

T. C.
VAN YÜZÜNCÜ
YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI KURŞUN DOZLARININ SUSAM ÇEŞİTLERİNDE (*Sesamum indicum*
L.) BAZI BÜYÜME PARAMETRELERİ İLE FİZYOLOJİK VE
BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Nursel KARASU
DANIŞMAN: Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK

VAN-2022

T. C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI KURŞUN DOZLARININ SUSAM ÇEŞİTLERİNDE (*Sesamum indicum*
L.) BAZI BÜYÜME PARAMETRELERİ İLE FİZYOLOJİK VE
BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Nursel KARASU

VAN-2022

KABUL ONAY SAYFASI

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK danışmanlığında, Nursel KARASU tarafından sunulan **“Farklı Kurşun Dozlarının Susam Çeşitlerinde (*Sesamum indicum* L.) Bazı Büyüme Parametreleri İle Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi”** isimli bu çalışma “Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmenliği” ve “Fen Bilimleri Enstitüsü Yönergesi” nin ilgili hükümleri gereğince/...../.....tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK

İmza:

Üye: Doç. Dr. Haluk KULAZ

İmza:

Üye: Doç. Dr. Ali Rahmi KAYA

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../...../..... tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nursel KARASU



ÖZET

FARKLI KURŞUN DOZLARININ SUSAM ÇEŞİTLERİNDE (*Sesamum indicum* L.) BAZI BÜYÜME PARAMETRELERİ İLE FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

KARASU, Nursel

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK

Haziran 2022, 63 sayfa

Yürütülen çalışmada bitki materyalini tohumdan yetiştirilen Cumhuriyet, Orhangazi ve Sarısu susam çeşitleri oluşturmaktadır. Çalışmada susam bitkilerine 4 farklı Kurşun dozu (kontrol, 25, 50, 100 mg.L⁻¹ PbSO₄) uygulanmıştır. Deneme, 500 cc'lik plastik bardak saksılarda, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre faktöriyel düzende 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Çalışmada ağır metal stresinin Cumhuriyet, Orhangazi ve Sarısu susam çeşitlerinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait Fizyoloji Laboratuvarı'nda bitkilerin gövde uzunluğu, kök uzunluğu, gövde yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, klorofil miktarı, yaprak alanı, lipid peroksidasyon düzeyi (MDA), yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi, yaprak dokularında iyon sızıntısı ve yaprak dokularında bağl su içeriği belirlenmiştir. Uygulanan kurşun dozlarına bağlı olarak incelenen parametrelerde farklılıklar gözlemlenmiştir. Artan kurşun dozları ortalamalarına bakıldığında MDA ve yaprak dokularında iyon sızıntısı hariç tüm parametrelerde en yüksek değerlerin kontrol grubundan en düşük değerlerin ise 100 mg.L⁻¹ PbSO₄ uygulamasından elde edildiği görülmüştür. Stres koşullarında artış gösteren MDA ile yaprak dokularında iyon sızıntısında en yüksek değer en yüksek Pb uygulamasından, en düşük değer ise kontrol grubundan elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, Çeşit, Kurşun stresi, *Sesamum indicum* L.



ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT LEAD DOSES ON SOME GROWTH PARAMETERS AND PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF SESAME VARIETIES (*Sesamum indicum* L.)

KARASU, Nursel
M.Sc. Thesis, Department of Field Crops
Supervisor: Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK
June 2022, 63 pages

In the study carried out, the plant material consists of Cumhuriyet, Orhangazi and Sarısu sesame varieties grown from seed. In the study, 4 different Lead doses (control, 25, 50, 100 mg.L⁻¹ PbSO₄) were applied to sesame plants. The experiment was carried out in 500 cc plastic glass pots, in factorial order according to the Random Plots Trial Design with 4 replications.

In the study, the effects of heavy metal stress on the morphological, physiological and biochemical parameters of Cumhuriyet, Orhangazi and Sarısu sesame cultivars were investigated. Stem length, root length, stem fresh weight, root fresh weight, stem dry weight, root dry weight, chlorophyll amount, leaf area, lipid peroxidation level (MDA) of plants in the Physiology Laboratory of Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. İon leakage in leaf tissues, membrane durability index and relative water content in leaf tissues were determined. Differences were observed in the parameters examined depending on the applied lead doses. When the averages of increasing lead doses were examined, it was seen that the highest values were obtained from the control group and the lowest values were obtained from 100 mg.L⁻¹ PbSO₄ application in all parameters except ion leakage in MDA and leaf tissues. The highest value in MDA and ion leakage in leaf tissues, which increased under stress conditions, was obtained from the highest Pb application and the lowest value was obtained from the control group.

Keywords: Heavy metal, Variety, Lead stress, *Sesamum indicum* L.



ÖN SÖZ

Danışmanım Sayın Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK'e yardımlarından ve sabrından dolayı sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca deneme kurma ve analiz çalışmalarında gerek bilgi gerekse ekipmanlar konusunda yardımını esirgemeyen bölüm hocalarımızdan Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK'e, Araştırma Görevlisi Lütfi NOHUTÇU'ya Öğretim Görevlisi Ezelhan ŞELEM'e ve çalışma dönemi boyunca yanımda olan maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Yakup KARASU'ya hiçbir zaman desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2022

Nursel KARASU



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Bitkide gözlemlenen morfolojik gelişim parametreleri.....	17
3.2.1.1. Kök uzunluğu (cm).....	17
3.2.1.2. Gövde uzunluğu (cm).....	17
3.2.1.3. Kök yaş ağırlığı (g).....	18
3.2.1.4. Gövde yaş ağırlığı (g).....	18
3.2.1.5. Kök kuru ağırlığı (g).....	19
3.2.1.6. Gövde kuru ağırlığı (g).....	19
3.2.2. Bitkide gözlemlenen fizyolojik ve biyokimyasal değişim parametreleri....	19
3.2.2.1. Yaprak dokularında bağlı su içeriği (RWC) (%).....	19
3.2.2.2. Lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi (MDA nmolg ⁻¹ T.A)	20
3.2.2.3. Yaprak dokularında iyon sızıntısının belirlenmesi (%).....	20
3.2.2.4. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (%)	21
3.2.2.5. Yaprak alanı (cm ²).....	21
3.2.2.6. Toplam klorofil (SPAD).....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	23
4.1. Kök Uzunluğu (cm)	23

4.2. Gövde Uzunluğu (cm)	25
4.3. Kök Yaş Ağırlığı (g).....	28
4.4. Gövde Yaş Ağırlığı (g).....	30
4.5. Kök Kuru Ağırlığı (g).....	32
4.6. Gövde Kuru Ağırlığı (g)	34
4.7. Yaprak Dokularında Bağlı Su İçeriği (%)	37
4.8. Lipid Peroksidasyon Seviyelerinin Belirlenmesi (MDA nmol g ⁻¹ T.A).....	39
4.9. Yaprak Dokularında İyon Sızıntısının Belirlenmesi (%).....	42
4.10. Yaprak Alanı	44
4.11. Toplam Klorofil Oranı (SPAD).....	46
4.12. Yaprak Dokularında Membran Dayanıklılık İndeksi (%)	49
5. SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZ GEÇMİŞ.....	63

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen kök uzunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4.2. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen kök uzunluğu ortalamaları ve oluşan duncan grupları	23
Çizelge 4.3. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen gövde uzunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.4. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen gövde uzunluğu ortalamaları ve oluşan duncan grupları	26
Çizelge 4.5. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen kök yaş ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.6. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen kök yaş ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları	28
Çizelge 4.7. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen gövde yaş ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4.8. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen gövde yaş ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları.....	31
Çizelge 4.9. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen kök kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.10. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen kök kuru ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları	33
Çizelge 4.11. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen gövde kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	35
Çizelge 4.12. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen gövde kuru ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları	35
Çizelge 4.13. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen yaprak dokularında bağıl su içeriği (RWC) (%) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4.14. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen yaprak dokularında bağıl su içeriği (%) ortalamaları ve oluşan duncan grupları	37

Çizelge 4.15. Kurşun stres altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi (MDA nmolg ⁻¹ T . A) değerlerine ait varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 4.16. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi (MDA nmolg ⁻¹ T. A) ortalamaları ve oluşan duncan grupları.....	40
Çizelge 4.17. Kurşun stres altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen yaprak dokularında iyon sızıntısının belirlenmesi (%) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	42
Çizelge 4.18. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen yaprak dokularında iyon sızıntısının belirlenmesi (%) ortalamaları ve oluşan duncan grupları.....	43
Çizelge 4.19. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen yaprak alanı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.20. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen yaprak alanı ortalamaları ve oluşan duncan grupları.....	45
Çizelge 4.21. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen toplam klorofil (SPAD) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.22. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen toplam klorofil (SPAD) ortalamaları ve oluşan duncan grupları	47
Çizelge 4.23. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen membran dayanıklılık indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.24. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen membran dayanıklılık indeksi ortalamaları ve oluşan duncan gruplar.....	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Susam bitkisinin farklı morfolojik dönemleri.....	15
Şekil 3.2. Susam bitkisinin kök uzunluğu.....	17
Şekil 3.3. Susam bitkisinin gövde uzunluğu.....	18
Şekil 3.4. Susam bitkisinin gövde yaş ağırlığı.....	18
Şekil 3.5. Susam bitkisinin yaprak dokularındaki bağıl su içeriği.....	19
Şekil 3.6. Susam bitkisinin lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi.....	20
Şekil 3.7. Yaprak dokularında iyon sızıntısının belirlenmesi.....	21
Şekil 3.8. Yaprak alanı.....	21
Şekil 3.9. Toplam klorofil oranının belirlenmesi.....	22
Şekil 4.1. Kök uzunluğu değerlerine ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	25
Şekil 4.2. Gövde uzunlukları değerlerine ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	27
Şekil 4.3. Kök yaş ağırlığı oranına ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	30
Şekil 4.4. Gövde yaş ağırlığına ait χ x Pb interaksyonu.....	32
Şekil 4.5. Kök kuru ağırlığı oranına ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	34
Şekil 4.6. Gövde kuru ağırlığına ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	36
Şekil 4.7. Yaprak dokularında bağıl su içeriğine ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	39
Şekil 4.8. Lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesinin ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	42
Şekil 4.9. Yaprak dokularında iyon sızıntısı oranına ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	44
Şekil 4.10. Yaprak alanına ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	46
Şekil 4.11. Klorofil oranına ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	49
Şekil 4.12. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksine ilişkin χ x Pb interaksyonu.....	51



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cu	Bakır
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekaire
Hg	Civa
K	Potasyum
m	Metre
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
N	Azot
P	Fosfor
Pb	Kurşun
ppm	Milyonda bir
Zn	Çinko

Kısaltmalar	Açıklama
EC	Elektriksel İletkenlik
TCA	Trikloroasetik Asit
VK	Varyasyon Katsayısı



1. GİRİŞ

Susam, Pedaliaceae familyasından, tek yıllık otsu bitkidir. Bu familya içerisinde toplamda 16 cinse ait 60 takson bulunmakta, bu taksonlardan 37'si *Sesamum* türünden olup bunlardan yalnızca *Sesamum indicum* L.'un kültürü yapılmaktadır (Baydar ve Turgut, 2000).

Arapça "simsim" kelimesinden ismini alan susam (*Sesamum indicum* L.), ilk kültüre alınan yağ bitkisi olma özeliğine sahiptir. Besin elementlerince zengin olmasından ötürü insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahiptir (Arıoğlu, 1999).

Susam bitkisi tropik ile subtropik gibi sıcak iklim kuşaklarını seven, toplam sıcaklık isteği 2.700–3.500°C arasındaki mikroklima bölgelerinde yetiştirilmektedir. Tek yıllık ve otsu bir bitki olan susam bitkisinin boyu çeşide, yetiştiiği iklim koşullarına ve toprak yapısına bağlı olarak 80–180 cm arasında değişiklik göstermektedir. Susam bitkisi, köklerini 15-70 cm yanlara ve 40-50 cm kadar derinlere doğru yaymaktadır. Toplam sıcaklık değeri yüksek olan bölgeler susam yetiştiriciliği için en uygun yerlerdir (Baydar ve Turgut, 1994).

Susam bitkisinin çimlenebilmesi için 24°C'lik sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Yapılan araştırmalar sıcaklığın 24°C'den, 33°C'ye çıkmasıyla bitki boyunda artış görülmekte olup bitkide yaprak oluşumunu teşvik etmektedir. Sıcaklığın düşmesi, büyümede gerileme ve çiçeklenme başlangıcını da geciktirmektedir. Susam bitkisi çiçeklenme başlangıcı için 27°C'lik bir sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Yetiştirme süreci içerisinde düşük sıcaklığının yanı sıra yüksek hava sıcaklığı da (40°C'nin üzerinde), büyüme ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkilemektedir. Özellikle çiçeklenme periyodunda sıcaklığın 40°C'yi bulduğu dönemlerde döllenme olumsuz etkilenmekte ve bu durum bitkide oluşan kapsül sayısında azalmalara neden olmaktadır. Sıcaklık bitkinin büyüme ve gelişmesi yanında tohumun içeriğini de etkilemektedir. Düşük sıcaklıkta tohumun yağ içeriği ve kalitesinde düşüş meydana gelmekte özellikle, sesamin ve sesamolin içeriği azalmaktadır. Yetiştirme sürecindeki yüksek sıcaklık ise tohumlardaki yağ oranını artırmaktadır (Weiss, 1971).

Susam yağının içerdii sesamol, sesamin ve sesamolin gibi doğal antioksidanlar sebebiyle çok iyi bir stabiliteye sahip olmuştur. Susam bitkisinin yağı alındıktan sonra

arta kalan küspesi methionin ile triptofanca zengin %30-35 arasında protein içermektedir. Susam tohumlarının kabukları yoğun kalsiyum içeriğine sahip olup zengin mineral kaynağıdır (Johnson ve ark., 1979; Brar, 1979).

Susam, ana ürün tarımında olduğu gibi vejetasyon süresinin kısalığı nedeni ile ikinci ürün tarımında da bulunmakta ve hemen her kültür bitkisi ile münavebeye girebilmektedir. Bu mevcut durum susam yetiştiriciliğini cazip hale getirmektedir. Son yıllarda, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgelerinde tahıllardan (hububat) sonra ikinci ürün olarak ekimi yapılmaktadır (Tan, 2015).

Oldukça eski bir kültür bitkisi olan susamın gen merkezi kesin olarak bilinmemektedir. Fakat ekonomik öneminin çok fazla olması ve bunun yanında susam türlerinin üçte ikisi bulunduğundan dolayı, orijininin Afrika olduğu düşünülmektedir. (Nayar, 1984). Batı Asya üzerinden Japonya Çin ve Hindistan'a yayıldığı belirtilen susamın ikincil gen merkezi Türkiye'dir. *Pedaliaceae* familyasından olan susamın, kromozom sayısı 26 ($2n=2x=26$) olup diploit yapıdadır (Langham ve Wiemers, 2002).

Türkiye'nin en önemli yağlı tohumlarından olan susam (*Sesamum indicum* L.), ülkemizde çoğunlukla güney bölgelerinde yetiştirilmektedir. Dekara susam verimi 1990-2010 yılları arasında bir artış gözlemlenirken 2011'de bir düşüş meydana gelmiş ve 2011'den sonra ortalama veriminde fazla bir değişim gözlemlenmemektedir (FAO 2022). Bu düşüşün sebebi susam hasadında; kapsüllerin aynı zamanda olgunlaşmaması, bazı kapsüllerin erken bazılarının ise geç açılması, makine ile hasadının olmaması ve susamın hastalık ve patojenlere karşı duyarlı olmasıyla açıklanmıştır (İkten ve ark., 2014).

Dünya bitkisel yağ üretiminde yüksek yağ kalitesi ile önemli bir yere sahip olan susamın, maliyetinin yüksek ve üretiminin az olması nedeni ile ülkemizde yemeklik yağ kullanımında oldukça kısıtlıdır (Arıoğlu, 1999). Tohumlarının %50-60 oranında yağ içerdiği belirtilmiştir (Yermanos ve ark., 1972). Bitkisel yağlardan farklı olarak Susam bitkisinin yağında %35-45 civarında değişiklik gösteren linoleik ve oleik asit bulunmaktadır (Arslan ve ark., 2008). Susam; Türkiye'de yüksek üretim maliyetlerinden kaynaklı çoğunlukla unlu mamüllerin üretiminde, tahin ve tahin helvası yapımında kullanılmaktadır. Daha düşük kalitedeki susam yağı ise sabun, kozmetik ve parfümeri sanayinde kullanılmaktadır. Bitkisel yağ üretimi için kullanılacak tohumlarda yağ içeriklerinin yüksek ve protein oranlarının düşük olması, tahin, bisküvi ve simit

üretiminde kullanılacak olan tohumların yağ oranlarının düşük, protein oranlarının ise yüksek olması istenmektedir (Baydar, 2001).

Dünya’da neredeyse 4000 yıldır tarımı yapılan en eski yağ bitkilerinden biri olan susam pek çok ülkede üretim alanı bulmuştur. Dünya’da üretilen bitkisel yağların içerisinde susam, verim ve üretim durumuna göre 8. ya da 9. sırada yer almaktadır. Dünya’da 6.419.371 ha ekim alanına, 2.834.930 ton tohum üretimine sahip olan susamın ortalama verimi 441 kg/ha’dır (Anonim, 2022).

Farklı ekolojik, çevresel ve genetik faktörlerin etkisiyle dünya üzerinde farklı renklerde susam tohumları bulunmaktadır. Türkiye’de ekimi yapılan susam tohumlarının %301’i sarı, %48.9’u kahverengi, %7.2’si koyu kahve, %12.8’si beyaz ve %1’inin siyah tohumlardan oluştuğu bildirilmiştir (Baydar, 1997).

İnsan sağlığını tehlikeye atan ağır metallerin toksik ve dolayısıyla zehirleyici etkileri ekosistemi de kirletmektedir. Doğada besin zincirine katılan ağır metallerin canlıların bünyelerindeki zehirlilik etkisinden ve biyolojik olarak birikme eğiliminde olmasından kaynaklı insan yaşamı, hayvan ve bitki sağlığı açısından büyük bir tehdit haline gelmektedir (Horsfall ve ark., 2005).

Ağır metal kavramı çevresel sorunlar olduğunda gündeme gelmekte ve ‘kısmen yüksek konsantrasyona sahip ve düşük yoğunluklarda bile zehirleyici ve toksik olan metal’ olarak tanımı yapılmaktadır. Ağır metaller fiziksel özellikler bakımından yoğunluğu 5 g/cm^3 ’ten yüksek olan metaller için kullanılmaktadır. Ağır metal grubunun içine demir krom, bakır, kadmiyum, çinko, nikel, kurşun, civa ve kobalt gibi 60’tan fazla metal girmektedir. Doğaları gereği bu ağır metaller yer kürede genellikle silikat, karbonat ve sülfür şeklinde stabil bileşik veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunmaktadırlar (Kahvecioğlu ve ark., 2007).

