

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KURŞUN (Pb) STRESİ ALTINDAKİ PEPİNO
(*Solanum muricatum* Ait.) FİDELERİNİN BAZI ANATOMİK VE FİZYOLOJİK
DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mustafa TEKTAŞ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

2016

T. C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURŞUN (Pb) STRESİ ALTINDAKİ PEPİNO (*Solanum muricatum* Ait.)
FİDELERİNİN BAZI ANATOMİK VE FİZYOLOJİK DEĞİŞİMLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Mustafa TEKTAŞ

Yüksek Lisans Tezi

Biyoloji Anabilim Dalı

Bu tez/....../ 2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Aysel SIVACI
BAŞKAN (DANIŞMAN)

.....
Doç. Dr. Rıza BİNİZET
ÜYE

.....
Yrd. Doç. Dr. Önder YUMRUTAŞ
ÜYE

Doç. Dr. Ramazan GÜRBÜZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FB EYL / 2014 – 0002

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**KURŞUN (Pb) STRESİ ALTINDAKİ PEPİNO (*Solanum muricatum* Ait.)
FİDELERİNİN BAZI ANATOMİK VE FİZYOLOJİK DEĞİŞİMLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Mustafa TEKTAŞ

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aysel SIVACI

Yıl: 2016, Sayfa sayısı: 57+x

Jüri: Prof. Dr. Aysel SIVACI

Doç. Dr. Rıza BİNİZET

Yrd. Doç. Dr. Önder YUMRUTAŞ

Çalışmada kurşun ($Pb(NO_3)_2$) stresi altındaki pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fidelerinin bazı anatomik ve fizyolojik değişimleri incelendi. Fidelere 20 gün boyunca, 0, 25, 50 ve 100 ppm' lik $Pb(NO_3)_2$ çözeltisi uygulandı. Denemeler sonunda bitkilerin yaprak ve köklerinden örnekler alınarak anatomik değişimler saptandı. Yaprak örneklerinde ise fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoidler), total fenolik bileşikler, malondialdehit (MDA) ve kurşun içerikleri belirlendi.

Çalışmada, kurşun uygulamasına bağlı olarak kök ve yaprak anatomilerinde değişimlerin olduğu saptandı. Kurşun uygulamasına bağlı olarak fotosentetik pigmentlerin azaldığı, kurşun birikimlerinin ise arttığı belirlendi. Toplam fenolik bileşiklerin ve MDA düzeylerinin kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak farklılıklar gösterdiği saptandı.

Anahtar Kelimeler: Kurşun stresi, Anatomi, Pigmentler, Fenolik bileşikler, Malondialdehid, *Solanum muricatum*

ABSTRACT
Master of Science Thesis

**DETERMINATION OF SOME ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL
CHANGES IN PEPINO (*Solanum muricatum* Ait.) SEEDLINGS UNDER
LEAD (Pb) STRESS**

Mustafa TEKTAŞ

Adıyaman Universty
Institute of Science
Department of Biology

Thesis Advisor: Prof. Dr. Aysel SIVACI
Year: 2016, Number of pages: 57+x

Jury: Prof. Dr. Aysel SIVACI
Doç. Dr. Rıza BİNZET
Yrd. Doç. Dr. Önder YUMRUTAŞ

The study covers some anatomic and physiological changes in pepino (*Solanum muricatum* Ait.) seedlings under lead (Pb(NO₃)₂) stress. For 20 days, Pb(NO₃)₂ solutions of 0, 25, 50 and 100 ppm are applied on seedlings. At the end of treatments, samples were obtained from leaves and roots of plants in order to detect anatomic changes. As for leaf samples, the photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids), total phenolic compounds, malondialdehyde (MDA) and lead contents are determined.

The research revealed changes in root and leaf anatomies depending on lead application. Depending on lead application, photosynthetic pigments decreased, while lead accumulations increased. It is also observed that total phenolic compounds and MDA levels showed differences depending on the lead concentrations.

Key Words: Lead stress, Anatomy, Pigments, Phenolic compounds, Malondialdehyde
Solanum muricatum

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans dönemim boyunca ve bu projenin yürütülmesinde başından sonuna dek danışmanlığımı yapan, gerek hayat tecrübesi, gerek bilimsel katkı ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Aysel SIVACI' ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu projenin yürütülmesinde sağladığı imkân ve kolaylıklar için Adıyaman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölüm Başkanı, Sayın Prof. Dr. Rıdvan SIVACI' ya ve Adıyaman Üniversitesi Merkez Laboratuvarı Müdür ve personellerine teşekkürlerimi sunarım.

Bu projede kullanılan bitkilerin temininde sağladığı yardımlarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Garip YARŞI' ye teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Bu projede, anatomik verilerin değerlendirilmesi aşamasında yardım, imkân ve fikirlerini benden esirgemeyen Mersin Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü' nden Sayın Doç. Dr. Rıza BİNİZET' e teşekkürlerimi sunarım.

FBEYL/2014-0002 kodlu projemi maddi olarak destekleyen Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' ne teşekkür ederim.

Proje süresince her daim yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Kübra BABA' ya, kuzenim Arş. Gör. Sakine Göçer ŞAHİN' e, değerli dostlarım Dilek KOÇ' a, R. Cesur BOZAT' a, Baki ERKİLİNÇ' a, Erdal DEMİR' e, Bünyamin URGUN' a ve bu çalışma boyunca bana yardımcı olan tüm hocalarım ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak hayatımın her anında ve her zaman yanımda olan ailemin tüm fertlerine, en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kurşun ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri	2
1.2. Pepino (<i>Solanum muricatum</i> Ait.)	3
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL VE METOD	9
3.1. Bitkisel Materyal	9
3.2. Yöntemler	10
3.2.1. Pigmentlerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması	10
3.2.2. Total fenolik bileşiklerin belirlenmesi	10
3.2.3. Lipid peroksidasyonunun malondialdehit (MDA) içeriği ile belirlenmesi	11
3.2.4. Kurşun analizi	11
3.2.5. Anatomik incelemeler	11
3.2.5.1. Daimi preparat hazırlamada kullanılan gliserin – jelatinin hazırlanması	12
3.3. İstatistiksel Analizler	12
4. BULGULAR	13
4.1. Morfolojik Değerlendirmeler	13
4.2. Kökteki Anatomik Değişimler	14
4.3. Yapraktaki Anatomik Değişimler	20
4.4. Pigment Değişimleri	34
4.4.1. Klorofil a değişimleri	34
4.4.2. Klorofil b değişimleri	35

4.4.3 Toplam klorofil değişimleri	36
4.4.4. Karotenoidlerin değişimi	37
4.5. Toplam Fenolik Bileşiklerin Değişimi	39
4.6. Malondialdehit (MDA) Değişimleri	40
4.7. Kurşun Değişimleri	41
5. TARTIşMA VE SONUÇ	43
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİş	57



Tablo 3. 1.	Sera içi ortalama sıcaklık ve nem değerleri	9
Tablo 4. 1.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kökteki anatomik değişimlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	19
Tablo 4. 2.	Pepino bitkisinin kontrol ve stres gruplarının yapraklarındaki kutikula tabakası kalınlığının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	22
Tablo 4. 3.	Pepino bitkisinin kontrol ve stres gruplarında, yapraktaki anatomik değişimlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	26
Tablo 4. 4.	Kontrol ve stres gruplarında pepino yapraklarının yüzeysel kesitlerindeki anatomik değişimlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	33
Tablo 4. 5.	Kurşun stresi altındaki Pepinoda Kl a, Kl b ve toplam klorofil içeriklerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	38
Tablo 4. 6.	Kurşun stresi altındaki pepinoda toplam fenolik bileşiklerin ve MDA değişimlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	41
Tablo 4. 7.	Pepino yapraklarındaki Pb içeriği değişimlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	42

Şekil 3. 1.	Kontrol ve kurşun stresi uygulanan fidelerin seradaki görünüşleri	10
Şekil 4. 1.	Kurşun uygulanan pepino yapraklarındaki klorozlar ve nekrozlar	13
Şekil 4. 2.	Pepino kontrol grubuna ait ana kök enine kesiti	14
Şekil 4. 3.	Pepinonun 25 ppm Pb' deki ana kök enine kesiti	17
Şekil 4. 4.	Pepinonun 50 ppm Pb' deki ana kök enine kesiti	17
Şekil 4. 5.	Pepinonun 100 ppm Pb' deki ana kök enine kesiti	18
Şekil 4. 6.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde epidermis hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	18
Şekil 4. 7.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde korteks hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	18
Şekil 4. 8.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde trake hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	19
Şekil 4. 9.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde öz hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	19
Şekil 4. 10.	Pepino bitkisinin yaprak enine kesiti	20
Şekil 4. 11.	Pepino bitkisinin yaprak enine kesiti ana damar görüntüsü	21
Şekil 4. 12.	Pepino bitkisinin 25 ppm Pb' deki yaprak enine kesiti	24
Şekil 4. 13.	Pepino bitkisinin 50 ppm Pb' deki yaprak enine kesiti	24
Şekil 4. 14.	Pepino bitkisinin 100 ppm Pb' deki yaprak enine kesiti	25
Şekil 4. 15.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak üst epidermis hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	25
Şekil 4. 16.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak palizat parankiması hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	25
Şekil 4. 17.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak sünger parankiması hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	26
Şekil 4. 18.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak alt epidermis hücrelerinin boyutlarındaki değişimler	26
Şekil 4. 19.	Kontrol grubundaki pepino bitkilerinin yaprak üst yüzeysel kesiti	27
Şekil 4. 20.	Kontrol grubundaki pepino bitkilerinin yaprak alt yüzeysel kesiti	28
Şekil 4. 21.	Pepino bitkisinin 25 ppm Pb' deki yaprak üst yüzeysel kesit	29

Şekil 4. 22.	Pepino bitkisinin 50 ppm Pb' deki yaprak üst yüzeysel kesiti	29
Şekil 4. 23.	Pepino bitkisinin 100 ppm Pb' deki yaprak üst yüzeysel kesiti	30
Şekil 4. 24.	Pepino bitkisinin 25 ppm Pb' deki yaprak alt yüzeysel kesiti	31
Şekil 4. 25.	Pepino bitkisinin 50 ppm Pb' deki yaprak alt yüzeysel kesiti	31
Şekil 4. 26.	Pepino bitkisinin 100 ppm Pb' deki yaprak alt yüzeysel kesiti	32
Şekil 4. 27.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak üst yüzeyinde 1 mm ² ' deki stoma sayısı değişimleri	33
Şekil 4. 28.	Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak alt yüzeyinde 1 mm ² ' deki stoma sayısı değişimleri	33
Şekil 4. 29.	Kurşun stresi altındaki pepinoda Kl a değişimleri	34
Şekil 4. 30.	Kurşun stresi altındaki pepinoda Kl b değişimleri.....	35
Şekil 4. 31.	Kurşun stresi altındaki pepinoda toplam klorofil içeriklerinin değişimleri	36
Şekil 4. 32.	Kurşun stresi altındaki pepinoda karotenoidlerin değişimi	37
Şekil 4. 33.	Kurşun stresi altındaki pepinoda toplam fenoliklerin değişimleri	39
Şekil 4. 34.	Kurşun stresi altındaki pepinoda MDA değişimleri	40
Şekil 4. 35.	Pepino yapraklarındaki Pb içerikleri	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAS	: Atomik absorbsiyon spektroskopisi
ABA	: Absisik asit
ADP	: Adenozin difosfat
ATP	: Adenozin trifosfat
°C	: Santigrat derece
Cd	: Kadmiyum
CdSO ₄	: Kadmiyum sülfat
CO ₂	: Karbon dioksit
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
CuSO ₄	: Bakır sülfat
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
Fe	: Demir
g	: Gram
GA ₃	: Gibberellik asit
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
HNO ₃	: Nitrik asit
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
Na	: Sodyum

Na_2CO_3	: Sodyum karbonat
Ni	: Nikel
nm	: Nanometre
Pb	: Kurşun
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	: Kurşun nitrat
ppm	: Milyonda bir birim
ROS	: Reaktif oksijen türleri
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
SOD	: Süperoksit dismutaz
TBA	: Thiobarbiturik asit
TCA	: Trikloroasetik asit
Zn	: Çinko
μm	: Mikrometre

1. GİRİŞ

Çevre kirliliğine neden olan faktörlerden biri de ağır metallerdir. Endüstriyel faaliyetler, egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda gübreleme ve ilaçlama gibi birçok etken ağır metal kirliliğine neden olmaktadır (Zengin ve Munzuroğlu 2004). Toprak ve yer altı sularındaki metallerin varlığı insan sağlığı ve ekolojik sistemler için önemli sorun oluşturabilir (Evanko ve Dzombak 1997). Ağır metaller bitki, hayvan ve insan üzerindeki toksik etkilerinden dolayı çevre kirleticisi olarak kabul edilmektedir. Toprak ve bitkilerde biriktiğinden dolayı da doğada kalıcıdır. (Rajeswari ve Sailaja 2014).

Ağır metallerin toksisitesi: metalin dozuna, kimyasal türlerine, maruz kalma yoluna bağlıdır, bunun yanı sıra cinsiyet, yaş, genetik ve maruz kalan bireylerin beslenme durumu dahil olmak üzere birçok faktöre bağlıdır (Tchounwou vd. 2012).

Ağır metal stresine maruz kalan bitkilerde oksidatif stres meydana gelebilir ve bu stres, hücre hasarına yol açar. Metal iyonları birikerek hücrelerin iyonik homeostazını olumsuz yönde etkilemektedir. Ağır metal maruziyetinin ve birikiminin zararlı etkilerini en aza indirmek için, bitkiler birçok detoksifikasyon mekanizması geliştirmişlerdir (Yadav 2010). Ağır metal fitotoksitesini inhibe edici ya da uyarıcı olabilir. Fotosentez olumsuz etkilenir. Metaller transkripsiyon aktivitelerini etkilediğinde bazı enzimler genellikle indüklenir. Bu durumun metal fitotoksitesini ile meydana gelen oksidatif strese karşı bitki savunması ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Clijsters vd. 1999). Yapılan çalışmalarda ağır metallerin oluşturduğu kirlilik boyutuna paralel olarak bitkilerin kök, gövde, yaprak, tohum ve kabuk gibi kısımlarında ağır metal birikimi olduğu belirtilmektedir (Üstbaş vd. 2009). Ağır metaller bitkilerde sürgün klorozislerinden, lipit peroksidasyonuna ve protein yıkımına kadar ciddi morfolojik, metabolik ve fizyolojik anormalliklere yol açmaktadır ve bitkiler ağır metal toksisitesine karşı koyabilmek için birçok mekanizma ile donatılmışlardır (Emamverdian vd. 2015).

Yüksek yapılı bitkiler, biyotik strese olduğu gibi abiyotik strese de çoğunlukla savunma ile ilgili olan ikincil metabolitlerin sentezini ve birikimini indükler. Reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi, oldukça farklı enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlara bağlı olmasına rağmen hem biyotik stres hem de ağır metal stresi sırasında meydana gelir (Mithöfer vd. 2004).

Ağır metal stresi sırasında fenolik bileşikler, metal şelatörler gibi görev yapabilirler ve fenolik bileşikler doğrudan aktif oksijen türlerini temizleyebilirler (Michalak 2006).

1.1. Kurşun ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Tüm bileşikleri zehirli olan kurşun, tipik gri renkli bir metaldir, yumuşak ve şekillendirilebilir. Yoğunluğu 11.34 g/cm^3 , erime noktası $327.4 \text{ }^\circ\text{C}$ ’ dir (Draszawka ve Bolzan 2014). Spesifik bir tadı olmayan, kokusuz bir metal olan kurşun 207.2 g/mol moleküler ağırlığa, $1740 \text{ }^\circ\text{C}$ kaynama noktasına ve 1.8 elektronegativiteye sahip bir metaldir. Kurşun birikimine neden olan birçok kaynak olduğu gibi kurşun doğada kendiliğinden de bulunabilir. Tetraetil kurşun ve tetrametil kurşun gibi maddeler yakıtlarda katkı maddesi olarak kullanıldığı için kurşun kirliliğine neden olmaktadır. Bu maddeler diğer petrol bileşenlerinden daha uçucu olduğu için eklendiği yakıtın da uçucu olmasını sağlarlar. Atmosferde bulunan % 80-90 civarındaki kurşun yakıtlarda katkı olarak kullanılan kurşundan kaynaklanmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan atmosferdeki kurşun her ülkede farklı seviyededir. Fabrika atık ve artıkları ve kurşun bulunduran maddelerin yakılması da atmosferdeki kurşun miktarını artırır. Demir metalinden sonra, atmosferi en çok kirleten metal kurşundur (Uğur 2006).

Kurşun (Pb), topraklarda en yaygın ağır metal kirleticilerden biridir ve canlı organizmalar için çok toksiktir. Kurşunun biyolojik işlevi olmamasına rağmen bitkilerde, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal işlev bozukluklarına neden olabilir. Bitkiler kurşun maruziyetlerine yanıt olarak geniş tolerans mekanizmaları geliştirir ve kurşunun etkilerinden önce kök sistemleri etkilenir. Bitki kökleri bu duruma hızlı cevap olarak: ya kallos sentezi ve birikimini artırır ya da kurşun girişini durduran bir bariyer oluştururlar (Fahr vd. 2013).

Kurşun bitkiler için vazgeçilmez olmamasına rağmen, bitkiler tarafından kolayca emilir ve bitkinin farklı kısımlarında birikir. Bitkilerdeki kurşun alımı pH, parçacık boyutu, topraktaki katyon değişim kapasitesi, kök eksudasyonu ve diğer fiziko-kimyasal parametreler tarafından kontrol edilir. Fazla kurşun bitkilerde bodur büyüme, klorozis ve kök sisteminin kararması gibi olumsuzluklara neden olur. Kurşun fotosentezi engeller, mineral beslenme ve su dengesini bozar, hormonal durumu değiştirir ve zarın

yapısını ve geçirgenliğini etkiler. Kurşun toleransı, bitkilerin hücre duvarlarına kurşun sınırlama kapasitesi, ozmolitlerin sentezi ve antioksidan savunma sisteminin aktivasyonu ile ilişkilidir. Fitoremediasyon ve rizofiltrasyon teknolojileri, kurşun ile kirlenmiş toprakların iyileştirilmesi ve temizlenmesinde büyük bir potansiyele sahip görünmektedir (Sharma ve Dubey 2005).

Fazla kurşun birikimi bitki dokusunda; esansiyel iyonların değiştirilmesiyle, ADP veya ATP' nin fosfat gruplarının reaksiyonuyla, bitki metabolizmasında yer alan farklı enzimlerin aktif gruplarla reaksiyona girmesiyle ve hücre zarının geçirgenliğinin değiştirilmesiyle fitotoksositeye neden olur. Kurşun toksisitesi fazla miktarda ROS üretimine, ATP üretimine, lipid peroksidasyonu ve DNA hasarına neden olur. Ayrıca kurşun tohum çimlenmesini, kök uzamasını, fide ve bitki gelişimini, transpirasyonu, klorofil üretimini, su ve protein içeriğini engeller. Kurşunun bitki vejetatif büyümesi üzerindeki olumsuz etkileri ağırlıklı olarak aşağıdaki faktörlerden kaynaklanmaktadır: kloroplast yapısının bozulması, elektron taşıma sisteminin tıkanması, Calvin döngüsü enzimlerinin inhibisyonu, Mg ve Fe gibi esansiyel elementlerin alınımının engellenmesi, stomanın kapanması sonucu CO₂ eksikliği (Pourrut vd. 2011).

Yapılan çalışmalar ağır metallerin bitkiler üzerinde anatomik değişikliklere de neden olduğunu göstermiştir. Bazı ağır metaller, *Brachiaria decumbens* Stapf. bitkisinin kök dokusundaki endodermis ve ekzodermis hücre tabakaları ile ksilem ve korteks hücre duvarlarında kalınlaşmaya, yaprak üst ve alt yüzey epidermis kalınlığının artmasına, yaprak ayası uzunluğu azalmasına neden olmuştur (Gomes vd. 2011). Bakır ve kadmiyum bakla (*Vicia faba* L.) bitkisinde stoma yoğunluğunu ve boyutunu, yaprak alanını, ksilem damarlarının etkinliğini azalttığı belirtilmiştir (Kasım 2005). *Sorghum bicolor* (L.) Moench bitkisinde, kök çapının ve genişliğinin, yaprak orta damarı kalınlığının, öz dokusunun, kök korteksinin, kök ksilemi kollarının sayısının ve yaprak alt yüzeyindeki stoma yoğunluğunun azalmasına neden olduğu gösterilmiştir (Kasım 2006). Kadmiyum, bezelye bitkisinin yaprak mezofil tabakasının incelmeye ve mezofil dokusunda hücrelerarası boşluğun azalmasına neden olmuştur (Tran vd. 2013).

1.2. Pepino (*Solanum muricatum* Ait.)

Pepino (*Solanum muricatum* Ait.) çoğunluğu sebze olan Solanaceae familyasının bir üyesidir. Çok yıllık bir bitki olan pepino, genelde tek yıllık olarak yetiştirilmektedir.

Hızlı büyüyen ve hızlı çiçeklenen pepino ekildikten 4–6 ay içerisinde meyve oluşturmaya başlar. Temel basit gereksinimleri olan bitki, farklı enlem ve boylam, farklı rakım ve topraklara geniş bir uyumluluk gösterir. 1 m kadar uzayabilen, odunsu bir gövdeye ve lifli köklere sahip çok yıllık bitkidir. Yaprakları basit veya bileşik olabilir. Çiçekler beyaz, soluk mor ve parlak mavi renkli ve küme şeklindedir. Partenokarpik ve etli bir meyve oluşturur (Anonymous 1989). Altın sarısı – krem rengi zemin üzerinde dikey şeritler halinde mor çizgileri olan pepino meyvesi görsel olarak da çekici bir görünüme sahiptir. Yetiştirilmesi kolay olan pepino bitkisi, Güney Amerika dışında günümüzde Avrupa, Avustralya ve Asya’ da da yetiştirilmektedir (Türker vd. 2012). Pepino meyvesinin besin değeri düşük olmasına rağmen idrar söktürücü olarak bilinir, yüksek oranda su (% 90) ve iyot içerdiği için guatr hastalarına tavsiye edilir (IPGRI ve Comav 2004).

