

**BRASSICACEAE FAMILYASINA AIT BAZI TÜRLERDE AĞIR METAL
BİRİKİMİ PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ VE BİYOMONİTÖR
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Emine Ebru TUNA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Doç. Dr. D. Duygu KILIÇ

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2018

AMASYA

Emine Ebru TUNA tarafından hazırlanan “BRASSİCACEAE FAMILİYASINA AİT BAZI TÜRLEDE AĞIR METAL BİRİKİMİ PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ VE BİYOMONİTÖR ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Amasya Üniversitesi Biyoloji. Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. D. Duygu KILIÇ.....

Tez Danışmanı, Biyoloji Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. D. Duygu KILIÇ

Biyoloji Anabilim Dalı, A. Ü.....

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

(İmza)

Emine Ebru TUNA

BRASSICACEAE FAMILYASINA AİT BAZI TÜRLERDE AĞIR METAL BİRİKİMİ
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ VE BİYOMONİTÖR ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Emine Ebru TUNA

AMASYA ÜNİVERSİTESİ

FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Atmosfer, su ve toprakta ağır metal derişiminin kritik değerlerin üzerinde olması bütün canlı organizmalar için büyük bir tehlikedir. Ağır metal derişimlerinin yüksek seviyede olması toprak kalitesinde bozulmaya, ürün verim ve kalitesinde azalmaya neden olup dolayısıyla insanlar ile diğer tüm canlı organizmalar için önemli tehlikelere yol açar. Bu nedenle çevresel ve biyolojik örneklerdeki metal ve metal bileşiklerinin derişimlerini belirlemek ve kontrol altında tutmak oldukça önemlidir. Çevresel ve biyolojik numunelerdeki ağır metal derişiminin belirlenmesi ve kontrolü için değişik yöntemler kullanılır. Amasya ilinden geçen karayolu boyunca doğal olarak yayılış gösteren Brassicaceae familyasına ait *Calepina irregularis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Lepidium draba*, *Sisymbrium loeselii* ve *Sisymbrium altissimum* türleri seçildi. Çalışma Amasya ilinde şehiriçi, yol kenarı, kenar semt ve kontrol bölgesi olmak üzere 4 farklı lokalitede yürütüldü. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında ağır metal (Cr, Pb, Zn, Cu, Cd) birikimi miktarları İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometri (ICP-OES) ile belirlendi. Farklı istasyonlar arasındaki sonuçlar istatistiki testlere tabi tutulup çalışılan bitkilerin metaller için biyomonitör potansiyelleri değerlendirildi. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesiyle Cd metali için *S. loeselii*, Cr için *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum* türleri, Cu için *C. bursa-pastoris*, Zn için *C. irregularis* ve *L. draba* biyomonitör potansiyele sahip türler olarak belirlendi.

SayfaAdedi : 107
AnahtarKelimeler : Hava kirliliği, Biyomonitör, Brassicaceae
Danışman : Doç. Dr. D. Duygu KILIÇ

RESEARCHING HEAVY METAL COMPONENT PARAMETERS IN SOME SPECIES OF
BRASSICACEAE FAMILY AND EXAMINING BIOMONITORING PROPERTIES

(M.Sc. Thesis)

Emine Ebru TUNA

AMASYA
UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 2018

ABSTRACT

It is a huge danger for all living organisms that heavy metal concentration in atmosphere, water and earth is over critical values. Higher levels of heavy metal concentration cause degradation in earth quality, and decrease in yield and quality of products, thus lead to serious potential dangers for all humanity and other living organisms. Hence, it is quite significant to detect the concentration of metals and compounds in environmental and biological samples and keep them under control. Various methods are used for the detection and control of heavy metal concentration in environmental and biological samples. *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* and *S. altissimum* of Brassicaceae family, which naturally grow up along the highway passing through Amasya, were chosen to be examined in the current study. The study was conducted in 4 different locations, per each, of the city center, roadsides, outskirts and control area. The heavy metal (Cr, Pb, Zn, Cu, Cd) concentration levels in the roots, stems and leaves of the species were determined by Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry. The biomonitoring potentials of the studied species were evaluated basing upon the statistical analyses of the results in different stations. Upon evaluating the results of the analyses, *S. loeselii* for the metal Cd; *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* and *S. altissimum* for the metal Cr; *C. bursa-pastoris* for the metal Cu, and *C. irregularis* and *L. draba* for the metal Zn were specified as the species having biomonitoring potential.

PageNumber : 107
KeyWords : Heavy metal, Biomonitoring, Brassicaceae
Supervisor : Assoc. Prof. D. Duygu KILIÇ

TEŞEKKÜR

Çalışma ve eğitim sürecimde ilgi, anlayıő ve tecrübelerini esirgemeyen, yaptığı değerli katkıları ile her zaman örnek alacağım değerli hocam Doç. Dr. D. Duygu KILIÇ'a, hayatımın her aşamasında olduğu gibi yüksek lisans tez çalıőmalarım boyunca maddi, manevi desteklerini esirgemeyen ailemin her bir üyesine ayrıca yüksek lisans öğrenci arkadaşlarıma yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Bu çalışma, Amasya Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) birimi tarafından FMB-BAP 16-0167 numaralı proje ile desteklenmiőtir. Katkılarından dolayı Amasya Üniversitesi Rektörlüğu'ne teőekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiv
HARİTALAR DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Ağır Metal.....	3
2.1.1. Kadmiyum (Cd) kaynakları ve canlılardaki etkisi.....	5
2.1.2. Kromun(Cr) kaynakları ve canlılardaki etkisi.....	6
2.1.3. Bakırın (Cu) kaynakları ve canlılardaki etkisi	8
2.1.4. Çinkonun (Zn) kaynakları ve canlılardaki etkisi.....	9
2.1.5. Kurşunun (Pb) kaynakları ve canlılardaki etkisi.....	11
2.2. Ağır Metal Kirliliğinde Bitkilerin Biyomonitör Olarak Kullanımı.....	12
2.3. Konu İle İlgili Önceki Çalışmalar.....	15
3. MATERYAL VE METOT.....	25
3.1. Araştırma Alanının Özellikleri.....	25
3.2. Materyal.....	28

	Sayfa
3.2.1. Brassicaceae familya taksanomik dizini ve genel özellikleri.....	28
3.2.2. Araştırma konusu bitki türlerinin morfolojik özellikleri.....	29
3.3. Yöntem.....	31
3.3.1. Arazi çalışmaları.....	31
3.3.2. Laboratuvar çalışmaları.....	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
4.1. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Cd Birikim Değeri.....	37
4.2. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Cr Birikim Değeri.....	43
4.3. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Cu Birikim Değeri.....	50
4.4. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Zn Birikim Değeri.....	59
4.5. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Pb Birikim Değeri	67
4.6. Toprak Örneklerinden Elde Edilen Bulgular.....	77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	84
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	107

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Toprakta toksik kabul edilen değerleri ve kontamine olmuş bitkilerdeki ağır metallerin konsantrasyon aralıkları.....	5
Çizelge 3.1. Amasya ili uzun ortalama yıllık toplam iklim verileri.....	25
Çizelge 3.2. Bitkilerin toplandığı örnekleme noktaları.....	32
Çizelge 4.1. Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Cd konsantrasyon değerleri.....	38
Çizelge 4.2. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Cd değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları	40
Çizelge 4.3. Türlerin istasyonlara göre Cd değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları	41
Çizelge 4.4. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cd değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	42
Çizelge 4.5. Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Cr konsantrasyon değeri.....	44
Çizelge 4.6. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Cr değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	47
Çizelge 4.7. Türlerin istasyonlara göre Cr değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	47
Çizelge 4.8. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cr değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	48
Çizelge 4.9. Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Cu konsantrasyon değeri.....	51
Çizelge 4.10. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Cu değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	54
Çizelge 4.11. Türlerin istasyonlara göre Cu değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	55
Çizelge 4.12. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cu değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	56
Çizelge 4.13. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında bulunan Zn konsantrasyon değerleri.....	60

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.14. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Zn değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	63
Çizelge 4.15. Türlerin istasyonlara göre Zn değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	63
Çizelge 4.16. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Zn değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	64
Çizelge 4.17. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında bulunan Pb konsantrasyon değerleri.....	68
Çizelge 4.18. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Pb değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	70
Çizelge 4.19. Türlerin istasyonlara göre Pb değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları.....	71
Çizelge 4.20. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Pb değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	73
Çizelge 4.21. Türlerin ağır metallere göre ortalama değerleri ve Tukey in testine göre fark grupları (Sütunlarda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P < 0,05$ düzeyinde önemsizdir).....	76
Çizelge 4.22. Çalışılan türlerde organların ağır metallere göre ortalama değerleri ve Tukey in testine göre fark grupları (Sütunlarda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P < 0,05$ düzeyinde önemsizdir).....	76
Çizelge 4.23. Toprak örneklerinde istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları (ppm).....	77
Çizelge 4.24. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Cd değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	77
Çizelge 4.25. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Cr değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	78
Çizelge 4.26. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Cu değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm)	78
Çizelge 4.27. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Zn değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	79

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.28. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Pb değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm).....	80
Çizelge 4.29. Tür, organ*, istasyon, tür * organ, tür * istasyon, tür * istasyon, organ * istasyon, tür *organ * istasyon arasında RMANOVA katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)	80
Çizelge 4.30. İstasyonların ağır metallere göre ortalama değerleri ve Tukey'in testine göre fark grupları (Sütunlarda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark P<0,05düzeyinde önemsizdir).....	82
Çizelge 4.31. Toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içeriklerinin arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)	83
Çizelge 5.1. Çeşitli araştırmacılara göre Cd'un toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	85
Çizelge 5.2. Çeşitli araştırmacılara göre Cd'un bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	86
Çizelge 5.3. Çeşitli araştırmacılara göre Cr'un toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	87
Çizelge.5.4. Çeşitli araştırmacılara göre Cr'un bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	87
Çizelge 5.5. Çeşitli araştırmacılara göre Cu'ın toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	88
Çizelge 5.6. Çeşitli araştırmacılara göre Cu'ın bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	88
Çizelge 5.7. Çeşitli araştırmacılara göre Zn'nun toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	89
Çizelge 5.8. Çeşitli araştırmacılara göre Zn'nun bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada elde edilmiş değerler (ppm).....	90
Çizelge 5.9. Çeşitli araştırmacılara göre Pb'un toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm).....	91

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.10. Çeşitli araştırmacılara göre Pb'nun bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada elde edilmiş değerler (ppm).....	91



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında biriktirdiği Cd konsantrasyon değerleri.....	40
Şekil 4.2. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Cr konsantrasyon değeri.....	46
Şekil 4.3. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Cu konsantrasyon değeri.....	53
Şekil 4.4. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Zn konsantrasyon değeri.....	62
Şekil 4.5. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Pb konsantrasyon değeri.....	72

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Arazi çalışmaları.....	33
Resim 3.2. Bitkilerin laboratuvarında yapılacak işlemlere hazırlanma aşaması.....	35



HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Şekil 3.1. Araştırma alanının haritası.....	26
Şekil 3.2. Amasya ili trafik hacim haritası.....	33



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
°C	Santigrat derece
%	Yüzde
cm	Santimetre
µg	Mikrogram
mg	Miligram
Cr	Krom
Cd	Kadmiyum
Zn	Çinko
Cu	Bakır
Pb	Kurşun
ppm	Parts per million

Kısaltmalar	Açıklama
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Amerikan Çevre Koruma Ajansı
ICP-OES	Optik emisyon spektrometrisi
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
RNA	Ribo Nükleik asit

1.GİRİŞ

Canlıların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için içerisinde yaşadığı çevrenin dengeli ve canlılarla uyum içerisinde olması gerekir. Canlıların yaşadığı çevrenin dengesinin doğal veya doğal olmayan nedenlerle bozulmasına çevre kirliliği denir. Başka bir ifadeyle çevre kirliliği çevreyi oluşturan hava, toprak ve su gibi unsurlara çeşitli organik ve inorganik maddelerin verdiği geri dönüşümü zor zararlar olarak tanımlanır.