Bitkilerin çevresel stres etkenlerine bağlı dayanıklılıkları; stres faktörüne, bitki türüne, strese uğrayan doku ya da organının yapısına ve strese maruz kalma süresine göre değişmektedir (Gür ve ark., 2004). Bundan kaynaklı bitkilerin bu stres şartlarına karşı geliştirdikleri tolerans mekanizmalarının ve tepkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Ağır metal toksisitesine karşı bitkilerin tolerans sınırlarının belirlenmesi için metalin türü ve miktarı, zararın türü, yarayışlılığı ve şiddetinin yanı sıra zarar oluşum dönemi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörlerin bilinmesi bitkilerin canlılığı ve gelişimi açısından oldukça önemlidir (Paschke ve ark., 2005).

Ağır metal direnci olan bitkilerde, bu metaller bitki içerisinde küçük peptidlere bağlandıktan sonra kofullarda depo edilirler ve böylelikle bitkilere zarar vermezler (Işık, 2004). Ağır metallerin organlarda dağılımı ve birikimi biyolojik ve kimyasal aktiviteye, elementin ve bitkinin türüne, katyon değişim kapasitesine, oksijenin çözülmesine, oksidasyon-redüksiyon potansiyeline, pH değerine, köklerin salgı yeteneğine ve ısıya bağlıdır (Sharma ve ark., 2005).

Birtakım ağır metaller bitki beslenmesinde önemli olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda fitotoksiktirler. Bunlar; kobalt, molibden, bakır, manganez, çinko, nikel ve demirdir. Bunun yanında krom, kurşun, kadmiyum ve cıva gibi ağır metaller de çeşitli şekillerde tarımsal ekosisteme girer ve bunların bitki bünyesinde bulunmaları derişimlerine ve çözünebilirliklerine bağlıdır (Bergmann, 1992).

Ağır metal ile kirlenmiş topraklar ve sular, protein, DNA ve lipite zarar vermektedir. Ayrıca metal iyonları protein ve enzim yapılarını değiştirdiğinden ötürü mikrobiyal büyüme için ekstrem şartlar yaratmaktadır. Mikroorganizmalar, metallerin toksik seviyelerine dayanacak çeşitli direnç mekanizmalarına sahiptir; Bunlar; hücre dışı sekestrasyon, oksidasyon, çöktirme, indirgeme ve hücre içi biyokümülyasyondur (Naik, 2012).

Toksik (zehirli) madde bulunduran ağır metaller özellikle çinko, bakır, kurşun ve nikel toprak üstünde yüksek yoğunluklarda lağım suyu bulunduran sulu çamur bırakırlar (Schmidt, 1997), bunlar gıda zinciri içerisine taşınmakta olup, toksik maddeye sahip olmalarından kaynaklı hayvan ve insan sağlığı ile ürün üretiminde büyük bir tehdit unsuru oluşturabilirler (Korentajar, 1991).

Çevresel kirlilik yaratan, toksik madde içeren, sık karşılaşılan ve en önemli ağır metal özelliğine sahip olan kurşun, bulundukları ortamdan bütün bitkiler vasıtasıyla absorbe edilmekte olup bitkinin farklı aksamalarında toplanmaktadır (Kabata-Pendias, 1984). Kurşunun bitkiler için mutlak element olmayan dokularda ve organlarda ciddi miktarda birikim yapması strese sebep olmakta bunun yanında biyomas miktarında azalma ve kök uzaması, bazı enzim aktivitelerinde engellenme veya tetiklenme, klorofil biyosentezinde engellenme, gibi birçok etkiye sebep olmaktadır. Kurşun metali, hücre duvarını ve hücre turgoru stabilitesini olumsuz etkilemektedir. Bunun yanında stoma hareketlerinde azaltma ve yaprak alanının küçülmeye sebep olmaktadır. Belirtilen bu durumlar bitki su alımına etki etmektedir (Miranda ve Ilangovan, 1996). Bunların

haricinde kurşun metalinin köklerle tutulması, sürgünlere oranla fazla olmaktadır. Sonuç olarak köklerin gelişimini azaltmakla birlikte bitkilerin besin elementi alımını, anyon ve katyon alımında oluşan dengesizlikler de olumsuz etkilenmektedir (Sharma ve Dubey, 2005).

Kurşun, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerde yaygın bir şekilde kullanılması sebebiyle çevrede çok fazla bulunan bir elementtir. Benzin katkısı, batarya ve otomobil endüstrisinde tetrametil ve tetraetil şeklinde kullanılmasının yanında kurşun içeren ilaçların kullanımı yüzünden topraklara karışabilmektedir. Kurşun elementi bitkilerde mutlak gerekli olmamakla birlikte, toprakta $15-40 \text{ mg.kg}^{-1}$ oranında bulunabilmektedir. Topraktaki kurşun yoğunluğu 150 mg.kg^{-1} ı geçmediği müddetçe bitki ve insan sağlığında tehlike oluşturmamaktadır. Ancak 300 mg.kg^{-1} aştığında potansiyel olarak insan sağlığında tehlike oluşturabilmektedir (Dürüst ve ark., 2004).

Yapılan çalışmada üç susam çeşidine (Cumhuriyet, Orhangazi, Sarısu) farklı dozlarda kurşun uygulanmış ($0, 25, 50, 100 \text{ mg.L}^{-1} \text{ PbSO}_4$) ve bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri üzerine olan etkileri ortaya konmuştur.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Bazzaz ve ark. (1974b), yaptıkları çalışmada, kurşun konsantrasyonlarının soya fasulyesi ve mısırdaki artan Pb uygulama seviyeleri ve fotosentezde ile transpirasyonda azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır. Düşük kurşun seviyelerinde mısır bitkisinin soya fasulyesinden daha duyarlı olduğu gözlemlenmektedir. Bununla birlikte yüksek Pb uygulama seviyelerinde soya fasulyelerinin mısırdan daha duyarlı olduğu belirtilmiştir. Ortamda 250 mg Pb/bitki olduğu zaman fotosentez mısırdaki %47 sergilerken, soya fasulyesinde maksimum seviyenin %10 olduğu belirlenmiştir. Her iki bitki içinde transpirasyon fotosentezdeki benzer etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Her iki sürecin inhibisyonunun kurşun konsantrasyonunun artması sonucu stoma direncinin artmasıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Mesmar ve Jaber (1991), lens esculenta ve Triticum sativum'da yüksek Pb derişimlerinin bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere sebep olduğunu saptamışlardır. Her iki türün Pb(NO₃)₂ ile filtre kağıdı üzerindeki tohum çimlenme oranları %60 civarında engellediği tespit edilmiştir. Her iki türün kök ve gövdelerinde Pb miktarlarının ölçülmesi ile elde edilen sonuçlara göre köklerde biriken kurşun miktarı gövdede biriken kurşun miktarından fazla olmuştur. Bu sonuçlar her iki bitki türünde olduğu gibi büyümenin inhibe edildiğini göstermiştir. Fakat kökün büyüme inhibisyonu farklı konsantrasyonlarda gövde büyüme inhibisyonundan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Toplam klorofil miktarı kurşun uygulamasından sonra her iki türde de azaldığı tespit edilmiştir.

Huang ve Cunningham (1996), kurşun mutlak gerekli bitki besin elementi değildir. Fakat buna rağmen çok yaygın bir kirleticidir ve bu özelliği çevre kirliliği açısından oldukça endişe vericidir. US EPA' ya göre 300-500 mg.kg⁻¹ aşan toplam kurşuna veya 5 mg.L⁻¹ 'yi aşan ekstrakte edilebilir kurşuna sahip topraklar genellikle iyileştirme gerektirir.

Titov ve ark. (1996), kadmiyum ve kurşunun buğday ve arpada tohum çimlenmesine, kök ve gövde gelişimine olumsuz etkilerin olduğunu gözlemlenmiştir. Bu metallerin düşük doz uygulamalarında ilk günlerde büyüme üzerine engelleyici etki yapmamakla birlikte sonraki günlerde bu etkinin derecesinin arttığı tespit edilmiştir. Her

iki metal çalışma süresince sırasıyla gövde büyümesi, kök büyümesi ve tohum gelişimi üzerine azaltıcı etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Arpada kadmiyuma karşı direnç artarken arpa ve buğdayın her ikisinde kurşun direnci benzer şekilde artmıştır.

Mishra ve Choudhuri (1998), yapmış oldukları araştırmada, antioksidanlar ile oryza sativa (çeltik) tohumlarının çimlenmesinde ve fidelerinin gelişmesinde cıva ve kurşunun olumsuz sonuçlarını indirmeyi amaç edinmişlerdir. Ranta ve IR 36 oryza sativa çeşitlerine, 10 μM HgCl_2 ve 10 μM PbCl_2 ile antioksidanlardan, ascorbic asid, cysteine, glutathione ve pherol'ün 100 μM konsantrasyonları birlikte uygulanmıştır. Bunun sonucunda uygulamadan 10 μM HgCl_2 ve 10 μM PbCl_2 ve oryza sativa tohumlarının çimlenme oranlarını büyük ölçüde azalttığı görülürken antioksidanlarla kombine biçimde uygulandığında ise çimlenme oranlarındaki azalmanın sınırlandığı tespit etmiştir.

Xiong (1998), brassica pekinensis Rupr.'da kurşun alınınının gelişme ve çimlenmeye olan etkisi araştırılmıştır. Derişim artmasına bağlı olarak çimlenme oranında azalma bulunmuştur. Kontrolde çimlenme %100 oranında olup buna karşı 1000 mg.mL^{-1} kurşun içeren ortamda çimlenme %43.33 oranında bulunmuştur. Aynı şekilde yeşil aksam ve kök uzamasında da kurşun artışına bağlı şekilde azalmalar meydana gelmiştir. İki haftalık araştırma periyodunun sonunda organlardaki kurşun dağılımına da bakılmıştır. Derişim artışına bağlı olarak kök, yaprak ve gövdelerdeki metal miktarlarının da arttığı bulunmuştur.

Chen ve ark. (2000), yapmış oldukları bir araştırmada, vetiver (Kabe samanı) çim bitkisinin çinko, kurşun, kadmiyum ve bakır ile bulaşmış topraklarda gelişiminin iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bitki gövdesinde çok yüksek konsantrasyonlarda kurşun, kadmiyum, bakır ve çinko sonucuna varılmıştır. Çalışma sonunda vetiver çiminin özellikle kadmiyum, kurşun ve çinkonun topraktan atılmasında etkili olabileceği lakin hasadı edilen bitkinin ağır metallerden ne şekilde arıtılabileceği ile ilgili detaylı çalışmaların yapılması gerekliliğini vurgulanmıştır.

Bekiaroglou ve Karataglis (2002), menta spicata (kıvırcık nane) bitkisinin klonlarında çinko ve kurşunun etkilerini araştırmışlardır. Bu bitkiler bu çözeltilerde iki hafta süresince kontrol altında tutulan bir çevrede gözlemlenmiştir. Bitkilerin kök uzunluğu ve üst ile alt yaprakların klorofil içeriği ölçülmüştür. Ayrıca bitki dokularının çinko ve kurşun miktarları belirlenmiştir. Metal konsantrasyonlarındaki artış kök

büyümesi, gövde büyümesi ve klorofil miktarı buna bağlı olarak azalma ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Kök büyümesindeki azalış ile ağır metalin konsantrasyonları arasındaki ilişkinin logaritmik olduğu tespit edilmiştir. Bitki dokularına kurşunun çinkodan daha fazla girdiği ancak yapraklara çinkodan daha az ulaştığı tespit edilmiştir.

Verma ve Dubey (2003), yaptıkları bir çalışmada kurşun elementinin bitkinin sürgünlerde köklere oranla daha az biriktiğini saptamışlardır. 10 ve 20 günlük periyotlarla kum kültüründe çeltik (*oryza sativa*) bitkisi yetiştirilerek 500 ve 1000 μM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ doz uygulanmasının yapıldığı çeltik (*oryza sativa*) bitkisinde köklerin büyüme oranının %22-42 ve sürgün büyüme oranının ise %25 düzeyinde azalma meydana geldiği, kökler ile absorbe edilen kurşun miktarının ise sürgünlere oranla 1.7-3.3 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kıran ve Munzuroğlu (2004), yaptığı araştırmada *Lens culinaris* (mercimek) bitkisinde tohumlarının çimlenmesi, fide büyümesi ve kuru-yaş ağırlık değişimleri üzerine klor tuzu halinde kullanılan kurşunun bu bitki üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Denemelerde 1, 2, 3 ve 4 mM'lık kurşun solüsyonları kullanılmış ve uygulanan kurşun dozlarının çimlenme döneminde ya da tohumun çimlenme sonrası döneminde kök uzunluğunu yüksek oranlarda engellediği sonucuna varılmıştır. Bunun, kurşun tuzu yoğunluğundaki artışa bağlı bir şekilde meydana geldiği saptanmıştır. *Lens culinaris* tohumlarının çimlendirilmesiyle yetiştirilen 15 günlük fidelerin 10 gün arayla aynı yoğunluktaki kurşun tuzuna bırakılmasıyla kök, yan kök sayısı ve gövde uzunluğunda azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Kurşun uygulanan fidelerin kuru ve yaş ağırlıklarında da çok mühim düşüşler görüldüğü belirlenmiştir. *Lens culinaris* fidelerinin kurşun tuzuna maruz kaldıkları periyodun sonunda, özellikle 3 ve 4 mM kurşun solüsyonunda yetişen fidelerde nekroz, kloroz ve solgunluk olayları meydana gelmiştir.

Ayhan (2006), kurşunun bazı mısır çeşitleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Deneme sonucunda kurşunun, mısır bitkisi çeşitlerinde gövde ve kök uzunluklarında önemli derecede inhibisyona neden olduğu belirlenmiştir. Tüm mısır çeşitlerinin yapraklarında ağır metal konsantrasyonlarının artmasından kaynaklı olarak MDA ve iyon sızıntısı miktarında artışlar meydana geldiği meydana gelmiştir. Antioksidan enzimlerin aktivitelerinde bu durum ağır metale ve mısırın çeşidine göre değişiklik göstermekle birlikte, konsantrasyona bağlı genellikle artış miktarında önemli değişiklikler

saptanmıştır. Kurşun konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak mısır çeşitlerinin yapraklarındaki pigment içeriğinin önemli bir derecede azalmalar görüldüğü bunun yanında karotenoidler, klorofil miktarına göre ağır metal stresinden çok daha az etkilendiği belirtilmiştir.

Zheljaskov ve ark. (2006), bu çalışmada bazı esansiyel yağ bitkilerinin, ağır metalle zenginleştirilmiş ve topraklarda yenilebilir ürünlere alternatif olarak yetiştirilebileceğini bildirmişlerdir. Bakır, kadmiyum ve kurşunun nane, fesleğen ve dereotu esansiyel yağları üzerindeki verim ile esans üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla araştırmalar yapmışlardır. Ayrıca bitki kısımlarında, damıtma ve bitki materyalinden sonra suda ve esansiyel yağlarda kadmiyum kurşun ve bakır birikimi de belirlemişlerdir. Dereotu, fesleğen ve nane, kadmiyum, kurşun ve bakır ortamı ile zenginleştirilmiş topraklarda, yağlara metal geçiş riski olmadan ve pazarlanabilirliği bozabilecek önemli yağ bileşimi olmadan değişiklik gösterebileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak aromatik bitkilerin kadmiyum, bakır ve bakır ile zenginleştirilmiş topraklar için alternatif ürünler olarak kullanılmasının desteklenebileceğini tespit etmişlerdir.

Papafilippaki ve ark. (2007), yapmış oldukları çalışmada ağırlıklı olarak limon, üzüm ve zeytin yetiştiriciliğinin yapıldığı ve kimyasal ilaçların kullanıldığı Chania bölgesinde ağır metal kirliliği üzerine yaptıkları bu çalışmada, bölgeyi temsilen 26 adet toprağın 0-25 cm derinliğinden örnek almışlardır. Alınan bu topraklardan toplam kurşun miktarının 11.48-33.55 mg.kg⁻¹ aralığında bulunmuş olup alınabilir kurşun içeriğinin ise 0.97-3.98 mg.kg⁻¹ aralığında bulmuşlardır. Bu miktarların genel sınır değerlerinin (2-300 mg.kg⁻¹) altında kaldığı tespit edilmiştir.

Maldonado ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada yem bitkileri tarımı yapılan ve atık suyla sulanan Chihuahua bölgesi topraklarında bulunan ağır metal değerlerini araştırmışlardır. Bu çerçevede atık suyla belli dönemde sulama yapılmayan ve sulama yapılan yerlerden alınmış topraklardan en yüksek kurşun değerini 155.83 mg.kg⁻¹ ile nehir suyu ve atık su ile sulanan topraklardan elde etmişlerdir.

Muhammad ve ark. (2008), yaptıkları bir çalışmada *Leucaena leucocephala*'nın (ada mimozası) fide gelişimi ve çimlenme üzerine kadmiyum ve kurşunun farklı doz uygulamalarının etkisini tayin etmek için yürütmüş oldukları çalışmada, bitkilerin laboratuvar şartlarında kadmiyum ve kurşunun 0, 25, 50 ve 100 ppm doz uygulamalarının etkisinde bırakılarak bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada kadmiyum ve kurşun

uygulamaları *L. leucocephala* 'nın çeşitli büyüme üzerinde toksik etkileri tespit edilmiştir. Kurşun yoğunluklarının 75 ppm dozuna kadar çıkarılması ve tohumun çimlenmesini kontrol gurubuna kıyasla önemli ölçüde ($p<0.05$) azalttığı görülmüştür. Kurşun yoğunluklarının 50 ppm dozunda kök ve fide gelişimini önemli ölçüde ($p<0.05$) azalttığı görülmüştür. Kök uzunluğu ve tohum çimlenmesi 50 ppm kadmiyum dozunun kontrol gurubuna göre önemli düzeyde azalış göstermiştir. Bitki fidelerinin kuru ağırlığı 25 ppm kadmiyum ve kurşun dozu ile ciddi derecede azaldığı tespit edilmiştir.

Öz ve Karasu (2010), susam bitkisinin çeşitlerinin ve hatlarının performanslarını tespit etmek amacıyla 2004–2005 yıllarında Osmanlı 99, Kepsut 99, Cumhuriyet 99, Tan 99 ve Orhangazi 99 çeşitleri ile Özbekistan ve Mustafakemalpaşa hatlarını kullanarak yaptıkları araştırmada; bitki başına düşen dal sayısı 4.2-5.3 adet, bitki boyu 102.0-121.1 cm, kapsüllerinin boyu 26.4-29.4 mm, 1000 tane ağırlıkları 3.0-3.9 g, %50 çiçeklenme gün sayısı 41.6-52.5 gün, bitki başına düşen kapsül sayısı 78.1-114.3 adet, kapsülün eni 5.0-6.3 mm ve tohum verimi 557.3-1185 kg/ha arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Kafadar ve Saygıdeğer (2010), Gaziantep ilinde tarımsal sulamada kullanılan atık sulardaki kurşun konsantrasyonunun bazı tarım ürünlerinde meydana getirdikleri kirliliğin boyutlarını incelemek amacıyla ölçümler yapılmıştır. Bu amaçla (*Capsicum annum*, *Lycopersicum esculentum*, *Zea mays*, *Solanum melongena*,) farklı bitki kısımlarında (gövde yaprak, kök) ve bu bitkilerin yetiştiği topraklarda kurşun miktarları yaş yakma metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bitki örneklerindeki kurşun miktarları, toprak sulama suyu ve temiz suyla sulaması yapılan Bostancık köyünden alınan sulama suyu, bitki ve toprak örnekleri ile karşılaştırılmıştır. İnceleme sonunda, bitkilerde ve bitkilerin yetiştirildiği toprak ile sulama suyunda ölçülen kurşun oranının kontrol bölgesine oranla önemli düzeyde artış gösterildiği tespit edilmiştir.

