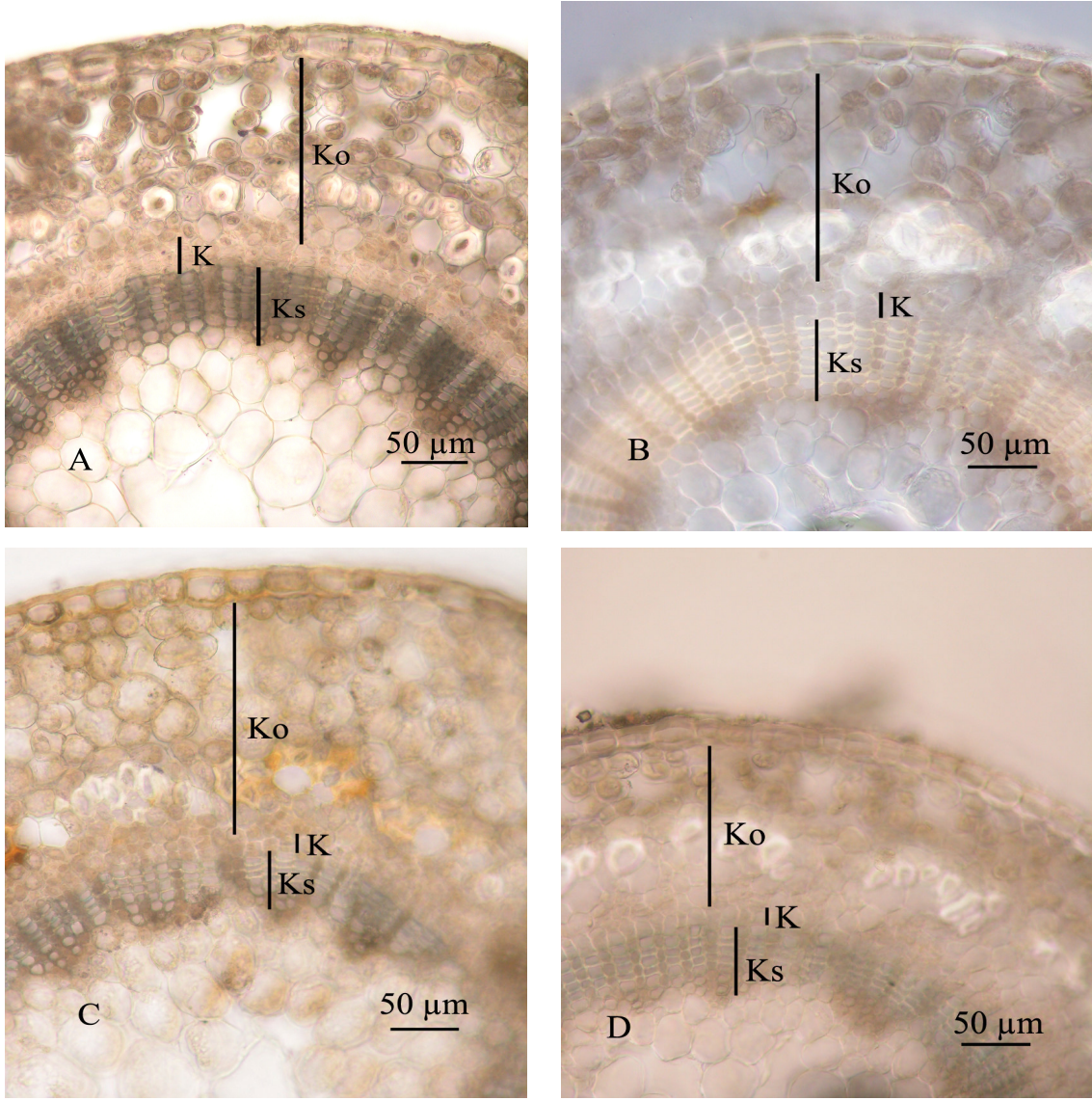
Konsnt	Kontrol	Bakır	Çinko	Civa	Nikel	Kobalt
0 gr/Lt	175.00±15.81					
2 gr/Lt		135.00±9.91aA	120.00±27.75aA	135.00±16.96aA	105.00±35.43aA#	156.00±14.70aA
4 gr/Lt		116.00±18.06aA	108.00±27.82aA#	122.00±17.15aA	71.25±26.80aA#	130.00±11.55aA
6 gr/Lt		113.50±15.20aA	92.00±43.06aA#	20.00±20.00bB#	60.00±30.55abA#	115.00±8.66aA

Aynı satırda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Aynı sütunda farklı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Kontrol grubu ortalaması ile arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$)

Çalışılan ağır metallerin aynı satır ve sütunda 6 gr/Lt civa ve 6 gr/Lt nikel arasındaki fark önemli, diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmadı. Kontrol grubunun 4 gr/Lt ve 6 gr/Lt çinko, 6 gr/Lt civa ve nikelin bütün konsantrasyonlarıyla arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı bulundu.