Kirleticilere içinde bulunduğumuz yüzyılda gelişen teknolojinin etkisiyle hız kazanan sanayileşme, kentleşme ve hızlı nüfus artışı gibi faktörlerin etkisiyle artan üretim ve tüketime bağlı olarak meydana gelen endüstriyel ve evsel atıklar örnektir. Ayrıca madencilik, endüstriyel atıklar, boya sanayi ve egzoz gazlarının doğaya salınmasıyla atmosfere verilen ağır metaller örnekler arasındadır. Sanayileşme ağır metaller olan ihtiyacı arttırmıştır. Metal ihtiyacının artışı madenciliği körüklemiş, madenlerin yeraltından daha geniş çapta çıkarılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu durum da bu elementlerin doğaya karışmasını hızlandırmıştır. Topraktaki yüksek ağır metallerin seviyesi toprak kalitesinin bozulmasına ürün verim, kalitesinin düşüşüne ve buna bağlı olarak yaşamsal faaliyetlerin tehlikeye girmesine neden olur. Bu da dolayısıyla insan ve diğer organizmalar için önemli tehlikelere yol açar. Ağır metallerin atık sulardaki birikimi mikrobiyal aktiviteleri de son derece düşürür bu durumda hem biyolojik atık su arıtma süreçlerini hem de nitrifikasyon ve denitrifikasyon mekanizmalarını olumsuz etkiler. Ayrıca organik bileşiklerin mikrobiyal oksidasyonunu azaltır.

Ağır metallerin cinsine göre başta kanser olmak üzere insanda farklı etkiler gösterir. Sinir sistemi ve zeka gelişimini bozuklukları, hafıza kaybı, anemi, solunum sistemi, böbrek ve cilt hastalıkları gibi bir çok rahatsızlığa neden olur. Endüstriyel faaliyetler, maden yatakları ve maden işletmeleri, tarımda gübreleme, ilaçlama ve motorlu taşıtların egzoz gazları gibi pek çok etken, ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında yer alır. Ağır metaller doğrudan ya da hava ve su yolu ile toprakta birikir. Bu zararlı maddeler, yalnız ürünlerin verim ve kalitesinin düşmesine değil, aynı zamanda topraktan taban suyuna geçerek veya bitkinin bünyesinde birikerek besin zincirine de katılırlar (Biggins ve Harrison, 1980; Elik ve Akçay, 2000; İlhan ve Dünder, 2006; Öztürk, 2008).

Son yıllarda çevre kirliliğinin artması ile kirliliğin miktarının belirlenmesi ve kirlilikle ilgili gerekli tedbirlerin alınması için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemler olarak sınıflandırılır. Fiziksel ve kimyasal yöntemler pahalı olduğu gibi yeniden çevre kirliliğine neden olabilecek yöntemlerdir. Bu nedenle kirliliği tespit etmek amacıyla biyolojik yöntemler tercih edilir. Bu amaçla mantar, liken, karayosunu ve damarlı bitkiler gibi canlılar son yıllarda yoğun olarak kullanılır. Biyosferin belirli özelliklerini tespit etmek için kullanılan canlılara “bioindikatör” ya da “biyomonitör” canlılar denir (Markert, 1993; Öztürk, 2008).

Bu çalışmada, Amasya ilinden geçen karayolu boyunca doğal olarak yayılış gösteren Brassicaceae familyasına ait, *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum* seçildi. Çalışma 4 farklı istasyonda gerçekleşti. Bunlar; birincisi otoyol kenarı (5 örnekleme noktası), ikincisi şehir içi istasyonu (5 örnekleme noktası), üçüncüsü kenar semt (5 örnekleme noktası) ve dördüncüsü ise kontrol grubu (5 örnekleme noktası) olarak belirlendi. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında ağır metal (Cr, Pb, Zn, Cu, Cd) birikimi miktarları İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometri (ICP-OES) ile belirlendi. Farklı istasyonlar arasındaki sonuçlar istatistiksel testlere tabi tutularak çalışılan bitkilerin metaller için biyomonitör potansiyelleri değerlendirildi.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Ağır Metal

Yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten ve atom ağırlığı 50'den daha büyük olan elementlere ağır metaller denir. Nikel (Ni), Bakır (Cu), Civa (Hg), Demir (Fe), Çinko (Zn), Kobalt (Co), Krom (Cr), Kurşun (Pb) ve Kadmiyum (Cd) başta olmak üzere 53'ten fazla bilinen ağır metal bulunur. Ağır metaller genellikle doğada oksit, sülfür ve karbonat gibi güçlü bileşikler halinde veya silikat mineralleri içine tutulu halde bulunur (Baba ve diğerleri, 2009; Özay ve Mammadov, 2013).

Ağır metallerin, atmosferde, suda ve topraktaki derişiminin belli bir seviyenin üzerine çıkması, tüm canlılar için ciddi problemlere neden olur. Ağır metallerin yüksek seviyeleri toprak kalitesinin bozulmasına, ürün verim ve kalitesinde azalmaya neden olur ve dolayısıyla insan ve diğer organizmalar için önemli tehlikelere yol açar (Blaylock ve Huang, 2000: 53-70; Terzi ve Yıldız, 2011).

İnsanlara ağır metaller insana atık suların içme sularına karışarak besin zinciri, solunan hava veya toz halinde geçer. Ağır metallerden bazıları organizmanın yapısında belirli bir oranda olması gerekir. Bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıkları için beslenme yoluyla dışarıdan alınırlar. Örneğin Cu yaşamsal özellikte bir ağır metaldir ve insanların kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon sürecinin parçasıdır (Hamutoğlu, Dinçsoy, Cansaran-Duman ve Aras, 2012). Yaşamsal olmayan ağır metaller çok az konsantrasyonda dahi sağlık problemlerine yol açar. Örneğin Hg, kükürtlü enzimlere bağlanarak enzim faaliyetlerini olumsuz etkiler (Duffus ve Worth, 1996; Hamutoğlu ve diğerleri, 2012). Bazı ağır metaller her canlıda ayrı özellik kazanır. Örneğin, Ni bitkilerde toksik etki gösterirken hayvanlarda iz element olarak bulunması gerekir. Ağır metallerin canlıda bulunduğu konsantrasyonda çok önemlidir. Ancak belli bir konsantrasyon sınırına ulaşan ve bu sınırı aşan ağır metaller toksik etki gösterir (Kahvecioğlu, Kartal, Güven ve Timur, 2003; Hamutoğlu ve diğerleri, 2012).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 tane öncelikli çevre kirleticileri arasında yer alan ağır metaller toprak kirliliği bakımından

biyotaya verdiği zarar nedeniyle en önemli çevre kirletici gruplarından birini oluşturur. Yapılan son çalışmalara göre topraktan şu ana kadar yaklaşık olarak 20 milyon ton Pb, 240 milyon ton Cu, 0,5 milyon ton Cd, 250 milyon ton Zn elde edilmiştir. Demek oluyor ki bu ağır metaller biyosferde birikir (Öztürk, 2008).

Ağır metallerin kaynağı, toprak oluşumu sırasındaki etkiler, biyolojik arıtım çamurları, belediye kanalizasyonları, hayvan dışkıları, evsel atıklar ve atmosferik taşınım olur. Toprakta ağır metallerin birikimine endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin yanı sıra ağır metal içeren kayaçların suda çözünmesi de neden olur (Özay ve Mammadov, 2013). Günümüzde endüstrileşmeye paralel olarak, petrolün devreye girmesi, petrokimya tesisleri, çeşitli kimyasalların üretimi ve çeşitli alanlarda kullanımıyla zararlı kimyasal maddelerin atmosferdeki düzeyleri çok daha arttı (Çepel, 1983: 234; Aslanhan, 2012). Hava kirliliğini oluşturan kaynakların başında yerleşimlerde ısınma için kullanılan yakıtlar, endüstriyel faaliyetler ve özellikle ulaşım araçları gelir (Beckett, Freer-Smith ve Taylor, 1998; Yeşilyurt ve Akcan, 2001; Aslanhan, 2012).

Trafikten kaynaklanan kirletici ağır metallerin başında; Ni, Cr, Hg, Cd, Pb, Zn ve Cu gelir. Genel anlamda Pb motorlu araçlarda benzine katılan tetra etil kurşun (TEK)'dan, Ni ise dizel yakıt ve motor yağlardan, Cd ve Zn ise en çok dizel yakıt, araç lastikleri, yağ ve diğer araç donanımlarından kaynaklandığı bilinir (Li ve Liu 2001; Bilge ve Çimrin, 2013).

Otoyolların sayısının artmasıyla trafiğe çıkan araç sayısı ve dolayısıyla atmosfere bırakılan ağır metal yükü de artar. Egzoz gazlarından çıkan ağır metal partikülleri yağmurla birlikte toprağa karışır. Bu yolla metaller biyolojik süreç içerisinde özellikle anayol ve yol kenarlarına yayılış gösteren bitkilere katılıp kök, tomurcuk ve yapraklar gibi çeşitli bitki kısımlarına transfer edilerek biriktirilir ve besin zincirine katılırlar. Ağır metal kirliliği düşük yoğunluklarda bitkiyi kendisini başlangıçta etkilemese de bünyesinde birikime neden olmakta ve zamanla birikim arttıkça da bitkinin kendisinde etkilenir. Ağır metal kirliliğinin bitkilere etkisi incelendiğinde ise, ağır metallerin solunum ve fotosentez reaksiyonlarına, üreme sisteminde, DNA ve RNA yapısında hasarlara neden olduğu; ksilem ve floem geçirgenliğine, kökten madde alımına, membran geçirimine vb. olumsuz etkisi olduğu görülür. Çizelge 2.1'de ağır metallerin toprakta

toksik kabul edilen ve kontamine olmuş bitkilerdeki konsantrasyon aralıkları verildi (Ross, 1994; Yaşar, 2009).

Çizelge 2.1. Ağır metallerin toprakta toksik kabul edilen değerleri ve kontamine olmuş bitkilerdeki konsantrasyon aralıkları

Element	Toprakta Toksik Kabul Edilen Kons. Aralığı (µg/g)(Ross, 94)	Kontamine Olmuş Bitkilerde Kons. Aralığı (µg/g)(Ross, 94)
Cd	3-8	5-30
Cr	75-100	5-30
Cu	60-125	20-100
Fe	-	-
Ni	100	10-100
Pb	100-400	30-300
Zn	70-400	100-400

Çalışmada beş metali (Cr, Pb, Zn, Cu, Cd) inceleme nedeni; canlılarda bulunma oranlarının ve canlılara etkilerinin yüksek olmasından kaynaklanır. Çalışmada toksikolojik olarak en büyük hasara yol açan bakır, krom, çinko, kurşun ve kadmiyum metalleri ele aldı. Bu çalışmada tespit edilen çeşitli ağır metallerin canlılara olan olumsuz etkileri ele alındı. Bu metallerin canlılar üzerindeki etkileri sıralandı;

2.1.1. Kadmiyum (Cd) kaynakları ve canlılardaki etkisi

Kadmiyum, ilk defa 1817 yılında Almanya'da keşfedilmiş atom ağırlığı 112,41 g/mol, atom numarası 48, yoğunluğu 8,65 g/cm³ olan aynı zamanda gümüş beyazı açık mavi renkli, parlak ve aşınabilir, yumuşak katı bir bir geçiş elementidir. Cd nispeten nadirdir ve doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Cd'un yüksek çözünürlüğe sahip olması, bitkiler tarafından hızlı ve kolay absorblanabilmesi, yüksek hareket edebilme yeteneği, küçük konsantrasyonlarda dahi bitkiler üzerinde zararlı etkisi ve biyolojik yarı ömrünün uzun olmasından dolayı toksik elementler arasında tehlikelilerden biri olarak kabul edilir (Bıçakçı, 2003; Vanlı, 2007).