Metin (2010), kurşunun, alkali ve asidik şartlarda düşük seviyelerde çözünmediği brom ve klor tuzlarının suda az, hidroksit ve karbonat tuzlarının ise hiç çözünemeyeceği belirlenmiş olup kurşun kaynaklarından çok az bir oranda çevreye kurşun bulaşması meydana gelebileceği ve biyolojik döngüde çok az seviyede yer alabileceği belirtilmiştir. Kurşun ağır metalinin çevreye dağılımının çoğunlukla kurşun madenlerinin bulunduğu yerlerde ve işlendiği işletmelerin bacalarından çıkan ufak parçaların atmosfere yayılmasıyla meydana geleceği tespit edilmiştir.

Arslan ve ark. (2014), 2010 ve 2011 yıllarında GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Gündaş Araştırma istasyonu ile Talat Demirören Araştırma istasyonu olmak üzere iki farklı yerde sürdürdükleri Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki susamların çeşit ve genotiplerin performanslarını belirlemek için yaptıkları çalışmada teksele seleksiyon yöntemiyle seçilen susamların (*Sesamum indicum* L.) genotipleri ve üç kapsüllü olma özeliğine sahip olan Arslanbey çeşidinin kullanıldığı bu çalışma sonucunda elde edilen en yüksek tane verimi 1 112 ile 1 548 kg/ha civarında olup üç kapsüllü olan Arslanbey çeşidinden elde ettiklerini ortaya koymuşlardır.

Al-Chami ve ark. (2015), aspir ve sorgum bitkileri ile Ni, Zn ve Pb alımının mümkün olduğunu, köklerin gövdeye kıyasla fazla metal biriktirdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmada Ni ağır metalinin Zn ve Pb'den daha toksik etkili olduğu belirlenmiş, metal toksisitesi bakımından sıralamanın $Ni > Zn > Pb$ olduğu ve her iki türde de 10 mg.L^{-1} üzerindeki derişimde büyüme olmadığı belirlenmiştir. Biyokütle azalması ve yüksek oksisite belirtileri her iki türün 25 mg.L^{-1} üstündeki kurşun ve çinko derişimlerinde gözlenmiştir. Araştırmacılar sorgumun yüksek biyokütle üretimi ile nispeten gövdedeki yüksek metal derişimi sebebiyle aspire oranla ağır metal alımında daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Mukherjee (2015), çemende farklı konsantrasyonlarda ($5, 10, 15 \text{ mg.L}^{-1}$) Pb ve Cd fide gelişim parametreleri, klorofil a ve klorofil b içeriği, toplam serbest amino içeriği, karotenoid içeriği, protein içeriği, karbonhidrat içeriği, MDA oranının incelendiği çalışmada, her iki metal konsantrasyonu arttıkça fide gelişim parametreleri, karotenoid içeriği, klorofil a ve klorofil b de azalmalar gözlemlenirken, toplam serbest amino asit içeriği, çözünür protein içeriği, karbonhidrat içeriği ve MDA oranının kontrolle karşılaştırıldığında artışlar göstermiştir. Fakat her iki metal muamelesinde doz arttıkça MDA oranı hariç, söz konusu tüm parametrelerde azalmaların olduğu, MDA oranının ise ağır metal konsantrasyonu arttıkça artış gösterdiği belirlenmiştir.

Balouchi ve ark. (2017), fasulye bitkisinde, 50 mg.kg^{-1} konsantrasyonuna sahip nikel, kadmiyum, kurşun ve bakır gibi ağır metallerle yaptıkları çalışmada bu ağır metallerin bitkide kontrole kıyasla iyon sızıntısı miktarını arttırdığını ve fotosentez oranını düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Yıldırım ve ark. (2019), roka (*Eruca sativa* L.) bitkisinde yaptıkları çalışmada kadmiyum ($0, 100, 150$ ve 200 mg.kg^{-1}) ve kurşun ($0, 1000, 1500$ ve 2000 mg.kg^{-1})

uygulanmış olup her iki ağır metalin de bitki gelişimi, klorofil içeriğini ve fotosentetik aktiviteyi negatif bir şekilde etkilediğini saptamışlardır.

Pandian ve ark. (2020), yaptıkları bir çalışmada Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) bitkisine değişik dozlarda (100, 200, 300, 400, 500 μM) beş farklı ağır metal (arsenik, bakır, kadmiyum, nikel ve kurşun) uygulaması yapılmış ve bu ağır metal uygulamalarının bağıl su içeriklerinde, klorofil miktarında, toplam biyokütle ve bitkilerin büyümesinde azalmalara sebep olduğu bildirilmiştir. İyon sızıntısının ise konsantrasyon artışına paralel olarak arttığı saptanmıştır.

Alzahrani ve ark. (2020), yıldız çiçeği bitkisinde yaptıkları çalışmada kurşun (0, 100, 500 ve 5000 mg.kg^{-1}) ve kadmiyum (0, 10, 25 ve 100 mg.kg^{-1}) uygulaması altında bitkilerin yaprak oransal su kapsamı (YOSK), büyüme ve pigment içeriği kontrol gurubuna kıyasla önemli bir azalma görüldüğü bildirilmiştir.

Gül ve Yazıcı (2021), kurşun (1000, 1500 ve 2000 mg.kg^{-1}) ve kadmiyum (0, 100, 150 ve 200 mg.kg^{-1}) uygulamalarının tek yıllık çimin (*Lolium multiflorum*) bitki gelişimi ve bazı fizyolojik ve özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada bitki kök, fide boyu, yaprak alanı, kuru ve taze ağırlıkları, yaprak sayısı, klorofil, elektriksel iletkenlik ve DOSİ gibi parametrelerin ağır metal stresinden olumsuz etkilendiğini tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Deneme, 2021 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait iklim odasında yürütülmüştür. Araştırmada tohumluk materyali olarak daha önceki yüksek lisans çalışmalarında kullanılan Cumhuriyet, Orhangazi ve Sarısu susam çeşitleri kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Susam bitkisinin farklı morfolojik dönemleri.

Çalışmada kullanılan cumhuriyet çeşidinin tescil yılı 1999 olup bitki boyu değerleri 139.4 cm olup ana ve ikinci ürün koşullarına uygun, bol dallanan, bol kapsüllü ve yüksek verimlidir. Yağ oranı %33.8 olup tohum verimi 127.9 kg/da civarındadır, bin tane ağırlığı 3.68 g dolaylarındadır (Bürkük ve Tunçtürk, 2021).

Çalışmada kullanılan orhangazi çeşidinin tescil yılı 1999 olup bitki boyu 159.7 cm yapraklar ve gövde çok seyrek tüylü, koyu yeşil ve almasıklı, çiçekler gölgeli beyaz açık pembe renktedir, yan dal sayısı 3.52 adet değişiklik göstermektedir. Ana ve ikinci ürün ekime uygun, yağ oranı %38.1, bin tane ağırlığı 3.71 g dolaylarındadır (Bürkük ve Tunçtürk, 2021).

Çalışmada kullanılan sarısu çeşidinin tescil yılı 2012 olmakla birlikte bitki boyu 166.7 cm, gövde ve yapraklar çok seyrek tüylü, almasıklı koyu yeşil, beyaz yan dal sayısı 5.13 adet, çiçekler açık pembe-gölgeli, taneler sarı renkli, kapsüller seyrek tüylü, iki karpelli, geniş, uzun, dikdörtgendir. Tarımsal özelliği ana ve ikinci ürün ekimine uygun, erkenci, verim, yağ oranı %34.4, bin tane ağırlığı 3.77 g dolaylarındadır (Bürkük ve Tunçtürk, 2021)

3.2. Yöntem

Deneme, 500 cc'lik plastik bardak saksılarda, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre faktöriyel düzende 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada, 4 farklı Kurşun dozu (0, 25, 50, 100 mg/L PbSO₄) ve 3 farklı susam çeşidi (Cumhuriyet, Orhangazi, Sarısu) kullanılmıştır. Çalışmada 48 saksıya 4 tohum ekilmiş ve bitkiler çıkış yaptıktan sonra seyreltme işlemi her saksıda tek bitki kalacak şekilde yapılmıştır.

Tohumlar öncelikle %5'lik Sodyumhipoklorid ile 15 dakika sterilize edilmiş ve saf su ile iyice yıkandıktan sonra ekime hazır hale getirilmiştir. Toprak hazırlığı 1/3 perlit ve 2/3 toprak karışımı ile doldurulan 500 cc' lik plastik saksılara dikilmiştir. Hazırlanan saksılara tohum ekimi yapılmıştır. Ekimden sonra saksılar 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25°C sıcaklık %65 neme sahip iklim odasına taşınmış ve bitkiler burada yetiştirilmiştir. Bitkilere temel gübreleme olarak, her bir saksıya 100 mg/kg N, 45 mg/kg P ve 75 mg/kg K uygulanmıştır. Belirli bir olgunluğa gelen bitkilere kurşun dozu uygulamalarına başlanmıştır. Kurşun uygulaması ekimden sonra ilk doz uygulaması 34.günde yapılmış olup toplam 3 er gün arayla 3 doz yapılmıştır. Sulama suyu olarak saf

su kullanılmıştır. Bitkilerde fizyolojik sorunlar gözlemlenip 44. günde gerekli analizler için hasat yapılarak deneme sonlandırılmıştır (Tunçtürk ve ark., 2020; Seymen ve Önder, 2015).

3.2.1. Bitkide gözlemlenen morfolojik gelişim parametreleri

Yapılan çalışmada morfolojik gelişim parametreleri (Cemre, 2020; Tunçtürk ve ark., 2020) tarafından gerçekleştirilen ölçümlere göre yapılmıştır.

3.2.1.1. Kök uzunluğu (cm)

Bitkilerin kök kısmının en uç kısmından kök boğazına kadar olan kısmı ölçülerek bulunmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Susam bitkisinin kök uzunluğu.

3.2.1.2. Gövde uzunluğu (cm)

Bitkilerin toprak seviyesinden en uç noktaya kadar olan yükseklikleri ölçülerek bulunmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Susam bitkisinin gövde uzunluğu.

3.2.1.3. Kök yaş ağırlığı (g)

Uygulamaları temsil eden bitkilerin kök kısmı ayrıldıktan sonra hassas terazide kök yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.1.4. Gövde yaş ağırlığı (g)

Uygulamaları temsil eden bitkiler toprak seviyesinden biçildikten sonra hassas terazide gövde yaş ağırlıkları belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Susam bitkisinin gövde yaş ağırlığı.

3.2.1.5. Kök kuru ağırlığı (g)

Hasat sonrası bitki örnekleri 70°C' ye ayarlanan etüvde 48 saat süresince bekletilerek kök kuru ağırlıkları hesaplanmıştır.

3.2.1.6. Gövde kuru ağırlığı (g)

Hasat sonrası bitki örnekleri 70°C' ye ayarlanan etüvde 48 saat bekletilerek gövde kuru ağırlıklar hesaplanmıştır.

3.2.2. Bitkide gözlemlenen fizyolojik ve biyokimyasal değişim parametreleri

Yapılan çalışmada fizyolojik ve biyokimyasal değişim parametreleri (Cemre, 2020; Tunctürk ve ark., 2020) tarafından gerçekleştirilen ölçümlere göre yapılmıştır.

3.2.2.1. Yaprak dokularında bağıl su içeriği (RWC) (%)

Bitkilerin oransal su içeriklerini belirlemek için hasattan hemen sonra her bir yapraktan 4 adet disk kesilip yaş ağırlıkları tartılmıştır. Yaprak diskleri, 2 saat boyunca, 25°C'de ultra saf suda bekletilerek, turgorlu ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra örnekler, 110°C'de 24 saat boyunca kurutularak ağırlıkları kaydedilmiştir. Bağıl (oransal) su içeriği, Arora ve ark. (2002)'na göre hesaplanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Susam bitkisinin yaprak dokularındaki bağıl su içeriği.

3.2.2.2. Lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi (MDA nmol g⁻¹T.A)

Bitkilerde lipid peroksidasyonu malondialdehit (MDA) içeriği olarak ifade edilmektedir. Amacına uygun olarak alınan 0.5 g yaprak örneği 10 ml %0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 g'da 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin süpernatant kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml %20'lik TCA içerisinde çözölmüş %0.5' lik tiobarbiturik asit (TBA) eklenmiştir. Karışım 95°C su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulup 10000 g'da 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra süpernatant kısmının 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbansı belirlenmiş ve malondialdehit (MDA) içeriği tespit edilmiştir (Heath ve Packer, 1968; Sairam ve Saxena, 2000) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi.

3.2.2.3. Yaprak dokularında iyon sızıntısının belirlenmesi (%)

Hasattan önce alınan yaş yaprak örnekleri (0.1 g) önce çeşme suyu ile daha sonra saf su ile yıkanıp bitki örnekleri 10 ml saf su içerisinde 40°C' de 30 dakika bekletilerek çözeltinin EC'si ölçölmüştür. Sonra sıcak su banyosunda 100°C' de 10 dakika bekletilen örnekte EC tekrar ölçölmüş ve yaprak dokularında iyon sızıntısı hesaplanmıştır (Premchandra ve ark., 1990; Sairam, 1994) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yaprak dokularında iyon sızıntısının belirlenmesi.

3.2.2.4. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (%)

Alınan yaprak örnekleri (0.1 g) önce musluk suyu ile daha sonra saf su ile yıkanmış ve bitki örnekleri 10 ml saf su içerisinde 40°C’de 30 dakika bekletilip çözeltinin EC’si ölçülmüş, su banyosunda 100°C’de 10 dakika bekletilen örnekte EC tekrar ölçülerek yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi veya membran stabilite indeksi hesaplanmıştır (Premchandra ve ark., 1990; Sairam, 1994).

3.2.2.5. Yaprak alanı (cm²)

Yaprak şekilleri çizilerek alan ölçer aleti (planimetre) kullanılarak cm² olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yaprak alanı.

3.2.2.6. Toplam klorofil (SPAD)

Klorofil içeriği, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile belirlenmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Toplam klorofil oranının belirlenmesi.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kök Uzunluğu (cm)

Susam bitkisine uygulanan farklı kurşun konsantrasyonlarının kök uzunluğu üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de, kök uzunluğu değerlerine ilişkin ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen kök uzunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	2.223	0.692 öd
Kurşun (Pb)	3	30.727	9.561**
ç x Pb	6	30.987	9.642**
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli. öd istatistiksel olarak önemli değil.

Varyans analiz sonuçlarına göre çalışmada kullanılan susam çeşitlerinden elde edilen kök uzunluğu değerleri arasında istatistiki olarak bir farklılık bulunmamıştır. Bunun yanında çalışmada uygulanan farklı kurşun dozları sonucu elde edilen kök uzunlukları arasındaki farklılık ile çeşit x Pb interaksyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen kök uzunluğu (cm) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	14.50 a-c	12.00 c	17.50 a-b	14.66 A
25	18.50 a	13.90 c	14.50 b-c	15.62 A
50	9.75 c	14.50 b-c	14.25 b-c	12.83 B
100	13.00 c	13.25 c	10.25 c	12.16 B
Ortalama	13.93	13.40	14.12	
VK: 12.96			LSD: 1.285	

Bu araştırmada; farklı kurşun dozu uygulamaları altında yetiştirilen çeşitlere ait ortalama değerler incelendiğinde, kök uzunluğu değerleri 12.16-15.62 cm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek kök uzunluğu ortalama 15.62 cm ile 25 ppm Pb uygulamasından ve en kısa kök uzunluk değeri 12.16 cm ile 100 ppm Pb uygulamasından alınmıştır. 0-25 ppm Pb dozu uygulamalarından ve 50-100 ppm kurşun dozu uygulamalarından elde edilen kök uzunluğu değerleri istatistiki olarak iki farklı grupta yer almışlardır (izelge 4.2). Çalışmada kullanılan susam eşitleri açısından elde edilen kök uzunluğu değerleri 13.40-14.12 cm olarak elde edilmiştir. Ancak bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Balsberg Pahlsson (1989, kurşunun köklerden yeşil akşamlara taşınımının az olmasından kaynaklı köklerin bu ağır metale karşı biyokimyasal ve fizyolojik tepkilerinin fazla olduğu ortaya konmuştur. *Zea mays* (mısır) bitkisinde 200 mg/L kurşunun kök ve sürgün oranında azalmalara sebebiyet verdiği ve kurşun miktarlarının bitki gelişiminde olumsuz etki gösterdiği vurgulanmıştır.