Şekil.4.38. *Linum usitatissimum* L.'nin Co uygulamasına ait genel durumları A:kontrol, B: 2 gr/lt Co, C: 4 gr/lt Co, D: 6 gr/lt Co, Korteks (Ko), Kambiyum (K), Ksilem (Ks).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Brune ve ark (1994) Arpanın (*Hordeum vulgare*) primer yapraklarında çinkonun dağılım ve taşınımı incelenmiştir. Artan çinko konsantrasyonlarının kök gelişimini olumsuz yönde etkilediği bulunmuştur. Çalışmamızda kontrol bitkilerine oranla çinko konsantrasyonu arttıkça kök gelişiminin inhibisyonunun artması literatür ile uygunluk göstermektedir.

Sinha ve ark (1996) Civanın *Bacopa monnieri* (L) bitkisindeki biyolojik birikimi ve biyokimyasal etkilerini incelemişlerdir. *B. monnieri* bitkisi (0.01, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, ve 5.0 µg) altı farklı civa konsantrasyonu ile 4, 7 ve 14 gün boyunca laboratuvar şartları altında muamele edilmiştir. Kök dokularındaki metal birikimi sürgün dokularından yaklaşık 5 kat daha fazla görülmüştür. Sonuçlar toplam sistein'in glutasyonu azalttığı ve civa muamelesi ile askorbik asit içeriğinin bitkide klorofil ve protein içeriğini azaltması, maruz kalma periyodunun artması ve civanın yükselen konsantrasyonlarının sonucu olduğu görülmüştür. Çalışmamızda ağır metal konsantrasyonu arttıkça bitkinin kök uzunluğu, gövde uzunluğu, yaprak boyu, yaprak eni ve internod uzunluğu protein eksikliğinden kaynaklanan hücre bölünmesi inhibisyonunun arttığı görüldü. Civanın olumsuz etkileri bakımından literatür ile çalışmamız paralellik göstermektedir.

Munzuroğlu ve Gür (2000) ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)' da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ağır metallerin polen çimlenmesini ve tüp gelişimini önemli oranda azalttığı görülmüştür. Klorür tuzu halinde uygulanan ağır metaller arasında en fazla toksik etkiyi civa (Hg^2) göstermiş bunu sırasıyla çinko, nikel ve kobalt izlemiştir. Ayrıca ağır metallerin polen çimlenmesi ile tüp uzamasını farklı derecelerde etkileyebileceği sonucuna varılmıştır. Ağır metal tuzunun konsantrasyonu ile polen çimlenmesi ve tüp büyümesindeki inhibisyonu arasında bir paralellik olduğu görülmüştür. Çalışmamızda ağır metal konsantrasyonuna maruz kalan bitkilerde kambiyumun kontrole göre inhibe olduğu, en fazla inhibisyonun civada olduğu ve konsantrasyon miktarı ile bunun doğru orantılı olduğu bulunmuştur. Yaptığımız çalışmada bulduğumuz sonuçlar civanın olumsuz etkileri yönünden literatürlerle uygunluk sağlamaktadır.

Bekiaroğlu ve Karataglis (2002) kurşun ve çinkonun *Metha spicata*' ya etkileri incelenmiştir. *M. spicata* klonları çözülebilir formda kurşun ve çinkonun eklendiği besleyici solüsyona yetiştirilmiştir. Bitkiler iki hafta boyunca kontrollü ortamda bu çözeltide kalmıştır. Bitkilerin kök uzunluğu ve üst-alt yaprakların klorofil içeriği ölçülmüştür. Bitki dokularının

kurşun ve çinko içeriği de belirlenmiştir. Kurşunun çinkodan daha fazla bitki dokularına girdiği ancak çinkonun yapraklara ulaşmadığı bulunmuştur. Bitkilere ağır metal verilmesi kök büyümesini inhibisyona uğratmıştır. Çalışmamızda çinko uygulanan bitkilerde konsantrasyon arttıkça kontrol bitkilerine oranla kök uzunluğunun azaldığı görüldü. Yaptığımız çalışma literatür ile paralellik sağlamaktadır.