Günümüzde Cd endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, gemi sanayinde, çeliklerin kaplanmasında, boya ve elektronik sanayinde, enerji santralleri, ısıtma sistemleri, fosfatlı

gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur. Özellikle bitkilere geçişi; su boruları, kömür yakılması, tohum ve endüstriyel üretim aşamasında kullanılan gübrelerdir. Ayrıca Cd bileşikleri; metallerin kaplanması, Cu gibi diğer metal alaşımlarında, alkali bataryalarda, plastiklerde stabilizer veya pigment olarak bulunur. Çevreye verilen Cd kaynakları ise lastik aşınması ve dizel yağlardır (Çilali, 2012).

Cd fazlalığı bitkilerde çimlenmeyi ve büyümeyi olumsuz etkiler, bitkilerde morfolojik ve fizyolojik tahribata neden olur ayrıca bitki metabolizması ve enzim reaksiyonları üzerinde negatif etki meydana getirir (Bertin ve Averbeck 2006; Gedik, Kıran ve Şahin, 2015). Bunlara ek olarak Cd'un kök hücrelerinde mitotik indeksin azalmasına, çekirdek yapısında bozulma, DNA ve RNA sentezinde anormaliliklere neden olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda Cd'un yüksek konsantrasyonlarda klorofil mutasyonuna sebep olduğu bitki büyüme periyodunu geciktirir ve ayrıca bitkilerin genetik potansiyellerini sınırlandırarak ürün kayıplarına sebep olduğunu gösterir (Reddy ve Vaidyanath, 1978; Gedik, Kıran ve Şahin, 2015).

İnsan ve hayvanlarda Cd zehirlenmesi protein, lipit ve DNA'nın bozulmasına neden olan serbest radikallerin çoğalmasına, bir çeşit anemiye, böbreklerde hasara, proteinüriye, osteoporosise ayrıca akciğer ve prostat kanserine neden olduğu anlaşılmıştır. Cd'un vücuda alınma yollarından biri içme sularıdır bu nedenle uzun süreli kadmiyuma maruz kalındığında en fazla etkilenecek organ böbreklerdir (Vural, 1993; Çağlarımak ve Hepçimen, 2010). Cd zehirlenmesi, kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklara, ishale, karın ağrılarına, kusmaya, üreme bozukluklarına, kısırılık ihtimaline, kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku alma duyusunun yitilmesi gibi merkezi sinir sisteminde ve ayrıca bağışıklık sisteminde hasarlara da neden olur (Öztürk, 2008; Nordberg, 2003; Waalkes, 2000; Aslanhan,2012).

2.1.2. Kromun (Cr) kaynakları ve canlılardaki etkisi

Cr; atom numarası 24, yoğunluğu 7,19 g/cm³ ve atom ağırlığı 51,996 g/mol olan bir geçiş elementidir. Gümüş gibi parlak, mavimsi beyaz, kolay kırılan sert bir maden olan Cr, havaya karşı çok dayanıklıdır. Cr, 1789'da Fransız L. N. Vauquelin tarafından ilk kez üretilmiştir. Çok renkliliğinden dolayı Yunanca renkler anlamına gelen krom ismi verilmiştir (Kahvecioğlu, Kartal, Güven ve Timur, 2004). Cr hayvanlarda, bitkilerde,

toprakta, kayalarda ve volkanik gazlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Birçok farklı formda bulunur. Günümüzde çeliğin sertleştirilmesinde, paslanmaz çelik üretiminde ve çeşitli alaşımların elde edilmesinde kullanılır. Özellikle tekstilde derinin boyanmasında, temizleme solüsyonu olarak ayrıca soğutma sistemlerinde, otomobil parçalarında, kesici aletlerde korozyon önleyici kaplama olarak kullanımı da yaygındır (Kurnaz, 2012).

Cr'un ana materyale göre değişmekle birlikte topraklardaki toplam miktarı 7-750 mg.kg⁻¹ arasındadır. Tarım topraklarında izin verilebilir toplam Cr düzeyi 100 mg.kg⁻¹, ekstrakte edilebilir Cr düzeyi ise 1 mg.kg⁻¹ dolayındadır. Cr yönünden zengin toprakların kaynağı kromit adı verilen mineraldir (Pak, 2011).

Az miktardaki Cr'un bitki, insan ve hayvan beslenmesi için gerekli ve yararlı olduğu saptanmakla birlikte fazla miktarı canlılarda toksik etki yapar. Cr'un bitkilerde zehir etkisinin çok önemli olmadığı ve Cr'un düşük seviyelerde bitkiye pozitif etkisinin olduğu düşünülür (Yücel, 2010; Yaşar, 2009). Cr toksisitesi, bitki kök yaralanmalarına ve genç yapraklarda sararmaya yol açar. Ayrıca Cr toksisitesi bitkilerde çimlenmeyi, fotosentetik pigment yapısını, besin dengesini olumsuz etkiler. Bunun yanında antioksidan enzimlerde bozulmaya yol açar. Bitkilerde oksidatif strese ve biyolojik membranların zarar görmesine de neden olur (Pak, 2011).

Cr insanda, insülin hareketini sağlar, özellikle Cr⁺³ karbohidrat, su ve protein metabolizmasını etkiler. Cr glikoz ve yağ metabolizmasında, aminoasitlerin kullanımında gerekli bir elementtir. Ayrıca insanda şeker hastalığı ve damar sertliği hastalığından korunmak için gereklidir (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Yaşar, 2009).

İnsanlar Cr elementine; yeme, içme, soluma ve deri teması yoluyla maruz kalır. Laboratuvar denemelerinde Cr (VI)'un kanserojen özelliği tespit edilmiştir ve bu kanserojen etki özellikle bronş sisteminde etkindir. Kromatlama yapan ve Cr üretiminde çalışan işçiler üzerinde yapılan araştırmalarda, işçilerde bronşit kanserinin arttığı tespit edilmiştir. Günlük doz sınırları içinde alınan Cr³⁺ bileşiklerinin insanlara veya hayvanlara zararları görülmemiştir. Altı değerlikli Cr bileşikleri deri, sindirim sistemi ve akciğerler için temas ettikleri durumlarda tahriş edici özellik gösterirler. Ayrıca Cr⁶⁺ gen kopyalanmasını, onarımını ve duplikasyonunu etkiler (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2004).

Düşük seviyelerde Cr'a maruz kalındığında, deride tahribata ve ülser meydana gelir. Uzun süreli Cr ise böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabildiği gibi sinir ve kan dolaşımı sistemini ayrıca dokularını tahrip eder.

2.1.3. Bakırın (Cu) kaynakları ve canlılardaki etkisi

Cu; M.Ö. 5000 yılında bulunduğu tahmin edilen, atom numarası 29, atom ağırlığı 63,546 g/mol ve yoğunluğu 8,96 g/cm³ saf haldeki rengi kırmızımsı olan, yumuşak, çok kolay işlenebilen, gümüşten sonra en iyi elektrik iletkenliğine sahip olan bir geçiş metalidir. Cu'nun bitki gelişimi için mutlak gerekli olduğu ilk kez 1931 yılında belirlenmiştir. Bu durum özellikle bitkilerde enzim aktivasyonunda, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında yer almasından kaynaklanır. Ayrıca klorofilin yapısı ve enzimlerin düzgün çalışması için iz miktarlarda mutlaka bulunması gerekir. Cu insan vücudundaki otuzdan fazla enzimin bir bileşeni olarak hayati öneme sahip pek çok biyolojik reaksiyonun gerçekleşmesinde büyük önem taşır. Elektron transferi gerektiren reaksiyonlarda, memeli canlılarda Cu⁺², kırmızı kan hücrelerinin yapımında ve omurgasızlarda ise kanda oksijen taşıyan pigment olan hemosiyaninin yapısına girerek yine büyük bir rol üstlenir (Tunca, Ucuncu, Ozkan, Ulger ve Tekinay, 2013; Akçelik, 2008; Yılmaz, 2006; Ustaoglu, Terzioğlu, Türe, Yılmaz ve Tunca, 2015; Aslanhan, 2012). Erişkin insanlarda, aminoasit, yağ asiti, vitamin metabolizmasında görev alır. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunur ve demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Özellikle beyinde, sinirler ve bağ dokusu için de Cu'nun vücuda alınması gereklidir (Mutluay ve Demirak, 1996: 83,84; Öztürk, 2008).

Cu kirliliği, emisyon, atmosferik depositler, pestisid kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak değerlendirilmesi, kömür ve maden yataklarından kaynaklanır. Cu'nun suya geçişi bakır boru ve bağlantı parçalarının aşınması sonucu olur (Ustaoglu ve diğerleri, 2015; Zulkadir, 2016). Cu'nun proseslerde veya paketlemelerde kullanılması ürünleri kirletir ve çevreye zarar verir (Nuhoğlu, Malkoç, Gürses ve Canpolat, 2002; Okçu, Tozlu, Kumlay ve Pehlivan, 2009).

Topraklarda genellikle toplam Cu'nun 100 mg.kg⁻¹'i ekstrakte edilebilir. Bitki kuru maddesinde genellikle 30 mg.kg⁻¹'dan fazla bulunması toksik etkiye neden olur (Asri ve Sonmez, 2006; Pak, 2011). Cu'nun, eksikliğinde olduğu gibi fazlalığında da bitki zarar

görür. Bitki türlerinde ihtiyaç göstermelerine karşın, Cu, oldukça zehirli bir metaldir. Yapılan çalışmalarda; Cu toksisitesinin bitkilerde doku hasarı, köklerde bozulma, bitki renginde koyulaşma, membran geçirimsizliğinde bozulma sonucunda kök hücrelerinde iyon kaybı, DNA'nın hasar görmesi sonucu fotosentez işleminin bozulması gibi zararlara neden olur. Ayrıca Cu'nun fazlalığı kalsiyumun köklerden yapraklara taşınımını azaltmasıyla bitkilerin magnezyum ve potasyum içeriklerinin azalmasına neden olduğu, hücre duvarı elastikiyetini bozduğu, turgoru azalttığı belirlemiştir (Sossé ve diğerleri, 2004: 1213-1218; Dunand, Epron, Sossé ve Badot, 2002: 53-58; Zulkadir, 2016). Toksik seviyelerde Cu bitkilerde; yan kök oluşumunda azalmaya, koyu renkli benekler oluşmasına, köklerde büyüme baskılanmasına ve kök kütikulasında kalınlaşmalara neden olur (Kartal, Güven, Kahvecioğlu ve Timur, 2004; Yaşar, 2009).

İnsanlarda Cu zehirlenmesi ender rastlanan bir durum olup, genellikle uzun süre Cu ile temas halinde olan yiyecek ve içeceklerin tüketilmesi ile gözlenir. Uzun süre maruz kalma sonucu Cu tozu burunda, ağızda ve gözlerde tahrişlere yol açar bunun yanında insanda baş ağrıları, baş dönmesi, mide bulantısı ve ishale neden olur. Cu en çok karaciğer, böbrek, mide, akciğer, bağırsak, kalp, beyin ve adrenal bezde birikim yapar. Cu'nun kanserojen olmadığı bilinir. Ancak Cu eksikliği, insanlarda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyonlar, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklara yol açar (Öztürk, 2008; Belozerova, 2002; Avcıl, 2005).

2.1.4. Çinkonun (Zn) kaynakları ve canlılardaki etkisi

Zn, atom numarası 30, yoğunluğu 7,14 g/cm³, atom ağırlığı 65,39 g/mol ve erime derecesi ise 419 °C olan mavimsi açık gri renkte, kırılğan bir geçiş elementidir. Zn, çelik, ipek ipliği ve fiber optik kablo üretimi, katot arıtımı uygulayan resirkülasyon soğutma sistemleri ile metal kaplama ve metal işletmelerinin atık sularından, araç lastiklerinin aşınmasından çevreye yayılır. Zn tekstil ürünleri, boya, yazıcı mürekkepleri, elektronik aletler, kauçuk yan ürünleri, yer kaplamaları, sabun, plastik ve kozmetik ürünler gibi günlük yaşamımızda yer alan çeşitli ürünlerde karşımıza çıkar (Ekerbiçer, 2011; Çetinkaya, 2011).