Ewais (1997), nikel, kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarının otsu bitkilerde, ağır metallerin dozları artışıyla konu olan tüm türlerin hacmi, kök uzunluğu, bitki ağırlığı ve sürgün büyümesi gibi birçok bitki gelişimi özelliklerinde önemli seviyelerde azalış meydana geldiği tespit etmiştir

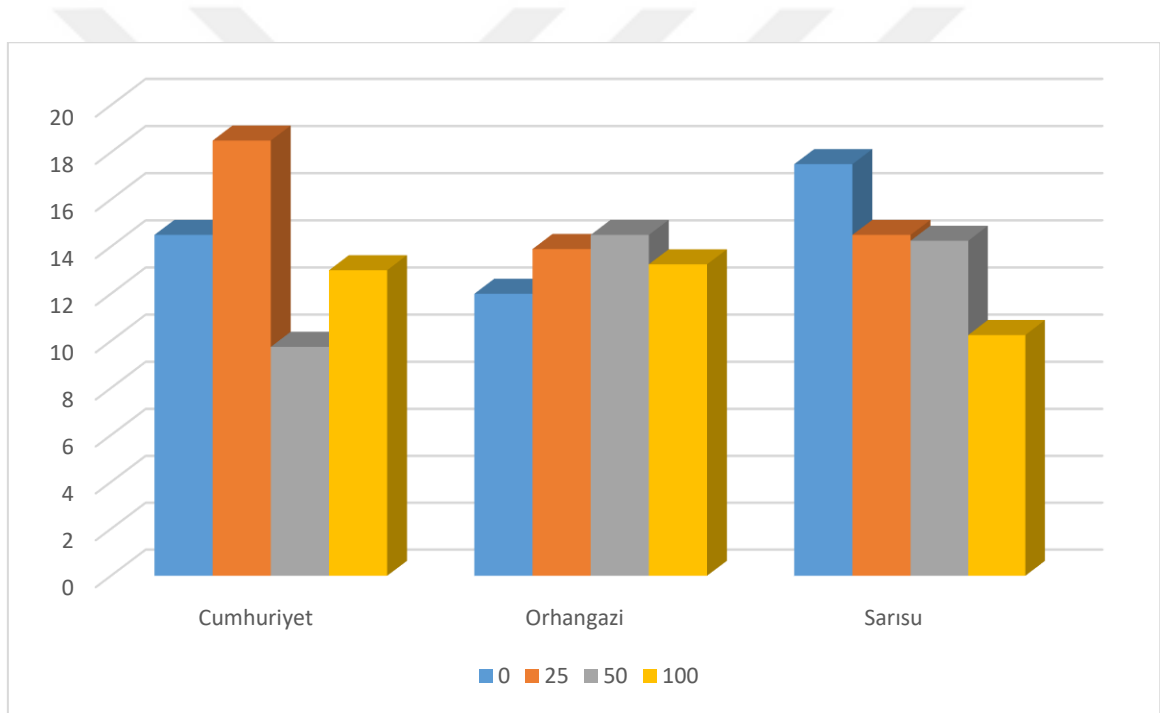
Godbold ve ark. (1987). *picea abies* bitkisinin fidelerinde yapılan çalışmada kurşunun kök uzamasını engellediği araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur İlgili literatürlerin çalışmamız ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

Shu ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada *Paspalum distichum* L. (Yalandarısı) ve *Cynodon dactylon* L. Pers (Kpekdişi ayrığı) populasyonları üzerinde 14 gün boyunca kurşun (5, 10, 20 ve 40 mg.L⁻¹), inko (2,5, 5, 10, 20 ve 30 mg.L⁻¹) ve bakır (0,25, 0,50, 1 ve 2 mg.L⁻¹)'ın etkilerini incelemiştir. Maden yataklarından ve kirlenmemiş alanlardan alınan bitki örneklerine laboratuvar koşullarında farklı konsantrasyonlarda kurşun, çinko ve bakır uygulandıktan sonra, bitkilerdeki metal içeriği ve kök büyümesindeki değişimler belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre tüm metal uygulamalarının her iki bitki türünde de kök büyümesini azalttığı vurgulanmıştır. *Paspalum distichum*'un kurşun ve çinko ye toleransının daha yüksek olduğu, *C.dactylon*'un ise bakır toleranslı olduğu vurgulanmıştır.

olak ve Doğan (2011), yaptıkları çalışmada kurşun uygulama dönemi sonunda, ekmeklik buğdayın kontrol fidelerinin kök uzunluklarının deney başlangıcına oranla

%41.4' lük bir artış gösterdiklerini belirlenmiştir. Araştırmacılar bulgularımıza benzer şekilde kurşun konsantrasyonu artışına bağlı olarak kök uzunluk değerinin azaldığını sonucuna ulaşmışlardır. Bu da yaptığımız çalışmayla paralellik göstermiştir.

Çalışmada kullanılan farklı susam bitkisi çeşitlerinin farklı Pb dozu uygulamalarından alınan bitki kök uzunluğu değerlerinin farklı seviyelerde oluşması sonucunda oluşan çeşit x Pb interaksyonu istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan 4 değişik Pb dozu uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek kök uzunluk değeri 18.50 cm ile 25 (mg.L⁻¹) Pb grubundan alınırken en düşük kök uzunluk değeri 9.75 cm ile 50 (mg.L⁻¹) Pb uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Kök uzunluğu değerlerine ilişkin ç x Pb interaksyonu.

4.2. Gövde Uzunluğu (cm)

Susam bitkisine uygulanan farklı kurşun konsantrasyonlarının gövde uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'te, gövde uzunluğuna ait oluşan ortalama değerler ve oluşan duncan grupları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen gövde uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	1.828	0.599 öd
Kurşun (Pb)	3	14.560	4.773**
ç x Pb	6	3.779	1.239 öd
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli. öd istatistiksel olarak önemli değil.

Varyans analiz sonuçlarına bakıldığında susam çeşitlerinden elde edilen gövde uzunluğu değerleri arasında farklılık ile çeşit x Pb dozu interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır Bunun yanında çalışmada uygulanan farklı kurşun dozları sonucu elde edilen gövde uzunlukları ise istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen gövde uzunluğu (cm) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

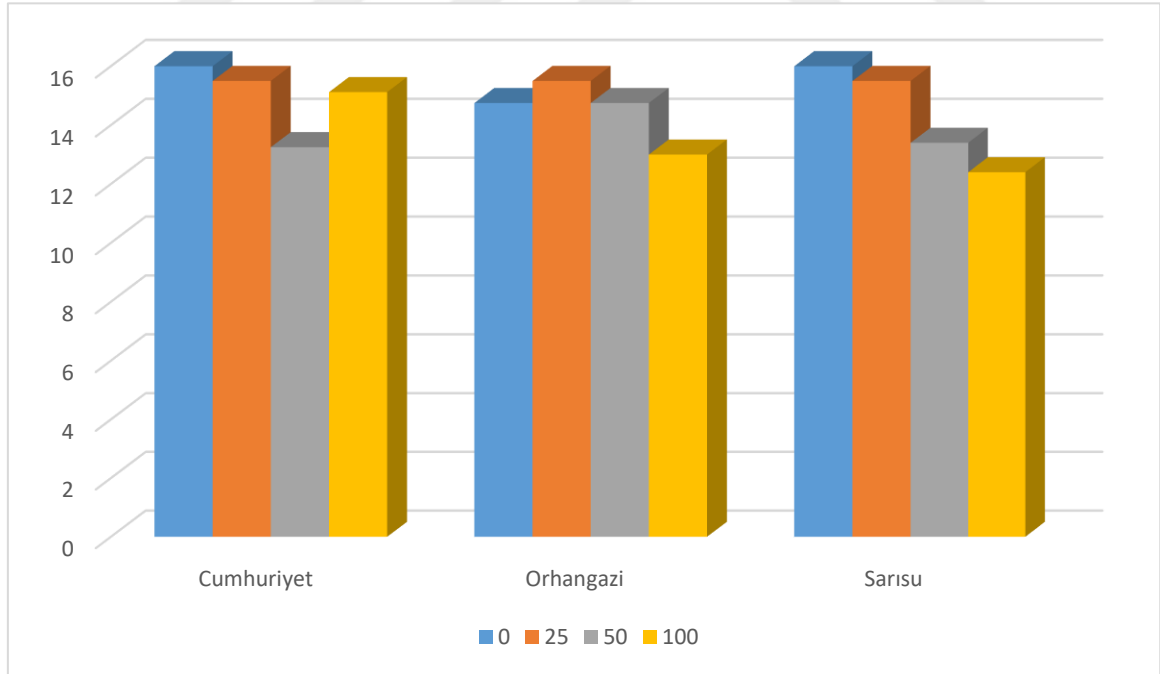
Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	16.0	14.75	16.0	15.58 A
25	15.5	15.5	15.5	15.50 A
50	13.25	14.75	13.4	13.79 B
100	15.12	13.0	12.4	13.50 B
Ortalama	14.96	14.50	14.31	
	VK: 11.96		LSD: 1.252	

Bu araştırmada; farklı kurşun dozu uygulamaları altında yetiştirilen çeşitlere ait ortalama değerler incelendiğinde, gövde uzunluğu değerleri 13.50-15.58 cm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek gövde uzunluğu ortalama 15.58 cm ile kontrol grubu uygulamasından ve en kısa gövde uzunluk değeri 13.50 cm ile 100 ppm kurşun uygulamasından alınmıştır. 0-25 ppm kurşun uygulamalarından ve 50-100 ppm kurşun uygulamalarından elde edilen gövde uzunluk değerleri istatistiki olarak iki farklı grupta yer almışlardır. Artan kurşun dozu uygulamalarında gövde uzunluğu azalış göstermektedir. Çalışmada kullanılan susam çeşitleri açısından elde edilen gövde uzunluk değerleri 14.31-14.96 cm olarak elde edilmiştir. Ancak bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.4).

Ergün ve Öncel (2009), buğday bitkisinde kadmiyum, kurşun ve çinko, GA3 ve ABA hormon ve ağır metallerin birlikte uygulanması sürgün ve kök büyümesi üzerine olan etkilerini süreye bağlı olarak (5. ve 10. gün) araştırıldığı çalışmada sürgün ve kök büyümesinin engellenmesi ağır metallerin yoğunluğu ve uygulama zamanı artışına paralel olduğu tespit etmişlerdir.

Sultan (2012), perlit ortamında yetiştirilen yer fıstığının (*Arachis hypogaeae* L. cv. Sultan) kurşunun dozlarının (0, 10, 100 ve 1000 mg.L⁻¹) gelişime ve büyüme üzerine etkisi incelendiği bir çalışmada kurşun miktarı artıkça metalin olumsuz etkisinin arttığı aynı zamanda uygulamayla birlikte yer fıstığı bitkilerinin yaprak kök ve gövdelerindeki miktarının da yükseldiğini belirtmiştir.

Yapılan çalışma sonucu farklı kurşun dozu uygulamalarından alınan bitki gövde uzunluğu 16.0-12.4 cm olarak bulunmuştur. En yüksek gövde uzunluğu değeri 16.0 cm ile kontrol grubunda alınırken en düşük gövde uzunluğu değeri 12.4 cm ile 100 ppm kurşun dozundan elde edilmiştir. Ancak çeşit x Pb interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Gövde uzunlukları değerlerine ilişkin χ x Pb interaksyonu.

4.3. Kök Yaş Ağırlığı (g)

Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde kök yaş ağırlığı etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te kök yaş ağırlığına ilişkin oluşan ortalama değerler ve oluşan duncan grupları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen kök yaş ağırlığı (g) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	0.100	21.851 **
Kurşun (Pb)	3	0.238	51.858 **
Ç x Pb	6	0.096	21.034 **
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli.

Varyans analiz sonuçlarına bakıldığında susam çeşitleri elde edilen kök yaş ağırlığı ile kurşun uygulamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca çeşit x Pb dozu interaksyonu istatistiki olarak %1 seviyesinde farklılık görülmüştür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen kök yaş ağırlığı (g) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	0.509 b-d	0.312 d-f	0.596 b	0.472 B
25	0.909 a	0.526 b-c	0.426 c-d	0.620 A
50	0.348 d-e	0.444 c-d	0.418 d	0.403 B
100	0.377 d	0.284 e-f	0.186 f	0.282 C
Ortalama	0.536 A	0.391 B	0.406 B	
	VK: % 15.25		LSD: 0.056	

Bu araştırmada; uygulanan kurşun dozları sonucunda elde edilen kök yaş ağırlık ortalama değerler incelendiğinde 0.282-0.620 g arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında en yüksek kök yaş ağırlığı ortalama değeri 0.620 g ile 25 ppm kurşun uygulamasından ve en düşük kök yaş ağırlığı değeri ise 0.282 g ile 100 ppm kurşun uygulamasından alınmıştır. Kontrol grubu ve 50 ppm kurşun

uygulamaları rakamsal olarak birbirinden farklı olmasına karşın istatistiki olarak aynı grupta yer almaktadır (Çizelge 4.6).

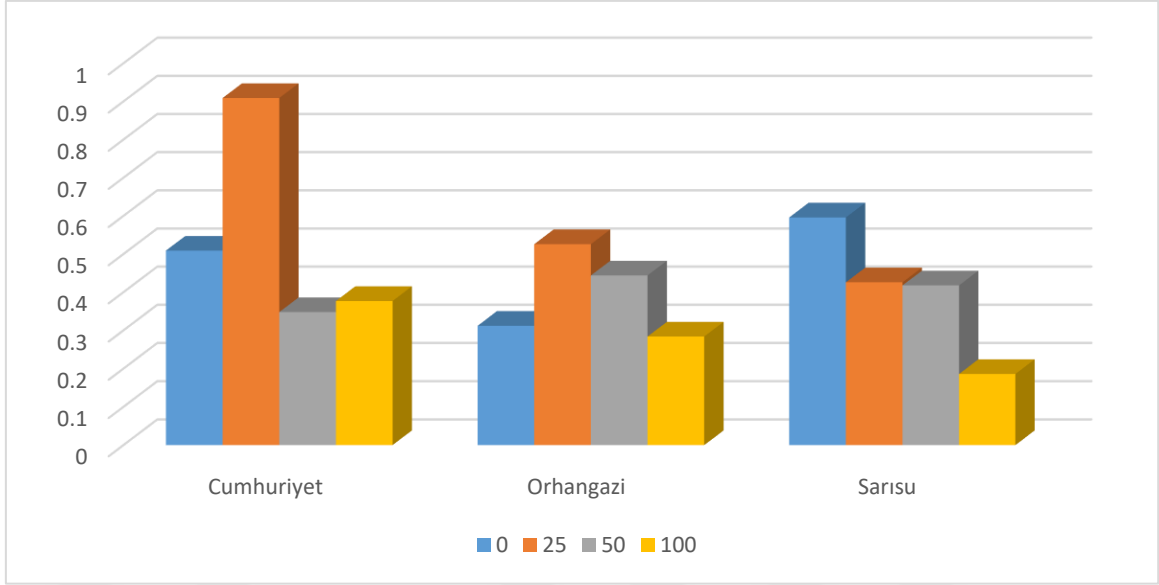
Çalışmada kullanılan susam çeşitleri açısından elde edilen ortalama kök yaş ağırlık değerleri 0.391-0.536 g arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek kök yaş ağırlık değeri 0.536 g ile cumhuriyet çeşidinden alınırken en düşük kök yaş ağırlık değeri 0.391 g ile Orhangazi çeşidinden elde edilmiştir. Orhangazi ve sarısu çeşitleri istatistiki olarak aynı grupta yer almaktadır (Çizelge 4.6).

Sharma ve Dubey (2005), topraklarda yoğunlukla bulunan metal kirleticiler kurşun, bakır, kadmiyum, cıva, nikel, krom ve arsenik ağır metalleridir. Kurşunun bitkiler üzerindeki etkileri kloroz ve yeşil aksam ile kök gelişiminin engellenmesidir. Bitkiler tarafından çok düşük oranda alınan kurşun bile fizyolojik süreç üzerine olumsuz etki yapmakta olduğunu belirtmişlerdir.

Kurşun stresine maruz bırakılmış bitkilerde kök yaş ağırlıklarında azalma meydana geldiği Fargašová (1994) ve Akıncı ve ark. (2010) tarafından da bildirilmiştir.

Araştırmacılar bulgularımıza benzer şekilde kurşun konsantrasyonu artışına bağlı olarak kök yaş ağırlığının azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu da yaptığımız çalışmayla paralellik göstermiştir.

Yapılan çalışma sonucu farklı Pb dozu uygulamalarından alınan bitki kök yaş ağırlığı değerlerinin farklı seviyelerde oluşması çeşit x Pb interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan Dört farklı Pb dozu uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek kök yaş ağırlığı değeri 0.909 g ile 25 (mg/L) Pb grubundan alınırken en düşük kök yaş ağırlığı değeri 0.186 g ile 100 (mg/L) Pb uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Kök yaş ağırlığı oranına ilişkin ç x Pb interaksiyonu.

4.4. Gövde Yaş Ağırlığı (g)

Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde gövde yaş ağırlığı üzerindeki etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de gövde yaş ağırlığına ait oluşan ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen gövde yaş ağırlığı (g)değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	2.571	54.125**
Kurşun (Pb)	3	1.595	33.584**
ç x Pb	6	0.243	5.121**
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli.

Varyans analiz sonuçlarına bakıldığında susam çeşitlerinden elde edilen gövde yaş ağırlığı ile kurşun dozu uygulamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca çeşit x Pb dozu interaksiyonu istatistiki olarak %1 seviyesinde farklılık görülmüştür (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen gövde yaş ağırlığı (g) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısı	Ortalama
0	2.33 a-b	1,53 c-e	1,66 b-d	1.840 A
25	2,62 a	1,91 b-c	1,29 d-e	1.944 A
50	1,71 b-c	1,63 c-d	1,12 e	1.488 B
100	1,41 d-e	1,21 e	0,79 f	1.141 C
Ortalama	2.019 A	1.572 B	1.219 C	
	VK: 13.591		LSD: 0.180	

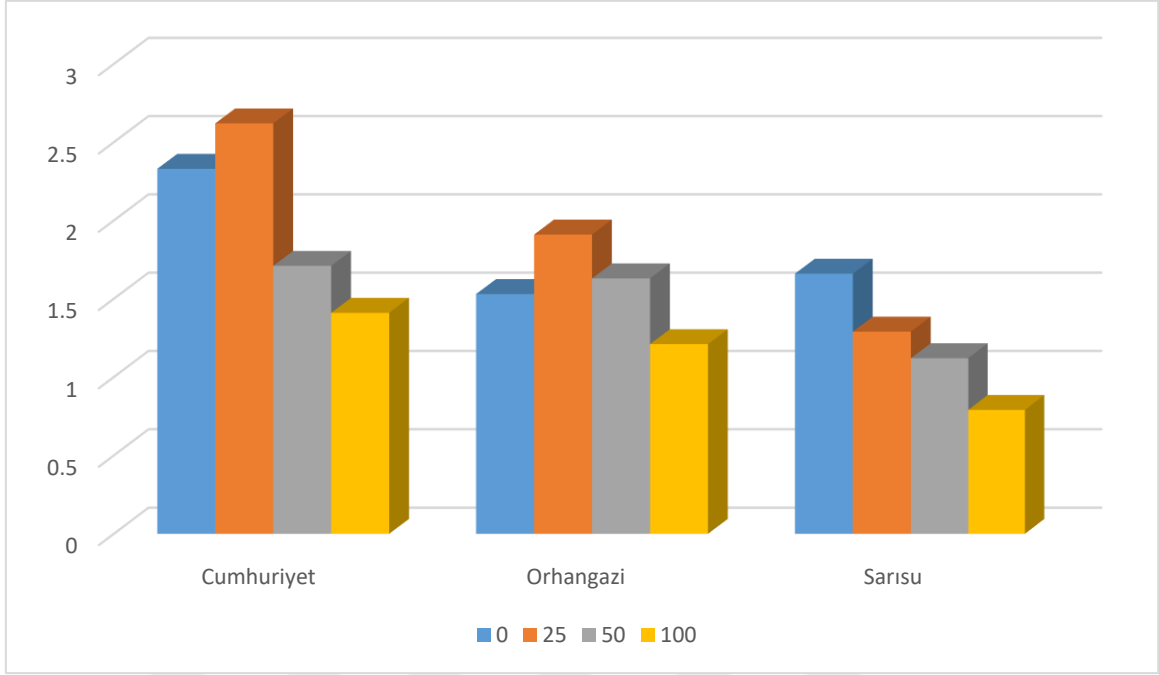
Bu çalışmada; farklı kurşun dozu uygulamaları altında yetiştirilen susam çeşitlerine ait ortalama değerler incelendiğinde gövde yaş ağırlığı ortalamaları 1.141-1.944 g arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en yüksek gövde yaş ağırlık ortalaması 1.944 g ile 25 ppm uygulamalarından elde edilirken, en düşük gövde yaş ağırlık ortalaması 1.141 g ile 100 ppm uygulamasından alınmıştır. Kontrol grubu ve 25 ppm kurşun uygulamaları rakamsal olarak farklı olmasına rağmen istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. (Çizelge 4.8).