Kırbağ Zengin ve Munzuroğlu (2003) fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine civa (HgCl_2) ve kadmiyum ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)'un etkileri araştırılmıştır. Civa ve kadmiyum uygulaması fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellediği görülmüştür. Kadmiyum ve civa stresine kök büyümesinin daha duyarlı olduğu, bunu gövde ve yaprak büyümesinin takip ettiği bulunmuştur. Bu iki ağır metalden civanın kadmiyuma göre daha toksik olduğu belirlenmiştir. Civa ve kadmiyum konsantrasyonlarındaki artış ile fasulye fidelerinin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranda inhibe etmiştir. Fidelerin ağır metale maruz kalma süresinin uzaması kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalmanın daha fazla olmasına yol açmıştır. Çalışmamızda civa uygulanan bitkilerde kambium kalınlığının diğer ağır metal uygulanan bitkilere oranla daha az geliştiği yani civanın daha toksik olduğu belirlendi. Çalışmamızda ağır metal konsantrasyonu arttıkça kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalmanın daha fazla olması literatür ile paralellik göstermektedir.

Gür ve ark. (2004) *Clivia* sp. bitkisinin polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine klor tuzu halinde uygulanan kurşun, bakır, civa ve kadmiyum ağır metallerinin etkilerini incelemiştir. Her bir ağır metalin 30, 60, 90, 120 ve 240 μM 'lık konsantrasyonları kullanılmıştır. Artan konsantrasyona bağlı olarak polen çimlenmesi ve tüp uzunluğu azalmıştır. Ağır metallerin polen çimlenmesini ve tüp büyümesini belli oranlarda engellediği görülmüştür. Bir süs bitkisi olan *Clivia* sp. polenleri kurşun, bakır, civa ve kadmiyumdaki polen çimlenmesi ve tüp oluşumu bakımından olumsuz yönde etkilendiği bulunmuştur. Çalışmamızda artan ağır metal konsantrasyonuna bağlı olarak gövde uzunluğu, kök uzunluğu, yaprak boyu, yaprak eni, internod uzunluğu, kambium kalınlığı, korteks kalınlığı ve ksilem kalınlığı olumsuz yönde etkilenmesi bakımından literatür ile uygunluk sağlamaktadır.

Kırbağ Zengin ve ark. (2005) Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) fidelerinde kök, gövde ve yaprak ile yaprak disklerinin absisik asit düzeyleri üzerine civanın etkileri incelenmiştir. Absisik asit (ABA) stres durumlarında arttığı ve bitkiye direnç sağladığı bilinmektedir. Bir haftalık ayçiçeği fideleri civa klorür (HgCl_2)'ün farklı konsantrasyonlarında (0.03, 0.05 ve 0.07 mM) on gün süreyle büyütülmüştür. Fidelerin absisik asit düzeyleri kök, gövde ve

yaprak dokularında HPLC ile tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre civa stresi altında büyütülen ayçiçeği fidelerinin kök, gövde, yaprak, fide ve yaprak disklerinin absisik asit miktarları önemli artışlar göstermiştir. Civa klorür uygulanan ayçiçeği bitkilerinin kök, gövde, yaprak, fide ve yaprak disklerinde absisik asit miktarının kontrole göre sırasıyla % 141-206, % 131-269, % 223-300, % 202-287 ve % 277-367 arasında değişen oranlarda artış gösterdiği kaydedilmiştir. Civa klorür konsantrasyonunun bu artışlarda etkili olduğu tespit edilmiştir. 0.05 ve 0.07 mM civa klorür uygulanan fidelerin kök, gövde ve yaprak dokularındaki absisik asit içeriği 0.03 mM civa klorür uygulanan fidelere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada ağır metallerin bitki hormonlarının düzeyini nasıl etkilediği incelenmiş ve uygun olmayan çevre koşullarının oluşturduğu stresin bitkilerin ABA düzeyini arttırdığı bulunmuştur. Çalışmamızda civa konsantrasyonu arttıkça *Linum usitatissimum* L. bitkisinin kök, gövde, yaprak eni, yaprak boyu ve internod uzunluğunun azalması literatür ile paralellik göstermektedir.