Türkiye için yeni bir bitki olan pepinonun, antidiyabetik ve hepatoprotektif etkisinin olması (Orhan vd. 2014), anti–enflamatuar ve anti-tümör etkilerinin olması, kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde kullanılması gibi tıbbi öneme sahip olması (Türker vd. 2012) nedeniyle önemli bir bitkidir.

Pepino ile ilgili yapılan çalışmalarda; gübrelemenin pepino meyvesinin olgunlaşması ve meyve makrobesin içeriklerindeki etkisi (Francke 2010), pepinoda meyve verimi ve niteliği (Çavuşoğlu vd. 2009), tohum gelişimi (Kopcinskal vd. 2004), kuraklık stresinin etkileri (Duman ve Sivaci 2015), kadmiyum birikimi ve toleransı (Thiebeauld vd. 2005) gibi bazı çalışmaların olduğu belirlenmiştir. Ancak yaptığımız araştırma sonucunda, pepinoda kurşun (Pb) stresinin etkilerinin çalışılmadığı saptanmıştır. Dolayısıyla çalışmada, kurşun (Pb) stresi altındaki pepino fidelerinde bazı anatomik ve fizyolojik değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, kurşun (Pb) stresine maruz bırakılan pepinoda anatomik yapı, total pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoidler), total fenolik bileşikler, malondialdehid (MDA) ve kurşun içerikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, kurşun stresine bağlı olarak belirlenen bazı anatomik ve fizyolojik bulgular, pepino bitkisinin tolerans mekanizması ve metabolizmasındaki değişimler hakkında fikir vererek bu konuda yapılan çalışmalara katkı sağlayacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ağır metaller arasında kurşun, en sık görülen kirleticilerden biridir (Şedzik vd 2015). *Thespesia populnea* L.' nin fideleri ile yapılan çalışmada, kurşunun bitkinin kök, sürgün ve fide uzunluğu, yaprak alanı, yaprak sayısı, bitki çevre uzunluğu, fide kuru ağırlığı, kök/sürgün ve yaprak alanı oranları parametrelerinde önemli ölçüde azalmalara neden olduğunu saptamışlardır (Kabir vd. 2010).

Thiebeauld vd. (2005) yaptığı çalışmada, bektaşı üzümü (*Physalis peruviana* L.), pepino (*Solanum muricatum* Ait.), biber (*Capsicum annuum* L.), tütün (*Nicotiana tabacum* L.) ve domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bitkileri değişik konsantrasyonlarda kadmiyum içeren besin çözeltisi ile sulanmıştır. Özellikle yüksek dozlarda kadmiyumun kök büyümesini inhibe ettiği, yaprak ve saplarında kuru madde ve klorofil miktarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Kadmiyumdan en fazla etkilenen bitkiler tütün, domates ve biber olduğu saptanmıştır. Bitkilerin yapraklarındaki kadmiyum birikimlerinde önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Bektaşı üzümü yapraklarındaki Cd içeriğinin, diğer bitkilerin yapraklarındakine oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Pepino bitkisinin yapraklarında Cd birikmesine rağmen yapraklar iyi bir kuru madde içeriği bulundurmıştır.

İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) yapraklarında kurşun (Pb) yoğunluğunun araştırıldığı çalışmada, iğdelerin egzoz gazına daha fazla maruz kalmasıyla yapraklardaki kurşun miktarı artmış, stomalardaki kurşun miktarının pek değişmediği belirtilmiştir (Çavuşoğlu 2002).

Farklı dozlardaki kurşunun mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin büyümesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada; çimlenme, erken fide büyümesi, kök-sürgün uzunluğu, kök-sürgün taze ve kuru ağırlıkları, toplam protein içeriklerinde azalmaların meydana geldiği saptanmıştır (Hussain vd. 2013).

Kurşunun (0, 10, 20 ve 30 ppm) iki mısır (*Z. mays* L.) çeşidinin (Neelam and Desi) fazla miktarda kurşuna maruz kalması önemli derecede kök inhibisyonuna neden olmasına rağmen, sürgün büyümesinde daha az etkili olduğu saptanmıştır. Klorofil analiz sonuçlarında, yüksek kurşunun Neelam çeşidinde fotokimyasal verimliliği etkilediği ancak Desi çeşidinde gözlenebilir herhangi bir önemli etki meydana getirmediği ve bu sonuçların kurşun birikimi ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Desi

çeşidinin Neelam çeşidine göre köklerde daha fazla kurşun biriktirme kapasitesine sahip olduğu ve kurşuna karşı daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Ghani 2010).

Ankara'daki bazı kavşaklarda yetiştirilen çimlerin, egzoz gazlarından kaynaklanan kurşun miktarları 6 ay boyunca incelenmiştir. Çimlerden alınan yaprak ve kök örneklerinin kurşun miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak Ankara'daki kurşun kirlenmesinin sürekli olarak arttığı gösterilmiştir (Karademir ve Toker 1998).

Manisa'nın Soma ilçesinde, yol kenarında yetiştirilen tütünlerdeki kurşun miktarlarının incelendiği çalışmada, daha fazla egzoz gazına maruz kalan tütünlerde kurşun miktarlarının yüksek olduğu saptanmıştır (Sesli 2002).

Farklı konsantrasyonlarda kurşunun, mercimek (*Lens culinaris* Medik.) tohumlarının çimlenmesi, kök gelişimi ve kök ucu hücreleri üzerindeki mitotik etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda kontrole kıyasla, kurşunun düşük konsantrasyonlarının çimlenmeyi belirgin bir şekilde etkilemediği, yüksek konsantrasyonlarının ise çimlenmeyi azalttığı gözlenmiştir. Yine kontrole kıyasla tüm konsantrasyonların kök büyümesini engellediği belirtilmiştir. Kurşun konsantrasyonlarının artmasıyla hücrelerin bölünmesi azalmıştır. Çalışma sonucunda mercimeğin kurşun kirliliğine hassas olduğu ve kurşunun, mercimek tohumlarında çimlenmeyi ve kök büyümesini engellediği, mitotik indeksi azalttığı ve bazı mitotik anormalliklere neden olduğu belirtilmiştir (Kıran ve Şahin 2005).

Farklı konsantrasyonlardaki (75, 150 ve 300 ppm) kurşunun patlıcan (*Solanum melongena* L.) bitkisindeki etkisi araştırıldığında; yüksek kurşun konsantrasyonlarının, patlıcan fidelerinin kök, sürgün ve yapraklarında kurşun birikmesine neden olduğu ve köklerde, sürgünlerden 6 kat, yapraklardan ise 4 kat daha fazla kurşun birikmesine neden olduğu belirlenmiştir. Yine yüksek kurşun konsantrasyonu uygulanan bitkiler, düşük konsantrasyon uygulanan bitkilerle kıyaslandığında, genel olarak tüm mineral madde alınımlarının inhibe edildiği saptanmıştır. Artan kurşun fitotoksitesi ile klorofil içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca kurşun konsantrasyonunun stoma yoğunluğu, stoma uzunluğu–genişliği ve stoma indeksi parametreleri üzerine olumsuz etkisinin olduğu belirtilmiştir (Yılmaz vd. 2009).

İstilacı bir tür olan *Lythrum salicaria* L. bitkisinin büyümesi üzerine bakır ve kurşunun etkileri araştırıldığında, metallere maruz bırakılan bitkilerin hayatta kalmaları ve gelişimleri önemli ölçüde azalmıştır (Nicholls ve Mal 2003).

Kurşun ve çinko' nun karalahana (*Brassica oleracea* L. var. *Acephala* D. C.) ve pazı (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, çinko uygulanan bitkilerin köklerinde aşırı çinko birikimi meydana gelirken, kurşun uygulanan bitkilerin farklı dokularında önemsenecek kadar birikim olmamıştır. Çalışmada kullanılan bitkilerin yapraklarında, uygulanan ağır metalin türü ve derişimine bağılı olarak klorozlar meydana gelmiştir. Ayrıca hem karalahana hem de pazı bitkilerinin taze ve kuru ağırlığında ve klorofil miktarında azalmaların meydana geldiği belirtilmiştir (Şafak 2011).

Kurşunun, iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) çeliklerinin kambiyum faaliyeti üzerine oksin, gibberellin ve kinetin karışımlarının etkilerinin incelendiği çalışmada, kontrole kıyasla hormon karışımı uygulanan bitkilerde yaprakların daha yeşil olduğu saptanmıştır. Kurşun uygulaması yapılan bitkilerin ise daha önce solmaya başladığı tespit edilmiştir. Çalışmada uygulanan bitki hormonlarının, iğde çeliklerinin kambiyum faaliyeti üzerindeki kurşunun zararlı etkilerini önemli derecede düzelttiği belirtilmiştir (Gök 2010).

Doğan ve Çolak (2009) yaptığı çalışmada, kurşun uygulamasının buğdayın (*Triticum aestivum* L. cv. Tosunbey) bazı fizyolojik özelliklerine etkisini incelemiş, uygulamada kurşun konsantrasyonuna bağılı olarak bitkide büyüme ve gelişmenin engellendiği belirtilmiştir. Yine uygulamadaki konsantrasyona bağılı olarak kök ve otsu gövdelerdeki kurşun miktarının arttığı saptanmıştır. Kurşun uygulaması, bitkilerin kök ve otsu gövdelerinde protein ve fenolik bileşiklerin miktarında, yapraklarda ise fotosentetik pigment miktarında azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca köklerde askorbik asit miktarında artışa, otsu gövde de ise azalışa neden olmuştur.

Pereira vd. (2014) tarafından su sümbülünün (*Eichhornia crassipes* Mart.) kurşuna toleransları ile ilgili yaptıkları çalışmada, fotosentez ve Ci/Ca oranlarının kurşunun tüm konsantrasyonlarında arttığı belirlenmiştir. Kurşun toksisitesi palizat ve sünger parankimasının kalınlığında ve stomada değişiklikler meydana getirmiştir. Aynı şekilde kurşun toksisitesi, kök anatomisinde herhangi bir etki meydana getirmezken, ksilem ve floemde olumlu değişiklikler meydana getirmenin yanı sıra apoplastik engellerin artmasını sağlamıştır. Ayrıca kurşun, yapraklarda tüm antioksidan enzimlerin artmasına ve köklerde bazı değişikliklerin meydana gelmesine sebep olmuştur.

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitkisine farklı konsantrasyonlarda kurşun uygulamasının yapıldığı çalışmada, uygulanan kurşun derişimi arttıkça bitkide meydana gelen olumsuz etkilerin arttığı belirtilmiştir. Bitkilerin kök, gövde ve yapraklardaki kurşun miktarlarının, artan kurşun konsantrasyonlarına bağılı olarak arttığı saptanmıştır. Protein miktarlarının ve fotosentetik pigmentlerin fidelerin tüm kısımlarında genel olarak azaldığı belirlenmiştir. Prolin miktarlarının kontrole kıyasla, kök ve gövdede azaldığı, yapraklarda ise kurşunun bazı konsantrasyonlarında arttığı belirtilmiştir (Dere 2012).

Farklı konsantrasyonlardaki kurşunun buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisi üzerindeki etkileri araştırıldığında, sürgün/kök uzunluğu, sürgün taze/kuru ağırlıkları, filiz sayısı gibi parametrelerin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada kurşunun, klorofil a ve b gibi fotosentetik pigmentlerin ve Na⁺, K⁺ iyon içeriğinin azalmasına, fakat karoten içeriğinin artmasına neden olduğu belirtilmiştir. Kurşunun buğday bitkisinin büyüme ve gelişmesi üzerinde zararlı etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Bhatti vd. 2013).

Taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin araştırıldığı başka bir çalışmada, Kırıkkale–Kırşehir arasındaki karayolunun kenarında bulunan *Sinapis arvensis* L. türünün yapraklarındaki kurşun miktarı ölçülmüş, kurşun kirliliğinin hava sirkülasyonunun azlığı ve trafik yoğunluğu ile doğru orantılı olarak arttığı sonucuna varılmıştır (Çavuşoğlu vd. 2008).

Kurşunun bamya (*Abelmoschus esculentus* L.) bitkisinin büyümesi, verimi ve farklı kısımlarındaki birikimi üzerine etkileri araştırıldığında, topraktaki 16.13–350 ppm aralığındaki kurşun konsantrasyonlarının bamya bitkisinin boyunu, verim bileşenlerini ve verimini olumlu etkileyebileceği belirtilmiştir. Kök, yaprak ve taze meyvelerdeki kurşun konsantrasyonunun, topraktaki kurşun konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kurşunun bamya bitkisinin özellikle köklerinde, daha sonra yaprak ve meyvelerinde biriktiği vurgulanmıştır (Hung vd. 2014). Kurşun toksisitesinin bitkilerde morfolojik ve fizyolojik değişimlere neden olduğu belirtilmiş ve çimlenme yüzdesinde ise azalmaya neden olduğu gösterilmiştir (Shafiq vd. 2008).

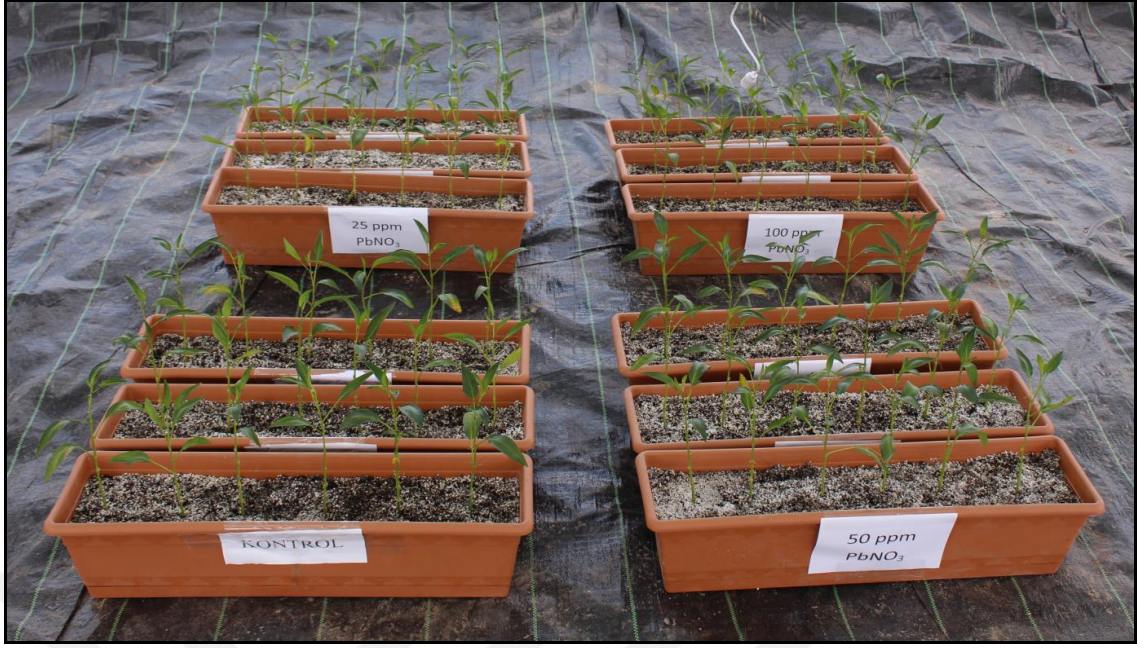
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Bitkisel Materyal

Çalışmada pepino (*S. muricatum* Ait.) bitkisinin, Miski çeşidinin 45 günlük fideleri kullanılmıştır. Fideler perlit–torf (2:1 oranında) karışımını içeren aynı büyüklükteki saksılara dikilmiştir. Fidelerin 10 gün bulundukları ortama uyumları sağlandıktan sonra, kontrol ve kurşun ağır metali uygulanacak gruplar olmak üzere ayrılmıştır. Denemeler gündüz ortalama sıcaklığın 33 °C, gece ortalama sıcaklığın 17 °C, gündüz ortalama nemin % 25.5, gece ortalama nemin % 59 olduğu ve doğal fotoperiyot şartlarının olduğu serada yapılmıştır (Tablo 3. 1). Çalışmada her saksıya 6 fide dikilmiştir. Kontrol grubuna saf su stres grubuna ise değişik konsantrasyonlarda hazırlanan 25, 50 ve 100 ppm’ lik kurşun nitrat $Pb(NO_3)_2$ çözeltisi uygulanmıştır (Şekil 3. 1). Kurşun stresinden bitkilerin etkilenmeye başladığı ve morfolojik olarak gözlemlenen 20 günlük süre sonunda denemeler sonlandırılmıştır. Kontrol ve kurşun stresi uygulanan fidelerin yaprak ve köklerinden örnekler alınmıştır. Yaprak örneklerinde anatomik değerlendirmelerin yanı sıra klorofil a (Kl a), klorofil b (Kl b) ve karotenoidler, fenolik bileşikler, malondialdehit (MDA) ve kurşun (Pb) analizleri yapılmıştır. Kök örneklerinde ise anatomik değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 3. 1 Sera içi ortalama sıcaklık ve nem değerleri

	Gündüz	Gece
Min. Sıcaklık	23.3 °C	12.9 °C
Max. Sıcaklık	38.3 °C	21.2 °C
Ortalama Sıcaklık	33°C	17 °C
Min. Nem	% 10	% 45
Max. Nem	% 48	% 72
Ortalama Nem	% 25.5	% 59



Şekil 3. 1 Kontrol ve kurşun stresi uygulanan fidelerin seradaki görünüşleri

3.2. Yöntemler

3.2.1. Pigmentlerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması

Pepino bitkisinin yaprak örneklerinden 1 g tartıldı. Tartılan örneklerin üzerine 50 mL aseton eklenip homojenize edildi. Bu işlemten sonra karışım 1 gün boyunca +4 °C’ de buzdolabında bekletildi. Bu sürenin sonunda homojenize edilmiş örneklere 1/5 oranında distile su eklenerek tekrar homojenize edildi. Daha sonra örnekler süzülerek 3000 rpm’ de 10 dakika sentrifüj edildi (De Kok ve Graham 1989). Absorbans değerleri Lichtenthaler ve Wellburn (1983)’ a göre 662, 645 ve 470 nm’ de okundu ve hesaplandı.

3.2.2. Total fenolik bileşiklerin belirlenmesi

Pepino bitkisinin yapraklarından 50 mg tartılarak üzerine 2.5 mL etanol eklenip homojenize edildi. Homojenize işleminden sonra örnekler 25°C’ de 24 saat çalkalamalı su banyosunda çalkalanmaya bırakıldı. Bu işlemin ardından örnekler süzülerek santrifüj edildi ve 1 mL süpernatant üzerine 1 mL etanol, 5 mL distile su ve 1 mL folin reaktifi eklenerek çalkalandı. Elde edilen karışıma 3 dakika sonra, 3 mL % 2’ lik Na_2CO_3

eklenerek 2 saat boyunca aralıklı olarak karanlıkta çalkalandı. Örneklerin absorbanları 760 nm’ de okunarak, standart galik asit eşdeğerliğine bağlı olarak miktarları hesaplandı (Slinkard ve Singleton 1977, Chandler ve Dodds 1983).

3.2.3. Lipid peroksidasyonunun malondialdehit (MDA) içeriği ile belirlenmesi

Yaprak örneklerinden 0.5 g alınarak % 0.1’ lik 5 mL trikloroasetik asit (TCA) içinde homojenize edildi. Homojenize edilen örnekler 10.000 rpm’ de 5 dakika santrifüj edildi. Elde edilen solüsyonun 2 ml’ si 2 mL % 0.5’ lik tiobarbiturik asit (TBA) ile 30 dakika 95°C’ de su banyosunda kaynatıldı (TBA %20’lik TCA içerisinde hazırlanmıştır). Daha sonra örnekler buz banyosunda soğutuldu. Son karışım tekrar 10.000 rpm’ de 15 dakika santrifüj edildi. Absorbanları 532 nm’ de ve 600 nm’ de ölçülerek 532 nm’ de saptanan ölçümlerden 600 nm’ de yapılan ölçümler çıkarıldı ve $155 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstinksiyon katsayısı ile MDA miktarı belirlendi (Heath ve Packer 1968).

3.2.4. Kurşun analizi

Kontrol ve kurşun stresi uygulanan grupların yapraklarından kurşun analizi için örnekler alındı. Yapraklardaki kurşun miktarları AAS (Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi) (PinAAcle 900T) cihazında okutularak belirlendi.

3.2.5. Anatomik incelemeler

Kontrol ve kurşun stresi (0, 25, 50 ve 100 ppm) uygulanan grupların kök ve yapraklarından örnekler alınarak %70’ lik alkol içerisinde bekletildi. Daha sonra primer kökten enine, yapraklardan ise enine, alt yüzeysel ve üst yüzeysel kesitler alındı. Alınan kesitler daha sonra gliserin – jelatin ile daimi preparat haline getirildi. Her konsantrasyondaki köklerden alınan enine kesitlerde epidermis hücrelerinin en ve boyları, korteks parankiması hücrelerinin en ve boyları, trakelerin en ve boyları, öz parankima hücrelerinin en ve boyları; yaprak enine kesitlerinde kutikula kalınlığı, epidermis hücrelerinin en ve boyları, palizat parankiması hücrelerinin en ve boyları,

sünger parankiması hücrelerinin en ve boyları; yaprak alt ve üst yüzeysel kesitlerinde stoma sayıları belirlenerek ortalama değerleri hesaplandı.