Zn, organizma için esansiyel bir mineraldir ve 3000 kadar proteinin yapısında olduğu tahmin edilir. İçinde yer aldığı enzimlere bakarak, karbonhidrat, protein, fosfat, RNA

oluşumunda, gen ekspresyonu, üreme, büyüme ve embriyogenezis de görev alır. Hücrelerin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğü için kritik rol oynar ve ayrıca zararlı geçirgenliğinde rolü vardır. Bitki gelişimi için ve bitkide metabolizma olaylarını düzenleyen enzim sistemi için mutlak gerekli olan besin elementinden birisidir. Zn, mantar ve bakterilerin ve yol açtığı hastalıklara karşı koruyucu etkisi olduğu da bilinir (Belgemen ve Akar, 2004; Ekerbiçer, 2011; Özcan ve Taban, 2012; Okçu ve diğerleri, 2009; Aslanhan, 2012). Zn; insanda büyüme ve seksüel olgunlaşmada kritik rol oynar. Yara iyileşmesi ve tat, koku duyuları için önemlidir ve ayrıca insulin ve porfirin metabolizmasındaki enzimlerin aktivitelerinde rol oynar.

Bazı bitkiler Zn fazlalığına karşı büyük bir tolerans gösterir. Genellikle topraklarda toplam Zn miktarı ile bitkiye yararlı Zn miktarları arasındaki ilişki yok denecek düzeydedir. Bitkilerin Zn gereksinimleri göreceli olarak azdır. Bitkiler, topraktaki Zn değişimlerine çok çabuk tepki verirler ve gereksinimden fazla Zn bitkilerde zehir etkisi gösterir (Okçu ve diğerleri, 2009; Pak, 2011). Zn konsantrasyonu bitkilerde kuru madde esasına göre genellikle 5–100 mg.kg⁻¹ arasındadır. Bitkilerde Zn toksik düzeyi çoğunlukla 400 mg.kg⁻¹'dan sonra başlar. Zn toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler incilir, klorofil sentezi azalır, genç yapraklar kıvrılır ve yapraklarda klorosis görülür. Ayrıca bitkilerde hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır. Zn toksisitesinde, kök uç hücrelerinin çekirdeklerinde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Ayrıca sitoplazma yapısında bozulma, organeller arasında bağlantısızlık gözlenmiştir (Öztürk, 2008).

İnsanlarda Zn'nun akut zehirlenme belirtileri sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı, mide krampı, ishal uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme şeklinde ortaya çıkar. Aşırı dozda elementel Zn alındığında uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi belirtiler gözlenir. Aşırı miktarda Zn Emilimi, demir fonksiyonlarında azalmaya, bağışıklık sisteminde hasara sebep olur ve ayrıca Zn'nun deney hayvanları üzerinde kanserojenik etkisi saptanmıştır (Burtis ve Ashwood, 2002; Aslanhan, 2012; Vural, 1993; Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

2.1.5.Kurşunun (Pb) kaynakları ve canlılardaki etkisi

Kurşun, atom numarası 82, yoğunluğu $11,34 \text{ g/cm}^3$ ve atom ağırlığı $207,2 \text{ g/mol}$ olan bir elementtir. Pb; hava, su ve toprak gibi yollarla; besinlere, besinler aracılığıyla da biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip metallere aittir. Ayrıca Pb ağır metaller içerisinde metal veya bileşik olarak yayılıp ve her durumda toksik özellik taşıdığından insan faaliyetleri sonucu ekolojik sisteme zarar veren ilk metal olma özelliği taşır. Pb, 1920'lerden itibaren benzine ilave edilmeye başlanmıştır ve bu da Pb'un ekolojik sisteme yayılımını hızlandırmıştır. Kurşunsuz benzin kullanımı günümüzde atmosfere Pb yayılımını azaltmakla beraber Pb'un birçok birincil metal üretim aşamasında kullanılması atmosfere Pb ve bileşiklerinin yayılımının devam etmesine neden olur (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2004). Pb'un ekosisteme yayılma kaynakları; benzine ilavesi, akü üretimi ve benzeri metal sanayi, seramik sır tabakası içme suyu şebeke boruları, kalay-kurşun alaşımlı kaplar, kurşun temelli boyalar, gıda için kullanılan teneke kutularının lehimlenmesi örnektir (Aslanhan, 2012).

Topraklarda Pb kirlenmesine özellikle Pb içeren yakıtları kullanan araçların egzoz gazlarından, katı ve sıvı fosil yakıtların yakılmasından, madenlerin işlenmesi ve arıtılması sırasında çıkan baca gazlarından kaynaklanır. Ayrıca Pb içeren bazı bitki koruma ilaçlarının, gübrelerin ve kompostun kullanılması tarım topraklarına önemli miktarlarda Pb bulaşmasına neden olur (Pak, 2011).

Tarım alanlarında doğal olarak bulunan Pb konsantrasyonu 100 mg.kg^{-1} 'i, ekstrakte edilebilir miktarı ise 4 mg.kg^{-1} 'i aştığında potansiyel olarak bitki ve insan sağlığı bakımından bir sorun oluşturur (Dürüst N, Dürüst, Y, Tuğrulve Zengin, 2004; Pak, 2011).

Pb toksisitesi bakımından otoyolların yakınında yetiştirilen kültür bitkileri büyük risk altındadır. Pb elementi toksik düzeylere ulaştığında ise bitkide hücre turgoru dengesini, stoma hareketlerini ve hücre duvarı yapısını olumsuz olarak etkilemekte ve yaprak alanını azalttığı için bitkinin su alımının azaltır. Ayrıca aşırı Pb birikimi, bitkinin kök gelişimini olumsuz etkiler (Asri ve Sonmez, 2006; Pak,2011). Pb bitkilerde klorofil miktarını azalttığı için vejetatif büyümeyi yavaşlatır (Kahvecioğlu, Kartal, Güven, ve Timur, 2003; Vanlı, 2007).

Pb'a maruz kalan bitkilerde; tohum çimlenmesinde sorunlar, kök ve gövde uzamasında azalma, kloroz, birçok enzimde indüksiyon veya inhibisyon, hücre yapısında bozulma, kromozom lezyonları ve bölünme anomalileri gibi olumsuzluklar görülür (Kıran ve Şahin, 2005; Uğuz, 2007).

Çocuklarda 40-80 µg Pb/ 100 mL yetişkinlerde 80 µg Pb/ 100 mL Pb zehirlenmelerinin görüldüğü düzeydir. Kemikler, saçlar ve dişlerdeki Pb miktarı Pb zehirlenmeleri hakkında bilgi verir. İnsanlarda Pb zehirlenmesi sonucu bebekler ve çocuklarda zeka geriliği, öğrenme bozuklukları ve hiperaktivite ile yetkinlerde kan basıncı yüksekliği, kronik anemi, periferik sinir hasarı, beyin hasarı ve ölüm görülür (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010). Ayrıca kemiklerde kalsiyum bağlama metabolizmasında kalsiyumun yerini alır. Kandaki Pb, böbrek ve erkek üreme organlarında tahribata, çocuklarda parmaklarda ve bileklerde güçsüzlüğe, hafıza kaybına, anemiye, kan bozulmasına ve vücut reaksiyonlarında yavaşlamaya neden olur. Pb'la teması olanlarda aşırı iskelet zedelenmesi, kemik tümörleri, osteoporoz gibi bozukluklar ve birçok renal problem de görülür (Yeşilyurt ve Akcan, 2001; Özmert, Yurdakök ve Laleli, 2003; Yaşar, 2009).

2.2.Ağır Metal Kirliliğinde Bitkilerin Biyomonitör Olarak Kullanımı

Doğa kaynaklarının yanlış kullanımı ile doğanın temel öğeleri olan hava, su, toprak ve bitki kirlenmesinin doğal çevre üzerinde meydana getirdiği bozulmalar, çevre sorunlarına neden olur. Yeni otoyolların yapılması ile birlikte trafiğe çıkan araç sayısının artmasıyla motorlu araçlardan eser miktarda da olsa Pb, Cd, Ni, Cr, Cu ve Zn gibi ağır metalleri yayılır. Bu durum özellikle anayol-yol kenarlarında veya bu bölgelerdeki tarım arazilerindeki yetişen bitkilerde ağır metal kirlenmeleri gözlenir. Otuz yılı aşkın süredir bitkilerde metal toksisitesi ve toleransı, üzerinde durulan bir konu haline gelmiştir (Foy, Chaney ve White, 1978; Das, Samantaray ve Rout, 1997; Clemens, 2001; Mertens, Luysaert ve Verheyen, 2005; Öztürk, 2008).

Çevrede meydana gelen problemin boyutunu tespiti ve alınacak önlemlerin planlanabilmesi için ağır metallerin bitkilerdeki metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, bitkilerin bu kirleticilere karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi uyum mekanizmalar geliştirdiğini belirlemek oldukça önemlidir.

Çevre kirliliğinin son yıllarda artması kirliliğinin miktarının belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması ile ilgili pek çok pahalı çalışmalar yapıldı. Bunlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler olarak sınıflandırılır. Fiziksel ve kimyasal tespitler çoğu kez pahalı aynı zamanda yeniden çevre kirliliğine neden olabilecek yöntemlerdir. Metal kirliliğinin birikiminin ve dağılımının belirlenmesinde mantarlar, likenler, yüksek bitkilerin ağaç kabukları, yaprakları, dalları gibi bitki kısımları kullanılır. Biyosferin belirli karakteristیکlerini ve informasyonlarını elde etmek için kullanılan canlılara “bioindikatör” ya da “biyomonitör” canlılar denir. Her iki terim arasında küçük bir anlam farkı vardır; “bioindikatör”, çevresel değişimlerin kalitesi veya çevresel enformasyon sağlayan tüm organizmaları ifade ederken, “biyomonitör” ise, çevrenin kalitesinde nicel informasyonlar sağlayan organizmalar olarak ifade edilir (Markert, 1993; Öztürk, 2008). Havadaki kirleticileri direkt ölçme metoduyla, kirleticilerin yayılımını gösteren bazı yapısal modeller veya biyomonitörler kullanılarak izlenir (Markert, Breure, ve Zechmeister, 2003; Uğuz, 2007). Biyoindikatör canlılar, toksik maddeleri akümüle edebilme yeteneğine sahiptirler. Bu canlılar akümüle ettikleri toksik madde miktarları ortamdaki toksik maddenin değişimine göre değişir. Hava kirliliğinin tespitinde analiz cihazları ile elde edilen bilgiler, o bölgedeki anlık hava kalitesi ile ilgili bilgi verir. Ancak biyomonitör canlı kullanıldığında o bölgenin hava kalitesi hakkında daha uzun bir süreç hakkında bilgi alınır (Anonim, 2000; Öztürk, 2008).

Bazı yazarlar, kirlenmiş bir toprakta yetişen bir bitkinin metal konsantrasyonunun kirlenmemiş bir bölgede yetişen metal konsantrasyonundan on kat daha büyük olması durumunda bu bitkinin biyomonitör, yüz kat büyük olması durumunda ise biyotemizleyici olarak belirtir (Aslanhan, 2012; Yanqun, 2005).