Bu çalışmada elde edilen bulgular sonucunda gövde yaş ağırlığı ortalama 1.219-2.019 g arasında bulunmuştur. En yüksek gövde yaş ağırlığı 2.019 g ile Cumhuriyet çeşidinden elde edilmiştir. En düşük gövde yaş ağırlığı 1.219 g ile Sarısı çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Eren ve Dağhan (2014), mercimek (*Lens culinaris*) bitkisi ile yapmış oldukları çalışmada kurşunun artan dozlarının yaprak oluşumunu sekteye uğrattığını yapraklarda nekroz, solgunluk ve kloroza neden olduğunu ve sonuç olarak bitki kuru ve yaş ağırlığında azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Büyümenin bir diğer göstergesinin de ağırlık artışı olduğu bilinmektedir. Ağır metal stresinin bitkilerde ağırlık artışının azalmasına neden olduğu birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. (Ouzounidou ve ark., 1997; Vitoria ve ark., 2001).

Çalışmada kullanılan farklı susam bitkisi çeşitlerinin Pb uygulamalarına olan tepkilerinin farklı olması çeşit x Pb interaksiyonunun istatistiksel %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan 4 farklı Pb dozu uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek gövde yaş ağırlık değeri 2.62 g ile 25 ppm grubundan alınırken en düşük gövde yaş ağırlığı değeri 0.79 g ile 100 ppm kurşun uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Gövde yaş ağırlığına ait ç x Pb interaksyonu.

4.5.Kök Kuru Ağırlığı (g)

Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde kök kuru ağırlık etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da kök kuru ağırlığına ait oluşan ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen kök kuru ağırlığı (g) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	0.0014	16.537**
Kurşun (Pb)	3	0.0045	51.853**
ç x Pb	6	0.0028	32.357**
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre çalışmada kullanılan susam çeşitlerinden elde edilen kök kuru ağırlığı değerleri ve kurşun dozu uygulamaları arasındaki farklılık istatistik olarak %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çeşit x Pb

uygulamalarının interaksiyonu istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.10. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen kök kuru ağırlığı (g) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	0.066 c-e	0.043 e-f	0.099 b	0.069 B
25	0.122 a	0.069 c-d	0.057 c-e	0.083 A
50	0.038 f	0.056 d-e	0.070 c	0.055 C
100	0.054 e	0.036 f	0.022 g	0.037 D
Ortalama	0.07 A	0.051 C	0.062 B	
VK: 15.282			LSD: 0.007	

Bu araştırmada; farklı kurşun dozu uygulamaları altında yetiştirilen çeşitlere ait ortalama değerler incelendiğinde kök kuru ağırlığı ortalamaları 0.037-0.083 g arasında farklılık göstermiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre en yüksek kök kuru ağırlığı ortalama değeri 0.083 g ile 25 ppm kurşun grubundan alınırken en düşük kök kuru ağırlığı 0.037 g ile 100 ppm kurşun uygulamasından alınmıştır. Artan oranda kurşun uygulamaları kök kuru ağırlığı üzerinde önemli bir azalışa neden olmuştur (Çizelge 4.10).

Bu çalışmada elde edilen bulgular sonucunda en yüksek kök kuru ağırlık ortalaması 0.051-0.07 g arasında bulunmuştur. En yüksek kök kuru ağırlığı 0.07 g ile cumhuriyet çeşidinden elde edilirken en düşük kök kuru ağırlık değeri 0.051 g ile Orhangazi çeşidinden elde edilmiştir.

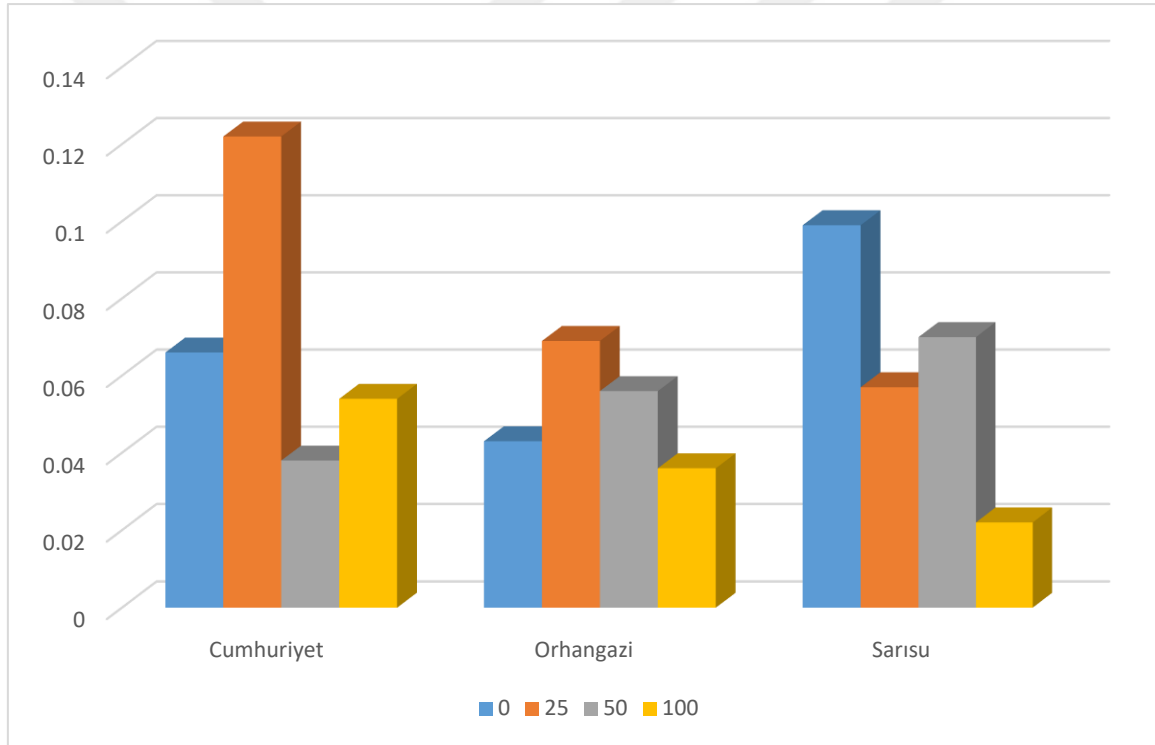
Hussain ve ark. (2013), farklı dozlardaki kurşunun mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin büyümesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada; çimlenme, erken fide büyümesi, sürgün- kök uzunluğu, sürgün-kök kuru ve taze ağırlıkları, toplam protein içeriklerinde azalmaların meydana geldiği saptanmıştır.

Farooqi ve ark. (2009), 10, 30, 50, 70 ve 90 µmol/L kadmiyum ve kurşun uygulamasından *Albizia Lebbeck* (L.) bitkisinde kök gelişimi, sürgün ve kuru biyokütle etkisini arttırmıştır. Kontrole kıyasla bütün dozların bitki gelişimini etkilediğini belirlemişlerdir. Artan kurşun ve kadmiyum dozlarında kuru biyokütlenin azaldığını belirlemişlerdir.

Khan ve Khan (1983) yapmış oldukları çalışmada, kadmiyum ve kurşunun patates ve domates bitkilerinde kuru madde üzerindeki etkisine bakılmış, kadmiyum ve kurşunun

düşük dozlarda olumlu etki ettiği, yüksek dozlarda ise toksik olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar bulgularımıza benzer şekilde kurşun konsantrasyonu artışına bağlı olarak kök kuru ağırlığının azaldığını ancak düşük dozlarda kök kuru ağırlığını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu da yaptığımız çalışmayla paralellik göstermiştir

Yapılan çalışmada kullanılan farklı susam çeşitlerinin Pb uygulamalarına olan tepkilerinin farklı olması çeşit x Pb interaksyonu istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan dört farklı Pb uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek kök kuru ağırlığı değeri 0.122 g ile 25 ppm Pb dozu grubundan alınırken en düşük kök kuru ağırlığı değeri 0.022 g ile 100 ppm Pb dozu uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Kök kuru ağırlığı oranına ilişkin ç x Pb interaksyonu

4.6. Gövde Kuru Ağırlığı (g)

Kurşun stresi altında yetiştirilen Susam bitkisinde kurşunun gövde kuru ağırlığı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de gövde kuru ağırlığına ait oluşan ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen gövde kuru ağırlığı (g) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	0.017	16.249**
Kurşun (Pb)	3	0.012	11.123**
ç x Pb	6	0.011	10.359**
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre gövde kuru ağırlığı bakımından susam çeşitleri ile kurşun dozu uygulamaları farkının istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çeşit x Pb dozu uygulamalarının interaksyonu istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen gövde kuru ağırlığı (g) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	0.294 a-b	0.164 c-d	0.241 b-c	0.233 B
25	0.357 a	0.270 b	0.217 b-c	0.281 A
50	0.216 b-c	0.268 b	0.213 b-c	0.232 B
100	0.218 b-c	0.248 b	0.148 d	0.204 B
Ortalama	0.271 A	0.238 A-B	0.205 B	
	VK: 13.831			LSD: 0.027

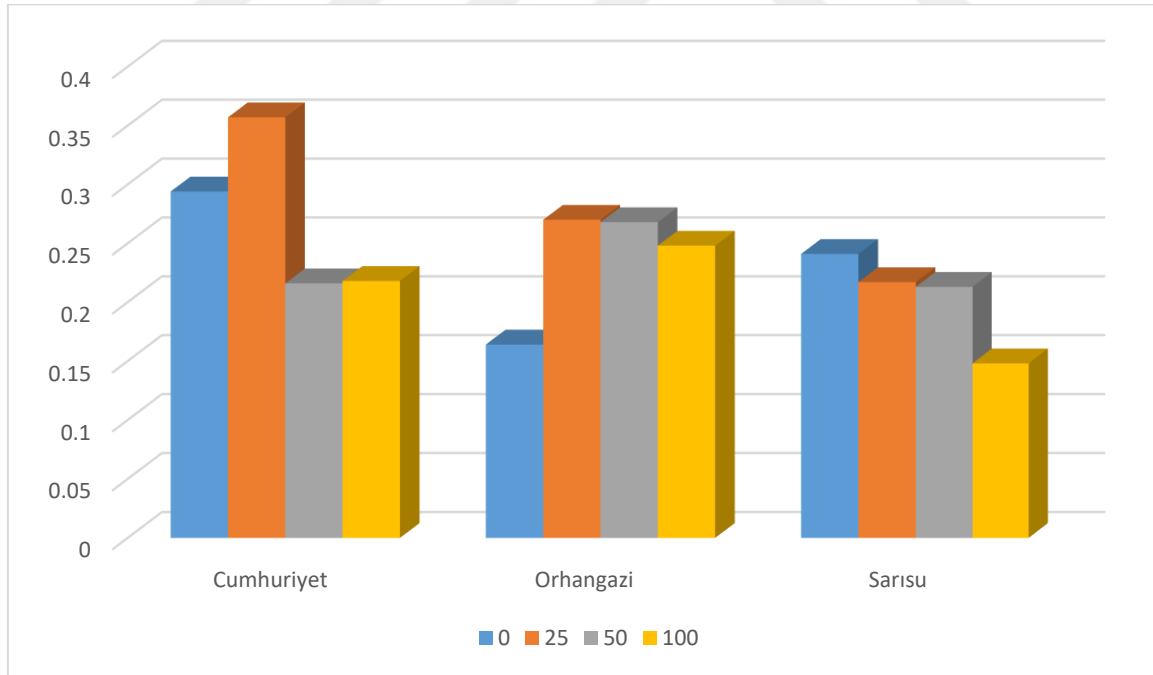
Yapılan analiz sonucu farklı kurşun dozları uygulamaları sonucu alınan gövde kuru ağırlığı ortalamaları 0.204-0.281 g arasında farklılık göstermektedir. En yüksek gövde kuru ağırlığı 0.281 g ile 25 ppm uygulamasında alınırken, en düşük gövde kuru ağırlığı 0.204 g ile 100 ppm Pb dozundan elde edilmiştir. Kontrol grubu, 50 ppm, 100 ppm kurşun dozları rakamsal olarak farklı olmasına rağmen istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kurşun stresi gövde kuru ağırlığı değerlerini önemli derecede olumsuz etkilemiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi susam çeşitleri açısından elde edilen gövde kuru ağırlık ortalaması 0.205-0.271 g arasında bulunmuştur. En yüksek gövde kuru ağırlığı 0.271 g ile cumhuriyet çeşidinden elde edilmiş olup en düşük gövde kuru ağırlık değeri 0.205 g ile Sarısu çeşidinden elde edilmiştir.

Yıldız (2005), besin çözeltilisinde çiçeklenme başlangıcına kadar yetiştirilen mısır bitkisine ait genotipleri besin içeriği ve kuru madde oranı üzerine artan yoğunluklarda uygulanan kurşunun etkisini belirlemek için yapılan bu çalışmada mısır genotiplerinde kurşun birikimi ve toleransı açısından anlamlı değişiklikler olduğunu rapor etmiş olup kurşun metalinden kaynaklı mısır genotiplerinin kuru madde miktarlarının azaldığı ve Ca, K, Mg, N, Zn, M, Fe ve P birikiminin engellendiği belirtmişlerdir.

Eren ve Dağhan (2014), transgenik olmayan ve transgenik olan tütün bitkilerinde farklı konsantrasyonlardaki kurşun uygulamalarının bitkilerde kontrol gruplarına göre, kurşun (mg kg^{-1}) konsantrasyonunda artış, kuru ağırlıkta ise azalma meydana gelmiştir.

Çalışmada kullanılan farklı susam bitki çeşitlerinin kurşun dozu uygulamalarına olan tepkilerinin farklı olması çeşit x Pb interaksiyonunun istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan Dört farklı Pb dozu etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek gövde kuru ağırlığı değeri 0.357 g ile 25 ppm Pb grubundan alınırken en düşük gövde kuru ağırlığı değeri 0.148 g ile 100 ppm Pb uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Gövde kuru ağırlığına ilişkin χ x Pb interaksiyonu.

4.7. Yaprak Dokularında Bağlı Su İçeriği (%)

Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinde kurşunun yaprak dokularında bağlı su içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'te, yaprak dokularında bağlı su içeriğine ilişkin ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen yaprak dokularında bağlı su içeriği (RWC) (%) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	336.70	26.954**
Kurşun (Pb)	3	963.251	77.112**
ç x Pb	6	406.725	32.560**
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre çalışmada kullanılan susam çeşitlerinden elde edilen yaprak dokularında bağlı su içeriği bakımından susam çeşitleri ile kurşun dozu uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak %1 önemli görülmüştür. çeşit x Pb dozu uygulamalarının interaksyonu ise istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen yaprak dokularında bağlı su içeriği (RWC) (%) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	51.636 a	29.938 d-e	49.987 a	43.854 A
25	54.885 a	38.529 b-c	34.795 c-d	42.736 A
50	24.465 e-f	38.152 b-c	40.742 b	34.453 B
100	32.886 d	20.555 f	20.097 f	24.512 C
Ortalama	40.968 A	31.793 C	36.405 B	
	VK: 9.712		LSD: 2.926	

Yaprakların (turgor halinde) bünyesinde tuttuğu su miktarının örnekleme zamanında ne kadarını tuttuğunun (örnekleme anında içerdiği suyun, taşıyabileceği

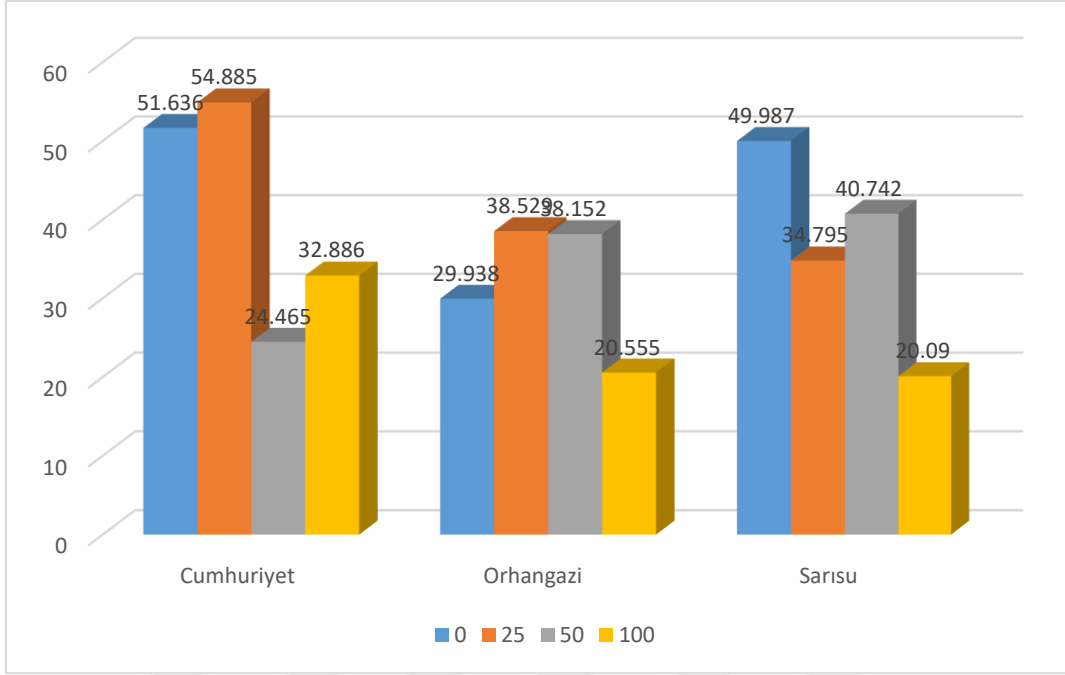
toplam su içeriğine oranı) nispi su içeriği, dolaylı olarak bitkilerin aynı şartlarda topraktan ne miktarda su aldıklarının bir göstergesidir (Çekiç, 2007).

Yapılan analiz sonucu farklı kurşun dozları uygulamaları altında yetiştirilen susam bitkisine ait ortalama değerler incelendiğinde ortalama en yüksek yaprak dokularında bağlı su içeriği %43.854 ile kontrol grubundan elde edilirken, en düşük yaprak dokularında bağlı su içeriği ortalaması ise %24.512 ile 100 ppm Pb dozundan elde edilmiştir. Kontrol grubu ve 25 ppm kurşun dozları rakamsal olarak farklı olmasına rağmen istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Artan kurşun dozlarına bağlı yaprak dokularında bağlı su içeriğinde önemli azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.14).