3.2.5.1. Daimi preparat hazırlamada kullanılan gliserin – jelatinin hazırlanması

Jelatin plakları veya jelatin granülleri 2–3 saat distile su içerisinde bekletildi. Isıtılan jelatinden 1 ölçü, ağırlık bakımından 1.5 ölçü gliserinle karıştırıldı. İçerisine istenilen koyulukta boya (metilen mavisi, safranin, fuksin) eklendi. % 2–3 kadar küçük bir miktar da fenik asit kristali atıldı. Daha sonra bu karışım kısık ateşte ısıtıldı. Isıtılan karışım bir cam bagetle karıştırılarak homojen olması sağlandı. İstenilen kıvama geldiğinde temiz bir petri kabına döküldü ve soğumaya bırakılarak katılaşması sağlandı. Bu jel daimi preparat hazırlamada kullanıldı (Aytuğ 1967).

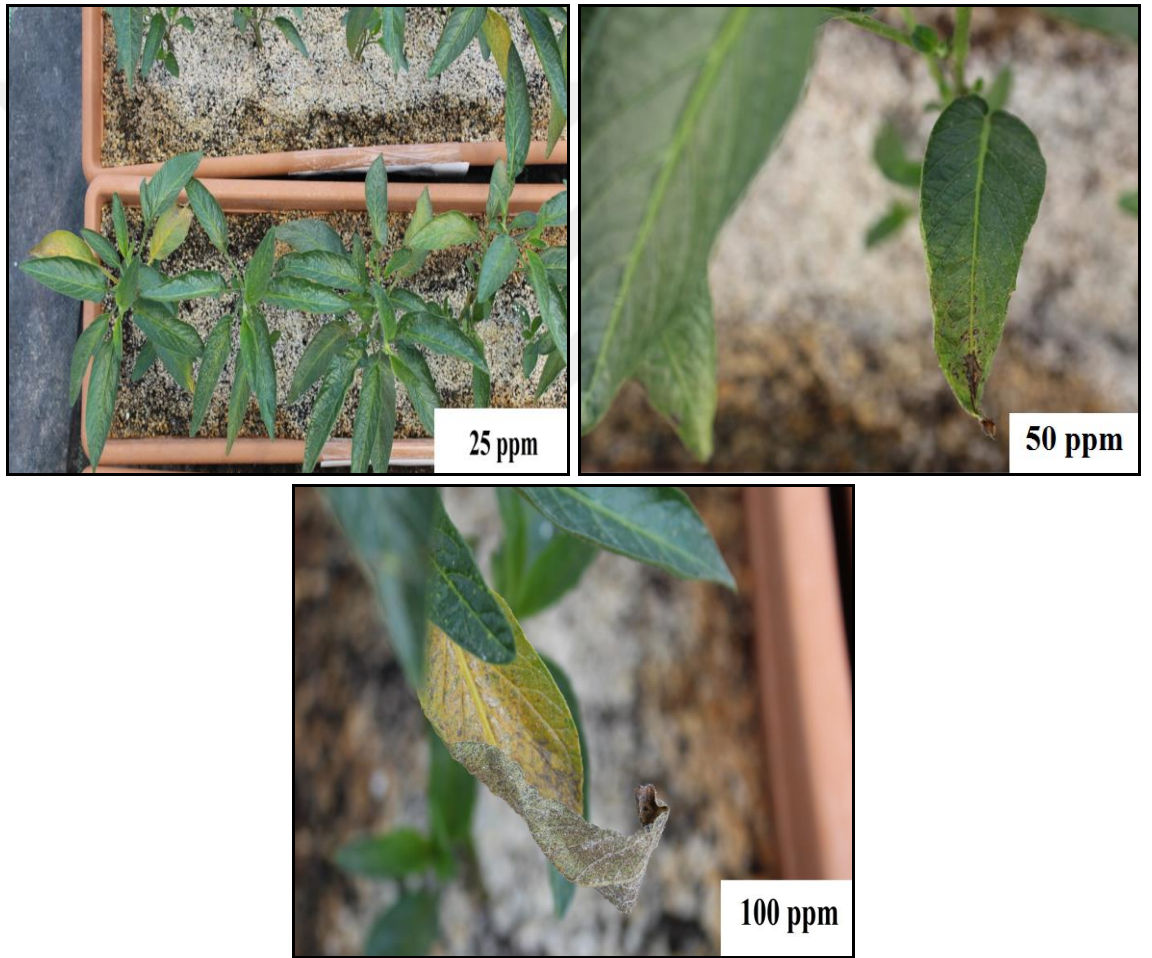
3.3. İstatistiksel Analizler

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmeleri SPSS 16.0 programında yapılmıştır. Kl a, Kl b, toplam klorofiller, karotenoidler, fenolik bileşikler, malondialdehit (MDA) ve Pb içeriği analizlerinde ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesi için ANOVA testini takiben Duncan *post-hoc* parametrik testi, homojen dağılım göstermeyen anatomik değişimlerin belirlenmesinde ise Kruskal–Wallis testini takiben Mann–Whitney *U* non–parametrik testi kullanılmıştır. Analizlerde $p < 0.05$ önemli kabul edilmiştir. Bütün analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

4. 1. Morfolojik Değerlendirmeler

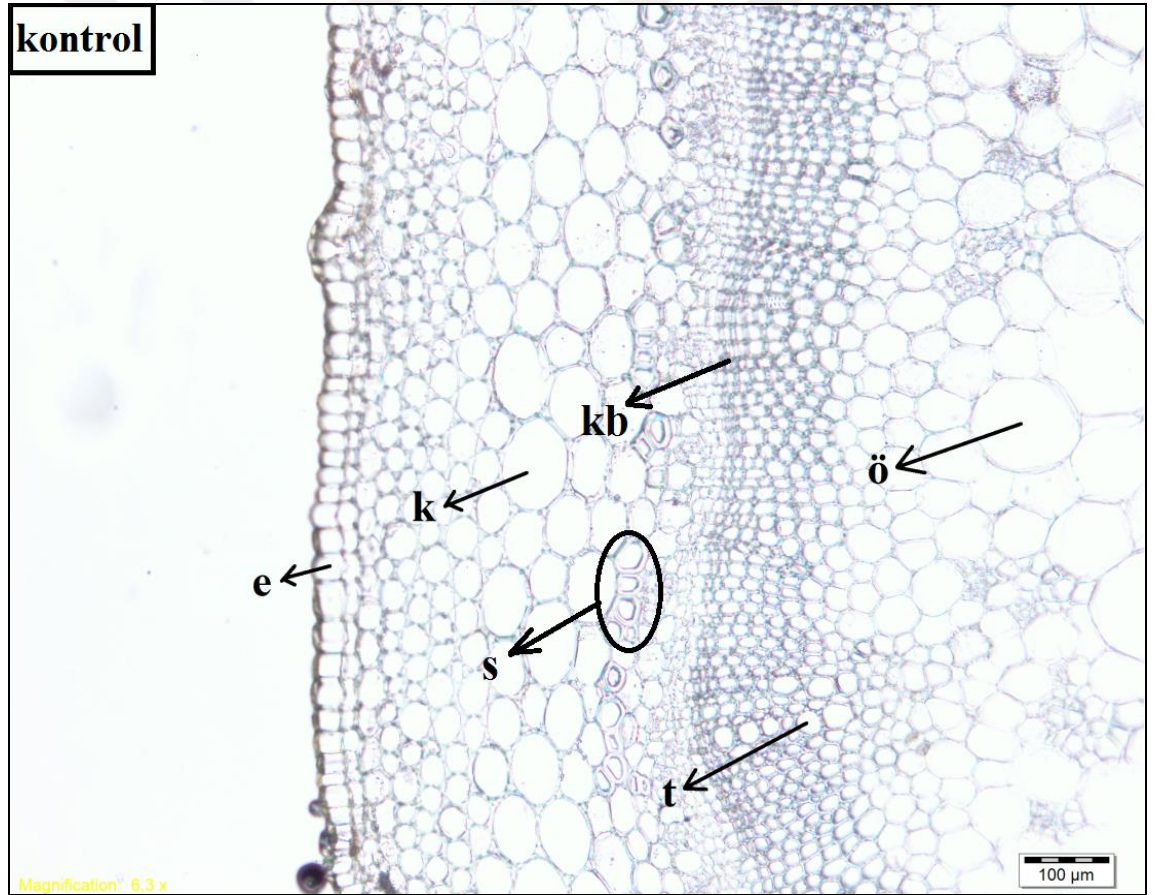
Kurşunun farklı konsantrasyonlarına maruz kalan pepino fidelerinde bazı morfolojik değişimler gözlemlendi. 25 ppm Pb uygulanan bitkilerin yapraklarında sadece klorozlar görülürken, 50 ve 100 ppm Pb uygulanan bitkilerin yapraklarında nekrozlar, klorozlar ve kurumalar gözlemlendi (Şekil 4. 1).



Şekil 4. 1 Kurşun uygulanan pepino yapraklarındaki semptomlar

4. 2. Kökteki Anatomik Değişimler

Kök dokusunun enine kesitinde dışta 2–3 sıralı epidermis yer almaktadır. Epidermisin altında 5–7 sıralı levha kollenkiması ve 2–4 sıralı parankima hücrelerinden oluşan korteks dokusu yer almaktadır. Korteks dokusunun en alt kısımlarında gruplar halinde sklerankima hücreleri bulunmaktadır. Korteks hücrelerinin boyutları merkezi silindire doğru artmaktadır. Endodermis ± görülmektedir. Kambiyum dokusu floem ile ksilem dokusu arasında 2–3 sıralı olarak görülmektedir. Öz kısmı geniş bir alanı kaplamakta olup, parankima hücrelerinden meydana gelmektedir. Primer ksilem bazı bölgelerde öz kısmına doğru uzanmaktadır (Şekil 4. 2).



Şekil 4. 2 Pepino kontrol grubuna ait ana kök enine kesiti. e: epidermis, k: korteks hücresi, s: sklerenkima, kb: kambiyum, t: trake, ö: öz

Kurşun stresi altındaki pepino bitkilerinin ana köklerinden enine kesit alınıp incelendiğinde:

Epidermis Hücreleri

Kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak epidermis hücrelerinin en ve boylarında kontrole göre artışların olduğu saptandı. Kurşun uygulanan kök epidermis hücrelerinin enleri 25 ve 50 ppm' de kontrole göre fazla değişmediği ($p>0.05$), 100 ppm' de ise kontrole göre arttığı ve bu artışın önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edildi. Epidermis hücrelerinin en uzunluğu ortalama olarak kontrol bitkilerinde (0) 32 μm , 25 ppm' de 32 μm , 50 ppm' de 33 μm ve 100 ppm' de 42 μm olduğu belirlendi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 6, Tablo 4. 1). Epidermis hücresi boylarının da bütün kurşun konsantrasyonlarında arttığı belirlendi ve bu artışların kontrole göre önemli olduğu belirlendi ($p<0.05$). Epidermis hücrelerinde en yüksek boy artışı 100 ppm' lik kurşun konsantrasyonlarında tespit edildi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 6, Tablo 4. 1). Kök epidermis hücrelerinin boyları kontrol bitkilerinde (0) 32 μm , 25 ppm' de 34.15 μm , 50 ppm' de 34.45 μm ve 100 ppm' de 37 μm uzunluğunda olduğu belirlendi.

Korteks Hücreleri

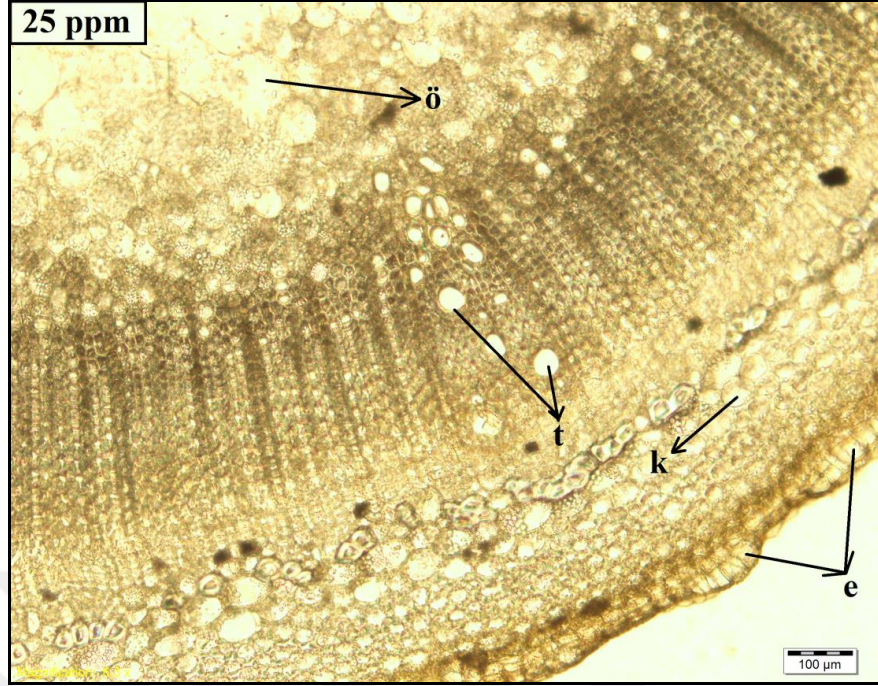
Kurşun uygulanan bitkilerin kök korteks hücrelerinin boylarında konsantrasyona bağlı olarak azalmalar görüldü. Bu azalmaların kontrole göre önemli ($p<0.05$) olduğu, kurşun konsantrasyonları arasındaki farkın ise önemsiz ($p>0.05$) olduğu saptandı. Korteks hücrelerinin boy uzunluğu kontrolde (0) 49 μm , 25 ppm' de 43 μm , 50 ppm' de 43 μm ve 100 ppm' de 42 μm olduğu belirlendi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 7, Tablo 4. 1). Korteks hücrelerinin en uzunluklarının ise kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak arttığı belirlendi. Kontrol ve 25 ppm de en uzunluklarının aynı değerinde olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz ($p>0.05$), kontrol ile 50 ve 100 ppm arasındaki en uzunlukları farkının ise önemli ($p<0.05$) olduğu belirlendi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 7, Tablo 4. 1).

Trake Hücreleri

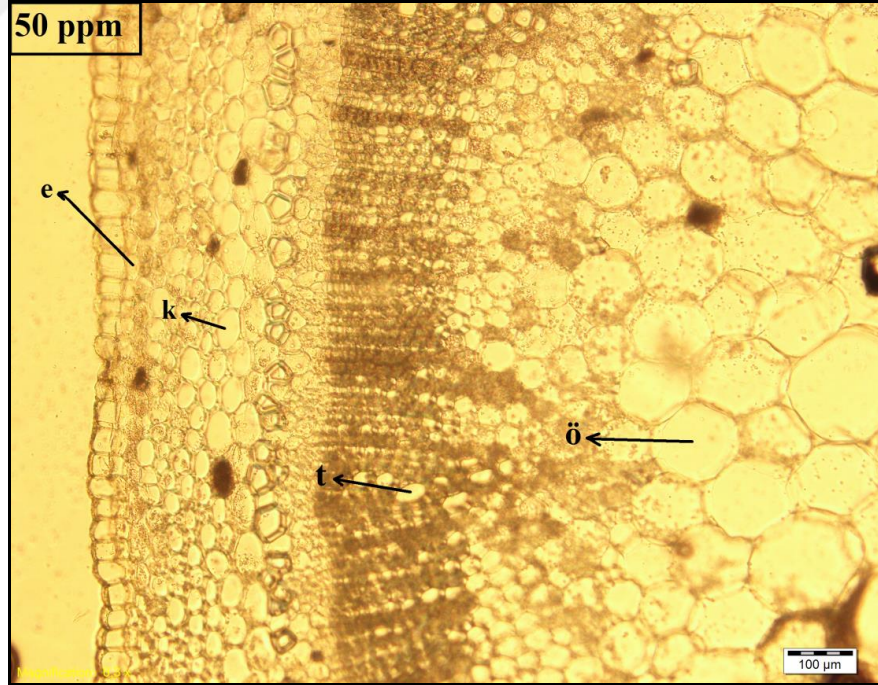
Trake hücrelerinin boy uzunluklarının kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak arttığı tespit edildi. En yüksek boy uzunluğu ise 100 ppm' lik kurşun konsantrasyonunda belirlendi ($p<0.05$). Boy uzunluklarının 25 ve 50 ppm' lik konsantrasyonlarda aynı değerde olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlendi. Ortalama boy uzunlukları kontrolde 59 μm , 25 ve 50 ppm' de 64 μm ve 100 ppm' de 66 μm olduğu saptandı (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 8, Tablo 4. 1). Trake hücrelerinin enlerindeki değişimlerin, kontrol ve kurşun uygulanan gruplarda önemli olmadığı ($p>0.05$) belirlendi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 8, Tablo 4. 1).

Öz hücreleri

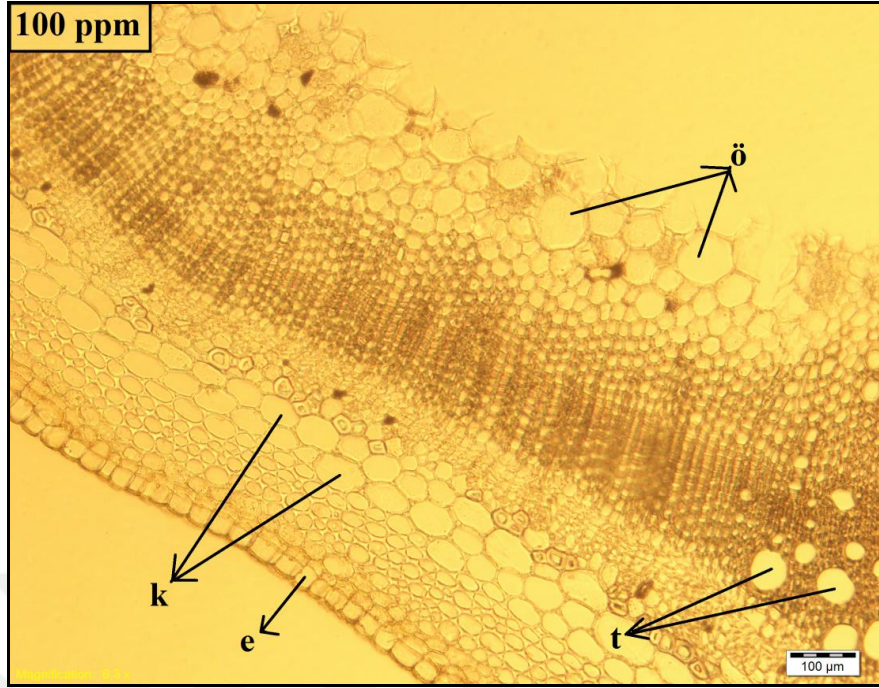
Öz hücrelerinin en ve boy uzunluklarının kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak azaldığı tespit edildi. Öz hücrelerinin boyları 25 ppm' de kontrole yakın olduğu ($p>0.05$) bulundu. Kontrole göre 50 ve 100 ppm' deki azalışın önemli olduğu belirlendi. Ortalama boy uzunlukları kontrolde 64 μm , 25 ppm' de 63 μm , 50 ve 100 ppm' de ise 57 μm olarak belirlendi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 9, Tablo 4. 1). Öz hücrelerinin enlerindeki azalma, kontrole göre 25 ppm' de önemsiz ($p>0.05$) 50 ve 100 ppm' de ise önemli olduğu belirlendi ($p<0.05$). En yüksek en uzunluğu kontrol grubunda (79 μm), en düşük ise 100 ppm' lik kurşun uygulanan grupta (62 μm) olduğu belirlendi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 9, Tablo 4. 1).