Ağır metal kirlilik düzeylerinin karasal sistemlerde belirlenmesinde çeşitli bitkiler kullanılır. Bitkiler yapılarındaki metalleri, havadan, kökleri yardımıyla da toprak ve sudan da alır. Bu nedenle; yaprak, dal, kök ve kabuk gibi bitki kısımlarının metal konsantrasyonlarının toprak, su ve havayı içeren çevrenin kirlenmesinin göstergesi olarak kullanılması biyomonitör olarak adlandırılır. Bu kapsamda; kantitatif bilgi verenler biyomonitör, çevrenin kalitesi konusunda kalitatif bilgi veren organizmalar biyoindikatör olarak tanımlanırlar (Mertens ve diğerleri, 2005; Aslanhan, 2012). Farklı ülkelerde topraktaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde farklı bitki türleri kullanılır. Örneğin Norveç’te *Hylocomium splendens*, Almanya’da *Pleurozium schreberi*, *Scleropodium*

purum, *Hypnum cupressiforme* ve *Hylocomium splendens*, Polonya ve Amerika'nın çeşitli bölgelerinde *Populus nigra*, Bulgaristan'da *Populus nigra var. nigra*, ülkemizde ise *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*, *Elaeagnus angustifolia* ve *Robinia pseudacacia* kullanılır. 1950'lerden beri vasküler bitkilerin yaprakları bu amaçla kullanılır. Son yıllarda gelişmiş bitkilerin yapraklarının karasal çevrede ağır metal kirliliği için biyomonitör olarak kullanılmasında artış gözlenir (Kovacs, Podani, Klincsek, Dinka ve Toeroek, 1981; Djingova ve Kuleff, 1993; Rademacher, 2003; Piczak, Leśniewicz ve Żyrnicki, 2003; Öztürk, 2008).

Biyomonitör olarak bitkileri kullanmak, fazla bir ekipman gerektirmeyen, ekonomik ve örnekleme kolay ve ucuz olduğu bir metottur. Biyomonitörler buldukları çevreden daha fazla yoğunluklarının olması nedeniyle, hava kirleticilerinin düzeylerini ve biyolojik reseptörlere etkilerini tahmin eden etkili metottur (Öztürk, 2008). Biyomonitörler hem kirleticilerin miktarları hem de biyomonitör canlılar üzerindeki etkileri hakkında bilgiler sağlar. Biyomonitör kullanılan metotlar hızlı ve ucuz olmasının yanında kirleticilerin birikimi ve hava kalitesi hakkında doğru bilgiler sağlar. Biyomonitör olarak bir türün kullanılabilmesi için türün toplama alanında geniş sayılarda temsil etme, geniş bir coğrafik alana sahip olma, yıl boyunca aynı alandan toplamak için kolay ulaşır ve örnekleme kolay olması ve kimlik probleminin olmaması gerekir (Aksoy 1999; Duru, Çavuşoğlu, Yalçın ve Yapar, 2011). İyi biyomonitörler; farklı koşullar altında kirleticileri havadan aynı yolla ve aynı derecede yapılarında biriktirir (Conti ve Cecchetti 2001; Uğuz, 2007).

Martin ve Coughtrey (1982) metal birikiminin uygun biyolojik monitörleri için kriterleri şöyle açıklamıştır:

1. Biyolojik monitör canlı ölçülebilir miktarda metal birikimi yapabilme yeteneğinde olmalıdır.
2. Organizma veya onun ilgili parçalarının hem miktarsal hem de dağılım olarak örneklenebilir düzeyde olması gerekir.
3. Yıl boyunca ulaşılabilir ve kolay toplanabilir olmalıdır.
4. Organizmadaki birikim seviyesi ilgili kirleticinin havadaki konsantrasyonu ile depolanan oranları arasında miktarsal olarak birbirini destekler düzeyde olmalıdır.
5. Havadan gelen diğer kontaminasyonlara karşı organizma hedef olmamalıdır.

6. Tekrarlanabilir olması gereklidir.

7. Örneklerin toplanması ve analiz maliyetleri nispeten ekonomik düzeyde olmalıdır (Uğuz, 2007).

Bitkiler, çevresinde bulunan toksik metallere karşı bu maddelerin konsantrasyonlarına göre cevap verirler. Bitkilerdeki toksikliğin düzeyi ve semptomları; bitkinin türüne, ağır metalin ne olduğuna, formuna ve konsantrasyonuna göre farklılık gösterir. Bitkilerin ağır metal toksisitesine karşı toleransları ise; bitki türüne, elementin çeşidine, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişir. Bu nedenle, ağır metalin tür ve miktarı, yayırlılığı, zararın şiddeti ve çeşidi, ayrıca zarar oluşum sürecinin bilinmesi, bitkilerin gelişimi ve canlılığı açısından oldukça önemlidir (Temmerman, 2005; Asri ve Sönmez, 2006; Öztürk, 2008). Farklı bitki kısımlarında ağır metal birikmesi, bitki türüne ve metalin doğasına bağlıdır. Bitkide metal içeriği, bitkinin hangi kısmından örnek alındığına göre değişir. Özellikle otsu bitkilerde, kök ve yapraklar, gövde ve meyvelerden daha fazla ağır metal tutar. Kimyasal içerik, sadece bitkinin yaşına değil, yaprağın da yaşına bağlıdır. Bitkiye topraktaki ağır metal geçişini; ağır metallerin topraktaki çözünürlüğü, toprak pH'ına bitki türüne, gübre ve toprak çeşidine bağlıdır (Lubben ve Sauerberck 1991; Aslanhan, 2012).

Çevre kirliliğinin özellikle taşıt trafiğinin yoğun olduğu yerler; endüstri bölgeleri, nüfusun çok yoğun olduğu ve çarpık yapılaşmanın olduğu mekanların bilinçli ağaçlandırma çalışmaları ile çevrenin hem toksik maddelerden arındırılması sağlanır hem de görüntü kirliliği önlenir.

2.3.Konu İle İlgili Önceki Çalışmalar

Aşağıda ilk olarak kronolojik olarak ülkemizde konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar özetlenmiştir.

Kayseri'de *Robinia pseudoacacia* L. ve *Elaeagnus angustifolia* L.'nin yaprakları, ağır metal kirlenmesinin olası biyolojik monitörü olarak incelenmiştir ve yıkanmamış ve yıkanmış bitki ve toprak örneklerindeki Cu, Pb, Zn ve Cd konsantrasyonları belirlenmiştir (Aksoy, 2000).

Çavuşoğlu (2002), Kırıkkale-Ankara karayolu üzerinde *Elaeagnus angustifolia* yapraklarında kurşun kirliliği ölçülmüştür.

Yücel (2003), Orta Batı Anadolu geçiş bölgesindeki ana yollar kenarında, ormanlarda, trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*) ibre ve kabukları biyomonitör olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, toprakta bulunan Cd^{+2} değerleri ile trafik yoğunluğu arasında istatistiksel bakımdan pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Bayçu, Caner, Gönençgil ve Eruz (2003), İstanbul'da yol kenarlarındaki *Picea abies* bitkisindeki Cd ve Pb kirliliği ve bu metallerin etkileri incelenmiştir.

Muğla-Marmaris karayolu kenarındaki *Pinus brutia* ve *Olea europaea* ağaçlarının, kabuk, yaprak ve yetiştikleri toprakları örnek olarak toplanmış ve bu örneklerde Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Fe ve Mn metallerinin miktarları ölçülerek kirlilik düzeyi belirlenmiştir (Tuna ve Yağmur, 2004).

Denizli'de Çelik, Kartal ve Akdoğan (2005), şehirdeki ağır metal kirliliğinin araştırılması amacıyla, trafiğin yoğun olduğu bölgelerden toplanan *Robinia pseudoacacia* türünün yapraklarında kurşun ve bakır değerlerinin; endüstriyel bölgelerden toplanan örneklerde ise, demir, çinko, mangan ve kadmiyum değerlerinin yoğun olarak biriktiği belirlenmiştir.

Isparta ili şehir merkezi girişi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki yol boyunca sıralanan, *Cupressus sempervirens* ve *Cedrus libani* ağaçlarının yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğini araştırmıştır (Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu 2005).

Kayseri'de kırsal alan ve kent merkezinde yetişen çeşitli sebzelerde ve yetiştikleri topraklarda, Cu, Zn, Ni, Pb ve Cd konsantrasyonları ölçülmüştür (Demirezen ve Aksoy, 2006).

İstanbul'da kent içinden ve kontrol bölgelerinden ilkbahar ve sonbaharda yedi bitki türünün yapraklarında, Cd, Pb, Zn ve Ni gibi metallerin konsantrasyonlarını ölçmüştür (Bayçu, Tolunay, Özden ve Günebakan, 2006).

Bursa’da yol kenarlarında, kayak merkezi, şehir merkezi ve kırsal alanları gibi belirlenmiş bölgelerde *Verbascum olympicum* bitkilerinin kök, gövde, yaprak, çiçeklerde ve yetiştiği toprakta Pb, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn elementleri analiz edilmiştir (Güleryüz, Arslan, Belgin, İzgi ve Güçer, 2006).

Adana’da ulaşımdan kaynaklanan kirliliğin toprak ve bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini tespit için, *Nerium oleander* (Zakkum), *Pinus pinea* (Fıstık çamı) ve *Cynodondactylon* (Bermuda çimi) türlerinde Pb ve Cd birikimi belirlenmiştir (Güler, 2006).

Özmen ve Koç (2006), Kaman (Kırşehir) bölgesinde dört farklı lokasyondan *Thymus siphyleus* ve *Bromus sterilis*, Poaceace (Gramineae) bitki örnekleri toplanarak florür ve iz element konsantrasyonları araştırılmıştır.

2006 yılında Muğla’da dört farklı mevkide bulunan toplam 34 lokaliteden *Pyracantha coccinea* yıkanmamış, yıkanmış yaprak ve dal örnekleri toplanmış, ağır metal analizi yapılarak biomonitor özelliği incelenmiştir (Akgüç, Özyiğit ve Yarcı, 2008).

Öztürk (2008), 2004–2007 yılları arasında İstanbul’da farklı lokalitelerden *Celtis australis* bitkisinin yaprak, dal, kabuk ve yetiştikleri topraklardanda örnekler alınarak Pb, Cd, Cu ve Zn içerikleri belirlenmiş ve ağır metal kirliliğinde biomonitor olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Gündoğan, Gül, Çakır, Arıca ve Çavuşoğlu (2008), Kızılırmak Nehri üzerinde belirlenen beş istasyondan toplanan *Cladophora glomerata* (Chlorophyceae) örneklerinde ağır metal birikiminin düzeyleri araştırılmıştır.

İstanbul’da 2006–2007 yılları arasında şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı, boğaz sahil şeridi ve kontrol bölgesinde farklı lokaliteden toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’a ait yıkanmış-yıkanmamış yaprak ve kabuk örnekleri ile bitkilerin yerleşim yerlerine ait toprak örnekleri, ağır metal birikimi tespit edilmiş ve bu bitkinin bir ağır metal kirliliği biomonitorü olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır (Yaşar, 2009).

Duru ve diğeri (2011), Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize illeri ile Hopa ilçesi arasında uzanan Karadeniz Sahil yolundan belirlenen lokalitelerde toplanan *Verbascum sinuatum* (Scrophulariaceae) (sığırkuyruğu) türünün yapraklarında taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin boyutları araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucu ağır metal ölçümleri sırasıyla $Pb > Zn > Cr > Ni > Cu > Cd$ olarak rastlanılmıştır.

Bilge ve Çimrin (2013), Mardin İline bağlı Viranşehir-Kızıltepe karayolu güzergahındaki topraklarda trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin boyutlarını belirlemek için belirlenen lokalitelerde toprak örnekleri analiz edilmiş ve analiz sonucunda miktar bakımından topraklarda ağır metaller şu sırayı; $Ni > Cr > Cu > Pb > Cd$ izlemiştir.

Turan (2014), İstanbul'da üç ayrı bölge aktarlarında satılan ve bitkisel tedavilerde yaygın olarak kullanılan 46 adet tıbbi bitki almış, bunların yaprak örneklerinde ağır metal ve mineral besin element miktarları ICP-OES cihazı kullanılarak analiz edilmiştir.

Karahasan (2015), Ordu ilinde bulunan Melet, Turna suyu ve Akçaova sucul ekosistemlerinde yayılış gösteren *Typha latifolia*'nın kök, gövde, rizom ve yaprak kısımlarındaki ağır metal (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, Mn) birikimi ve makro element (N, P, K, Ca, Mg, Na) miktarları belirlenmiştir.