Bu çalışmada kullanılan susam çeşitlerinden elde edilen bulgular sonucunda ortalama yaprak dokularında bağlı su içeriği %31.793-40.968 arasında bulunmuştur. En yüksek yaprak dokularında bağlı su içeriği ortalama değeri %40.968 ile cumhuriyet çeşidinden elde edilirken en düşük yaprak dokularında bağlı su içeriği %31.793 ile Orhangazi çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4.14).

Keser ve Saygıdeğer (2005), çalışmalarında doğal ortamdan toplanan *Nasturtium officinale* (su teresi) kontrollü koşullar altında kurşunun farklı konsantrasyonlarda (0, 25, 50, 100, 200, 250 ve 500 ppm) 14 gün süresince bırakılmıştır. Uygulama periyodunun sonunda su içeriği, lipid peroksidasyonu, fotosentetik pigment, Mn, Mg, Ca, Fe, Zn, Cu, Pb metali miktarları, glutatyon redüktaz (GR), askorbat peroksidaz (AP), katalaz (CAT) aktiviteleri ve antioksidant enzimlerden süperoksit dismutaz (SOD) belirlenmiştir. *Nasturtium officinale'* nin (su teresi) yaprak ve gövdelerindeki kurşun miktarları uygulanan metal dozlarıyla artış göstermiştir. Düşük kurşun (25-50 ppm) dozlarıyla muamele edilen *Nasturtium officinale'* nin yaprak dokularındaki fotosentetik pigment içerikleri artmış olup uygulanan kurşun derişimine bağlı olarak yaprak, kök ve gövdelerde su içeriği azalış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışma sonucu farklı susam bitkisi çeşitlerinin Pb dozu uygulamalarına olan tepkilerinin farklı olması çeşit x Pb dozu uygulamalarının interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan Dört farklı Pb dozu uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek yaprak dokularında bağlı su içeriği değeri %54.885 ile 25 ppm Pb grubundan alınırken en düşük yaprak dokularında bağlı su içeriği değeri %20.097 ile 100 ppm Pb uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Yaprak dokularında bağıl su içeriğine ilişkin ç x Pb interaksyonu.

4.8. Lipid Peroksidasyon Seviyelerinin Belirlenmesi (MDA nmolg⁻¹T.A)

Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde kurşunun lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'te lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) birikmesine ait oluşan ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen lipid peroksidasyon seviyesi (MDA nmolg⁻¹T.A) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	1.697	22.357**
Kurşun (Pb)	3	1.212	15.968**
ç x Pb	6	1.271	16.742**
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre lipid peroksidasyon seviyelerinin (MDA) belirlenmesinde susam çeşidi kurşun uygulamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak

%1 düzeyinde önemli görülmüştür. Ayrıca çeşit x Pb uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen lipid peroksidasyon seviyesi (MDA $\text{nmolg}^{-1}\text{T.A}$) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	3.870 c-d	4.495 c	4.438 c	4.250 B
25	3.935 c-d	5.225 a-b	3.741 d	4.300 B
50	4.644 c	4.322 c	4.000 c-d	4.322 B
100	4.129 c	5.127 b	5.516 a	4.924 A
Ortalama	4.144 C	4.792 A	4.411 B	
VK: % 6.193			LSD: 0.197	

Lipid peroksidasyonunun sitotoksik bir ürünü olan MDA doku hasarının ve serbest radikallerin önemli biyobelirteçlerinden birisidir (Ohkawa ve ark., 1979).

Susam bitkilerine uygulanan farklı kurşun dozu uygulamaları sonucu elde edilen bulgulara göre Lipid Peroksidasyon seviyesi ortalama değerlerinin 4.924-4.250 $\text{nmolg}^{-1}\text{T.A}$ arasında bulunmuştur. En yüksek Lipid Peroksidasyon seviyesi (MDA) değeri 4.924 $\text{nmolg}^{-1}\text{T.A}$ ile 100 ppm kurşun konsantrasyonundan alınmıştır. En düşük ortalama Lipid Peroksidasyon seviyesi (MDA) değeri 4.250 $\text{nmolg}^{-1}\text{T.A}$ ile kontrol grubundan elde edilmiştir. Kontrol grubu, 25 ppm, 50 ppm kurşun dozları rakamsal olarak farklı olmasına rağmen istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Artan kurşun dozlarına bağlı olarak ortalama Lipid Peroksidasyon seviyesi (MDA) değerinde artış göstermiştir (Çizelge 4.16).

Çalışmada kullanılan susam çeşitleri açısından elde edilen lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) değerleri 4.144-4.792 $\text{nmolg}^{-1}\text{T.A}$ arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) 4.792 $\text{nmolg}^{-1}\text{T.A}$ Orhangazi çeşidinden elde edilmiştir. En düşük lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) 4.144 $\text{nmolg}^{-1}\text{T.A}$ ile cumhuriyet çeşidi olmuştur (Çizelge 4.16).

Emamverdian ve ark. (2015), ağır metaller bitkilerde sürgün klorozislerinden, lipid peroksidasyonuna ve protein yıkımına kadar ciddi morfolojik, metabolik ve fizyolojik

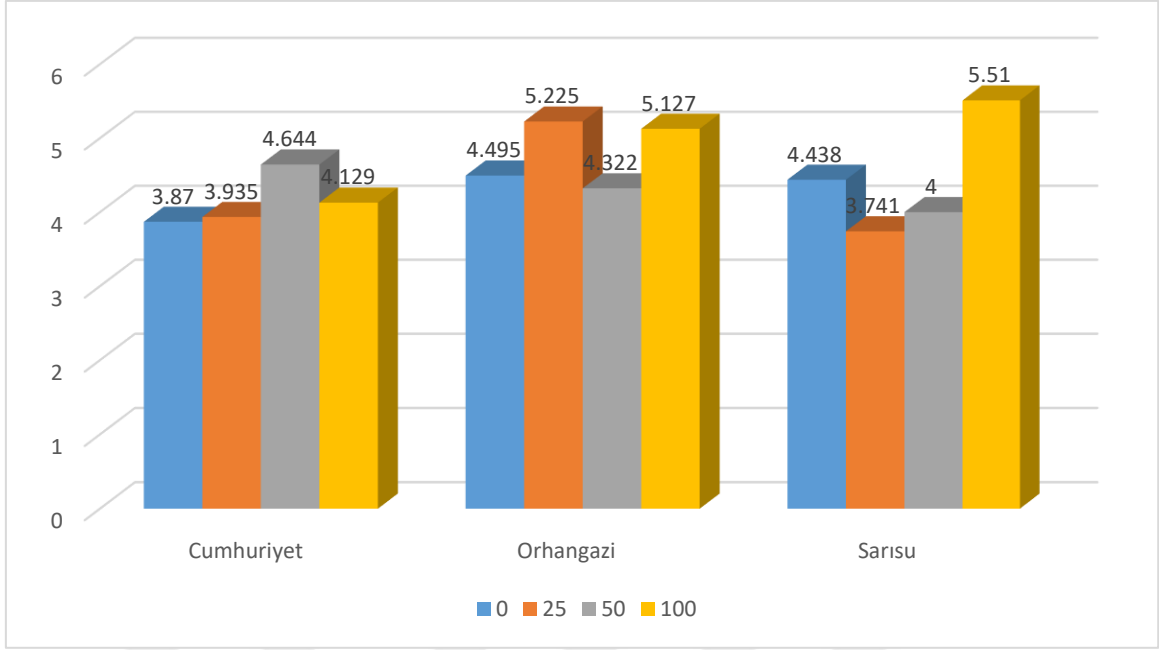
anormalliklere yol açmaktadır ve bitkiler ağır metal toksisitesine karşı koyabilmek için birçok mekanizma ile donatılmışlardır.

Verma ve Dubey (2003), farklı konsantrasyonlardaki kurşunun, iki pirinç çeşidi (*Oryza sativa* L.) üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitkilerdeki MDA miktarının arttığı gösterilmiştir.

Abdalla ve El-Khoshiban (2012), domates bitkisine uygulanan farklı konsantrasyonlardaki kurşuna bağlı olarak kök ve sürgünlerinde peroksidaz, süperoksit dismutaz, fenoller ve lipid peroksidasyon seviyelerinin arttığı belirtilmiştir. Araştırmacılar bulgularımıza benzer şekilde kurşun konsantrasyonu artışına bağlı olarak Lipid Peroksidasyon seviyesi (MDA) değerleri arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu da yaptığımız çalışmayla paralellik göstermiştir.

Keser (2005), *N. Officinale* (su teresi) bitkisinde kurşunun MDA düzeyine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada artan kurşun konsantrasyonunun MDA oranını artırdığı tespit edilmiştir. Bu artışın kontrol grubuna kıyasla 250 ppm kurşun dozunda 2 katı, 500 ppm kurşun dozunda ise 3 katı düzeyde olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucu farklı kurşun uygulamalarından alınan lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) değerlerinin farklı seviyelerde oluşması çeşit x Pb interaksyonu istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan dört farklı kurşun uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) değeri $5.516 \text{ nmol g}^{-1} \text{ T.A}$ ile 100 ppm grubundan alınırken en düşük lipid peroksidasyon seviyesi (MDA) değeri ise $3.741 \text{ nmol g}^{-1} \text{ T.A}$ ile 25 ppm kurşun uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesine ilişkin χ^2 x Pb interaksiyonu.

4.9. Yaprak Dokularında İyon Sızıntısının Belirlenmesi (%)

Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde kurşunun yaprak dokularında iyon sızıntısı üzerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de, yaprak dokularında iyon sızıntısına ilişkin oluşan ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen yaprak dokularında iyon sızıntısının (%) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	49.908	2.205 öd
Kurşun (Pb)	3	435.256	19.236**
χ^2 x Pb	6	16.932	0.748 öd
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli. öd istatistiksel olarak önemli değil.

Elde edilen varyans analiz sonuçlarına göre çalışmada kullanılan susam çeşitlerinden elde edilen yaprak dokularında iyon sızıntısı etkisine ilişkin çalışmada çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kurşun dozu

uygulamalarının arasındaki fark ise %1 düzeyinde önemli görülürken çeşit x kurşun interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerindeki yaprak dokularında iyon sızıntısının (%) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	12.771	15.867	16.088	14.909 B
25	12.352	15.411	15.752	14.505 B
50	17.796	16.855	17.947	17.533 B
100	25.257	24.654	32.261	27.391 A
Ortalama	17.044	18.197	20.512	
VK: 25.594			LSD: 3.410	

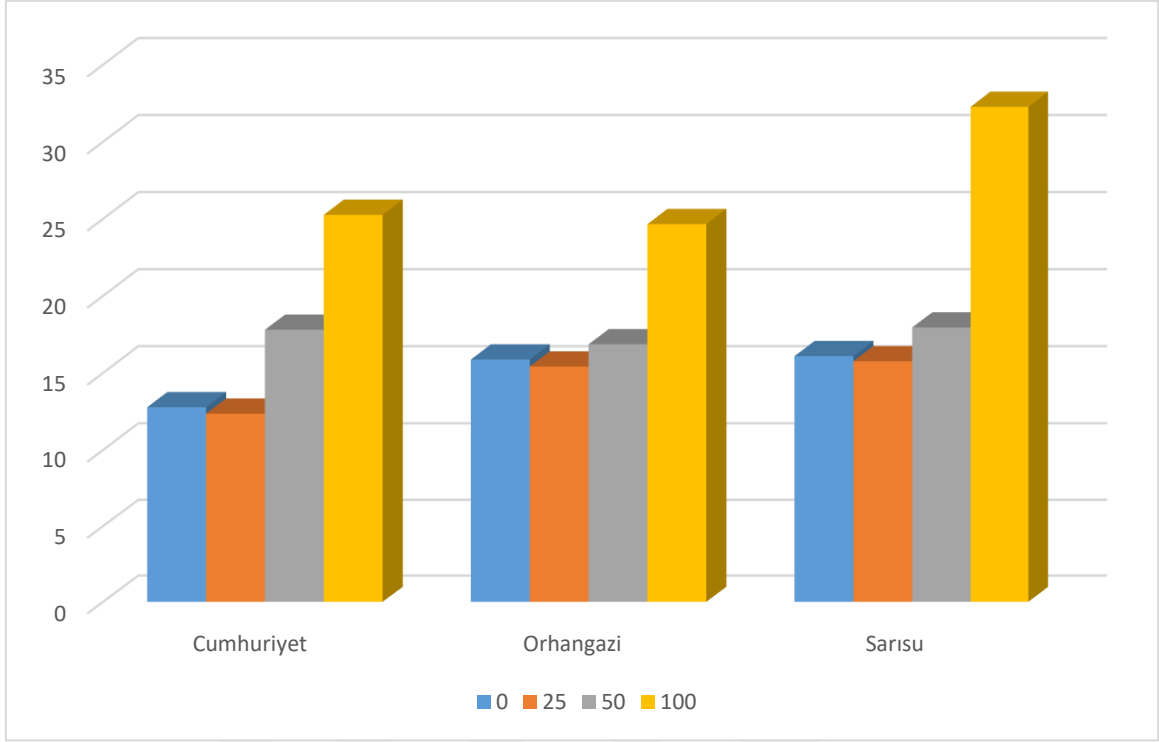
İyon sızıntısının belirlenmesi; genotipik ile çevresel stresler, gelişme ve büyüme değişimlerin hücre zarının bütünlüğü arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan bir yöntem olup stres uygulamaları sonucunda sızıntı oranının belirlenmesi, dokudaki zararın tespitine ilişkin olarak sağlamaktadır (Tunçtürk ve ark., 2020)

Bu çalışmada; Farklı kurşun dozları uygulamaları altında yapılan çalışmada ortalama değerler incelendiğinde; yaprak dokularında iyon sızıntısı ortalama değerleri %14.505-27.391 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük ortalama değer %14.505 ile 25 ppm Pb dozundan alınırken en yüksek ortalama değer %27.391 ile 100 ppm kurşun dozundan elde edilmiştir. Kontrol grubu, 25ppm, 50 ppm Pb dozları rakamsal olarak farklı olmasına rağmen istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.18).

Bu çalışmada kullanılan susam çeşitlerinden elde edilen yaprak dokularında iyon sızıntısı değerleri %17.044-20.512 değerleri arasında bulunmuştur. Ancak bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Ayhan (2006), kurşunun bazı mısır çeşitleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Deneme sonucunda kurşunun, mısır çeşitlerinin gövde ve kök uzunluklarında ciddi derecede inhibisyona sebep olduğu belirlenmiştir. Bütün mısır çeşitlerinin yapraklarında ağır metal dozlarının artışına bağlı olarak MDA miktarı ve iyon sızıntısının arttığı belirlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucu farklı Pb dozu uygulamalarından alınan yaprak dokularında iyon sızıntısı değerleri %12.352-32.261 olarak bulunmuştur. Ancak çeşit x Pb interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Yaprak dokularında iyon sızıntısı oranına ilişkin ç x Pb interaksyonu.

4.10. Yaprak Alanı

Kurşun stresi altında yetiştirilen Susam bitkisinde kurşun dozlarının yaprak alanı üzerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da yaprak alanına ait oluşan ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen yaprak alanı (cm^2) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	91.972	18.055**
Kurşun (Pb)	3	72.161	14.166**
ç x Pb	6	28.675	5.629**
Hata	36		
Genel	47		

** $P < 0.01$ düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre susam bitkisinin yaprak alanına ilişkin sonuçlara bakıldığında susam çeşitleri ile kurşun dozu uygulamaları arasındaki farklılık

istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca çeşit x Pb dozu etkileşimi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen yaprak alanı (cm²) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	15.54 a-b	9.47 b-e	13.75 a-b	12.92 A
25	15.96 a	13.71 a-b	7.49 d-f	12.39 A
50	8.78 c-e	9.72 b-d	6.20 e-f	8.23 B
100	10.83 b-c	10.46 b-d	4.60 f	8.63 B
Ortalama	12.781 A	10.843 B	8.014 C	
VK: 21.400			LSD: 1.618	

Genelde yaprak alanı bitki büyüme modelleri ile bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Yaprak alanı evapotranspirasyonu veya ürün verimini hesaplayan modellerde girdi olarak kullanılabilir (Kliewer, 1981; Troonen ve Heermann, 1992; Kaçar ve ark., 2006).

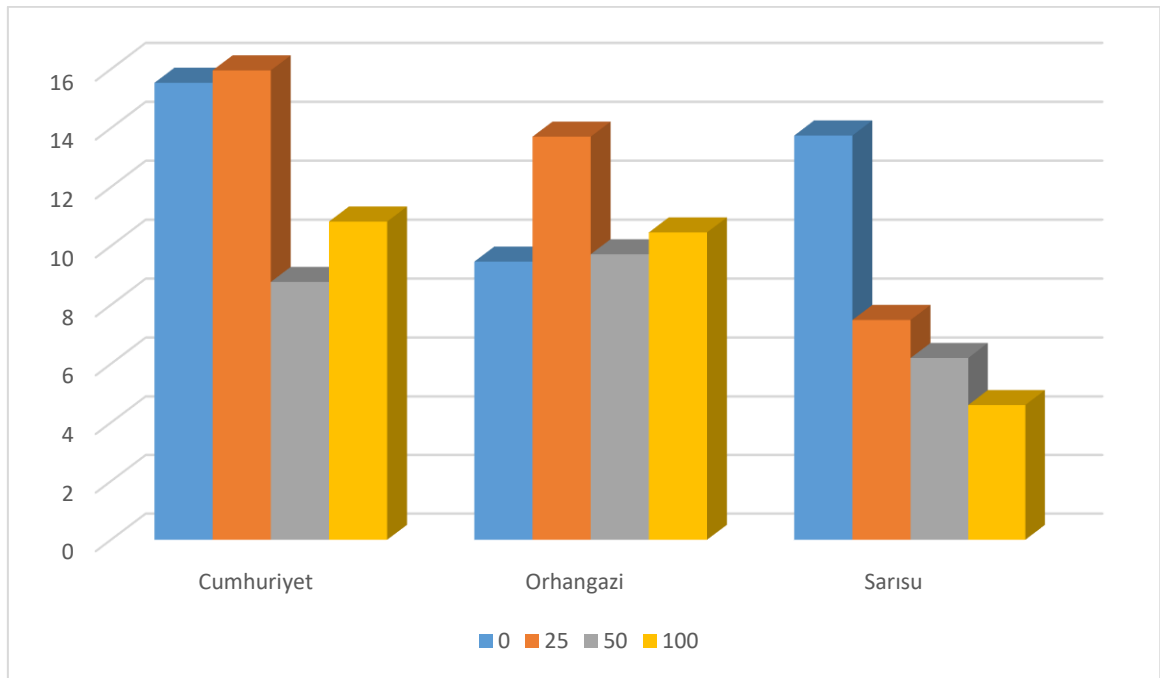
Bu çalışmada; farklı kurşun dozları uygulamaları altında yetiştirilen çeşitlere ait ortalama değerler incelendiğinde, yaprak alanı ortalamaları 8.23-12.92 cm² arasında farklılık göstermiştir. Ölçülen en yüksek yaprak alanı değeri 12.92 cm² ile 0 ppm Pb dozundan alınmıştır. En düşük yaprak alanı 8.23 cm² ile 50 ppm Pb dozundan elde edilmiştir. 0-25 ppm Pb dozları uygulamalarından ve 50-100 ppm kurşun dozları uygulamalarından elde edilen yaprak alanı değerleri istatistiksel olarak iki farklı grupta yer almışlardır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20’ de belirtildiği gibi kullanılan susam çeşitleri açısından elde edilen bulgular sonucunda yaprak alanı ortalaması 8.014-12.781 cm² arasında bulunmuştur. En yüksek yaprak alanı ortalaması 12.781 cm² ile cumhuriyet çeşidinden elde edilmiş olup en düşük yaprak alanı ortalaması 8.014 cm² ile sarısu çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4.20).