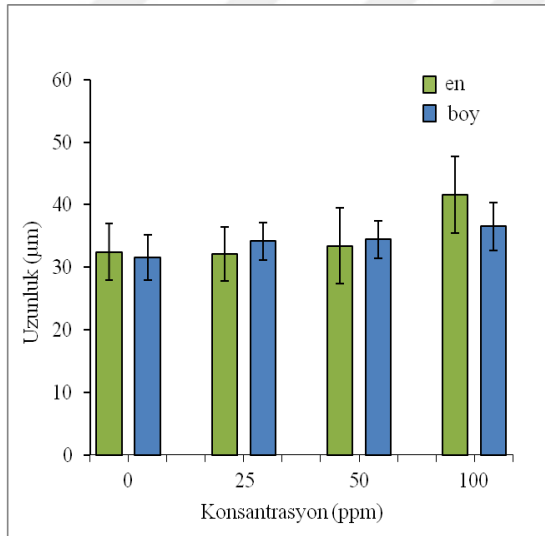
Şekil 4. 3 Pepinonun 25 ppm Pb' deki ana kök enine kesiti. e: epidermis, k: korteks hücresi, t: trake, ö: öz



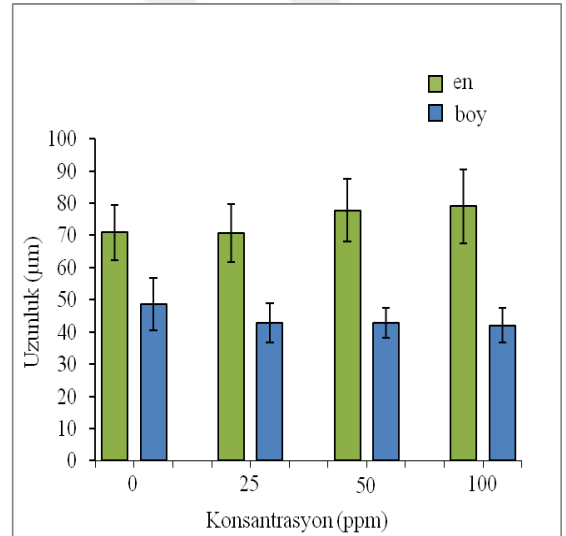
Şekil 4. 4 Pepinonun 50 ppm Pb' deki ana kök enine kesiti. e: epidermis, k: korteks hücresi, , t: trake, ö: öz



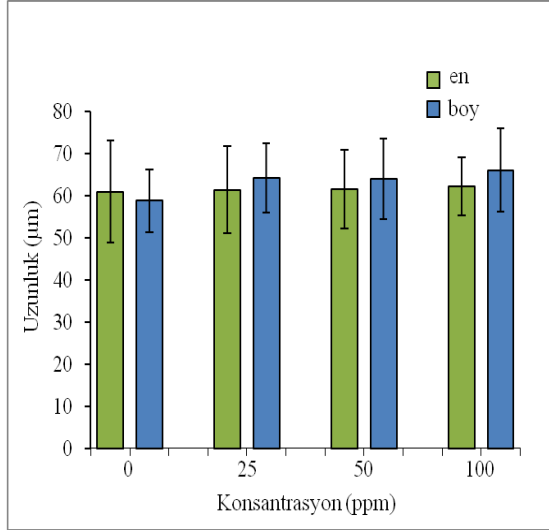
Şekil 4. 5 Pepinonun 100 ppm Pb' deki ana kök enine kesiti. e: epidermis, k: korteks hücreleri, t: trake, ö: öz



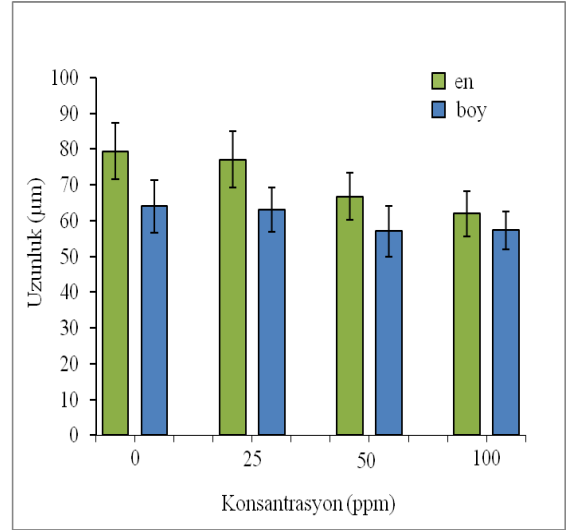
Şekil 4. 6 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde epidermis hücrelerinin boyutlarındaki değişimler



Şekil 4. 7 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde korteks hücrelerinin boyutlarındaki değişimler



Şekil 4. 8 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde trake hücrelerinin boyutlarındaki değişimler



Şekil 4. 9 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kök dokusu enine kesitinde öz hücrelerinin boyutlarındaki değişimler

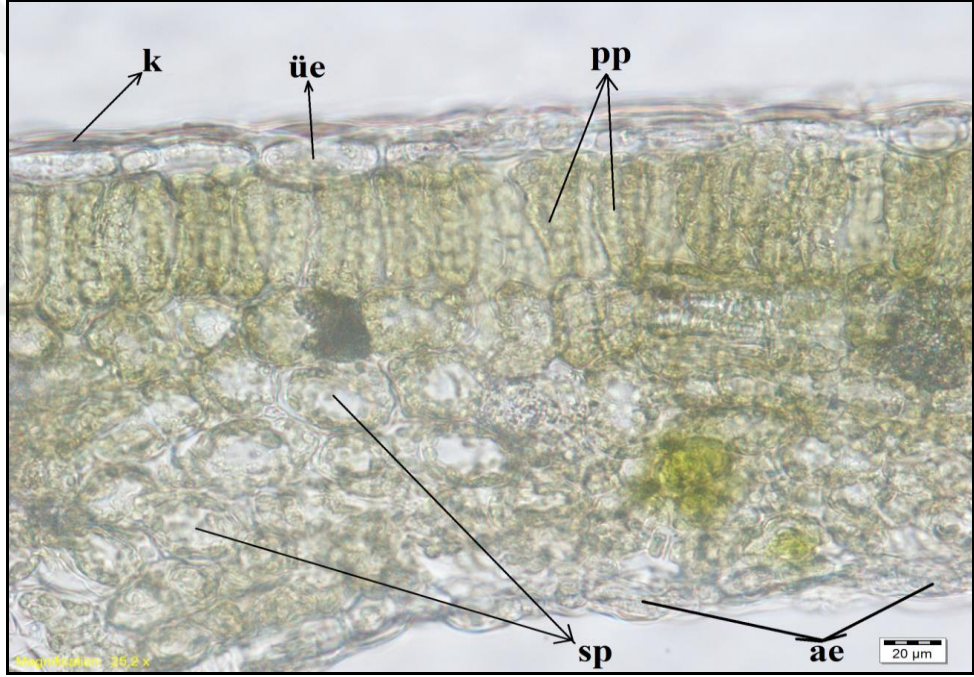
Tablo 4. 1 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, kökteki anatomik değişimlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

	Hücrelerin Ortalama En ve Boy Uzunlukları (µm)							
	Kontrol		Pb Konsantrasyonları					
	0		25 ppm		50 ppm		100 ppm	
KÖK	En	Boy	En	Boy	En	Boy	En	Boy
Epidermis hücreleri	32±5 ^a	32±4 ^a	32±4 ^a	34,15±3 ^b	33±6 ^a	34,45±2,9 ^{bc}	42±6 ^b	37±4 ^c
Korteks hücreleri	71±8,5 ^a	49±8 ^a	71±9 ^a	43±6 ^b	78±10 ^b	43±5 ^b	79±11 ^b	42±5 ^b
Trake hücreleri	61±12 ^a	59±7 ^a	61±10 ^a	64±8 ^{ab}	62±9 ^a	64±10 ^{ab}	62±7 ^a	66±10 ^b
Öz hücreleri	79±8 ^a	64±7 ^a	77±8 ^a	63±6 ^{ab}	67±7 ^b	57±7 ^{bc}	62±6 ^c	57±5 ^c

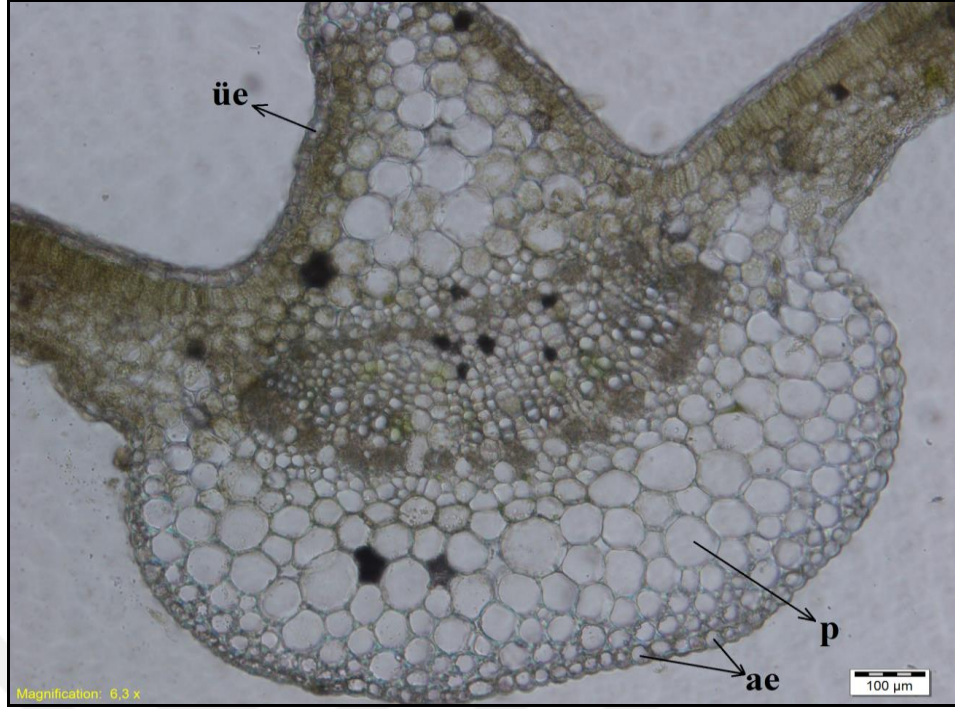
Tablodaki harfler ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı (Mann-Whitney U Testi) göstermektedir ve farklı harfle gösterilen değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlendi. Tabloda en ve boy uzunlukları kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

4. 3. Yapraktaki Anatomik Değişimler

Yapraklar dorsiventral (bifasiyal=iki yüzlü) şekildedir. Yaprığın alt ve üst yüzeylerinde tek sıralı epidermis bulunmaktadır. Epidermiste, epidermis ile aynı seviyede veya epidermisten yukarıda stoma hücreleri bulunmaktadır. Üst epidermisin altında tek sıralı olarak palizad parankiması, alt epidermisin üzerinde ise 5–7 sıralı sünger parankiması yer almaktadır. Ana damarın olduğı bölgelerde alt epidermisin üstünde 1–3 sıra köşe kollenkiması ve 4–6 sıra parankimatik doku yer alır. Ana damarın iletim dokusu yarım daire şeklinde görölmektedir. Ana damarın üst kısmında da belirgin bir çıkıntı yer almaktadır. Bu çıkıntıda epidermisin altında 2–3 sıralı köşe kollenkiması yer almaktadır (Şekil 4. 10, 4. 11).



Şekil 4. 10 Pepino bitkisinin yaprak enine kesiti. k: kutikula, üe: üst epidermis, pp: palizad parankiması, sp: sünger parankiması, ae: alt epidermis hücresi



Şekil 4. 11 Pepino bitkisinin yaprak enine kesiti ana damar görüntüsü. üe: üst epidermis, p: parankimatik hücre, ae: alt epidermis

Kurşun stresi altındaki pepino yapraklarından enine kesit alınıp incelendiğinde:

Kutikula

Kutikula tabakasının kalınlığı kontrole göre kurşun konsantrasyonlarında arttığı belirlendi. Kontroldeki kutikula kalınlığı kontrolde 4 µm, 25 ppm’ de 4.2 µm, 50 ppm’ de 4.6 µm, 100 ppm’ de ise 5.1 µm’ dir. Kutikula kalınlığındaki artışın kontrole göre 100 ppm’ de önemli olduğu ($p<0.05$), diğer konsantrasyonlarda ise (25 ve 50 ppm) önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlendi (Tablo 4. 2).

Tablo 4. 2 Pepino bitkisinin kontrol ve stres gruplarının yapraklarındaki kutikula tabakası kalınlığının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

	Kutikula Kalınlığı (µm)			
	Kontrol	Pb Konsantrasyonları		
	0	25 ppm	50 ppm	100 ppm
Yaprak - kutikula	4.0±1.3 ^a	4.2±1.3 ^a	4.6±1.0 ^a	5.1±0 ^b

Tablodaki harfler ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı (Mann – Whitney U Testi) göstermektedir ve farklı harfle gösterilen değerler arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli ($p<0.05$) olduğu belirlendi.

Üst Epidermis Hücreleri

Üst epidermis hücrelerinin boyları artan kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak azaldı. Bu azalma kontrole göre 25 ppm’ de önemsiz ($p>0.05$), 50 ve 100 ppm’ de önemli olduğu belirlendi ($p<0.05$). Ortalama boy uzunluğu kontrolde 36 µm, 25 ppm’ de 34 µm, 50 ppm’ de 31 µm, 100 ppm’ de 32µm olduğu saptandı (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 15, Tablo 4. 3).

Üst epidermis hücrelerinin en uzunluklarının kurşun uygulamasına bağlı olarak arttığı ve bütün kurşun konsantrasyonlarındaki artışın kontrole göre önemli olduğu bulundu ($p<0.05$). Ortalama en uzunluğu kontrolde 13.6 µm, 25 ppm’ de 14.9 µm, 50 ppm’ de 15.8 µm ve 100 ppm’ de 16.3 µm olduğu belirlendi (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 15, Tablo 4. 3).

Palizat Parankiması Hücreleri

Palizat parankiması hücrelerinin boylarında kontrole göre 25 ppm’ de artma, 50 ve 100 ppm’ de azalma belirlendi. Palizat parankiması hücrelerinin boylarında meydana gelen değişimler, bütün kurşun konsantrasyonlarında kontrole göre önemli bulundu ($p<0.05$). Ortalama boy uzunluğu kontrolde 58 µm, 25 ppm’ de 65 µm, 50 ppm’ de 53µm, 100 ppm’ de 42 µm olduğu saptandı (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 16, Tablo 4. 3).

Palizat parankiması hücre enlerinin tüm kurşun konsantrasyonlarında azaldığı ve bütün konsantrasyonlardaki azalmanın kontrole göre önemli olduğu belirlendi ($p<0.05$). En uzunluklarının ortalamalarına bakıldığında en yüksek kontrol grubunda (20 µm) en

düşük 100 ppm' lik kurşun konsantrasyonlarında (15 µm) gözlemlendi. (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 16, Tablo 4. 3).

Sünger Parankiması Hücreleri

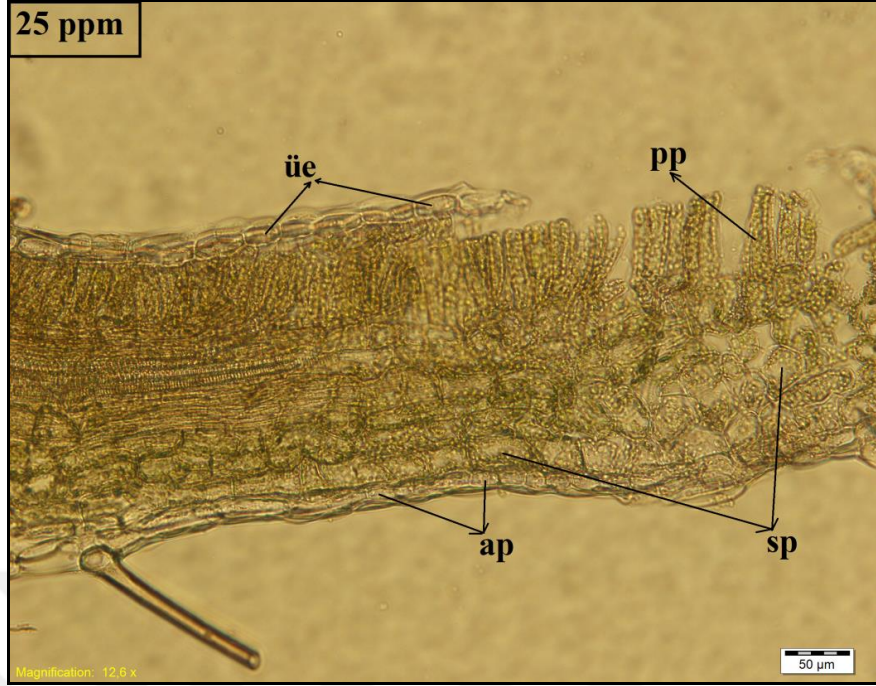
Sünger parankiması hücrelerinin boylarında kurşun uygulamalarına bağlı olarak azalma gözlemlendi. En yüksek kontrol grubunda (42 µm), en düşük 50 ve 100 ppm' de (30 µm) bulundu. Hücre boylarındaki değişimler kontrol grubu ile kıyaslandığında bütün konsantrasyonlarda önemli olduğu ($p<0.05$) belirlendi (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 17, Tablo 4. 3).

Sünger parankiması hücrelerinin enleri, 50 ve 100 ppm' lik kurşun konsantrasyonlarında azaldı ve bu azalmanın kontrole göre önemli olduğu belirlendi ($p<0.05$). Hücrelerinin ortalama en uzunluğu kontrolde 30 µm, 25 ppm' de 31 µm, 50 ppm' de 26 µm, 100 ppm' de ise 23 µm olduğu saptandı (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 17, Tablo 4. 3).

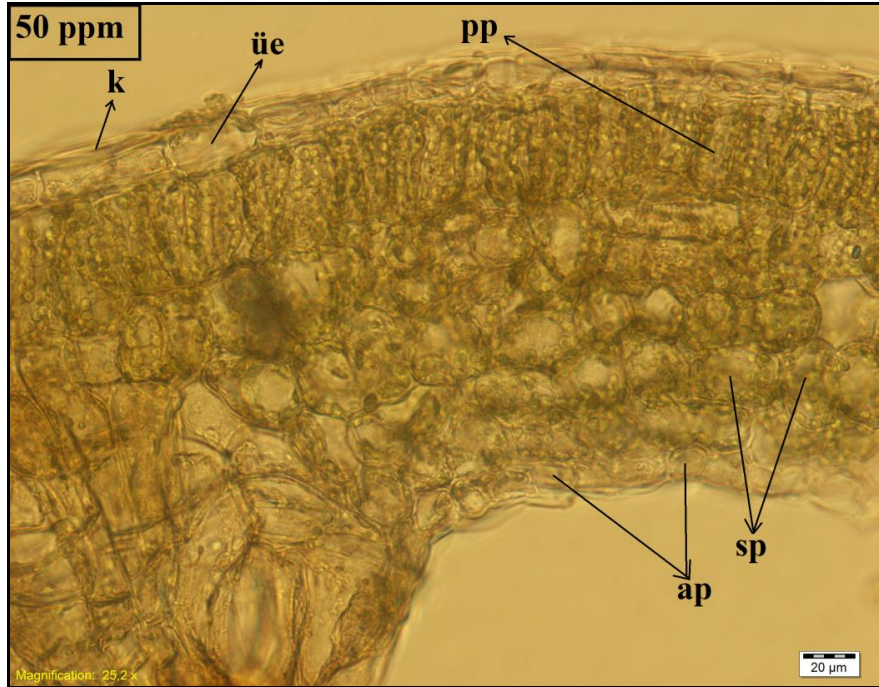
Alt Epidermis Hücreleri

Alt epidermis hücrelerinin boyları artan kurşun konsantrasyonu ile azaldı. 50 ve 100 ppm' lik kurşun uygulamasındaki azalmaların kontrol ile kıyaslandığında önemli olduğu ($p<0.05$) belirlendi. Ortalama boy uzunluğu kontrolde 31 µm, 25 ppm' de 28 µm, 50 ppm' de 25 µm ve 100 ppm' de 21 µm olarak ölçüldü (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 18, Tablo 4. 3).

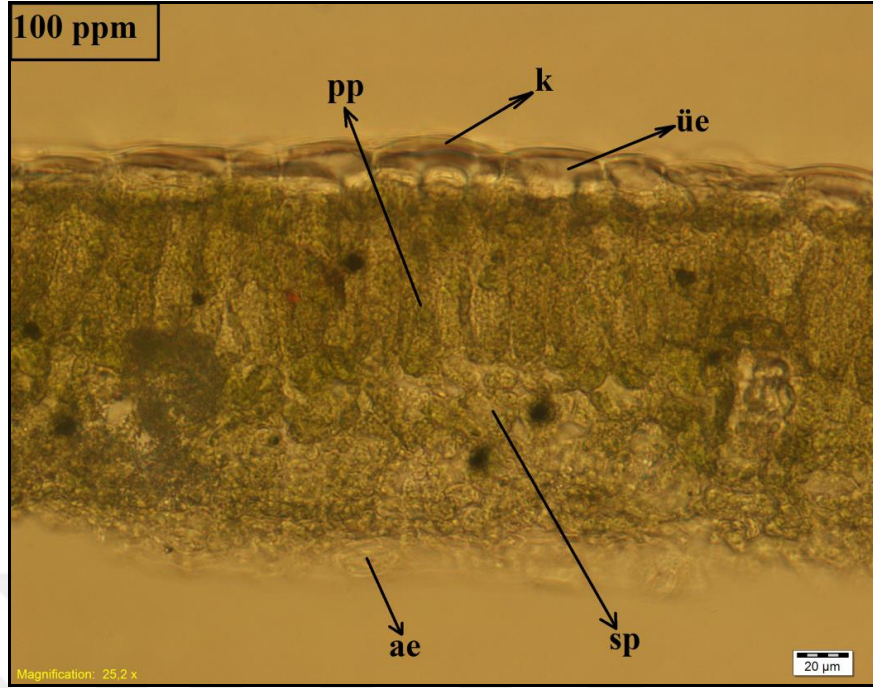
Alt epidermis hücrelerinin en uzunluklarının kurşun uygulamasına bağlı olarak azaldığı belirlendi. Bu azalma kontrol ile kıyaslandığında 50 ve 100 ppm' lik kurşun uygulamalarında önemli ($p<0.05$) bulundu. Ortalama en uzunluğu kontrolde en yüksek (14 µm), 100 ppm' de en düşük (11 µm) olarak belirlendi (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 18, Tablo 4. 3).