Başkurt ve diğeri (2015), Kırklareli ili, Pınarhisar ilçesinde, biyomonitör özellik taşıyan karaçam (*Pinus nigra*), sedir (*Cedrus libani*) ve servi (*Cupressus arizonica*) gibi çam örnekleri Zn ve Fe analizleri yapılmış ve Fe metali için biriktirici olarak sedir ve Zn metali için servi bitkisinin en fazla biriktirme özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Karakoyun ve Osma (2015), Erzincan ili Şehir merkezinde 5 farklı bölge ve kontrol bölgesi olmak üzere altı farklı bölgeden *Pinus sylvestris* var. *Hamata* bitkisinden kabuk, dal ve aynı bölgelerden toprak örnekleri toplanarak (Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Cr) ağır metallerin birikimi araştırılmıştır.

Kılıç (2015), *Scrophulariaceae* familyasına ait *Verbascum speciosum* Schrad. *Verbascum notalicum* (Fisch & C.A.Mey.) Hub.-Mor., *Verbascum macrocarpum* Boiss. türleri ile Pinaceae familyasından *Pinus sylvestris* L. türleri ve bu türlerin yetiştiği toprak

örneklerinde Fe, Zn, Mn, Ni, Pb, Cu ve Cd gibi ağır metallerin içeriği ICP-OES kullanılarak analiz edilmiştir.

Ülkemiz dışında da bu konuda yapılmış çalışmalardan bazıları kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir:

Brisbane kentinde (Avustralya), yapılan çalışmalarla yol kenarındaki topraklarda oluşan Pb kirliliğinin ana kaynağının araç emisyonları olduğu ortaya konmuştur (Al-Chalabi ve Hawker, 2000).

Pakistan'ın Karaçi şehrinde yol kenarlarında yetişen çeşitli bitkilerdeki kurşun kirliliği ölçülmüştür (Shams ve Beg, 2000).

Perugia (İtalya) kentinde farklı yoğunluktaki trafikle *Convolvulus sepium* L. (çit sarmaşığı), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (bermuda çimi), *Daucus carota* (havuç), *Hedera helix* L. (orman sarmaşığı), *Parietaria diffusa* (yapışkan otu), *Quercus ilex* L. (pırnal meşesi), *Tilia cordata* Miller. (küçük yapraklı ihlamur) ve *Dactylis glomerata* L. (ayrık otu) polenlerinin yaşam yetenekleri arasındaki ilişkisi araştırılmıştır (Iannotti, Mincigrucci, Bricchi ve Frenguelli, 2000).

1990-1994 yılları arasında Trondheim (Norveç)'de yapılan çalışmada, 314 bölgeden topraklarında çeşitli elementin miktarları ve kaynakları tespit edilerek insan sağlığına etkileri incelenmiştir (Ottesen ve Langedal, 2001).

Alriksson ve Eriksson (2001), İsveç'in kuzeydoğusunda *Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinus sylvestris* L., *Pinus contorta* Dougl., *Larix sibirica* Ledeb. ve *Betula pendula* Roth. türlerinde Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları tespit edilmiş ve bu türler arasında metalakümüülasyon kabiliyetleri karşılaştırılmıştır.

Finlandiya'da, besinlerde Cd, Pb gibi ağır element içerikleri analiz edilmiş ve bu elementlerin son 30 yıldaki değişimleri karşılaştırılmıştır (Ekholm, Reinivuo, Mattila, Ovaskainen ve Pakkala, 2001).

Rout (2003), bitkilerin çinkoya karşı toleranslarını inceleyerek çinko toksisitesinin ekolojik önemi ve bitkilerin kök uç hücrelerinin çekirdeklerinde meydana gelen değişiklikler üzerinde çalışmıştır.

Amman'da (Ürdün), 2001 de kirlenmiş üç farklı bölgede, 36 servi ağacının kabuk örneklerinde Pb, Zn, Mn, Cr, Ni, Cd ve Cu bakımından incelenmiş ve hava kirliliği için biyomonitör olarak incelenmiştir (El-Hasan, 2002).

Kuveyt'te 12 farklı bölgedeki *Phoenix dactylifera* L. bitkisinin yıkanmış-yıkanmamış yaprak, kabuk ve meyvelerinde, Pb değişimi araştırılmıştır (Bu-Olayan ve Thomas, 2002).

Addis Ababa'da, çeşitli sebzelerde insan sağlığına zararlı metallerin konsantrasyonları incelenmiş ve ağır metal kirliliğinin ise bitkilerin üzerinde sebep olduğu çeşitli anomaliler saptanmıştır (Fisseha, 2002).

Polonya'da, 1998 mayıs ve haziranda *Taraxacum officinale* Web'in toprak üstü bölümleri ve toprak örnekleri doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında şehri kesen iki yol boyunca toplanmıştır ve örnekler Zn, Cu, Pb, Cd ve Ni gibi ağır metallerin bakımından incelenmiştir (Królak, 2003).

Palermo (İtalya) ve Sevilla (İspanya)'da *Citrus aurantium* meyvesinde Cr, Cu, Mn, Al, Ba, Cd, Ni, Pb, V ve Zn yapılmış ve yıkamanın metal içeriklerine etkisi araştırılmıştır (Oliva ve Valdes, 2003).

Buğday, arpa, yulaf, çavdar, bezelye ve fasulye bitkiler dört yıl boyunca farklı oranlarda Cu ortamlarında yetiştirilmiş ve bu bitkilerin yaprak, kök, gövdeleri ile yetiştikleri toprakların Cu akümülyasyonu için biyomonitör olarak kullanılıp kullanılmayacakları araştırılmıştır (Korzeniowska ve Stanislawska, 2003).

Belgrad (Sırbistan) şehir merkezindeki parklarında *Aesculus hippocastanum* ve *Tilia amurensis*'te Cu, Pb ve Cd konsantrasyonları ölçülmüş ve at kestanesi ağaçlarının biyomonitör olarak uygunluğu tespit edilmiştir (Tomasevic, Rajsic, Dordevic, Tasic Krstic ve Novakovic, 2004).

Oliva ve Valdes (2004), *Nerium oleander* L., *Ficus microcarpa* L., *Ligustrum lucidum* Ait. ve *Duranta repens* L. bitkilerinde yıkanmış-yıkanmamış yaprakların içerdiği Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Ni, Pb, Zn ve V metalleri ölçmüş ve yapraklar arasında önemli metal içeriği farkı tespit edilmiştir.

Chamon (2005), Bangladeş'te üç bölgeden alınan toplam on pirinç (*Oriza sativa* L.) ve üç buğday (*Triticum aestivum*) bitkisinde, kadmiyum ve diğer ağır metaller analiz edilmiştir.

Yang, Jin, Feng ve Islam (2005), *Vetiveria zizanioides*, *Sesbania rostrata* ve *Sesbania sesban* türlerinin metal akümülyasyonuna karşı büyüme performanslarını karşılaştırmışlardır.

Breckle ve Kahle (2005), kayın ağacı fidelerinde görülen Cd ve Pb oranlarının artması ile bitki büyüme hızı, mineral alımı ve terleme oranı arasındaki ilişkiler incelemiştir.

Williams, Pillay, El-Mardi, Al-Lawati ve Al-Hamdi (2005), hurma ağacının çeşitli organları ve bitkinin yetiştiği toprakta Ag, Al, Ba, Si, Tl ve V gibi elementlerin konsantrasyonları incelenmiştir.

Sevilla (İspanya) şehir merkezi ve kontrol bölgelerinde *Nerium oleander* L. ve *Lantana camara* L. bitkilerin yapraklarında iz elementlerin düzeylerinin içeriği ve iz elementler aralarındaki ilişkiler analiz edilmiştir (Espinosa ve Oliva, 2006).

Bosco, Varrica ve Dongarrà (2005), İtalya'nın Gela bölgesinde yapılan çalışmada *Pinus halepensis* Mill. (Halep çamı) ibrelerinde As, Mo, Ni, S, Se, V ve Zn birikim değerlerinin artmasında petrokimya fabrikalarının, Cu, Pb, Pt, Pd, Sb ve kısmen Zn değerlerinde ise trafik emisyonlarının etkili olduğu belirlenmiştir.

Guangzhou (Çin) kentinde, yol kenarları, şehir parkları ve üniversite kampüsü gibi belirlenmiş ağaçlarda ve ağaçların yetiştiği topraklarda Cr, Zn, Pb, Ni ve Cu düzeyleri ölçülmüştür (Guan ve Peart, 2006).

Brezilya'nın Sao Paulo metropolitan bölgesinde on farklı istasyonda bir liken türü olan *Tillandsia usneoides* L. bitkisi ile yetiştikleri topraklar analiz edilmiştir (Figueiredo, Nogueira, Saiki, Milian ve Domingos, 2007).

Akabe şehrinde (Ürdün) *Phoenix dactylifera* L. bitkisinde Fe, Pb, Zn, Cu, Ni ve Cr konsantrasyonları ölçülmüş ağır metal pollusyonu için biyomonitör olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir (Al-Khlaifat ve Al-Khashman, 2007).

Yine Ürdün'de, petrol rafinerileri ve termal güç istasyonlarının bulunduğu endüstri alanlarında çam kabuklarında Cu, Pb, Cd, Mn, Co, Ni, Zn, Fe ve Cr konsantrasyonları analiz edilmiş ve sonuçta çam kabuklarının kurak ortamlarda biyoindikatör olarak kullanılmasının uygunluğu araştırılmıştır (Al-Alawi ve diğerleri, 2007).

Çin'in kuzeybatısında doğal yetişen *Sophora japonica* L. bitkisi yaprakları ve yetiştikleri topraklarda Zn, Cd, Hg, Pb, Cu ve Cr konsantrasyonları analiz edilmiştir. Trafik yoğun yaşandığı bölgelerde ağır metal miktarları karşılaştırılmıştır (Li, Kang, Gao, Hua, Yang ve Hei, 2007).

Kanuda metropolitan şehrinde (Nijerya), 24 otoyol kenarından 30 farklı lokalitede *Sida acuta-burm* F. bitkisi ve yetiştiği topraklarda Pb, Cd, Zn, Cu ve Mn içerikleri analiz edilerek ve Avrupa Birliği limit değerlerini aşp aşmadığı belirlenmiştir (Okunola, Uzairu ve Ndukwe, 2007).

Wushwush bölgesinde (Etiyopya), *Camellia assamica* yapraklarında K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Na, Cd ve Pb içerikleri analiz edilmiştir. (Yemane, Chandravanshi ve Wondimu, 2008).

Çin'de bir çalışmada demiryolu yakınlarında topraktaki Ni, Pb, Cr, Zn, Cu ve Cd gibi ağır metallerin değerleri analiz edilerek kirlilik durumları ortaya konmuştur (Ma, Chu, Li ve Song 2009).

Okayama'da (Japonya) trafikle bağlantılı olarak *Rhododendron pulchrum* yapraklarında ve bitkinin bulunduğu toprak arasında Pb, Ni ve Zn ağır metallerini biriktirme açısından bir korelasyon olduğu görülmüştür (Suzuki, Yabuki ve Ono, 2009).

Kord, Mataji ve Babaie (2010), Tahran'da (İran) trafiğin yoğun olduğu ve kontrol bölgelerinde *Pinus Eldarica* Medw. bitkisi yapraklarında kurşun, çinko, bakır, nikel ve krom konsantrasyonları ölçülmüş ve bitki biyomonitör olarak değerlendirilmiştir.

Naveed, Batool, Rehman ve Hameed (2010), Sargodha'da (Pakistan), trafik yoğunluğu ve endüstriyel kirliliğin olduğu beş bölgede *Dalbergia sissoo* Roxb., *Prosopis juliflora* L. ve *Eucalyptus* spp bitkilerin yapraklarında mevsime bağlı kurşun birikimi ölçülmüştür.