Kabir ve ark. (2010), *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.

Elzbieta ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada yüksek kurşun dozlarında nane (*mentha piperita* L.) nin yaprak yüzey alanının azaldığını bildirmişlerdir.

Yapılan çalışma sonucu farklı Pb dozu uygulamalarından alınan yaprak alanı değerini farklı seviyelerde oluşması çeşit x Pb interaksyonunun istatistiksel olarak farklılık %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 3 farklı susam çeşidine uygulanan dört farklı Pb dozu uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek yaprak alanı değerinin 15.96 cm² ile 25 ppm kurşun dozundan alınırken en düşük yaprak alanı değerinin ise 4.60 cm² ile 100 ppm Pb dozu uygulanan bitkilerden alınmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Yaprak alanına ilişkin ç x Pb interaksyonu.

4.11. Toplam Klorofil Oranı (SPAD)

Kurşun stresi altında yetiştirilen Susam bitkisinde kurşun dozlarının toplam klorofil oranı üzerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'te, bitki klorofil niceliğine ait oluşan ortalama değerler ve duncan grupları Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.21. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen toplam klorofil (SPAD)değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	156.052	10.040**
Kurşun (Pb)	3	439.070	28.248**
ç x Pb	6	27.185	1.74 öd
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli. öd istatistiksel olarak önemli değil.

Varyans analiz sonuçlarına göre toplam klorofil miktarı bakımından susam çeşitleri ile kurşun uygulamaları arasındaki farkın istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çeşit x Pb dozu interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.22. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen toplam klorofil (SPAD) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	32.04	27.95	32.62	30.871 A
25	33.62	23.07	24.62	27.108 B
50	23.00	15.42	18.55	18.991 C
100	20.97	19.07	16.12	18.725 C
Ortalama	27.41 A	21.38 B	22.98 B	
	VK: 16.47		LSD: 2.82	

Klorofil ışık enerjisini absorbe edip kimyasal enerjiye dönüştürür (Yakar ve Bilge, 1987). Böylece klorofil diğer canlıların yaşamı için mutlak gerekli olan besin maddelerinin ve oksijen üretildiği fotosentez olayının gerçekleşmesine olanak sağlar. Ayrıca klorofil bitkilere yeşil rengi veren pigmenttir (Çetin, 2016).

Bu araştırmada; Farklı kurşun dozları uygulamaları altında yapılan çalışmada ortalama değerler incelendiğinde; elde edilen bulgulara göre çeşitler arası ortalama toplam klorofil oranı 18.725-30.871 SPAD değerleri arasında bulunmuştur. En yüksek toplam klorofil oranı ortalama değeri 30.871 SPAD ile kontrol grubundan alınırken en düşük toplam klorofil oranı ortalama değeri 18.725 SPAD ile 100 ppm kurşun dozundan elde edilmiştir. 50 ve 100 ppm kurşun dozları rakamsal olarak farklı olmasına rağmen

istatistiksel olarak aynı grupta yer almaktadır. Artan kurşun dozlarına karşılık toplam klorofil oranı azalma göstermiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22’de belirtildiği gibi Susam çeşitleri açısından elde edilen bulgular sonucunda toplam klorofil miktarı ortalaması 21.38- 27.41 SPAD arasında bulunmuştur. En yüksek toplam klorofil miktarı 27.41 SPAD ile cumhuriyet çeşidinden alınmışken en düşük toplam klorofil miktarı 21.38 SPAD ile Orhangazi çeşidinden elde edilmiştir. Sarısu ve Orhangazi çeşitleri istatistiki olarak aynı grupta yer almaktadır.

Kurşunun klorofil sentezine engel olduğu ve bunun sonucunda klorofil miktarlarında azalmalar meydana geldiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Miranda ve Ilangovan, 1996, Dogan ve ark., 2009; Çolak ve Doğan, 2011).

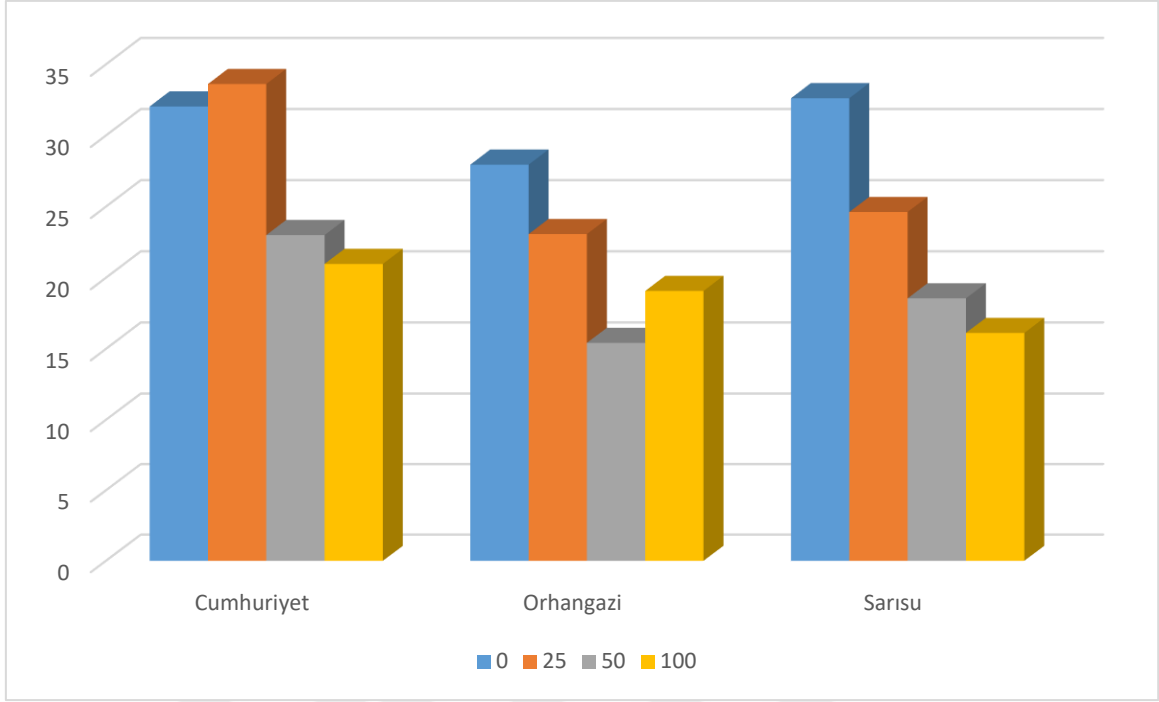
Kurşun tarafından toplam klorofil düzeyinin azalması, salatalık (Burzynski 1985), su bitkileri (Jana ve Chaudhary, 1984), bezelye (Sinha ve ark., 1988a; Sinha ve ark., 1988b) mısır soya fasulyesi (Prasad ve Prasad, 1987), ve yulaf (Fiussello ve Molinari, 1973) gibi bazı bitkilerde de gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Shu ve ark. (2011), *Jatropha curcas* L. bitkisinin fide ve çeliklerinde, kurşun toksisitesinin etkilerini inceledikleri çalışmada, yüksek konsantrasyonlardaki kurşunun klorofil ve karotenoid içeriklerinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır.

Keser (2005), *N. officinale* (su teresi) üzerinde yapılan bir çalışmaya göre düşük kurşun derişimlerinde klorofil miktarında artış gözlemlenmiş olup yüksek kurşun (200, 250 ve 500 ppm Pb) derişimlerinde ise klorofil miktarında ciddi düzeyde azalma meydana gelmiştir.

Ayhan (2006), mısır (*Z. mays* L.) bitkisinin bazı çeşitlerinde kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarının artmasıyla mısır çeşitlerinin yapraklarındaki pigment içeriklerinin ciddi derecede azaldığı ve klorofillerin karotenoidlere göre daha fazla etkilendiği belirtilmiştir. Araştırmacılar bulgularımıza benzer şekilde kurşun konsantrasyonu artışına bağlı olarak toplam klorofil değerinin azaldığını sonucuna ulaşmışlardır. Bu da yaptığımız çalışmayla paralellik göstermiştir.

Yapılan çalışma sonucu farklı Pb dozu uygulamalarından alınan toplam klorofil değeri ortalama değerleri 33.62-16.12 SPAD arasında bulunmuş olup çeşit x Pb interaksiyonunun istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Klorofil oranına ilişkin Ç x Pb interaksyonu.

4.12. Yaprak Dokularında Membran Dayanıklılık İndeksi (%)

Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde kurşunun yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi üzerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'te, bitki yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksine ait ortalama değerler ve oluşan duncan grupları Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam bitkisinde ölçülen membran dayanıklılık indeksi (%) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	49.908	2.205 öd
Kurşun (Pb)	3	435.256	19.236**
Ç x Pb	6	16.932	0.748 öd
Hata	36		
Genel	47		

** P<0.01 düzeyinde önemli. öd istatistiksel olarak önemli değil.

Elde edilen varyans analiz sonuçlarına göre susam bitkisinde yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksine ilişkin çalışmada çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bunun yanında çalışmada uygulanan kurşun dozu

uygulamaları arasındaki fark ise %1 düzeyinde önemli görülürken çeşit x Pb interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır(Çizelge 4.23).

Çizelge 4.24. Kurşun stresi altında yetiştirilen susam çeşitlerinden elde edilen membran dayanıklılık indeksi (%) ortalamaları ve oluşan duncan grupları

Susam Çeşitleri				
Kurşun (mg/L)	Cumhuriyet	Orhangazi	Sarısu	Ortalama
0	87.228	84.132	83.911	85.090 A
25	87.647	84.588	84.247	85.494 A
50	82.203	83.144	82.052	82.466 A
100	74.742	75.345	67.738	72.608 B
Ortalama	82.955	81.802	79.487	
VK: 5.84			LSD: 3.41	

Membran dayanıklılık indeksi stres şartlarında iyon sızıntısının önemli oranda artması, sonucu hücre zarının bütünlüğünü bozan oksidatif hasarı yansıtmaktadır. Bunun sonucunda hücre zarında yer alan hücresel işlevlerde de bozulmalara neden olmaktadır (Assaha ve ark., 2016).

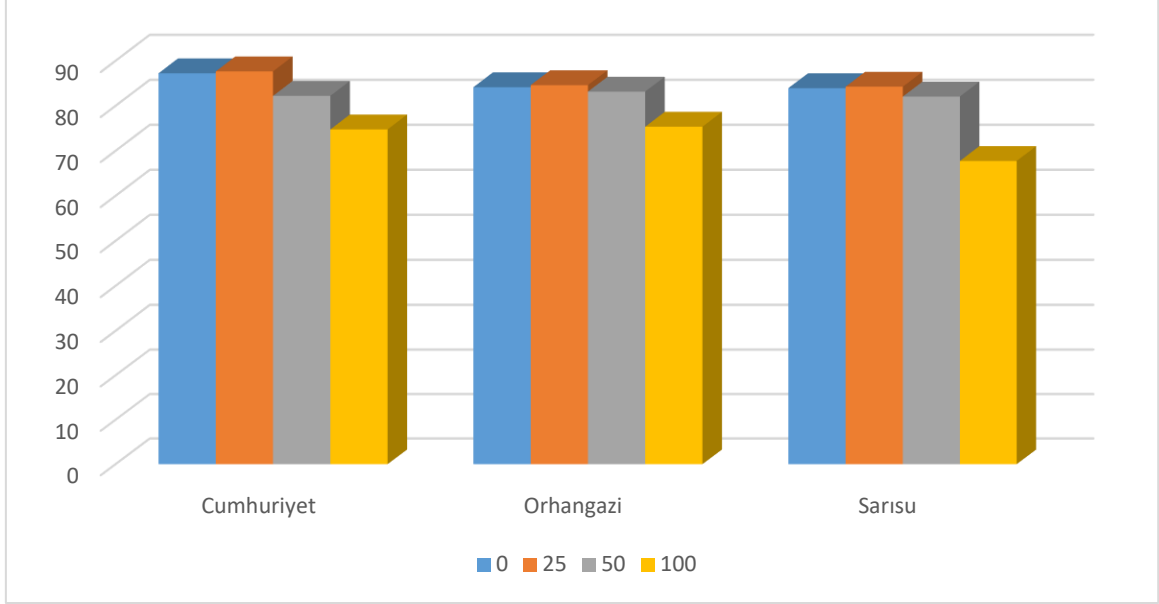
Bu çalışmada; farklı kurşun dozları uygulamaları altında yapılan çalışmada ortalama değerler incelendiğinde; yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi çeşitler arası ortalamaları %72.608-85.494 arasında farklılık göstermiştir. En yüksek yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi değeri %85.494 ile 25 ppm Pb dozundan elde edilmiştir. En düşük yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi değeri %72.608 ile 100 ppm Pb dozundan olarak elde edilmiştir. Ayrıca kontrol grubu, 25 ve 50 ppm kurşun dozları rakamsal olarak farklı olmasına rağmen istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.24).

Bu çalışmada kullanılan susam çeşitleri açısından elde edilen yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi %79.487-82.955 değerleri arasında bulunmuştur ancak bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Hassan ve Mansoor (2014), kurşun ve kadmiyumun maş fasulyesinin iki çeşidi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, ağır metallerden kaynaklı oksidatif stresin, MDA içeriğini artırarak membran zararına neden olduğu belirlenmiştir.

Deshna ve Bafna (2013), kurşun stresinin *Vigna radiata* L. üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada artan kurşun konsantrasyonunun fidelelerdeki klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığı, MDA ve peroksidaz aktivitesini ise arttırdığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucu farklı Pb dozu uygulamalarından alınan yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi ortalama değeri %67.738-87.647 arasında değişiklik göstermiştir. Ancak çeşit x Pb interaksiyonunun istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksine ilişkin χ x Pb interaksiyonu.



5. SONUÇ

Tarım topraklarının hızlı bir şekilde kirlenmesi günümüzde önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Evsel, zirai ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklı oluşan bu sorunların başında ağır metal kirliliği gelmektedir. Kültür bitkileri tarafından biriktirilen bu ağır metaller besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşabilmektedir. Tarım topraklarında kurşun kirliliği önemli bir yere sahiptir. Özellikle antropojenik aktivitelerden dolayı çevredeki Pb derişimleri bir şekilde artmaktadır. Bitkilerde kurşun ağır metalinin alınımından biriktirme, savunma ve sakınma gibi mekanizmalar geliştirerek kendilerini bu metalinin stresinden koruyabilmektedirler. Kurşun uygulamasının bitki türüne, doza ve süreye olarak su balansını, enzim aktivitesini, mineral madde alınımı, membran permabilitesini, büyüme ve gelişmeyi etkilediği bilinmektedir.

Cumhuriyet, Orhangazi ve Sarısu susam çeşitlerine 4 farklı Kurşun dozu (kontrol, 25, 50, 100 mg/L PbSO₄) uygulanmış ve bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda artan kurşun stresinin bitki gelişiminde gerilemelere neden olduğu belirlenmiştir. Kurşun dozu uygulamaları farkının incelenen tüm parametrelerde istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analiz sonuçlarına bakıldığında kök kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, lipid peroksidasyon düzeyi (MDA), yaprak dokularında bağıl su içeriği, yaprak alanı ve klorofil miktarı bakımından susam çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. çeşit x kurşun dozu uygulamalarının interaksyonu gövde uzunluğu, yaprak dokularında iyon sızıntısı, klorofil miktarı ve membran dayanıklılık indeksi dışındaki diğer parametrelerde istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Günümüzde kurşun olumsuz özellikleriyle en önemli kirleticiler arasında yer almakla birlikte, modern hayatta kullanımına duyulan ihtiyaçtan kaynaklı yakın geleceğe kadar toprakların kurşun tarafından kirlenmesinde bir azalmanın muhtemel olmadığı belirtilmektedir. Yapılan çalışma ile ekonomik olarak önemli endüstri bitkilerinden olan susamın kurşun stresine dayanıklı çeşitleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kurşun stresine karşı Cumhuriyet çeşidi diğer çeşitlere göre daha toleranslı olduğu tespit

edilmiştir. Toleranslı çeşitlerin belirlenmesi, güvenli şekilde tüketilebileceği anlamına gelmemektedir. Bitkilerde oluşabilecek ağır metal birikiminin de tespit edilmesi gerekmektedir. Yapılacak olan çalışmaların bitkide biriken ağır metal miktarının tespit edilerek insan ve hayvan sağlığı açısından araştırılması önerilmektedir. Önerilen bu araştırma sonuçları tarım topraklarında susam çeşitlerinin kurşunun temizlenmesinde akümülatör bitki olarak kullanılma olasılığını da gündeme getirebilecektir.