Khan ve Chaudhry (2006) civa baskısı altında oksinin *Luffa cylindrica* L.'de kambial aktiviteyi yenilemesi incelenmiştir. Mevcut çalışmada *L. cylindrica* L. internodu üzerine ağır metal civa klorürün etkileri ve bu etkilerin büyüme hormonu IAA uygulayarak kısmi dönüşümünü değerlendirmiştir. Öz bölgesi, kambiyum, sklerankima ve korteksin çapı değerlendirilmiştir. Civa klorürün uygulanması internodun çapını azalttı. Bunun sonucunda kortikal, sklerankima, kambial ve öz bölgesinde inhibisyona yol açtı. IAA uygulanması kortikal, kambial bölge ve geniş ksilem hücrelerini arttırmıştır. Civa klorür ile muamele edilen bitkilerle karşılaştırıldığı zaman IAA' nın baskın olduğu ortaya çıkmıştır. Ksilem ve floem hücreleri HgCl₂ uygulaması ile vasküler silindir dışındaki hücrelerle karşılaştırıldığı zaman vasküler silindir içindeki hücreler daha fazla inhibisyon göstermiştir. Çalışmamızda civa klorür uygulanan bitkilerde internod uzunluklarının azalması bakımından literatür ile uygunluk göstermektedir

Mohanpuria ve ark. (2007) Kadmiyum geçişinin *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze' nin glutatyon metabolizması genleri üzerine olan oksidatif stresi incelenmiştir. Glutatyon hücre ortamındaki indirgenme-yükseltgenme ayarını düzenleyen çok önemli bir bileşiktir. Bu çalışmada Cd maruziyetinin *Camellia sinensis*'in tomurcuk dokularında glutatyon metabolizması genlerinin transkripsiyon seviyelerine olan etkisini gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, bazı fizyokimyasal parametreler üzerine çalışılmıştır. Kadmiyuma maruz kalma klorofil ve protein içeriğini düşürürken lipid peroksidasyonunu arttırdığı gözlenmiştir. Kadmiyuma maruz kalmanın süresi ve konsantrasyonu oksidatif stresin oluşumuna neden olur.

Protein seviyesinin düşmesi hücre bölünmesini engellediğinden bitkinin vejetatif ve generatif organlarını inhibe etmesi açısından çalışmamızla uygunluk göstermektedir.

Jimenez ve ark. (2007) perlit'te yetişen *Rumex induratus* ve *Marrubium vulgare*' de civa birikimi ve civa stresine karşı direnç incelenmiştir. Almeden'in madencilik bölgesinde toplanan *Rumex İnduratus* ve *Marrubium Vulgare* bitkileri saksılara aktarılmış, 2 ay süreyle besleyici çözeltiyle birlikte çözülebilir Hg verilmiştir. Civanın bitkide meydana getirdiği direnç, biyolojik birikim ve stres iki bitki türünde de incelenmiştir. Hg uygulamasıyla her iki türün bitkilerinde de civa konsantrasyonu artmış ancak R. İnduratus Hg birikiminde daha etkili bulunmuştur. Bu birikimin sürgünden çok kökte oluştuğunu bulmuşlardır. Çalışmamızda morfolojik gözlemlerde kök gelişiminin kontrole göre ağır metal uygulanan bitkilerde az gelişmesi literatür ile paralellik göstermektedir.

Seth ve ark. (2007) Arsenik ve kadmiyumun tek başına ve kombine olarak birikim yönünden *Spirodela polyrrhiza*'a olan toksik etkileri incelenmiştir. Bitki 1, 4, 7 günlük periyotta tek başına ve kombine olarak 0.1, 0.5, 1, 2 μM ' lık kadmiyum ve 1, 5, 10, 20 μM ' lık arsenik metal konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. Kombine uygulamanın sonuçları taze biyokütle, protein içeriği ve klorofil seviyelerinde düşüşü ortaya çıkarmıştır. Çalışmamızda ağır metal konsantrasyonu arttıkça bitkilerde kontrole oranla morfolojik ve anatomik yönden inhibisyon görüldüğünden literatür ile uygunluk göstermektedir.