Al-Khashman, Al-Muhtaseb ve İbrahim (2011), Ma'an şehrinde (Ürdün) farklı metal kontaminasyon derecelerine sahip farklı alanlardan (şehir içi, şehir dışı, endüstriyel, otoyol ve kırsal alanlar) toplanan yıkanmış-yıkanmamış *Phoenix dactylifera* L. bitkisi yapraklarında ve bitkinin yetiştiği toprak örneklerinde Fe, Pb, Zn, Cu, Ni ve Cr konsantrasyonları belirlenmiş ve bitki biyomonitör olarak değerlendirilmiştir.

Gallo, Corapi, Loppi ve Lucadamo (2014) Italy'da ki bir çimento fabrikası çevresinde toplanan 3 ay boyunca 60 saha tarımı yapılmış *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf numuneleri daha sonra Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn içerikleri ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Kleckerová ve Dočekalová (2014), Brno şehrinde (Çek Cumhuriyeti) beş bölgedeki Karahindiba bitkilerinin ve toprak örneklerinde metal içeriğini çevresel metal seviyeleri ile ilişkili olarak incelemek için Cn, Hg ve Pb konsantrasyonları belirlenmiştir.

Zhang, Bai, Hong, Sun ve Liu (2016) Pekin şehrinde (Çin), *Euonymus japonicus* bitkilerinde yaprakları tarafından biriktirilen Ni, Cr, Cu, Pb ve Zn gibi ağır metaller miktarını ve ağır metal tutma kabiliyetleri ölçülmüştür.

Oszczka, Rola ve Jankowska (2016), *Cladonia* cinsine ait bazı likenleri, kontaminasyona ve toprak kirliliğinin biyolojik indikatörü olduğu kanıtlamak için bu cinse ait Among them, *Cladonia cariosa*, *Cladonia pyxidata* ve *Cladonia rei* türlerinin biyoakümülyasyon kapasitesi ve ağır metal birikimi incelenmiştir.

Protano, Owczarek, Antonucci, Guidotti ve Vitali (2017), Okul ortamlarının iç mekan hava kalitesini değerlendirmede liken *Pseudovernia furfuracea* biyo-izleme aracı olarak değerlendirilmiştir.

Kawasaki, Horikawa ve Sakai (2017), Japonya Midagahara bölgesinde yol kenarı kirliliğinin manyetik biomonitöring yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Marques Prudêncio, Freitas'ı, Dias ve Rocha (2017), Cape Verde'nin Dan Barks *Prosopis juliflora* (Akasya) volkanik Fogo Island (Yeşil Burun) üzerinde farklı jeolojik bağlamlarda 12 tesisten toplanmıştır. Volkanik topraklarda yetişen ağaç kabuğu içinde kimyasal element birikimi incelenmiştir.

Grutter ve Bermea (2017), Meksika Vadisi'nin kırsal ve kentsel ortamlarında hava kalitesinin yerinde izlenmesinde yabancı bitkilerde genotoksosite sayesinde değerlendirilmiştir.

Sen, Khan, Kundu, Das ve Datta (2017), Burdwan Üniversitesi kampüsünden yapılan bir önceki çalışmaya dayanarak on ağaç türü seçilmiş ve muson öncesi ve muson sonrası mevsimlerde biyoindikatör özellikleri bakımından değerlendirmişlerdir.

Anicic ve diğerleri (2017), Hava kirliliğinin kentsel arka planını Belgrad Botanik bahçesinde *Hypnum cupressiforme* Hedw. kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Lourenco ve diğerleri (2017), Sao Paulo şehrinin on kentsel bahçesi ve bir kontrol bölgesinde hava kirliliğinden kaynaklanan genotoksik etkilerin ve elementel birikimin biyolojik izlenmesi *Tradescantia pallida* bitkisi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Caggiano ve Calamita. ve Sabia Trippetta (2017), Atmosferik kirliliğin biyolojik izlenmesinde Atmosferik aerosol partiküllerine potansiyel doğal ve antropojenik katkıların liken torbası tekniğiyle araştırılması İtalya'da Agri Vadisi'nde gerçekleştirilmiştir.

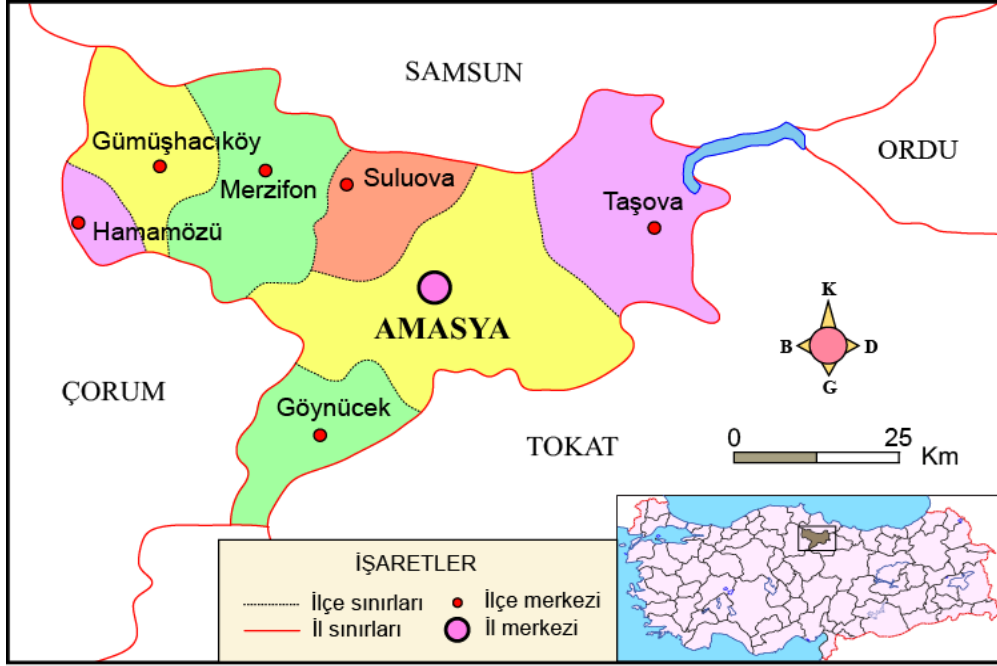
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Alanının Özellikleri

Amasya ili 34° 57' 06" - 36° 31' 53" doğu boylamları ile 41° 04' 54" - 40° 16' 16" kuzey enlemleri arasında yer alır ve yüzölçümü 5520 km² deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1,150 m, il merkezinin ise 411,69 m'dir. Toplam sınır uzunluğu 492 km olup Samsun'la 169 km, Tokat'la 165 km, Yozgat'la 6 km, Çorum'la 152 km. sınır uzunluğu vardır. İl genelinin Amasya ve çevresinin genel görünümünde, dağlar ve dağları derin bir şekilde yaran vadiler dikkati çeker. İl topraklarını bir uçtan bir uca geçen Yeşilirmak Vadisi ve kolları boyunca, ovalar ve dar boğazlar yer alır (URL-2).

Amasya ve çevresi çok farklı jeolojik dönemlerde birbirinden çok farklı ortamlarda gelişmiş kaya toplulukları ile zengin ve oldukça karmaşık bir jeolojik yapıya sahiptir. Bölgede gözlenen kaya birimleri günümüzden yaklaşık olarak 430 milyon yıl önce oluşmuş ve başkalaşıma uğramış kayalardan günümüzde ovalarda çökelen alüvyona kadar uzanır. Amasya, Sakarya kıtası olarak isimlendirilmiş eski bir kıtanın doğu uzantısını oluşturan Tokat masifinin içerisinde yer alır. Tokat masifi, batıda Çankırı havzası, güneyde Neotetis okyanusunun sınırı, kuzeyde ise Kuzey Anadolu Fayı ile sınırlanır. Bölge, Pontidler olarak adlandırılan ve tüm Karadeniz şeridi boyunca izlenen dağ kuşağının bir parçasıdır (Harita 3.1).

Günümüzden ~29 milyon yıl önce Karadeniz dağ kuşağı (Pontidler) yükselmeye başlamış ve devamında Kuzey Anadolu Fayının ve onun yan kollarının oluşmasıyla birlikte bölgenin güncel coğrafyası (akarsular, ovalar ve dağlar) belirginleşmiştir. Bu durumun morfolojik ifadesi havzaların açılması ile havza sınırlarının yükselmesidir. Havzaların zaman içerisinde genişlemesi ve derinleşmesi ile birlikte havza içlerinde kalın bir çökel örtü oluştururken, havza kenarlarında ise eskiden günümüze akarsu ve vadi sistemlerinin ürünü olan alüvyal yelpazeler oluşur. Amasya çevresinde büyük bir alan kaplayan genç havzalar (Suluova, Geldingen, Taşova ve Aydınca ovaları) bu dönemde oluşmuştur ve bunların içlerinde alüvyon çökmesi hala sürer (Çevre Durum Raporu, 2017).



Harita 3.1. Araştırma alanının haritası (URL-1)

Bölge jeolojisi Paleozoyik yaşlı dayanıklı metamorfik (başkalaşım) kayalardan havza içlerinde ve akarsu yataklarında oluşmuş güncel zayıf birimlere kadar uzanan geniş bir yelpazede kaya topluluklarına sahiptir. Bu kaya toplulukları arasındaki sınırlar çoğunlukla eski tektonizmaya bağlı olan yapısal hatlar kontrolündedir. Güncel çökeller ise aktif faylarla kesilir (Çevre Durum Raporu, 2017).

Amasya meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 13,9 °C'dir. Aylık ortalama sıcaklık Mayıs ayında 18 °C'yi aşar ve Eylül ayında bu değer üstünde kalır. Yaz aylarındaki ortalama aylık sıcaklık 20 °C'yi aşar. Sıcaklığın zaman zaman yüksek değerlere çıktığı görülür. Gündüz ile gece arasındaki farkları 14-16 °C arasındadır. Bağıl nemin yüksek olmaması yaz sıcaklıklarına dayanma gücü verir. Yaz mevsiminde bu değer % 55-60 arasındadır (Çizelge 3.1).

Amasya'da Karadeniz iklimi ile kara iklimi arasında bir geçiş iklim hüküm sürer. Yazları kara iklimi kadar kurak, Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Kışları ise Karadeniz iklimi kadar ılıman, karasal iklimi kadar sert değildir. Bağıl nem oranı yaz aylarında azalır. Bu bölgede Karadeniz ardı iklimi etkili olur. Yazları sıcak ve kurak, kışları yağışlıdır. İlkbahar en çok yağış alan mevsimdir. Yıllık ortalama yağış tutarı yarım metrekarenin altındadır. En fazla yağış alan mevsim kıştır. İlkbaharda azalarak devam eden yağış Temmuz ayında büyük düşüş gösterir. En az yağış Ağustos ayında

düŖer. Eylöl ayından itibaren yağışlar artarak devam eder. Yaz mevsiminde yağışlı gün sayısı 2-7 gün arasındadır (URL-2).