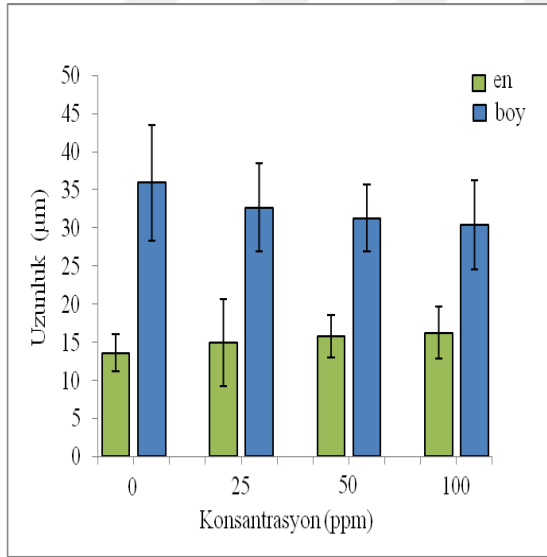
Şekil 4. 12 Pepino bitkisinin 25 ppm Pb' deki yaprak enine kesiti. k: kutikula,  e: Üst epidermis, pp: palizad parankiması, sp: sünger parankiması, ae: alt epidermis



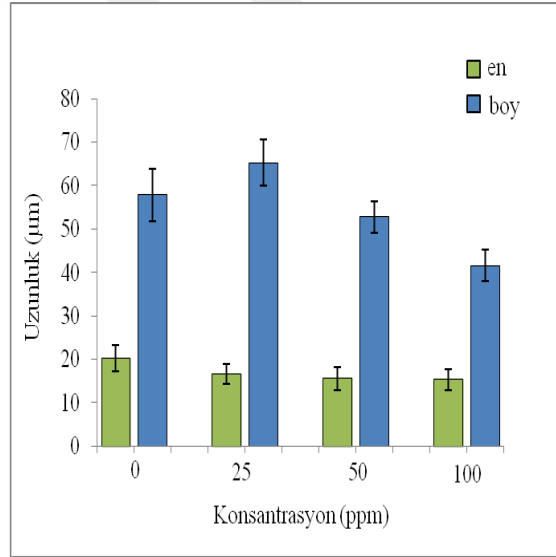
Şekil 4. 13 Pepino bitkisinin 50 ppm Pb' deki yaprak enine kesiti. k: kutikula,  e: Üst epidermis, pp: palizad parankiması, sp: sünger parankiması, ae: alt epidermis



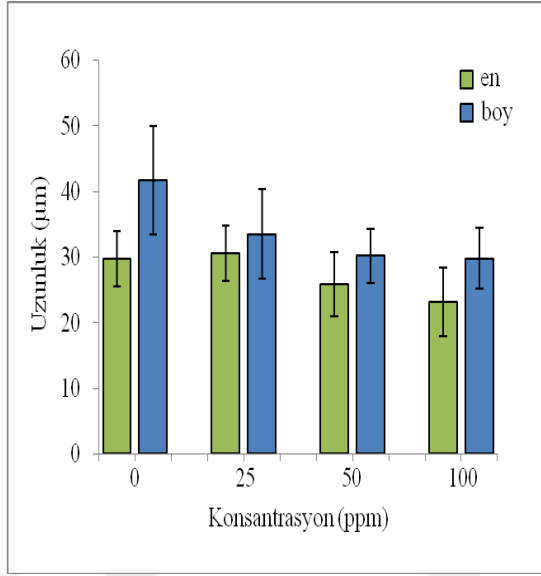
Şekil 4. 14 Pepino bitkisinin 100 ppm Pb' deki yaprak enine kesiti. k: kutikula, üe: üst epidermis, pp: palizad parankiması, sp: sünger parankiması, ae: alt epidermis



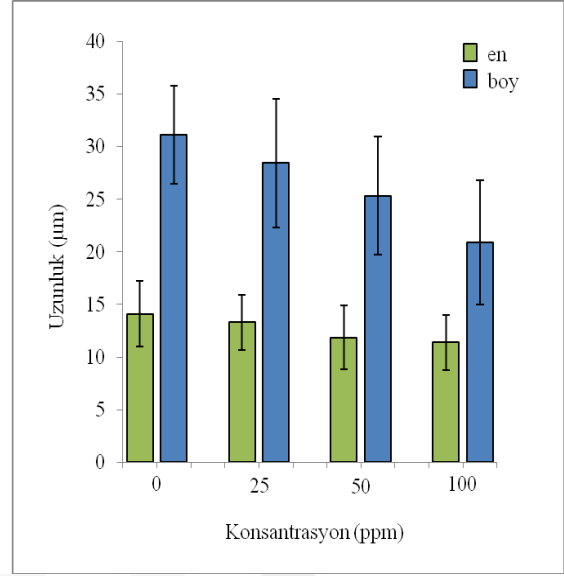
Şekil 4. 15 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak üst epidermis hücrelerinin boyutlarındaki değişimler



Şekil 4. 16 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak palizad parankiması hücrelerinin boyutlarındaki değişimler



Şekil 4. 17 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak sünger parankiması hücrelerinin boyutlarındaki değişimler



Şekil 4. 18 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak alt epidermis hücrelerinin boyutlarındaki değişimler

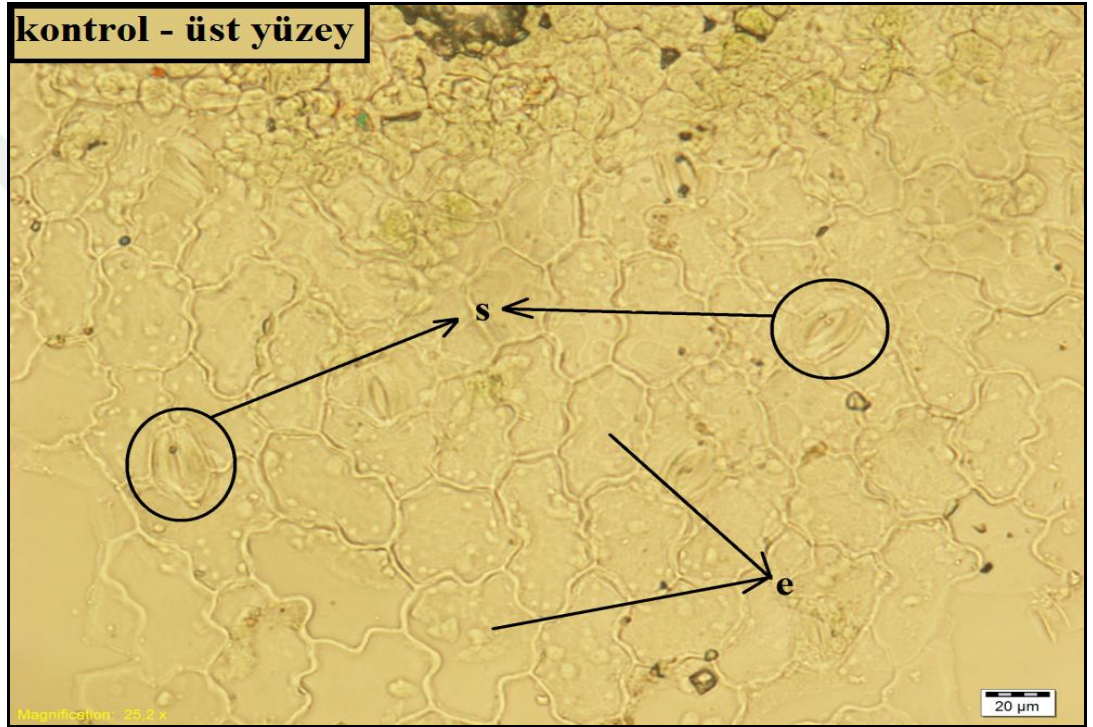
Tablo 4. 3 Pepino bitkisinin kontrol ve stres gruplarında, yapraktaki anatomik değişimlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

	Hücrelerin Ortalama En ve Boy Uzunlukları (µm)							
	Kontrol		Pb Konsantrasyonları					
	0		25 ppm		50 ppm		100 ppm	
YAPRAK (enine kesit)	En	Boy	En	Boy	En	Boy	En	Boy
Üst epidermis hücreleri	13.6±3 ^a	36±8 ^a	14.9±7 ^b	34±7 ^{ab}	15.8±3 ^{bc}	31±4 ^b	16.3±3 ^c	32±8 ^b
Palizat parankiması hücreleri	20±3 ^a	58±6 ^a	17±2 ^b	65±5 ^b	16±3 ^c	53±4 ^c	15±2 ^c	42±4 ^d
Sünger parankiması	30±4 ^a	42±8 ^a	31±4 ^a	34±7 ^b	26±5 ^b	30±4 ^c	23±5 ^c	30±5 ^c
Alt epidermis hücreleri	14±3 ^a	31±5 ^a	13±3 ^a	28±6 ^a	12±3 ^b	25±6 ^b	11±3 ^b	21±6 ^c

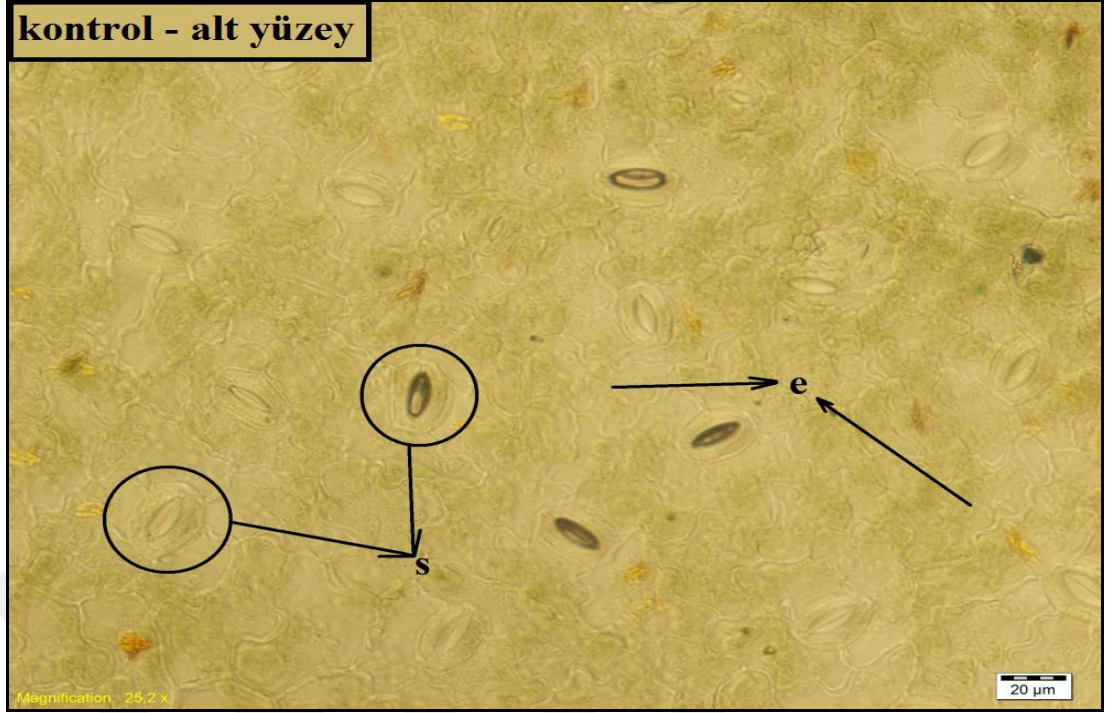
Tablodaki harfler ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı (Man-Whitney U Testi) göstermektedir ve farklı harfle gösterilen değerler aralarındaki farkın istatistikî açıdan önemli ($p<0.05$) olduğu belirlendi. Tabloda enler kendi aralarında, boylar kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Yaprak Üst ve Alt Yüzey:

Üst ve alt yüzeysel kesitte epidermis hücrelerinin çeperleri dalgalı bir yapı göstermektedir. Stomalar 3 – 5 epidermis hücresi ile çevrelenmiş olup, anomositik ve anizositik stoma tipindedir. Yaprak alt yüzeysel kesitte stoma yoğunluğunun üst yüzeysel kesite oranla bariz bir şekilde fazla olduğu görülmektedir. Üst yüzeysel kesitlerde tüy tabanları 8 – 12 epidermis hücresi, alt yüzeysel kesitlerde tüy tabanları 5 – 8 epidermis hücresi ile çevrelenmiştir (Şekil 4. 19, 4. 20).



Şekil 4. 19 Kontrol grubundaki pepino bitkilerinin yaprak üst yüzeysel kesiti.
e: epidermis hücresi, s: stoma



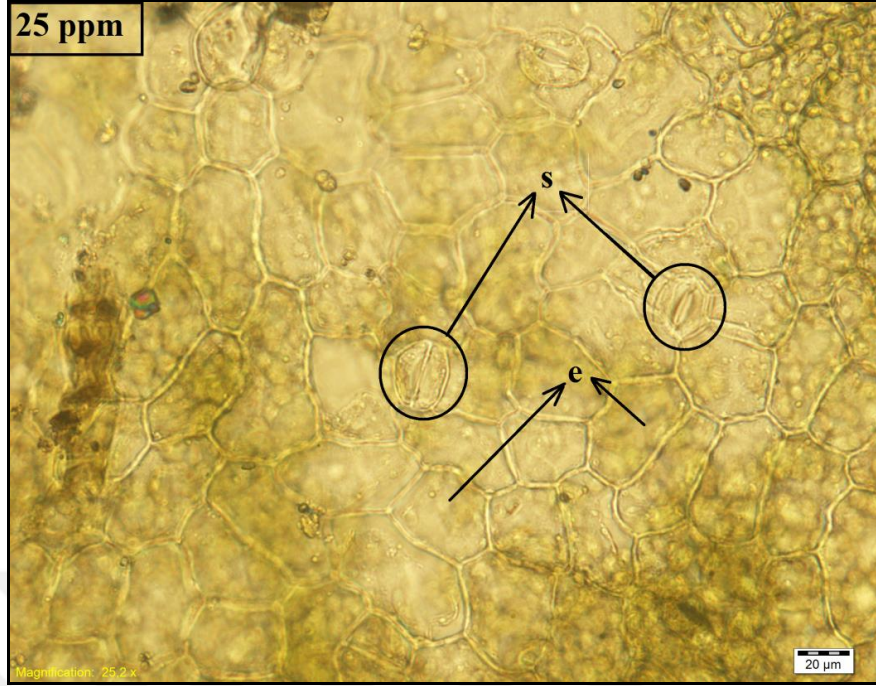
Şekil 4. 20 Kontrol grubundaki pepino bitkilerinin yaprak alt yüzeysel kesiti.
e: epidermis hücresi, s: stoma

Kurşun stresi altındaki pepino yapraklarından yüzeysel kesit alınıp incelendiğinde:

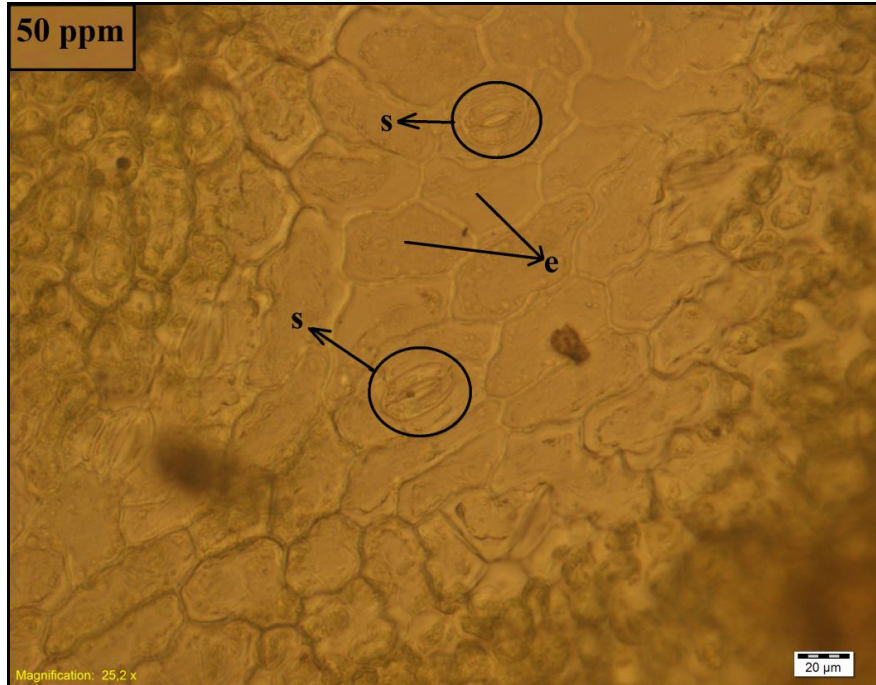
Stoma Sayısı

Yaprak üst yüzeyinde 1 mm²' deki stoma sayısının, 25 ppm' de arttığı, 50 ve 100 ppm' de azaldığı belirlendi. 25 ppm' deki artışın ve 100 ppm' deki azalışın kontrole göre önemli olduğu bulundu ($p<0.05$) (Şekil 4. 21, 4. 22, 4. 23, 4. 27, Tablo 4. 4).

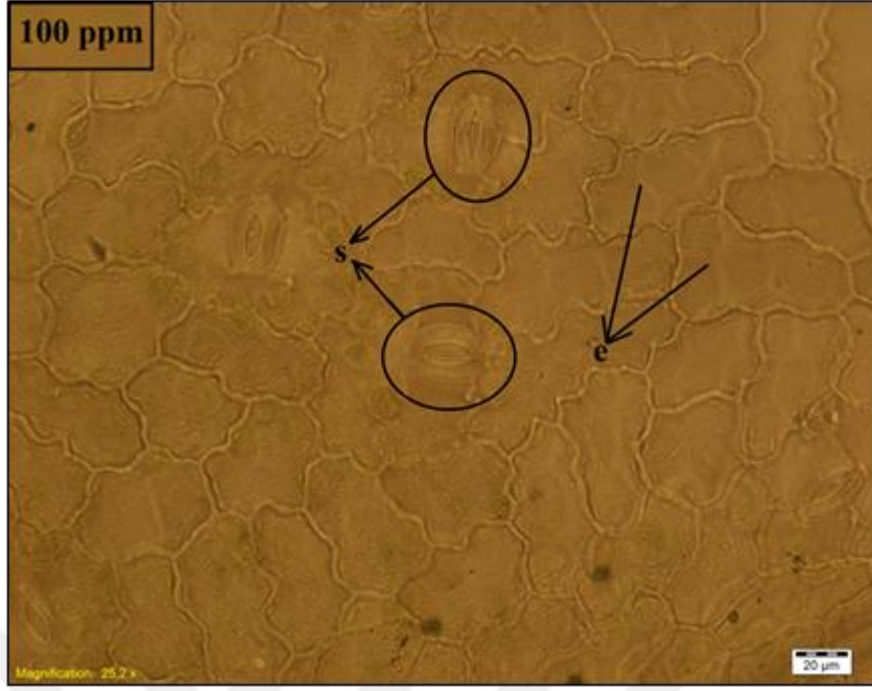
Yaprak alt yüzeyinde 1 mm²' deki stoma sayısının 25 ppm' de arttığı, 50 ve 100 ppm' de azaldığı belirlendi. Kontrol ile kıyaslandığında 25 ppm' deki artma önemli ($p<0.05$), 50 ve 100 ppm' deki azalma ise önemsiz ($p>0.05$) bulundu (Şekil 4. 24, 4. 25, 4. 26, 4. 28, Tablo 4. 4).



Şekil 4. 21 Pepino bitkisinin 25 ppm Pb' deki yaprak üst yüzeysel kesiti. e: epidermis hücresi, s: stoma



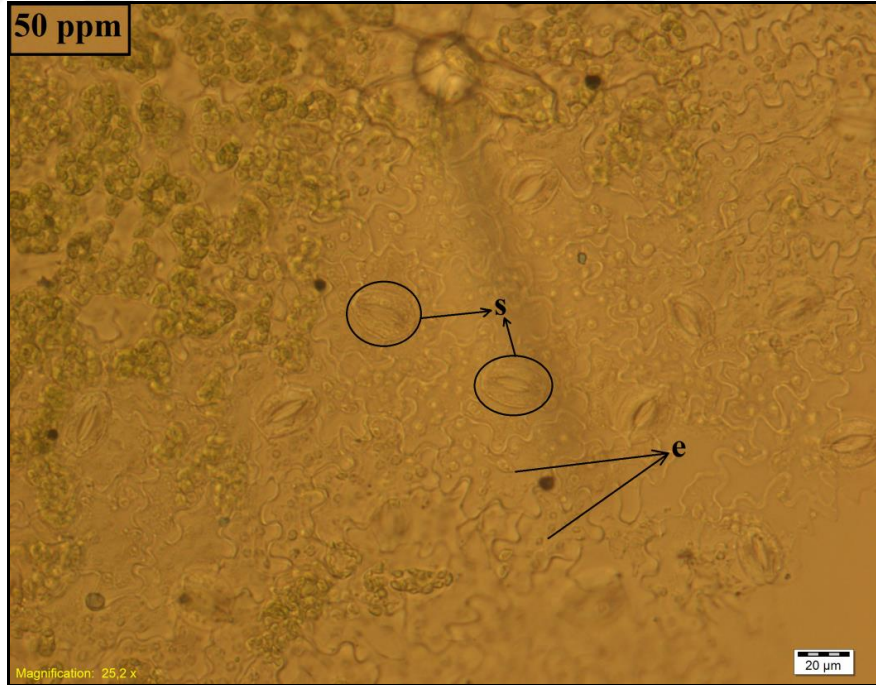
Şekil 4. 22 Pepino bitkisinin 50 ppm Pb' deki yaprak üst yüzeysel kesiti. e: epidermis hücresi, s: stoma



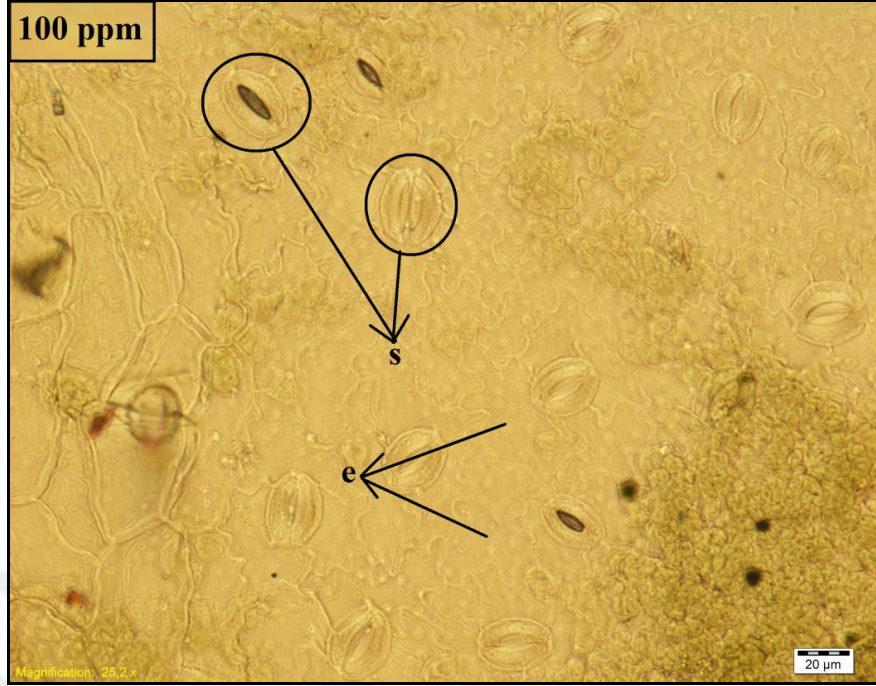
Şekil 4. 23 Pepino bitkisinin 100 ppm Pb’ deki yaprak üst yüzeysel kesiti. e: epidermis hücresi, s: stoma