Kovacık ve ark. (2008) *Matricaria chamomilla*'nın kadmiyum ve bakır fazlalığına fizyolojik tepkisi incelenmiştir. Fenolik metabolizmaya kadmiyum ve bakır fazlalığına 7 gün 3, 60 ve 120 μM konsantrasyonlarda maruz kalan *M. chamomilla* bitkisinin fizyolojik tepkisi üzerine çalışılmıştır. 120 μM ' daki bakır *M. chamomilla*'nin özellikle de kadmiyumun daha bol bulunduğu köklerdeki büyümeyi azaltmıştır. Bizim çalışmamızda da bakır fazlalığı bitkinin büyüme ve gelişmesine zararlı olması bakımından literatür ile uygunluk göstermektedir.

Sonuç olarak farklı ağır metal konsantrasyonlarına maruz bırakılan keten bitkileri (*Linum usitatissimum* L.) kontrol bitkilerine göre morfolojik ve anatomik açıdan daha yavaş bir gelişim gösterdi. Kambiyum kalınlığının en az gelişimi 6 gr/lt Hg uygulamasında olduğu gözlemlendi. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça bitki büyümesinin yavaşladığı tespit edildi. Daha detaylı bilgiler için hücrenin ince yapısının incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Bekiaroğlu, P., Karataglis, S., The effect of lead and zinc on *Mentha spicata*. 2002. *J. Agronomy & Crop Science* **188**: 201—205
- Brune, A., Urbach, W., Dietz, K., J., 1994. Compartmentation and transport of zinc in barley primary leaves as basic mechanisms involved in zinc tolerance. *Plant, Cell and Environment* **17**: 153-162.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D., 2004. Ağır metal iyonlarının (Cu^{++} , Pb^{++} , Hg^{++} , Cd^{++}) *Clivia* sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. **16(2)**: 177-182.
- Jiménez, E., M., Peñalosa, J., M., Esteban, E., Carpena-Ruiz, R., O., 2007. Mercury accumulation and resistance to mercury stress in *Rumex induratus* and *Marrubium vulgare* grown in perlite. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **170**: 485–494.
- Khan, A., Chaudhry, N., 2006. Auxins partially restore the cambial activity in *Luffa cylindrica* L. (Cucurbitaceae) under mercury stress. *Agriculture & Environment Vol.* **4 (1)**: 276-281.
- Kırbağ Zengin, F., Munzuroğlu, Ö., 2003. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine kadmiyum(Cd^{++}) ve civa (Hg^{++})'nın etkileri. *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* **24(1)**: 64-75.
- Kırbağ Zengin, F., Koçak, A., Munzuroğlu, Ö., 2005. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) fidelerinde kök, gövde ve yaprak ile yaprak disklerinin absisik asit düzeyleri üzerine civanın (Hg^{++}) etkileri. *Science and Eng. J of Fırat Univ.* **17 (4)**: 645-653.
- Kovacık, J., Backor, M., Kadukova, J., 2008. Physiological responses of *Matricaria chamomilla* to cadmium and copper excess. *Wiley Periodicals, Inc. Environ Toxicol*, **23**: 123–130
- Mohanpuria, P., Rana, N., K., Yadav, S. K., 2007. Cadmium induced oxidative stress influence on glutathione metabolic genes of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. *Wiley Periodicals, Inc. Environ Toxicol* **22**: 368–374.

- Munzuroğlu, Ö., Gür, N., 2000. Ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)' da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri. ***Turk J Biol.* (24): 677-684.**
- Sinha, S., Manisha, G., Prakash, C., 1996. Bioaccumulation and Biochemical Effects of Mercury in the Plant *Bacopa monnieri* (L). ***An International Journal, Vol. 11:*** 105-112.
- Seth, C., S., Chaturvedi, P., K., Misra, V., 2007. Toxic effect of arsenate and cadmium alone and in combination on Giant Duckweed (*Spirodela polyrrhiza* L.) in response to its accumulation. ***Wiley Periodicals, Inc. Environ Toxicol* 22: 539–549.**

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Hatay ilinin Samandağ ilçesinde doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Samandağ' nda tamamladı. Yüksek öğrenimini, Dicle Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Biyoloji öğretmenliği Bölümünde 1997 yılında tamamladı. 2005 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 1997'den beri Van'da Biyoloji öğretmenliği yapmaktadır.