KAYNAKLAR

- Abdalla, M. M., El - Khoshiban, N., 2012. The palliative effect of bio–organic fertilizer on lead pollution in *Lycopersicum esculentum* plants, **Journal of Basic & Applied Sciences**, **8** (1): 399-410.
- Akıncı, İ.E., Akıncı, S., Yılmaz, K., 2010. Response of tomato(*Solanum lycopersicum* L.) to lead toxicity: Growth, elementuptake, chlorophyll and water content. **African Journal of Agricultural Research**, **5** (6): 416-423.
- Al-Chami Z., Amer N., Al-Bitar L., Cavoski I., 2015. Potential use of sorghum bicolor and Carthamus tinctorius in phytoremediation of nickel lead and zinc. **International Journal of Environmental Science and Technology**, **12** (1): 3957-3970.
- Alzahrani, Y., Alharby, H. F., Hakeem, K.R., Alsamadany, H., 2020. Modulating effect of EDTA and SDS on growth, biochemical parameters and antioxidant defense system of Dahlia variabilis grown under cadmium and lead-induced stress, **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, **48** (2): 906-923.
- Anonim, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) İstatistik Bölümü İnternet Sitesi <http://www.fao.org>, (Erişim: Haziran 2022).
- Arora A., Sairam R.K., Srivastava, G.C., 2002. Oxidative stress and antioxidative systems inplants. **Current Science**, **82** (10): 1227-123.
- Arioğlu, H.H.,1999. **Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı**. Çukurova Üniversitesi, Genel Yayın No: 220, Ders Kitapları Yayın No: A-70, Adana. 122s.
- Arslan, C., Uzun, B., Furat,S., 2008. Variation of fatty acid composition, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). **The Journal of American Oil Chemists. Society**, **84** (1): 917-920.
- Arslan, H., Hatipoğlu, H., Karakuş, M., 2014. Şanlıurfa yöresinde tarımı yapılan susam genotiplerinden seçilen bazı hatların ikinci ürün koşullarında verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi**, **1** (2): 109-116.
- Assaha, D.V.M., Liu, L., Ueda, A., Nagaoka, T., Saneoka, H., 2016. Effects of drought stress on growth, solute accumulation and membrane stability of leafy vegetable, huckleberry (*Solanum scabrum* mill.). **Journal of Environmental Biology**, **37** (1):107.
- Ayhan, B., 2006. **Mısır (Zea Mays L.)’ in Bazı Çeşitlerinde Ağır Metal (Cd, Pb) Stresinin Etkilerinin Belirlenmesi** (yüksek lisans tezi, basılmamış). HÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Balsberg Pahlsson, A.M., 1989. Toxicity of heavys (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. **Water, Air and Soil Pollution**, **47**: 287-319.
- Balouchi, H., Amini, F., Movahhedi, D.M., Attarzadeh, M., 2017. Effect of different growing substrates on physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under heavy metals stress. **Journal of Plant Process and Function**, **6** (21): 27-40.
- Baydar, H., Turgut, İ., 1994. Farklı ekim zamanlarının susam (*Sesamum indicum* L.)’da yağ oranı, yağ asitleri kompozisyonu ve yağ stabilite kriterleri üzerine etkisi. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, **18** (1): 387-39.
- Baydar, H., 1997. **Türkiye Susam (Sesamum indicum L.) Populasyonlarında Bazı Özelliklerin Varyasyonu ve Verim ile Kalite Tipi Hat Geliştirme Olanakları** (doktora tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Baydar, H., Turgut, İ., 2000. Susam (*Sesamum indicum* L.) genetiği ve ıslahı üzerinde araştırmalar 1. bitki tipini belirleyen özelliklerin kalıtımı, *Turkish Journal of Biology*, **24** (3): 503- 512.
- Baydar, H., 2001. Susam (*Sesamum indicum* L.) genetiği ve ıslahı üzerinde araştırmalar II. İdeal bitki tiplerinin geliştirilmesi, *IV. Ulusal Tarla Bitkileri Kongresi*. 17-21 Eylül 2001. Tekirdağ. 117-122.
- Bazzaz, F.A., Rolfe, G.L., Windle, P., 1974. Windle differing sensitivity of corn and soybean photosynthesis and transpiration to lead contamination. *Journal of Environmental Quality*, **3** (1): 156-158
- Bekiaroglou, P., Karataglis, S., 2002. The effect of lead and zinc on *Mentha spicata*. *J. Agronomy and Crop Science*, **188** (1): 201-205.
- Bergmann, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis. New York, s. 695. bioavailability forms of Cu, Zn, Pb and Cr: Agricultural soils in a study from the hydrological basin of Keritis, Chania, Greece. *Global NEST Journal*, **9** (3):201-206.
- Brar, 1979 Sesame protein: A review and prospectus. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **56** (3): 463-468.
- Burzynski, M., 1985. Influence of lead on the chlorophyll content and on initial steps on its synthesis in greening cucumber seedlings. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **54** (1): 95-105.
- Bürkük, V., Tunçtürk, R. 2021. Diyarbakır ekolojik koşullarında tescilli bazı susam (*Sesamum indicum* L.) çeşitlerinin tarımsal ve kalite özelliklerinin araştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **26** (1): 98-105.
- Chen, H.M., Zheng, C.R., Tu, C., Shen, Z.G., 2000 Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals, *Chemosphere*, **41** (1): 229-234.
- Çekiç C., 2007. *Kurağa dayanıklı buğday (Triticum aestivum L.) ıslahında seleksiyon kriteri olabilecek fizyolojik parametrelerin araştırılması* (doktora tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çetin, M., 2016. Peyzaj çalışmalarında kullanılan bazı bitkilerde klorofil miktarının değişimi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, **16** (1).
- Çolak, U., Doğan, M., 2011. Kurşun uygulamasının *Triticum aestivum* L. cv. Ceyhan 99'daki bazı fizyolojik etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, **4** (2): 49-53.
- Dere, S., 2012. *Kurşun Uygulamasının Yerfıstığındaki (Arachis hypogaea L.) Fizyolojik Etkileri* (yüksek lisans tezi, basılmamış). GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Deshna, D., Bafna, A., 2013. Effect of lead stress on chlorophyll content, malondialdehyde and peroxidase activity in seedlings of mung bean (*Vigna radiata*), *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, **3** (3): 20-25.
- Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D., Zengin, M., 2004. Heavy metal contents of pinus radiata trees of İzmit (Turkey). *Asian Journal of Chemistry*, **16** (2):1129-1134.
- Elzbieta, W. C., Chwil, M., 2005. Lead-induced histological and ultra structural changes in the leaves of soyben (*Glycine max* (L) Mee.) *Soil Science Plant Nutrition*, **51** (1): 203-212.
- Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F., Xie, Y., 2015. Heavy Metal Stress and Some Mechanisms of Plant Defense Response, *The Scientific World Journal*, 2015: 18

- Eren, A., Dağhan, H., 2014. Transgenic tobacco-bearing p-cV-ChMTIIGFP gene accumulated more lead compared to wild type. *Polish Journal of Environmental Studies*, **23** (2): 569-571.
- Ergün, N., Öncel, I., 2009. Ekmeklik (Buğdayda *Triticum aestivum* L.) ilk gelişme döneminde kök ve gövde büyümesi üzerine bazı ağır metal ve metal –hormon uygulamalarının etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **19** (1): 11- 17.
- Ewais, E.A., 1997. Effect of cadmium, nickel and lead on growth, chlorophyll content and proteins of weeds. *Biologia Plantarum*, **39** (3): 403- 410.
- Fargašová, A., 1994. Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. Bull. Environ. Contam. *Toxicology*, **52** (1): 452-456.
- Farooqi, Z. R., Iqbal, M. Z., Kabir, M., Shafiq, M., 2009. Toxic effects of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Albizia lebbek* (L.) *Benth.* *Pakistan Journal of Botany*, **41** (1): 27-33.
- FAO, 2022. Crop production statistics. www.fao.gov. Accessed 17.08.2020.
- Fiusello, N., Molinari M.T., 1973. *Effect of lead on plant growth. Allionia*, **19** (1): 89-96
- Godbold, D. L., Tischner, R., Hüttermann, A., 1987. Effects of Heavy Metals and Aluminum on the Root Physiology of Spruce (*Picea Abies*) Karst. Seedlings. In *Effects of atmospheric pollutants on forests, wetlands and agricultural ecosystems* (pp. 387-400). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gül, Z., Yazıcı, A., 2021. Farklı ağır metal uygulamalarının tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*) bitki gelişimi ve fizyolojisi üzerine etkisi. *MAS Journal of Applied Sciences*, **6** (5): 1110-1117.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D., 2004. Metal iyonlarının (Cu(II), Pb(II), Hg(II), Cd(II)) *Clivia* sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **16** (2): 177-182.
- Hassan, M., Mansor, S., 2014. oxidative stress and antioxidant defense mechanism in mung bean seedlings after lead and cadmium treatments, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **38** (1): 55 – 61.
- Heath, R.L., Packer, L., 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **125** (1): 189- 198.
- Horsfall, M. J., Spiff, A. I., 2005. Distribution of Trace Metals in Humic and Fulvic Acids in Sediments of the New Calabar River, Port Harcourt, Nigeria. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, **2** (2): 75-79.
- Huang, J. W., Cunningham, S. D., 1996 Lead phytoextraction: species variation in lead uptake and translocation. *New Phytologist*, **134** (1): 75-84.
- Hussain, A., Nabila, A., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z. I., Ahmad, K., Mansha, M., Mirzaei, F., 2013. Effects of diverse doses of lead (pb) on different growth attributes of *Zea-Mays* L., *Agricultural Sciences*, **4** (5): 262 – 265.
- Ikten C., Catal M., Yol E., Ustun R., Furat S., Toker C., Uzun B., 2014. Molecular identification, characterization, and transmission of phytoplasma associated with *Sesame phyllody* in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, **139**: 217-229.
- Işık, K., 2004. *Bitki Biyolojisi, Palme Yayıncılık*, Ankara.
- Jana, S., Chaudhury M.A., 1984. Synergistic effect of heavy metals pollutants on senescence in submerged aquatic plants. *Water, Air and Soil Pollut*, **21** (1): 351-357.

- Johnson, L. A., Suleiman, T. M., Lusas, E. W., 1979. Sesame protein: A review and prospectus. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **56** (3): 463-468.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 1984. *Trace element in the soil and plants*. CRC Press Florida.
- 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.
- Kafadar, F.N., Saygıdeğer, S., 2010. Gaziantep ilinde organize sanayi bölgesi atık suları ile sulanan bazı tarım bitkilerinde kurşun (Pb) miktarlarının belirlenmesi. *Ekoloji*, **75** (1): 41-48.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2007. Metallerin çevresel etkileri–I. www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf. Erişim tarihi: 13.05.2007.
- Keser, G., Saygıdeğer, S., 2005. Effects of lead on the activities of antioxidant enzymes in watercress, *Nasturtium officinale* R.Br. *Biological Trace Element Research*, **137**: 235-243.
- Keser, G., 2005. “*Nasturtium officinale* R. Br.’de kurşunun strese bağlı enzimlerin aktivitelerine, gelişmeye, mineral ve klorofil içeriğine etkileri” (doktora tezi, basılmamış). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Khan, S., Khan N.N., 1983. Influence of lead and cadmium on the growth and nutrient concentration of tomato (*Lycopersicum esculentum*) and egg-plant (*Solanum melongena*). *Plant and Soil*, **74**: 387-394.
- Kıran, Y., Munzuroğlu, Ö., 2004. Mercimek (*Lens culinaris medik.*) tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine kurşunun etkileri. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **16** (1): 1-9.
- Kliwer W.M., 1981. Grapevine Pyhsiology. *Division of Agricultural Sciences, University of California*, 21231, California, USA.
- Kurt, C. H., 2020. *Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya (Glycine Max. L.)’Nın Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Korentajar, L., 1991. A review of the agricultural use of sewage sludge. Benefits and potential hazards. *Water SA*, **17** (3): 189-196.
- Langham, D.R., Wiemers, T., 2002. Progress in mechanizing sesame in the US through breeding. In: J. Janick and A. Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses. ASHS Press*, Alexandria, VA, pp. 157-173.
- Maldonado, V.M., Arias, H.O., Quintana, R., Saucedo, R.A., Gutierrez, M., Ortega, J.A., Nevarez, G.V., 2008. Heavy metal content in soils under different wastewater irrigation patterns in Chihuahua, Mexico. *International journal of environmental research and public health*, **5** (5): 441-449.
- Mesmar, M.N., Jaber, K., 1991. The toxic effect of lead on seed germination, growth, chlorophyll and protein contents of wheat and lens. *Acta Biologica Hungarica*, **42**: 331-344.
- Metin, S.Ü., 2010. *Bursa ovası aluviyal, koluviyal ve vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal kirliliği yönünden incelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Miranda, M.G., Ilangovan, K., 1996. Uptake of lead by *Lemna gibba* L. influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, **56**: 1000-1007.

- Mishra, A., Choudhri, M. A., 1998. Amelioration of lead and mercury effects on germination and rice seedling growth by antioxidants. ***Biologia Plantarum***, **41** (3): 469-473.
- Muhammad, S., Iqbal, M. Z., Mohammad, A., 2008. Effect of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. ***Journal of Applied Science and Environmental Management***, **12** (2): 61-66.
- Mukherjee, M., 2015. Licensed under creative commons attribution cc by lead and cadmium toxicity on seedling growth and metabolism of (*Trigonella foenum-graecum* L). ***International Journal of Science and Research (IJSR)***, **6** (7): 78-96.
- Naik, M. M., Shamim, K., Dubey, S. K., 2012. Biological characterization of lead-resistant bacteria to explore role of bacterial metallothionein in lead resistance. ***Current Science***, 426-429.
- Ohkawa, H., Ohishi, N., Yagi, K., 1979. Assay for lipid peroxidation in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. ***Analytical biochemistry***, **95**: 351.
- Ouzounidou, G., Moustakas, M., Eleftheriou, E.P., 1997. Physiological and ultrastructural effects of cadmium on wheat (*Triticum aestivum*) leaves. ***Archives of Environmental Contamination and Toxicology***, **32**: 154-160.
- Öz, M., Karasu, A., 2010. Bazı susam (*Sesamum indicum* L.) çeşit ve hatlarının Bursa koşullarında performanslarının belirlenmesi. ***Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi***, **14** (2): 21-27.
- Pandian, S., Rakkammal, K., Rathinapriya, P., Sagina Rency, A., Satish, L., et al., 2020, Physiological and biochemical changes in sorghum under combined heavy metal stress: An adaptive defence against oxidative stress, ***Biocatalysis and Agricultural Biotechnology***, *elsevier*.
- Papafilippaki, A., Gasparatos, D., Haidouti, C., Stavroulakis, G., 2007. Total and bioavailability forms of Cu, Zn, Pb and Cr: Agricultural soils in a study from the hydrological basin of Keritis, Chania, Greece. ***Global NEST Journal***, **9** (3): 201-206.
- Paschke, M.W., Valdecantos, A., Redente, E.F., 2005. Manganese toxicity thresholds for restoration grass species. ***Environmental Pollution***, **135**: 313-322
- Prasad, D.D.K., Prasad A.R.K., 1987. Effect of lead and mercury on chlorophyll synthesis in Mung Bean seedlings. ***Phytochemistry***, **26**: 881-883
- Premchandra, G.S., Saneoka, A., Ogato, S., 1990. Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soybean. ***Journal of Agriculture Science***, **115**: 63-66.
- Sairam R.K., 1994. Effect of Moisture Stress on Physiological Activities of Two Contrasting Wheat Genotypes. ***Indian Journal of Experimental Biology***, **32**: 594-597.
- Sairam R.K., Saxena, D.C., 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, **184**: 55-61.
- Seymen B., Önder M., 2015. Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde tuzluluğun fide gelişimi üzerine etkisi. ***Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi***, **2** (2): 109-115.
- Schmidt, J. P., 1997. Understanding phytotoxicity threshold for trace elements in land applied sewage sludge. ***Journal of Environmental Quality***, **26**: 4-10.
- Sharma, P., Dubey, R. S., 2005. Lead toxicity in plants. ***Brazilian journal of plant physiology***, **17** (1): 35-52.

- Shu, W.S., Ye, Z.H., Lan, C.Y., Zhang, Z.Q., Wong, M.H., 2002. Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of *Paspalum distichum* and *Cynodon dactylon*. ***Environmental Pollution***, **120** (2): 445-453.
- Shu, X., Yin, L., Zhang, Q., Wang, W., 2011. Effect of Pb toxicity on leaf growth, antioxidant enzyme activities, and photosynthesis in cuttings and seedlings of *Jatropha Curcas L*. ***Environmental Science and Pollution Research***, **19** (3): 893 – 902.
- Sinha, S.K., Srivastava, H.S., Mishra, S.N., 1988a. Nitrate assimilation in intact and excised maize leaves in the presence of lead. ***Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology***, **41**: 419-426.
- Sinha, S.K., Srivastava, H.S., Mishra, S.N., 1988b. Effect of lead on RNA and nitrate assimilation in Pea leaves. ***Acta Societatis Botanicorum Poloniae***, **57** (4): 457-463.
- Tan, A.Ş., 2015. ***Susam Tarımı***. T.C Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Yayın No: 135. Menemen, İzmir.
- Titov, A.F., Talanova, V.V., Boeva, N.P., 1996. Growth responses of barley and wheat seedlings to lead and cadmium. ***Biologia plantarum***, **38**: 431-436.
- Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Nohutçu, L., 2020. Kadmiyum stresi altında yetiştirilen *Trigonella foenum-graecum L.* bitkisinin bazı büyüme ve fizyolojik parametrelerinin incelenmesi. ***ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi***, **8** (2): 455–464.
- Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., Mizgin, B.A.T., (2020). Ekinezya (*Echinacea purpurea L.*) bitkisinde kuraklık stresi ve deniz yosunu uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi. ***Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi***, **23** (1): 99-107.
- Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Oral, E., Baran, İ., 2020. Humik asitin baklada (*Vicia Faba L*) tuz NaCl stresinin azaltılması üzerine etkisi. ***Journal of the Institute of Science and Technology***, **10** (3): 2168-2179.
- Verma, S., 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.
- Vitoria, A.P., Lea, P.J., Azevedo, R.A. 2001. Antioxidant enzymes responses to cadmium in radish tissues. ***Phytochemistry***, **57**: 701-710.
- Weiss E. A., 1971. Oil seed crops. ***Tropical Agriculture Series***. Longman. London and New York.
- Woolhouse, H. W., 1983. Toxicity and tolerance in the responses of plants to metals. In ***Physiological plant ecology III*** (pp. 245-300). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Yakar, N., Bilge, E., 1987. Fotosentez, Genel Botanik, ***İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları***, ISBN: 975-404-016-8, İstanbul.
- Yermanos, D. M., Hemstret, S., Salleb, W., Huszar, C. K., 1972. Oil content and composition of the seed in the world collection of sesame introductions. ***Journal of the American oil chemists society***, **49**: 20-25.
- Yıldırım, E., Ekinci, M., Turan, M., Güleray, A. G. A. R., Selda, Ö. R. S., Dursun, A., Balci, T., 2019. Impact of cadmium and lead heavy metal stress on plant growth and physiology of rocket (*Eruca sativa L.*). ***Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi***, **22** (6): 843-850
- Yıldız, N., 2005. Effects of Pb Levels on growth and mineral contents of different corn cultivars grown in nutrient culture. ***Bangladesh Journal of Botany***, **34** (2): 91-94.

- Zheljazkov, V. D., Craker, L. E., Xing, B., 2006. Effects of Cd, Pb, and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint, and basil. *Environmental and Experimental Botany*, **58**: 9-16.
- Xiong, Z.T., 1998. Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr., Bull. Environ. Contam. *Toxicology*, **60**: 285-291.





ÖZ GEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır’da tamamladı. 2015 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde lisans eğitimine başladı. 2019 öğrenim döneminde aynı bölümden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. 2019 yılı güz döneminde Van YYÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde yüksek lisansa kabul edildi.



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: / /2022

Tez Başlığı / Konusu: Farklı Kurşun Dozlarının Susam Çeşitlerinde (*Sesamum Indicum L.*) Bazı Büyüme Parametreleri İle Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 56 sayfalık kısmına ilişkin, 02/06/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinalite raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13'tür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Materyal ve yöntem hariç,
- Kaynaklar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinalite Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Nursel KARASU

Öğrenci No: 19910001014

Anabilim Dalı: Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Programı: Tarla Bitkileri

Statüsü: Yüksek Lisans (X)

Doktora ()

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR

Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK

ENSTİTÜ ONAY

UYGUNDUR