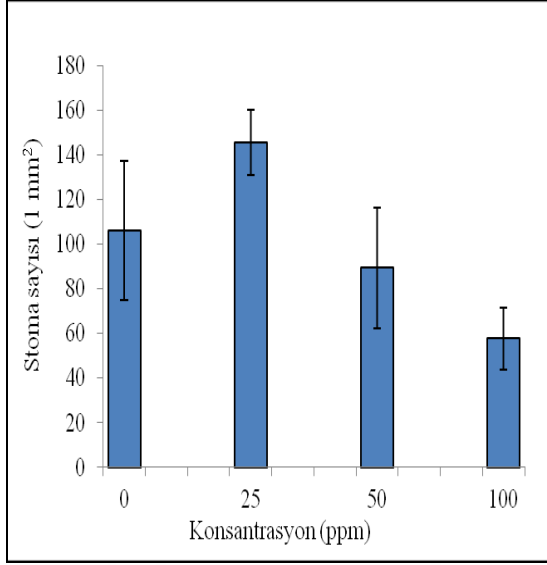
Şekil 4. 24 Pepino bitkisinin 25 ppm Pb' deki yaprak alt yüzeysel kesiti. e: epidermis hücresi, s: stoma



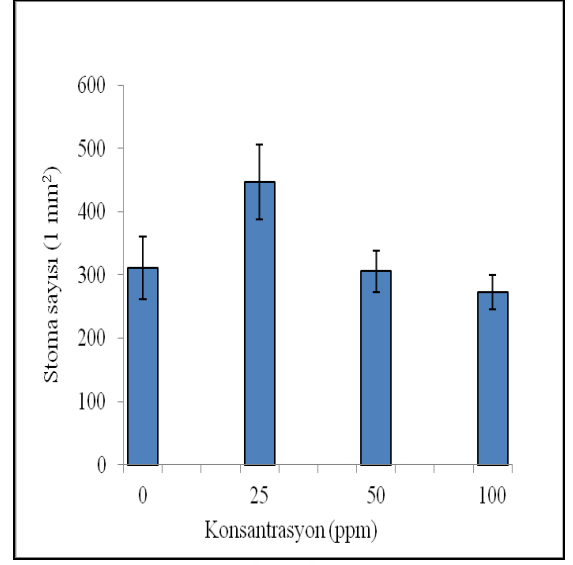
Şekil 4. 25 Pepino bitkisinin 50 ppm Pb' deki yaprak alt yüzeysel kesiti. e: epidermis hücresi, s: stoma



Şekil 4. 26 Pepino bitkisinin 100 ppm Pb' deki yaprak alt yüzeysel kesiti. e: epidermis hücresi, s: stoma



Şekil 4. 27 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak üst yüzeyinde 1 mm²' deki stoma sayısı değişimleri



Şekil 4. 28 Pepino bitkisinin kontrol ve kurşun uygulanan gruplarında, yaprak alt yüzeyinde 1 mm²' deki stoma sayısı değişimleri

Tablo 4. 4 Kontrol ve stres gruplarında pepino yapraklarının yüzeysel kesitlerindeki anatomik değişimlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

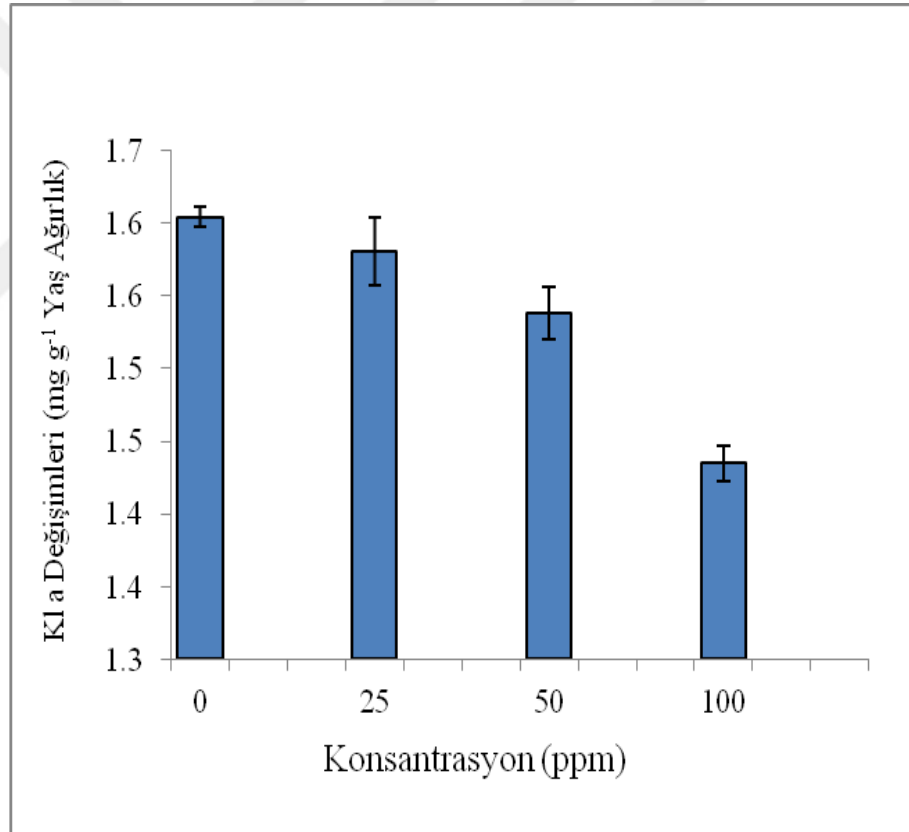
	Stoma Sayıları			
	Kontrol	Pb Konsantrasyonları		
	0	25 ppm	50 ppm	100 ppm
Üst yüzey – stoma sayısı	106±31 ^a	145±15 ^b	89±27 ^a	58±14 ^c
Alt yüzey – stoma sayısı	311±50 ^a	447±60 ^b	306±32 ^a	273±27 ^a

Tablodaki harfler ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı (Man – Whitney *U* Testi) göstermektedir ve farklı harfle gösterilen değerler arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlendi.

4. 4. Pigment Değişimleri

4. 4. 1. Kl a değişimleri

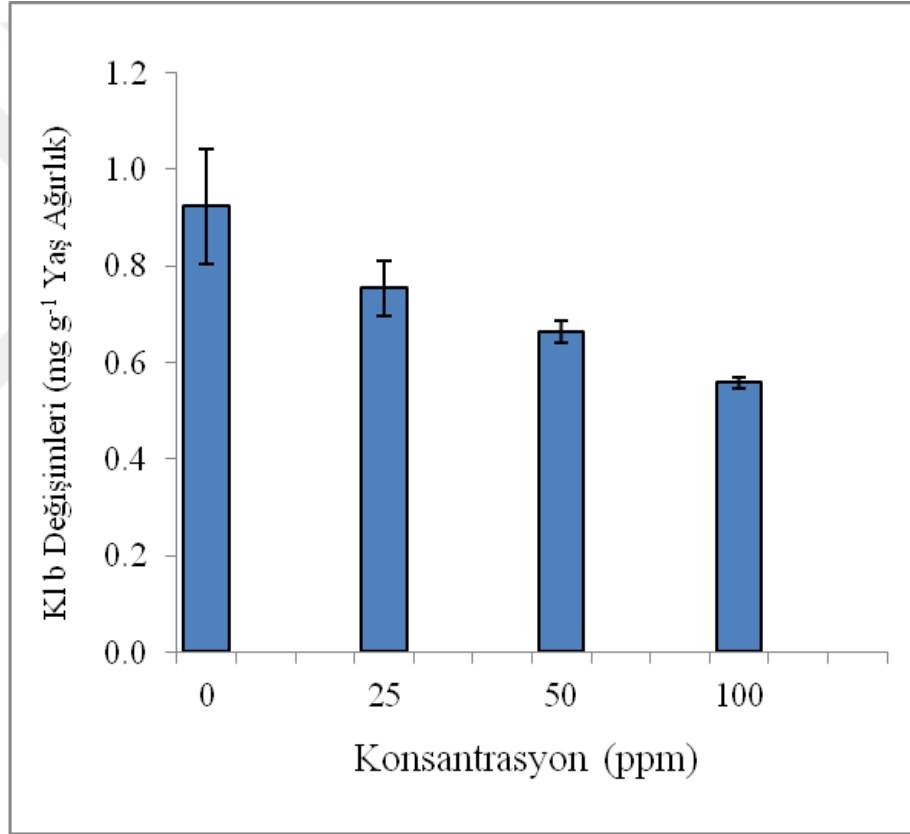
Kl a içeriklerinin kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak azaldığı bulundu (Şekil 4. 29, Tablo 4. 5). Kl a içeriklerinin, 25 ppm' de kontrole yakın olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz olduğu belirlendi ($p>0.05$). Kontrol grubuna kıyasla, 50 ve 100 ppm kurşun uygulaması yapılan gruplarda Kl a miktarlarındaki azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlendi ($p<0.05$). Klorofil a miktarları kontrol grubunda 1.60 mg g^{-1} , 25 ppm' de 1.58 mg g^{-1} , 50 ppm' de 1.54 mg g^{-1} ve 100 ppm' de 1.43 mg g^{-1} olduğu belirlendi (Şekil 4. 29, Tablo 4. 5).



Şekil 4. 29 Kurşun stresi altındaki pepinoda Kl a değişimleri (mg g^{-1} Yaş ağırlık)

4. 4. 2. Kl b değişimleri

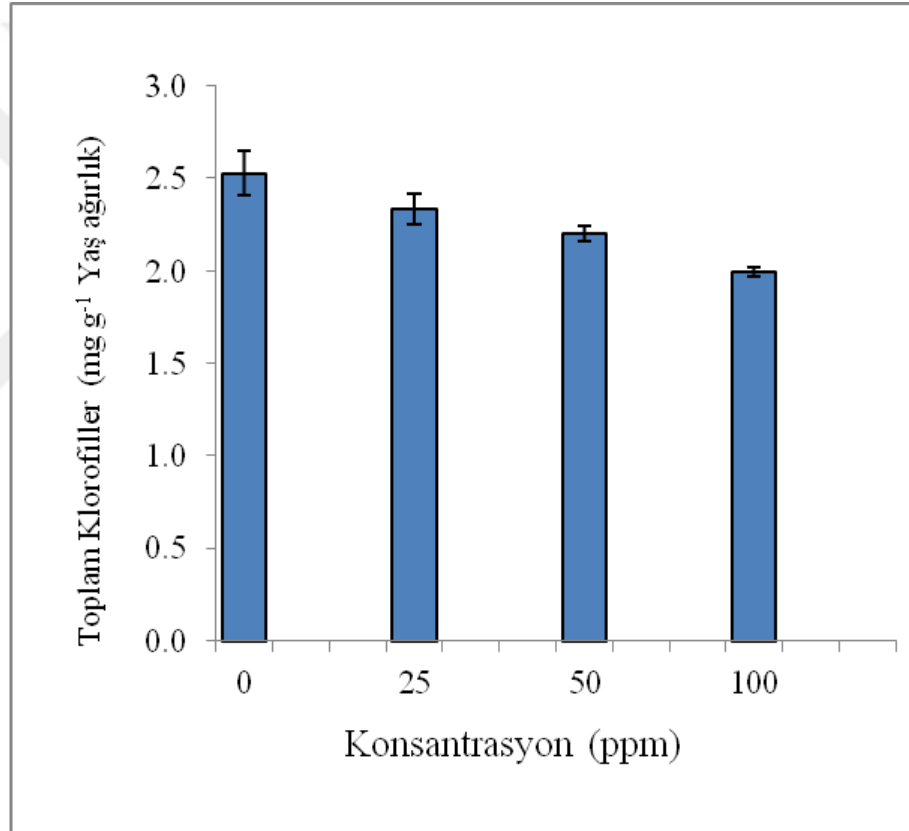
Kurşun stresine maruz kalan pepino bitkilerinin yapraklarında Kl b miktarlarının azaldığı belirlendi (Şekil 4. 30, Tablo 4. 5). Klorofil b miktarı kontrol grubunda 0.92 mg g^{-1} , 25 ppm' de 0.75 mg g^{-1} , 50 ppm' de 0.66 mg g^{-1} ve 100 ppm' de 0.56 mg g^{-1} olduğu belirlendi. Kontrol grubuna kıyasla, 25, 50 ve 100 ppm Pb uygulaması yapılan bitkilerde Kl b değişimlerinin istatistikî açıdan önemli olduğu tespit edildi ($p < 0.05$) (Şekil 4. 30, Tablo 4. 5).



Şekil 4. 30 Kurşun stresi altındaki pepinoda Kl b değişimleri (mg g^{-1} Yaş ağırlık)

4. 4. 3. Toplam klorofil değişimleri

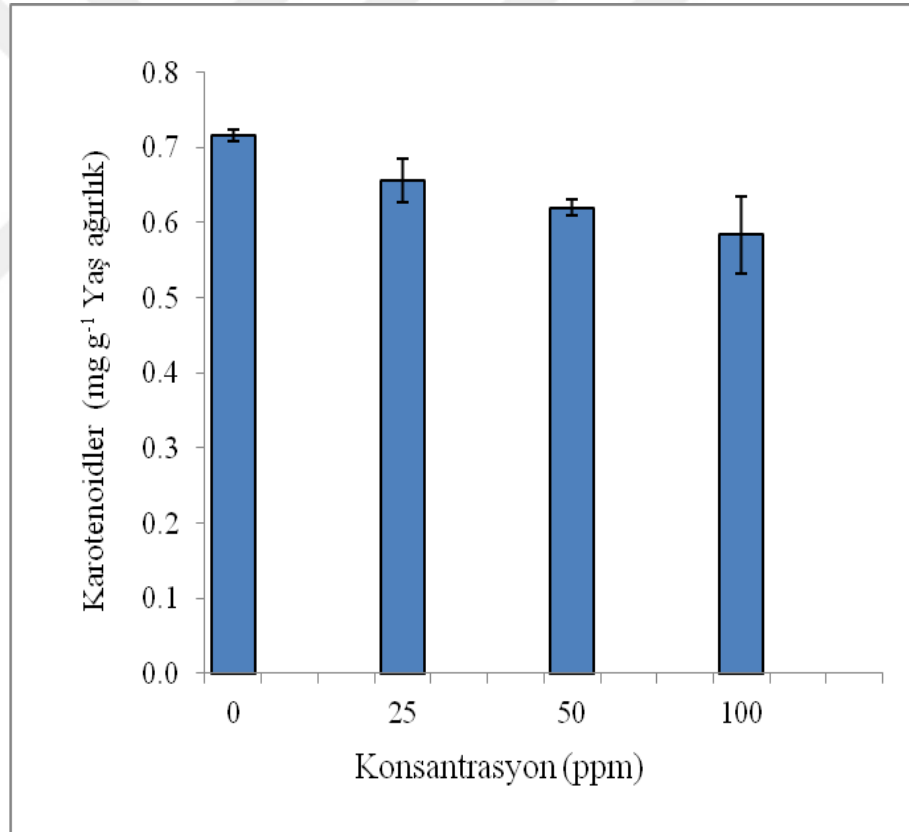
Pepino yapraklarındaki toplam klorofil içeriklerinin, kurşun uygulamasına bağlı olarak azaldığı belirlendi. Kontrol grubu ile 25, 50 ve 100 ppm Pb uygulaması yapılan gruplar kıyaslandığında, yapraklardaki toplam klorofil miktarlarındaki değişimlerin istatistikî açıdan önemli olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Toplam klorofil miktarı kontrol grubunda 2.53 mg g^{-1} , 25 ppm’ de 2.34 mg g^{-1} , 50 ppm’ de 2.20 mg g^{-1} ve 100 ppm’ de 1.99 mg g^{-1} olduğu belirlendi (Şekil 4. 31, Tablo 4. 5).



Şekil 4. 31 Kurşun stresi altındaki pepinoda toplam klorofil içeriklerinin değişimleri (mg g^{-1} Yaş ağırlık)

4. 4. 4. Karotenoidlerin değişimi

Kurřun uygulamasına bağlı olarak pepino yapraklarındaki karotenoid miktarlarının azaldığı bulundu. Pepino yapraklarındaki karotenoid miktarları en dūřuk 100 ppm’ de belirlendi. 25 ve 50 ppm ile 50 ve 100 ppm Pb uygulanan gruplarda, karotenoid içeriklerindeki değişimlerin önemsiz olduğu belirlendi ($p>0.05$). Ancak kontrol grubu ile 25, 50 ve 100 ppm’ lik Pb uygulaması yapılan bitkilerdeki karotenoid değişimlerinin istatistikî açıdan önemli olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Karotenoid miktarları kontrol grubunda 14.31 mg g^{-1} , 25 ppm’ de 13.11 mg g^{-1} , 50 ppm’ de 12.39 mg g^{-1} ve 100 ppm’ de 11.67 mg g^{-1} olduğu belirlendi (şekil 4. 32, Tablo 4. 5).



şekil 4. 32 Kurşun stresi altındaki pepinoda karotenoidlerin değişimi (mg g^{-1} Yaş ağırlık)

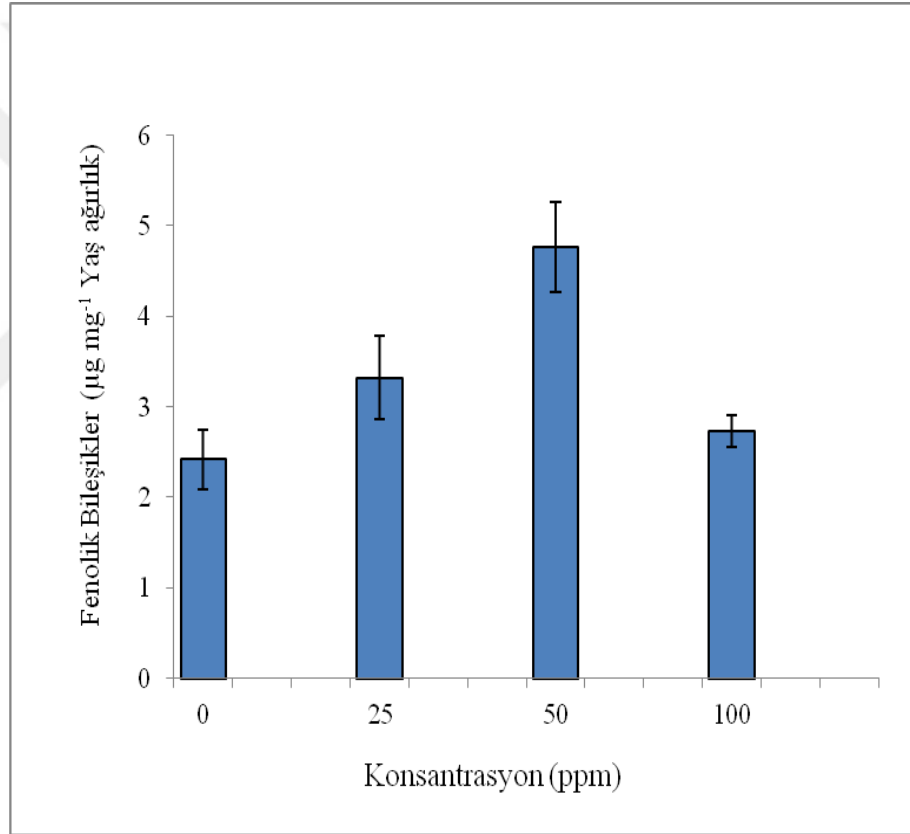
Tablo 4. 5 Kurşun stresi altındaki pepinoda Kl a, Kl b, toplam klorofil ve karotenoid içeriklerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi (mg g⁻¹ yaş ağırlık)

	Kontrol	Pb Konsantrasyonları		
	0	25 ppm	50 ppm	100 ppm
Kl a	1.60±0.01 ^a	1.58±0.02 ^a	1.54±0.02 ^b	1.43±0.01 ^c
Kl b	0.92±0.12 ^a	0.75±0.06 ^b	0.66±0.02 ^{bc}	0.56±0.01 ^c
Toplam Kl	2.53±0.12 ^a	2.34±0.08 ^b	2.20±0.04 ^b	1.99±0.02 ^c
Karotenoidler	14.31±0.16 ^a	13.11±0.58 ^{ab}	12.39±0.22 ^{bc}	11.67±1.03 ^c

Tablodaki harfler ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı (Duncan Karşılaştırma Testi) göstermektedir ve aynı harflerle gösterilen değerler aralarındaki farkın önemsiz olduğu, farklı harflerle gösterilen değerler aralarındaki farkın istatistikî açıdan önemli ($p<0.05$) olduğunu göstermektedir.

4. 5. Toplam Fenolik Bileşiklerin Değişimi

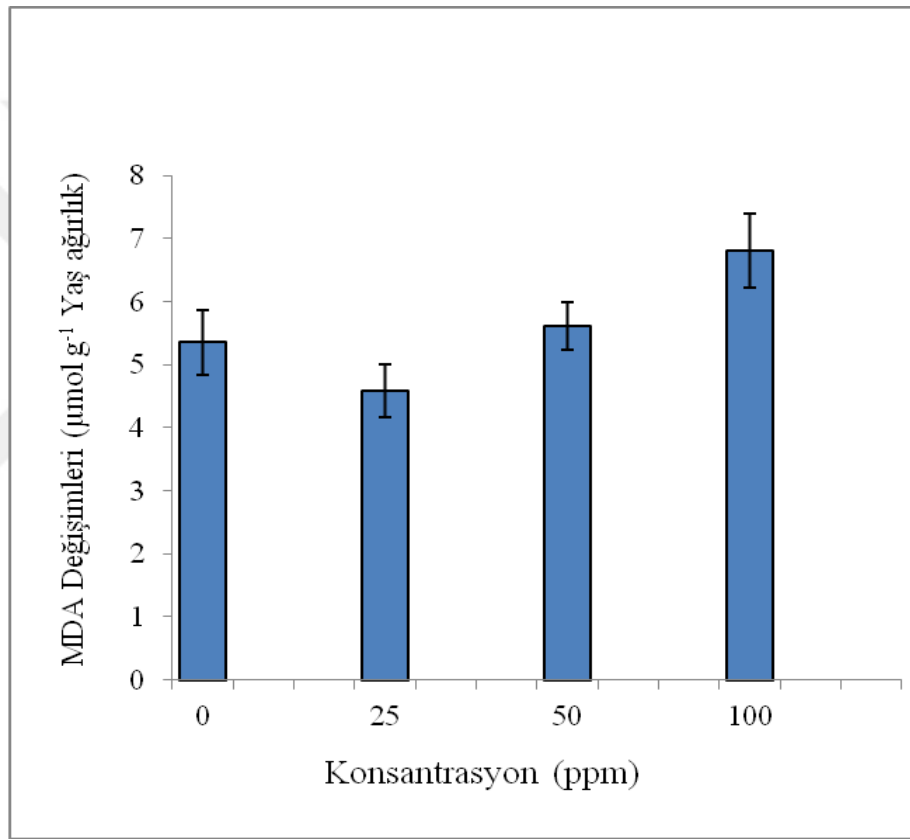
Fenolik bileşik miktarlarının kurşun uygulamasına bağlı olarak, kontrol grubuyla kıyaslandığında; 25 ve 50 ppm’ de yüksek, 100 ppm’ de ise kontrole yakın olduğu belirlendi (Şekil 4. 33, Tablo 4. 6). Kontrol ve stres grubundaki bitkilerin toplam fenolik değişimleri incelendiğinde, kontrole göre 25 ve 50 ppm’ deki değişimlerin önemli ($p<0.05$), 100 ppm’ de ise önemsiz olduğu saptandı. Toplam fenolik bileşiklerin miktarları kontrol grubunda $2.41 \mu\text{g mg}^{-1}$, 25 ppm’ de $3.32 \mu\text{g mg}^{-1}$, 50 ppm’ de $4.76 \mu\text{g mg}^{-1}$ ve 100 ppm’ de $2.73 \mu\text{g mg}^{-1}$ olarak belirlendi (Şekil 4. 33, Tablo 4. 6).



Şekil 4. 33 Kurşun stresi altındaki pepinoda toplam fenoliklerin değişimleri ($\mu\text{g mg}^{-1}$ Yaş ağırlık)

4. 6. Malondialdehit (MDA) Değişimleri

Kurşun uygulanan pepinoda MDA miktarları ölçüldüğünde; kontrole göre 25 ppm’ de MDA düzeyinin azaldığı, 50 ppm’ de birbirine yakın olduğu ve 100 ppm’ de ise arttığı belirlendi. MDA değişimlerinin kontrole göre 25 ve 50 ppm’ de önemsiz ($p>0.05$), 100 ppm’ de ise önemli ($p<0.05$) olduğu bulundu. MDA içerikleri kontrolde $5.36 \mu\text{mol g}^{-1}$, 25 ppm’ de $4.59 \mu\text{mol g}^{-1}$, 50 ppm’ de $5.62 \mu\text{mol g}^{-1}$ ve 100 ppm’ de $6.82 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak belirlendi (Şekil 4. 34, Tablo 4. 6).



Şekil 4. 34 Kurşun stresi altındaki pepinoda MDA değişimleri ($\mu\text{mol g}^{-1}$ Yaş ağırlık)

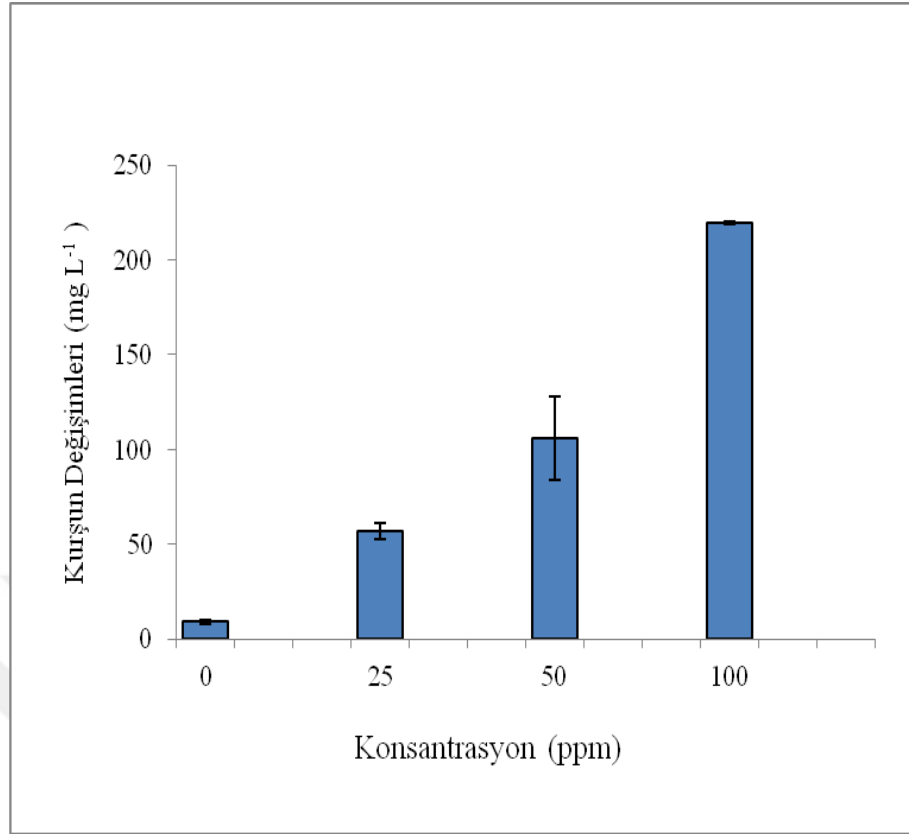
Tablo 4. 6 Kurşun stresi altındaki pepinoda toplam fenolik bileşiklerin ve MDA değişimlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

	Kontrol	Pb Konsantrasyonları		
	0	25 ppm	50 ppm	100 ppm
Fenolikler	2.41±0.33 ^a	3.32±0.46 ^b	4.76±0.50 ^c	2.73±0.18 ^{ab}
MDA	5.36±0.51 ^{ab}	4.59±0.42 ^a	5.62±0.37 ^b	6.82±0.59 ^c

Tablodaki harfler ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı (Duncan Karşılaştırma Testi) göstermektedir ve aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki farkın istatistikî açıdan önemsiz olduğu, farklı harfle gösterilen değerler arasındaki farkın önemli ($p<0.05$) olduğunu göstermektedir.

4. 7. Kurşun Değişimleri

Pepino yapraklarındaki Pb miktarlarının uygulanan kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak arttığı belirlendi. Kurşun miktarlarının 25 ppm’ de düşük, 100 ppm’ de ise en yüksek olduğu saptandı. Uygulanan kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak yapraklardaki kurşun miktarlarındaki artışların istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlendi. Kurşun miktarları, kontrol grubunda 9.22 mg L⁻¹, 25 ppm’ de 56.92 mg L⁻¹, 50 ppm’ de 105.92 mg L⁻¹ ve 100 ppm’ de ise 219.78 mg L⁻¹ olarak saptandı (Şekil 4. 35, Tablo 4. 7).



Şekil 4.35 Pepino yapraklarındaki Pb değişimleri

Tablo 4.7 Pepino yapraklarındaki Pb değişimlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

	Kontrol	Pb Konsantrasyonları		
	0	25 ppm	50 ppm	100 ppm
Pb	9.22±1.18 ^a	56.92±4.15 ^b	105.92±21.77 ^c	219.78±0.84 ^d

Tablodaki harfler ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı (Duncan Karşılaştırma Testi) göstermektedir ve farklı harfle gösterilen değerler arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlendi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada değişik konsantrasyonlardaki (0, 25, 50, 100 ppm) kurşuna maruz kalan pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fidelerinde anatomik, fotosentetik pigment içerikleri (Kl a, Kl b ve karotenoidler), toplam fenolik bileşikler, MDA içeriği ve Pb birikimi incelenmiştir. Kurşun uygulamasına bağlı olarak pepino yapraklarında kloroz ve nekrozların olduğu ve yüksek konsantrasyonlarda (100 ppm Pb) bu etkilerin daha belirgin olduğu görülmüştür (Şekil 4. 1, 4. 2). Bu morfolojik bulgular, kurşunun pepino fidelerinde toksisiteye neden olduğunu ve pepino bitkisinin gelişimini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda da, özellikle kurşunun yüksek konsantrasyonlarının, ayçiçeği bitkisinde yaprakların sararmasına, pigmentlerin koyu kahverengi bir renk almasına (Azad vd. 2011) ayrıca kurşun uygulanan kıvrıkcık bitkisinin yaprak alanında, gövde ve kök boyunda azalmalara neden olduğu belirtilmiştir (Kıran vd. 2015).

Kurşun toksisitesinin yalancı karabiber (*Schinus molle* L.) üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, artan kurşun konsantrasyonu ile kök epidermis, endodermis ve ekzodermis kalınlığının ve kök apoplastik engellerinin arttığı, kök vasküler dokularının değişime uğradığı belirlenmiştir. Ayrıca artan kurşun konsantrasyonu ile bitkinin yaprak üst-alt yüzey epidermis ve mezofil kalınlığının azaldığı, stoma yoğunluğu ve indeksinin ise arttığı tespit edilmiştir (Pereira vd. 2013). Çavuşoğlu vd. (2009) karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) ve sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) bitkilerinin yaprak anatomisi üzerine kurşun kirliliğinin etkilerini inceledikleri çalışmada, kurşunun bu iki bitki türünün yapraklarında kutikula kalınlığını arttırdığı, yaprak çapı, iletim demeti büyüklüğü, trakeit çapı, epidermis hücre sayısı ve büyüklüğü ile stoma sayısı, eni ve indeksini ise azalttığı belirtilmiştir. Bunun yanında sedir bitkilerinin yapraklarında stoma hücrelerinin boyunun kısaldığı da belirlenmiştir. Tosun (2008), tarafından fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) kadmiyum, nikel ve kurşun etkilerinin incelendiği çalışmada, yüksek konsantrasyonlardaki kadmiyum ve kurşun çözeltisinin sünger parankiması hücrelerinin sayı ve büyüklüklerinde artış meydana getirdiği, kurşun çözeltisi uygulanan bitkilerin sürgün korteksinin daha geniş ve daha iri hücrelere sahip olduğu belirtilmiştir.

Brachiaria decumbens Stapf. bitkisinde bazı ağır metallerin (Zn, Cd, Cu, Pb) neden olduğu anatomik ve ekofizyolojik değişikliklerin araştırıldığı çalışmada, bitkilere

uygulanan yüksek konsantrasyondaki metallerin, kök ekzodermis ve endodermis hücre tabakalarını ve ksilem ve korteks parankima hücre duvarlarını kalınlaştırdığı saptanmıştır. Yine artan metal konsantrasyonu ile yaprak üst ve alt yüzey epidermis dokularında kalınlaşmaların meydana geldiği ve yaprak bulliform hücreleri boyutlarının (en ve boy) daha büyük olduğu belirlenmiştir. Metal konsantrasyonunun artması sonucu trakeid sayısının azaldığı belirlenmiştir. Uygulanan metal konsantrasyonunun yüksek olduğu bitkilerde, yaprak alt yüzeyinde mm²'deki stoma sayısının en yüksek olduğu gözlenmiştir ve yaprağın üst yüzündeki stomaların en ve boylarının daha küçük olduğu tespit edilmiştir (Gomes vd. 2011). Ağır metallerin (CuSO₄; CdSO₄; PbNO₃) tütün (*Nicotiana tabacum* L.) bitkisi üzerindeki anatomik ve fizyolojik etkilerinin incelendiği çalışmada, ağır metallerin tütün bitkisinde neden olduğu ilk görünür değişimin, uygulanan metal konsantrasyonunun artması ile tüm dokulardaki hücre duvarları kalınlığının azalması olduğu belirtilmiştir (Cvetanovska vd. 2010). Kavak klonları üzerine farklı konsantrasyonlarda kadmiyum etkisinin incelendiği çalışmada, yüksek konsantrasyondaki kadmiyumun, bitki kök dokularında korteks parankiması hücrelerinin katman sayılarında azalmalara ve öz hücrelerinin boyutlarında artışlara neden olduğu ifade edilmiştir (Luković vd. 2005). *Ligustrum japonicum* Thunb. ve *Olea europaea* L. bitkilerinin yapraklarında ağır metal kirliliğinin neden olduğu morfo-anatomik değişikliklerin incelendiği çalışmada, egzoz gazına maruz bırakılan bitkilerin yaprak üst yüzey epidermis hücrelerinin çöktüğü ve sınırlarının düzensizleştiği belirtilmiştir. Aynı zamanda tüylerin orijinal şekillerini kaybettiği ve stomaların kapandığı belirtilmiştir (Abdallah vd. 2013).

Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü gibi kurşun veya diğer ağır metaller bitkiler üzerinde bazı anatomik değişiklere neden olmaktadır. Bizim yaptığımız çalışmada da, kurşun uygulamasına bağlı olarak pepino bitkisinin kök ve yapraklarında bazı anatomik değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Kurşun stresine maruz kalan bitkilerin kök dokusunun enine kesitinde, kontrole kıyasla ve artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak: epidermis hücrelerinin en ve boylarında artış, korteks hücrelerinin enlerinde artış, boylarında azalış, trake hücrelerinin boylarında artış ve öz hücrelerinin en ve boylarında azalışların meydana geldiği belirlendi (Şekil 4. 3, 4. 4, 4. 5, 4. 6, 4. 7, 4. 8, 4. 9, Tablo 4. 1). Kurşun stresine maruz kalan bitkilerin yaprak enine kesitlerinde, kontrole kıyasla ve artan kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak yaprak kutikula

kalınlığında artış bulundu (Tablo 4. 2). Epidermis hücrelerinin enlerinde artış, boylarında azalış, palizat parankiması hücrelerinin en ve boylarında azalış, sünger parankiması hücrelerinin en ve boylarında azalış ve alt epidermis hücrelerinin en ve boylarında azalışların meydana geldiği saptandı (Şekil 4. 12, 4. 13, 4. 14, 4. 15, 4. 16, 4. 17, 4. 18, Tablo 4. 3). Ayrıca yaprak üst ve alt yüzey stoma sayısında kurşunun yüksek konsantrasyonlarında azalışın meydana geldiği belirlendi (Şekil 4. 21, 4. 22, 4. 23, 4. 24, 4. 25, 4. 26, 4. 27, 4. 28, Tablo 4. 4).

Shu vd. (2011) *Jatropha curcas* L. bitkisinin fide ve çeliklerinde, kurşun toksisitesinin etkilerini inceledikleri çalışmada, yüksek konsantrasyonlardaki kurşunun klorofil ve karotenoid içeriklerinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda kurşun toksisitesinin *Brassica rapa* L. var. *rapa* bitkisinin yapraklarında fotosentetik pigment içeriğini (Kl a, Kl b ve karotenoidler) önemli miktarda azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca yaprak damarlarında morfolojik yönden kararmaların meydana geldiği ve yapraklarda nekrotik lekelerin oluştuğu ifade edilmiştir (Özay 2008). Mısır (*Z. mays* L.) bitkisinin bazı çeşitlerinde Pb ve Cd konsantrasyonlarının artmasıyla çeşitlerin yapraklarındaki pigment içeriğinin de önemli derecede azaldığı ve klorofillerin karotenoidlere göre daha çok etkilendiği belirtilmiştir (Ayhan 2006). Kurşunun ayçiçeği üzerindeki etkilerinin incelendiği araştırmada, kurşunun yapraklardaki klorofil içeriğinde önemli bir azalmaya neden olduğu saptanmıştır (Azad vd. 2011). Bu çalışmada da yukarıdaki çalışmalarda belirtildiği gibi, pepino fidelerine uygulanan kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak Kl a, Kl b, toplam klorofil ve karotenoid içeriklerinin, kontrole göre azaldığı bulundu (Şekil 4. 29, 4. 30, 4. 31, 4. 32, Tablo 4. 5). Kurşun stresine bağlı olarak fotosentetik pigmentlerin azalması, diğer çalışmalarda belirtildiği gibi kurşun stresinin pepino bitkisinde meydana getirdiği toksik etkinin bir sonucu olduğu düşünülebilir.

Yapılan birçok çalışmada belirtildiği gibi, çevresel streslere maruz kalan bitkilerde fenolik bileşik miktarlarında artışların meydana geldiği bilinmektedir. Farklı konsantrasyonlardaki kurşunun *Medicago sativa* L. bitkisindeki etkileri araştırıldığında, kurşun uygulanan bitkilerin yaprak ve köklerinde fenolik bileşiklerin arttığı belirlenmiştir (Sima vd. 2012). Domates bitkisine uygulanan farklı konsantrasyonlardaki kurşuna bağlı olarak kök ve sürgünlerinde peroksidaz, süperoksit dismutaz, fenoller ve lipid peroksidasyon seviyelerinin arttığı belirtilmiştir (Abdalla ve

El – Khoshiban 2012). Srivastava ve Bhagyawant (2014) tarafından farklı konsantrasyonlardaki kurşunun *Carthamus tinctorius* L. bitkisindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kurşun uygulanan bitkilerde serbest radikallerin neden olduğu hasardan korunmak için kontrole göre prolin ve polifenolik bileşiklerin arttığı belirlenmiştir.

Farklı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde (Tarm-92, Tokak 157/37) kadmiyum ve kurşunun etkilerinin incelendiği çalışmada, kurşun uygulanan arpa çeşitlerinin yapraklardaki toplam fenolik madde içeriklerinin, kurşun konsantrasyonunun artması ile Tokak 157/37 çeşidinde arttığı saptanmıştır (Gezer 2011). *Parkinsonia aculeata* L. ve *Pennisetum americanum* L. Schumann bitkilerinin tohum çimlenmesi, erken fide büyümesi ve fenolik içeriği üzerine kadmiyum, krom ve kurşunun etkisi araştırıldığında, iki türde de kadmiyum, krom ve kurşun tuzlarının 50 ppm ve daha yüksek konsantrasyonlarında, çimlenme yüzdesinin büyük ölçüde azaldığı belirtilmiştir. Ağır metallerin özellikle yüksek konsantrasyonlarının (200 ve 400 ppm) iki türde de fenolik içeriklerini önemli ölçüde arttırdığı ifade edilmiştir (Shaukat vd. 1999). Bizim çalışmamızda da kurşun stresine bağlı olarak pepino fidelerinin toplam fenolik bileşik miktarlarının 25 ve 50 ppm’ de arttığı 100 ppm’ de ise azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4. 33, Tablo 4. 6). Fenolik bileşik düzeyleri yukarıdaki çalışmalarda belirtildiği gibi stres çeşidine, konsantrasyona ve bitki çeşidine bağlı olarak artabilmekte ya da azalabilmektedir.

Yaptığımız çalışmada pepino fidelerinde yüksek kurşun konsantrasyonlarında (100 ppm) MDA düzeylerinin arttığı saptanmıştır (Şekil 4. 34, Tablo 4. 6). Kurşun stresinin *Vigna radiata* L. üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada artan kurşun konsantrasyonunun fidelerdeki klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığı, MDA ve peroksidaz aktivitesini ise arttırdığı tespit edilmiştir (Deshna ve Bafna 2013). Kurşun ve kadmiyumun maş fasulyesinin iki çeşidi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, ağır metallerden kaynaklı oksidatif stresin, MDA içeriğini arttırarak membran zararına neden olduğu belirlenmiştir (Hassan ve Mansoor 2014).

Malar vd. (2014) su sümbülü (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) bitkisinde yüksek kurşun nitrat çözeltisinin bitki büyümesini %50 oranında engellediğini saptamışlardır. Artan kurşun konsantrasyonu ile yaprak ve kökteki MDA içeriğinin belirli bir konsantrasyona kadar arttığı, daha sonra azaldığı belirlenmiştir. Kurşunun

biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisi üzerindeki etkileri incelendiğinde, artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak MDA, SOD ve prolin içeriğinin arttığı belirtilmiştir (Britto vd. 2011). Farklı konsantrasyonlardaki kurşunun, iki pirinç çeşidi (*Oryza sativa* L.) üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitkilerdeki MDA miktarının arttığı gösterilmiştir (Verma ve Dubey 2003). *Phaseolus vulgaris* L. bitkisi üzerine farklı konsantrasyonlardaki kadmiyum ve kurşunun etkileri incelendiğinde, her iki metal konsantrasyonunun artmasıyla, MDA miktarının da arttığı belirtilmiştir (Bhardwaj vd. 2009). Ağır metal stresine bağlı olarak meydana gelen oksidatif hasarın bir göstergesi olan MDA düzeylerinin artabileceği, yukarıdaki çalışmalarda ve bizim bulgularımızda gösterilmiştir.

Kurşunun buğday (*Triticum aestivum* L.) ve ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, bitkilere uygulanan kurşunla orantılı olarak bitkilerdeki kurşun içeriğinin arttığı belirtilmiştir (Lamhamdi vd. 2013). *Sesbania exaltata* Raf. bitkisine uygulanan farklı konsantrasyonlardaki kurşunun etkilerinin araştırıldığı çalışmada, bitkiye uygulanan kurşun konsantrasyonunun artmasıyla bitkide biriken kurşun miktarının da arttığı gösterilmiştir (McComb vd. 2012). Hussain vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, mısır (*Zea-Mays* L.) bitkisi üzerine farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat çözeltisi uygulanmış ve bitkilerdeki kurşun miktarları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda mısır bitkilerine uygulanan kurşun konsantrasyonu arttıkça bitkilerdeki kurşun miktarının da arttığı sonucuna varılmıştır. Kurşuna maruz bırakılan patlıcan (*Solanum melongena* L.) bitkilerinin köklerinde, sürgünlerinde ve yapraklarında kurşun birikiminin olduğu saptanmıştır. Kurşunun en çok kökte, daha sonra sürgünlerde ve son olarak da yapraklarda biriktiği belirtilmiştir. Ayrıca kurşunun yüksek konsantrasyonunun ise bitkide genel olarak tüm elementlerin alımını engellediği saptanmıştır (Yılmaz vd. 2009). Nikel (Ni), kurşun (Pb), bakır (Cu) ve krom (Cr) ağır metallerinin *Pleurochaete squarrosa* (Brid.) Lindb. ve *Timmiella barbuloidea* (Brid.) Moenk. bitkileri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, *P. squarrosa* (Vahl) P. Kumm. ve *T. barbuloidea* (Brid.) Moenk. bitkileri ağır metalleri bünyelerinde biriktirmiş ve bu metallerden en fazla biriktirilenin ise Pb ve Ni olduğu saptanmıştır. Krom ve özellikle bakırın, iki türde de yüksek derecede oksidatif hasara neden olduğu belirlenmiştir (Aydoğan 2012).

Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü gibi bitkilere uygulanan kurşun konsantrasyonu arttıkça bitki dokularında biriken kurşun miktarı da artmaktadır. Bizim çalışmamızda da pepino bitkisine uygulanan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitkinin yaprak dokularında kurşun miktarının arttığı belirlenmiştir (Şekil 4. 35, Tablo 4. 7).

Sonuç olarak bu araştırmada, kurşun nitrat çözeltisinin pepino (*Solanum muricatum* Ait.) bitkisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kurşun uygulamasına bağlı olarak pepino yapraklarında, morfolojik ve anatomik (kök ve yaprak) değişimlerin yanı sıra, pigmentlerin (Kl a, Kl b, karotenoidler) azaldığı, toplam fenolik bileşiklerin belli bir konsantrasyona kadar arttığı (25 ve 50 ppm), MDA düzeylerinin yüksek konsantrasyonda (100 ppm) arttığı ve bitkide kurşun birikiminin olduğu belirlenmiştir. Bulgularımızı değerlendirdiğimizde, kurşun metalinin pepino bitkisi üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği saptanmıştır. Pepino bitkisinde daha önce kurşun stresinin etkileri çalışılmadığı için bundan sonra pepino bitkisinde yapılacak olan ağır metal stresi ile ilgili çalışmalara katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

- Abdalla, M. M., and El - Khoshiban, N., (2012). The Palliative Effect of Bio – Organic Fertilizer on Lead Pollution in *Lycopersicum esculentum* Plants, Journal of Basic & Applied Sciences, 8: 399 – 410.
- Abdallah, Y. N., Mejnun, G. E., Sevinç, H. R. and Mamedova Afet, O., (2013). Change Of The Morpho – Anatomical Structure Of Leaves Of Ligustrum Japonicum And Olea Europea Caused By Heavy Metal Pollution, Caspian Journal Of Applied Sciences Research, 2(2): 59 – 67.
- Anonymous, (1989). Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation Board on Science and Technology for International Development National Research Council, National Academy Press, Washington. D.C.
- Aydoğan, S., (2012). *Pleurochaete Squarrosa* (Brid.) Lindb. Ve *Timmiella Barbuloides* (Brid.) Moenk.' in Ağır Metal Stresine Verdiği Cevapların Araştırılması, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Ayhan, B., (2006). Mısır (*Zea Mays* L.)' in Bazı Çeşitlerinde Ağır Metal (Cd, Pb) Stresinin Etkilerinin Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aytuğ, B., (1967). Polen Morfolojisi Ve Türkiye' Nin Önemli Gymnosperm' leri Üzerinde Palinolojik Araştırmalar, İ. Ü., Yay. No: 1261, İstanbul.
- Azad, H. N., Shiva, A. H. and Malekpour, R., (2011). Toxic Effects of Lead on Growth and Some Biochemical and Ionic Parameters of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seedlings, Current Research Journal of Biological Sciences 3(4): 398 – 403.
- Bhardwaj, P., Chaturvedi, A. K. and Prasad, P., (2009). Heavy Metal Stress On *Phaseolus Vulgaris* L., Nature And Science, 7(8): 63 – 75.
- Bhatti, K. H., Anwar, S., Nawaz, K., Hussain, K., Siddiqi, E. H., Sharif, R. U., Talat, A. and Khalid, A., (2013). Effect of Heavy Metal Lead (Pb) Stress of Different Concentration on Wheat (*Triticum aestivum* L.), Middle – East Journal of Scientific Research, 14 (2): 148 – 154.

- Britto, J. D. A, Sebastian, S. R. and Gracelin, D. H. S., (2011). Effect Of Lead On Malondialdehyde, Superoxide Dismutase, Proline Activity And Chlorophyll Content İn *Capsicum annum.*, Bioresearch Bulletin, 1: 093 – 098.
- Chandler, S. F. and Dodds, J. H., (1983). The Effect Of Phosphate, Nitrogen And Sucrose On The Production Of Phenolics And Solasidine İn Callus Cultures Of *Solanum Lacinitum*, Plant Cell Rep., 2: 105 – 110.
- Clijsters, H., Cuypers, A. and Vangronsveld, J., (1999). Physiological Responses to Heavy Metals in Higher Plants; Defence against Oxidative Stress, Z. Naturforsch, 54(c): 730 – 734.
- Cvetanovska, L., Klincharska – Jovanovska, I., Dimeska, G., Srbinoska, M. and Cvetanovska, A., (2010). Anatomic And Physiological Disorder After Intoxication With Heavy Metals In Tobacco (*Nicotiana tabacum L.*), Biotechnology & Biotechnological Equipment, 24(1): 4 – 9.
- Çavuşoğlu, A., Erkel, E. and Sülüsoğlu, M., (2009). The Effect Of Climatic Factors At Different Growth Periods On Pepino (*Solanum Muricatum* Aiton) Fruit Quality And Yield, Journal Of Food Agriculture & Environment, 7 (2): 551 – 554.
- Çavuşoğlu, K., (2002). İğde (*Elaeagnus angustifolia L.*) Yapraklarında Kurşun (Pb) Yoğunluğunun Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (3): 148 – 152.
- Çavuşoğlu, K., Budak, A., ve Arica, S. Ç., (2008). Kırıkkale-Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 20 (2): 223 – 231.
- Çavuşoğlu, K., Kılıç, S. ve Kılıç, M., (2009). Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Çam (*Pinus Nigra* Arn. Subsp. *Pallasiana*) Ve Sedir (*Cedrus Libani* A. Rich.) Yapraklarının Anatomisi Üzerine Etkileri, Biological Diversity And Conservation, 2 (3): 92 – 98.
- De Kok, L. J. and Graham, M., (1989). Levels Of Pigments, Soluble Proteins, Amino Acids And Sulfhydryl Compounds İn Foliar Tissue Of *Arabidopsis Thaliana* During Darkinduced And Natural Senescence, Plant Physiol. Biochem., 27: 203 – 209.
- Dere, S., (2012). Kurşun Uygulamasının Yerfıstığındaki (*Arachis hypogaea L.*) Fizyolojik Etkileri, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

- Deshna, D. and Bafna, A., (2013). Effect Of Lead Stress On Chlorophyll Content, Malondialdehyde And Peroxidase Activity In Seedlings Of Mung Bean (*Vigna radiata*), Int. J. Res. Chem. Environ., 3(3): 20 – 25.
- Doğan, M. ve Çolak, U., (2009). *Triticum Aestivum* L. Cv. Tosunbey' e Uygulanan Kurşunun Bazı Fizyolojik Özelliklere Etkisi, Ekoloji, 19 (73): 98 – 104.
- Draszawka, B. and Bolzan, (2014). Effect of heavy metals on living organisms, World Scientific News, 3: 26 – 34.
- Duman, S. and Sivaci, A., (2015). Investigation Of Drought Stress In Pepino (*Solanum Muricatum* Ait. Cv. Miski) Leaves, Pak. J. Bot., 47(5): 1621 – 1627.
- Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F. and Xie, Y., (2015). Heavy Metal Stress and Some Mechanisms of Plant Defense Response, The Scientific World Journal, 2015: 18.
- Evanko, C. R. and Dzombak, D. A., (1997). Remediation of Metals – Contaminated Soils and Groundwater, Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, Technology Evaluation Report, Pittsburgh, USA.
- Fahr, M., Laplace, L., Bendaou, N., Hocher, V., Mzibri, M.E., Bogusz, D. and Smouni, A., (2013). Effect Of Lead On Root Growth, Frontier In Plant Science, 4(175): 1 – 7.
- Francke, A., (2010a). The Effect Of Potassium Fertilization On The Macronutrient Content Of Pepino Dulce (*Solanum Muricatum* Ait.) Fruit, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 9 (3): 51 – 57.
- Francke, A., (2010b). The Effect Of Magnesium Fertilization On The Macronutrient Content Of Pepino Dulce (*Solanum Muricatum* Ait.) Fruit, University Of Warmia And Mazury In Olsztyn, J. Elementol, 15(3): 467 – 475.
- Gezer, E., (2011). Arpa (*Hordeum Vulgare* L.) Bitkisinin Bazı Çeşitlerinde Ağır Metal Stresi Etkilerinin Fizyolojik Olarak Araştırılması, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı.
- Ghani, A., (2010). Effect of Lead Toxicity on Growth, Chlorophyll and Lead (Pb⁺) Contents of Two Varieties of Maize (*Zea mays* L.), Pakistan Journal of Nutrition, 9 (9): 887 – 89.

- Gomes, M. P., de S e Melo Marques, T. C. L. L., Nogueira, M. O. G., Castro, E. M. and Soares, A. M., (2011). Ecophysiological And Anatomical Changes Due To Uptake And Accumulation Of Heavy Metal  n *Brachiaria Decumbens*, Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 68(5): 566 – 573.
- G k, A., (2010).  ğde (*Elaeagnus Angustifolia* L.)  eliklerinin Kambiyum Faaliyeti  zerinde Kur un Stresine Kar ı  ndol-3-Asetik Asit, Gibberellik Asit Ve 6-Furfurilaminopurin Kar ı ımlarının Etkileri, Y z nc  Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Hassan, M. and Mansor, S., (2014). Oxidative Stress And Antioxidant Defense Mechanism  n Mung Bean Seedlings After Lead And Cadmium Treatments, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38: 55 – 61.
- Heath, R. L. and Packer, L., (1968). Photoperoxidation  n  solated Chloroplast, I. Kinetics And Stoichiometry Of Fatty Acid Peroxidation, Arch. Biochem. Biophys, 125: 180 – 198.
- Hung, N. M., Hiep, N. V., Dung, B. N. and Hai, N. X., (2014). Lead Accumulation In Different Parts Of Okra Plant (*Abelmoschus esculentus*), ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 9 (6): 190 – 194.
- Hussain, A., Nabila, A., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z. I., Ahmad, K., Mansha, M. and Mirzaei, F., (2013). Effects Of Diverse Doses Of Lead (Pb) On Different Growth Attributes Of *Zea-Mays* L., Agricultural Sciences, 4(5): 262 – 265.
- IPGRI and Comav, (2004). Descriptors for Pepino (*Solanum muricatum*), International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy and Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Valencia, Spain.
- Kabir, M., Iqbal, M. Z., Shafiq, M. and Farooqi, Z. R., (2010). Effects Of Lead On Seedling Growth Of *Thespesia Populnea* L., Plant Soil Environ., 56(4): 194 – 199.
- Karademir, M., ve Toker, C., (1998). Ankara' nın Bazı Kav aklarında Yeti en  im Bitkilerinde Egzoz Gazlarından Gelen Kur un Birikimi,  evkor, 26 (7): 9 – 12.
- Kasım, W. A., (2005). The Correlation Between Physiological And Structural Alterations Induced By Copper And Cadmium Stress  n Broad Beans (*Vicia Faba* L.), Egyptian Journal Of Biology, 7: 20 – 32.

- Kasım, W. A., (2006). Changes Induced By Copper And Cadmium Stress İn The Anatomy And Grain Yield Of *Sorghum Bicolor* (L.) Moench, Int. J. Agri. Biol., 8(1):123 – 128.
- Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş. ve Ellialtıoğlu, Ş. Ş., (2015). Kurşunun Kıvırcık Salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Bitkisinin Bazı Morfolojik ve Biyokimyasal Özelliklerine Etkisi, Iğdır Üniv. Fen Bilimleri Enst. Dergisi, 5(1): 83 – 88.
- Kıran, Y. ve Şahin, A., (2005). Kurşunun Mercimek (*Lens Culinaris* Medik.) Tohumlarının Çimlenmesi, Kök Gelişimi Ve Kök Ucu Hücreleri Üzerindeki Mitotik Etkileri. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18 (1): 17 – 25.
- Kopcinska, J., Łotocka, B., Kowalczyk, K. and Kobryn, J., (2004). Seed Development In *Solanum Muricatum* Aiton, Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 46: 121–132.
- Lamhamdi, M., El Galiou, O., Bakrim, A., No'voa-Munoz, J. C., Arias – Este'vez, M., Aarab, A. and Lafont, R., (2013). Effect Of Lead Stress On Mineral Content And Growth Of Wheat (*Triticum Aestivum*) And Spinach (*Spinacia Oleracea*) Seedlings, Saudi Journal Of Biological Sciences, 20: 29 – 36.
- Lichtenthaler, H. K., and Wellburn, A. R., (1983). Determinations Of Total Carotenoids And Chlorophylls a And b Of Leaf Extracts İn Different Solvents, Biochem. Soc. Trans., 11: 591 – 592.
- Luković, J., Krstić, L., Halgašev, M., Merkulov, Lj. and Nikolić, N., (2005). The Influence Of Different Concentrations Of Cadmium On Structural Characteristics Of Poplar Clones Root, Proceedings Of The Balkan Scientific Conference Of Biology In Plovdiv, Bulgaristan, P: 468 – 474.
- Malar, S., Vikram, S. S., Favas, P. J. and Perumal, V., (2014). Lead Heavy Metal Toxicity Induced Changes On Growth And Antioxidative Enzymes Level İn Water Hyacinths [*Eichhornia Crassipes* (Mart.)], Botanical Studies, 55: 54.
- Mccomb, J., Hentz, S., Miller, G. S., Begonia, M. and Begonia, G., (2012). Effects Of Lead On Plant Growth, Lead Accumulation And Phytochelatin Contents Of Hydroponically-Grown *Sesbania Exaltata*, World Environment, 2(3): 38 – 43.
- Michalak, A., (2006). Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Plants Growing under Heavy Metal Stress, Polish J. of Environ. Stud., 15(4): 523 – 530.

- Mithöfer, A., Schulze, B. and Boland, W., (2004). Biotic And Heavy Metal Stress Response In Plants: Evidence For Common Signals, *Febs Letters*, 566: 1 – 5.
- Nicholls, A. M. and Mal, T. K., (2003). Effects of Lead and Copper Exposure on Growth of an Invasive Weed, *Lythrum Salicaria* L., *The Ohio Journal of Science*, 103 (5):129 – 133.
- Orhan, N., Orhan D., D., Aslan, M. and Ergun, F., (2014). Effect of Exotic Fruit “Pepino” (*Solanum muricatum* Aiton.) on Blood Glucose Level, *Turk J Pharm Sci*, 11(2): 195 – 202.
- Özay, C., (2008). Kurşun Zehirliliğinin *Brassica rapa* L.var. *rapa*’ da Bazı Fizyolojik, Biyokimyasal ve Genotoksik Etkileri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon*.
- Pereira, F. J., De Castro, E. M., De Oliveira, C., Pires, M. F., Pereira, M. P., Ramos, S. J. and Faquin, V., (2014). Lead Tolerance Of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart. - Pontederiaceae) As Defined By Anatomical And Physiological Traits, *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 86 (3): 1423 – 1433.
- Pereira, M. P., Pereira, F. J., Corrêa, F. F., de Oliveira, C., de Castro, E. M. and Barbosa, S., (2013). Lead Tolerance During Germination And Early Growth Of The Brazilian Peppertree And The Morpho – Physiological Modifications, *Revista De Ciências Agrárias*, 56: 72 – 79.
- Pourrut, B., Shahid, M., Dumat, C., D., Winterton, P., W. and Pinelli, E., (2011). Lead Uptake, Toxicity, and Detoxification in Plants, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 213: 113 – 136.
- Rajeswari, R. T and Namburu Sailaja, N., (2014). Impact Of Heavy Metals On Environmental Pollution, National Seminar on Impact of Toxic Metals, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences Minerals and Solvents leading to Environmental Pollution*, 3: 175.
- Sędzik, M., Smolik, B. and Malkiewicz, M. K., (2015). Effect Of Lead Germination And Some Morphological And Physiological Parameters Of 10-Day-Old Seedlings Of Various Plant Species, *Enviromental Protection And Natural Resources*, 26 (3): 22 – 27.

- Sesli, M., (2002). Soma ilçesinde Yol Kenarında Yetişen Tütünlerde Kurşun Miktarlarının Araştırılması, Celal Bayar Üniversitesi, Akhisar Meslek Yüksekokulu, Manisa.
- Shafiq, M., Iqbal, M. Z. and Athar, M., (2008). Effect Of Lead And Cadmium On Germination And Seedling Growth Of *Leucaena Leucocephala*, Journal Of Applied Sciences And Environmental Management, 12(2): 61 – 66.
- Sharma, P. and Dubey, R. S., (2005). Lead toxicity in plants, Brazilian Journal of Plant Physiology, Londrina, 17 (1): 1677 – 0420.
- Shaukat, S. S., Mushtaq, M. and Siddiqui, Z. S., (1999). Effect Of Cadmium, Chromium And Lead On Seed Germination, Early Seedling Growth And Phenolic Contents Of *Parkinsonia Aculeata* L. And *Pennisetum Americanum* (L.) Schumann, Journal Of Biological Sciences, 2(4): 1307 – 1313.
- Shu, X., Yin, L., Zhang, Q. and Wang, W., (2011). Effect Of Pb Toxicity On Leaf Growth, Antioxidant Enzyme Activities, And Photosynthesis In Cuttings And Seedlings Of *Jatropha Curcas* L., Environ Sci Pollut Res, 19(3): 893 – 902.
- Sima, G., Fatemeh, Z. and Vahid, N., (2012). Determination Of Peroxidase Activity, Total Phenolic And Flavonoid Compounds Due To Lead Toxicity In *Medicago sativa* L., Advances in Environmental Biology, 6(8): 2357 – 2364.
- Slinkard, K. and Singleton, V. L., (1977). Total Phenol Analyses: Automation And Comparison With Manual Methods. Am. J. Enol. Vitic., 28: 49 – 55.
- Srivastava, N. and Bhagyawant, S. S., (2014). *In Vitro* Accumulation Of Lead Nitrate In Safflower Seedling And Its Impact On Plant Protein, Plant Knowledge Journal, 3(2): 39 – 46.
- Şafak, N., (2011). Karalâhana (*Brassica Oleracea* Var. *Acephala*) Ve Pazı (*Beta Vulgaris* Var. *Cicla*)' da Kurşun Ve Çinko Stresinin Araştırılması, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K, and Sutton, D. J., (2012). Heavy Metals Toxicity and the Environment, Molecular, Clinical and Environmental Toxicology, 101: 133 – 164.
- Thiebeauld, O., Soler, S., Raigón, M. D., Prohens, J. and Nuez, F., (2005). Variation Among *Solanaceae* Crops In Cadmium Tolerance And Accumulation, Agron. Sustain. Dev., 25: 237 – 241.

- Tosun, T., (2008). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)’ de Kadmiyum, Nikel Ve Kurşunun Taşınımı Ve Neden Oldukları Anatomik Ve Morfolojik Değişikliklerin İncelenmesi Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Tran, T. A., Vassileva, V., Petrov, P. and Popova, L. P., (2013). Cadmium-Induced Structural Disturbances In *Pisum Sativum* Leaves Are Alleviated By Nitric Oxide, Turkish Journal of Botany, 37: 698 – 707.
- Türker, G., Kızılkaya, B. and Çevik, N., (2012). The Phenolic And Flavonoid Content Of Pepino (*Solanum Muricatum*) Grown In The District Of Çanakkale, Turkey, New Knowledge Journal Of Science, 1314(5703): 71 – 74.
- Uğur, B. P., (2006). Çeşitli Kurşun Konsantrasyonlarının *Hordeum Vulgare* Üzerine Genotoksik Etkisi Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Üstbaş, Y., Taşan, M. ve Geçgel, Ü., (2009). Trakya Bölgesinde Üretilen Ayçiçeği Tohumu (*Helianthus annuus* L.) Yağlarında Bakır, Demir, Kadmiyum ve Kurşun İçeriklerinin Belirlenmesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (1): 55 – 63.
- Verma, S., and Dubey, R. S., (2003). Lead Toxicity Induces Lipid Peroxidation And Alters The Activities Of Antioxidant Enzymes In Growing Rice Plants, Plant Science 164: 645 – 655.
- Yadav, S. K., (2010). Heavy Metals Toxicity in Plants: An Overview on the Role of Glutathione, Phytochelatins in Heavy Metal Stress Tolerance of Plants, South African Journal of Botany, 76: 167 – 179.
- Yilmaz, K., Akinci, I. E. and Akinci, S., (2009). Effect Of Lead Accumulation On Growth And Mineral Composition Of Eggplant Seedlings (*Solanum Melongena*), New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 37(3): 189 – 199.
- Zengin, F. K. ve Munzuroğlu, Ö., (2004). Fasulye Fidelerindeki (*Phaseolus Vulgaris* Cv. Strike) Sitokinin İçeriği Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Hg^{++} , Cd^{++} , Cu^{++} Ve Pb^{++}) Etkileri, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 2 (2): 48 – 54.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Mustafa TEKTAŞ

Doğum Yeri: Adıyaman

Doğum Tarihi: 01. 01. 1984

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Erdemir Lisesi, Adıyaman – 2001

Lisans: Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman – 2013

Yüksek Lisans: Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman – 2016

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl –

Yayınları (SCI ve diğer)

Kongreler:

1 – SIVACI, A., TEKTAŞ, M., BABA, K., ALTUN, P., *Solanum muricatum* ve *Eichhornia crassipes* Bitkilerinin Yaprak Özütlerinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Tohumlarının Çimlenme ve Büyümesi Üzerindeki Etkileri, I. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu, Erzurum, 2015.

2 – SIVACI, A., TEKTAŞ, M., BABA, K., ALTUN, P., Mısır (*Zea mays* L.) Tohumlarının Çimlenme ve Büyümesi Üzerinde *Eichhornia crassipes*’ in Allelopatik Etkileri, XII. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi, Muğla, 2015.