Çizelge 3.1. Amasya ili uzun ortalama yıllık toplam iklim verileri

Ay Parametre		O	Ş	M	N	M	H	T	As	E	E	K	A	Ort.
		2015 YILI	Aylık Toplam Yağış (Mm)	39,7	42,8	94,6	37,4	49,7	93,0	8,5	21,3	12,6	49,4	14,2
Aylık Ortalama Nem (%)	74,0		60,7	64,6	55,6	54,3	60,4	52,2	49,8	52,1	66,9	66,3	73,6	60,9
Aylık Güneşlenme Süresi (Saat)	70,7		83,5	115,3	152,6	235,8	217,7	296,8	288,0	246,7	122,	134,2	66,0	162,0
Aylık Ortalama Sıcaklık (°c)	2,6		6,9	8,7	10,7	18,6	21,1	23,7	25,6	23,7	15,9	9,5	2,3	14,1
Aylık Minimum Sıcaklık(°c)	-15,8		-6,0	-0,9	-0,3	6,3	11,9	13,2	14,0	12,4	6,2	-1,0	-5,5	2,9
Aylık Maksimum Sıcaklık(°c)	16,2		20,2	23,0	29,7	35,2	33,0	39,8	38,8	38,2	28,5	22,2	12,6	27,3
UZUN YILLAR (1960-2015)	Aylık Toplam Yağış (Mm)	48,3	38,1	47,5	56,4	51,3	37,9	14,8	9,3	20,5	35,9	44,6	54,4	38,2
	Aylık Ortalama Nem (%)	68,0	62,6	58,4	56,5	55,9	53,5	52,3	53,5	56,4	62,2	67,0	69,5	59,6
	Aylık Güneşlenme Süresi (Saat)	64,5	87,4	132	164,1	226,6	257,1	293,3	277,2	222,6	141,	98,0	80,3	168,0
	Aylık Ortalama Sıcaklık (°c)	2,7	4,5	8,4	13,6	17,9	21,6	24,1	24,0	20,1	14,7	8,6	4,7	13,7
	Aylık Minimum Sıcaklık(°c)	-21,0	-20,4	-15,3	-5,1	-0,1	4,8	8,5	8,8	3,0	-2,9	-9,5	12,7	-21,0
	Aylık Maksimum Sıcaklık(°c)	21,3	24,8	31,2	35,8	37,5	41,8	45,0	42,2	40,3	36,0	29,7	22,9	45,0

Karadeniz ve karasal iklimin geçiş bölgesinde olması nedeniyle bitki örtüsü her iki iklimin tipine ait bitkiler bulunur. Ayrıca geçiş iklimi olması endemik bitki açısından da ili zengin kılar. İl yüzölçümünün % 32'si ormanla kaplıdır, ilin kuzeyinde dağların kuzey yamaçları ormanla kaplıdır, ilin güneyinde kuzeyde görülen bitki örtüsü yoğunluğu, gerek yağışların azlığı ve gerekse zemin tabiatı yönünden görülmez. Amasya İli merkez ilçedeki ormanlar büyük ölçüde Akdağ bölgesinde yayılış gösterir. Amasya ormanlarında hakim türler olarak meşe (karışık), sarıçam, karaçam, kayın ve aşağı seviyelerde (400 m.), az miktarda kızılçam ağaçları yer alır. Ayrıca yabani ahlat ve erik gibi ağaçcıklar, sürüncü ardıç gibi çalı formları da yayılış gösterir. Akarsu boylarında söğüt, ayrıca aşağı seviyelerde bozkırlar yer alır. Endemik bitkiler açısından yöre oldukça zengin tür (109) ve çeşitleri

(246) içerir. Bu türler arasında yöresel adlarıyla hazeran, kuduz otu, akça çiçeği, dolama otu, mürdümük, biber ağacı, kaside, geven, yalancı havacıva, tüylü keten sayılabilir (URL-2).

3.2. Materyal

3.2.1. Brassicaceae familya taksanmik dizini ve genel özellikleri

Alem: Plante

Alt alem: Tracheobionta

Bölüm: Magnoliophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Alt sınıf: Dileniidae

Takım: Capparales

Aile: Brassicaceae

Brassicaceae familyası Türkiye’de 11 cins ve 87 türle bu özelliğe sahip en geniş familyadır. Tek, iki ya da çok yıllık otsu, nadiren de çalı formlu bitkilerdir. Yapraklar almaşlı, nadiren karşılıklı, basit, bazen parçalı, stipulasızdır. Çiçekler genellikle rasemus durumunda, erdişi, bilateral ya da naziden zigomor simetrlili ve genellikle braktesizdir. Sepaller 4, iki dairede dizilmiş, serbest, petaller 4, nadiren hiç yok, haç şeklinde dizilmiştir. Stamenler 6, iki dairede dizilmiş 2’si kısa 4’ü uzun (tetradinam) dur. Pistil 1, ovaryum üst durumda, 2 karpelli ve yalancı bir bölme ile ayrılan 2 lokoluslu, az ya da çok ovüllü, plasentasyon parietaldir. Meyve genellikle siliqua ya da silikula, bazen de lomentum ya da nukstur. Tohumda embriyonun radikula kısmı kıvrılmış olarak kotiledonların yanında ya da sırt tarafında yer almıştır. Kozmopolit olan aile üyeleri özellikle kuzey ılıman kuşakta yayılış gösterir. Brassicaceae (Turpgiller=Hardalgiller) familyası, daha çok kuzey yarım kürede nadiren tropiklerde yayılmış (Sıralı, Atnan, Zambı, Dikmen, ve Çağlar, 2013), 338 cins ve 3700 türün yer aldığı ekonomik öneme sahip geniş bir familyadır (Al-Shehbaz Beilstein ve Kellogg, 2006; Sıralı ve diğerleri, 2013). Brassicaceae familyasına ait bitki türlerinden bazıları kozmopolit ve ruderaldir. Özellikle yol kenarlarında geniş alanlarda yayılış gösterirler. Brassicaceae (Lahanagiller) familyasının üyeleri en iyi bilinen hiperakümülatör bitkiler olup, bu tür bitki gruplarının yaklaşık % 25’ini oluşturur (David, 2005; Özbek, 2015). Brassicaceae familyasından nikel biriktiren 7 cins ve 72 tür bilinir

(Özbek, 2015). Brassicaceae familyasına dahil olup da metal biriktiren bitkiler dünyanın değişik yerlerinden toplanmış ve hiperakümülyasyon görevi gören önemli genler bitkilerden tanımlanmıştır. *Arabidopsis thaliana*'nın genom sırasının aday genler arasında en zengin olduğu bulunmuştur (David, 2005; Özbek, 2015).

3.2.2. Araştırma konusu bitki türlerinin morfolojik özellikleri

Sisymbrium loeselii L.'nin morfolojik özellikleri

S. loeselii özellikle yol kenarlarında yetişen, genellikle bir yıllık, otsu, yüksekliği bir metreyi aşabilen bir bitkidir. Yaprak bıçakları üçgen, mızrak ucu şeklinde bölünmüştür ve lineer lobları dişlidir. Çiçekleri 4 parlak sarı taç yapraklı ve yaklaşık 2,5 cm büyüklüğündedir. Çiçekler erseliktir, kendi kendine tozlaşır ve çiçekler mayıstan eylüle kadar açar. Kök kısa, meyve ise yaklaşık 3,5 cm silindirik minik tohum içerir. Bitki genellikle kumlu ve nemli toprakları tercih eder (URL-3).

Calepina irregularis (Asso) Thell.'nin morfolojik özellikleri

C. irregularis Amasya ilinde ekin tarlası, su kenarı, yamaç ve özellikle trafiğin yoğun olduğu alanlarda yetişir. Brassicaceae familyasına ait *C. irregularis* türü tek yıllık, 15-70 cm boyundadır. Gövde tabandan dallı bazal nadiren tüm veya hafif dişli mızrak şeklinde, genellikle rozet oluşturan yapraklara sahip bir bitkidir. Mayıs-Haziran arasında çiçek açar. Çiçekler küçük 2-4 mm büyüklüğünde, beyaz, ince, çanak yaprakları dik ve 4 adettir. Meyve küçük küme şeklinde ve tohumla doludur (URL-3).

Lepidium draba L.'nin morfolojik özellikleri

L. draba türü 15-90 cm uzunluğunda çok yıllık otsu bir bitkidir. Killi-kumlu, nemli topraklarda ve gölge kısımlarda büyür. Yapraklar dikdörtgensel, sivri uçlu, düzensiz derin dişli, grimsi yeşil renkli olup, gövdeyi sarar ve yaprak kenarları dişlidir. Çiçekleri erselik, kendi kendine tozlaşır. Çiçekleri 2 mm genişliğindedir ve dört dar yapılı taç yaprakları vardır. Çiçekler çok dallı, şemsiyemsi kümeler oluşturan, yoğun öbekler halinde ve küçüktür. Çiçek rengi beyazdır. Çiçeklenme nisan, mayıs aylarında olur. Meyve 3-4 mm uzunluğundadır ve ters çevrilmiş bir kalp şeklindedir. Meyvesi tüysüzdür ve üst ucunda

ayrı bir gagası vardır. Meyve kururken küçülür ve damarlar farklılaşır (Scurfield, 1962). Tohumlar oval veya bir uçta yuvarlak, diğeri de künt bir noktaya daralır. 2-3 mm uzunluğunda 1-1,5 mm genişliğinde ve koyu kırmızı-kahverengi renktedirler. Deniz seviyesi ile 1300 m arasında yayılış gösterir (URL-3).

Capsella bursa-pastoris (L.) Medik'in morfolojik özellikleri

C. bursa-pastoris, küçük, otsu, dik, tek yıllık ve kozmopolit bir türdür. Yükseklik 5 ile 80 cm arasında değişken, sapları, tabandan tek veya dallı dik, çizgili, tüsüz veya seyrek saçlı (tüyleri basit veya dallı) ve soluk yeşildir. Kök, bazen dallanmış ince bir taprondur. Bazal yapraklar yapraklara ayrılır, künt uçlu bir tek mızraklı ve genellikle derin lobludur. 15 cm uzunluğunda, 4 cm genişliğinde ve bir rozet şeklinde yayılmışlardır (Holm, Plucknett, Pancho ve Herberger, 1977). Üst gövde yaprakları küçük (8 cm uzunluğunda, 1,5 cm genişliğinde), alternatif, sapsız ve kulak şeklindeki çıkıntılarla gövdeyi sarar. Yol kenarlarında, çayırlarda, tarlalarda, hendeklerde, bayırlarda ve sebze bahçelerinde yabani bir ot olarak bilinir. Bireylerin büyüklüğü, meyve ve yaprak şekli değişse de hepsi de uzun, terminal rasemoz çiçek durumları, üçgenimsi meyveleri ile kolaylıkla ayırt edilir. Çiçekler pembemsi veya yeşil kaliks, beyaz bir corolla ve 2 mm uzunluğunda dört obovat yaprakları ile uzun terminal racemes beyazdır. Pod (silique) düzleştirilmiş, üçgen, tepesinde çentikli ve saplıdır. Her kapsül, ince bir zarsal septa bağlı yaklaşık 20 tohum içerir. Tohum, 1 mm uzunluğunda, dikdörtgen ve delinmiş bir yüzeye sahip dikdörtgen, rengi ise turuncu-sarıdır.

C. bursa-pastoris Türkiye'de deniz seviyesinden 2000 m'ye kadar yüksekliklerde yetişir. Cins adı olan *Capsella* "küçük-kutu" ifadesinin latincesidir. *C. bursa-pastoris* veya Türkçe adıyla Çoban çantası, çingildaklı pek çok tıbbi kullanımı olan bir bitkidir. Bu isim bitkinin meyvelerinin, çobanların hayvan gütmeye giderken içine yemek koydukları ve bellerine bağladıkları deri çantalara benzemesi nedeniyle verilmiştir. Bitkinin değişik dillerde de pek çok adı vardır (Kılıç ve Coşkun, 2007). *C. bursa-pastoris*'in insanlıkla ilişkisi, Cruciferae familyasındaki pek çok bitki gibi oldukça eskilere dayanır; besin ve ilaç olarak kullanımı mevcuttur (URL-3).

Sisymbrium altissimum L.'un morfolojik özellikleri

S. altissimum, tek veya iki yıllık otsu bitkidir. Bitkinin görünüşü, ince, çok dallı gövdelidir. Kök yaprakları ince, doğrusal loblara bölünürken, bazal yapraklar (1,3-12,7 cm) daha geniş ve kıvrımlı bileşiktir. Çiçekler sarı, 4 yapraklı, göze çarpmayan ve sadece 1/4 inç genişliğinde, küçük sapları tepesindeki gruplar halinde gelişmiştir (URL-3).

Çiçeklenme yaz ve ilkbahar gerçekleşir. Çiçekleri dört adet sarı yapraklı ve dört adet dar, eğri sepal bulundurur. Meyveler 5-10 cm'dir. Tohumları ince, uzun (2-4 inç) ve dar tohum kabukları vardır ve 120'den fazla tohum içerir (URL-3).

3.3. Yöntem

3.3.1. Arazi çalışmaları

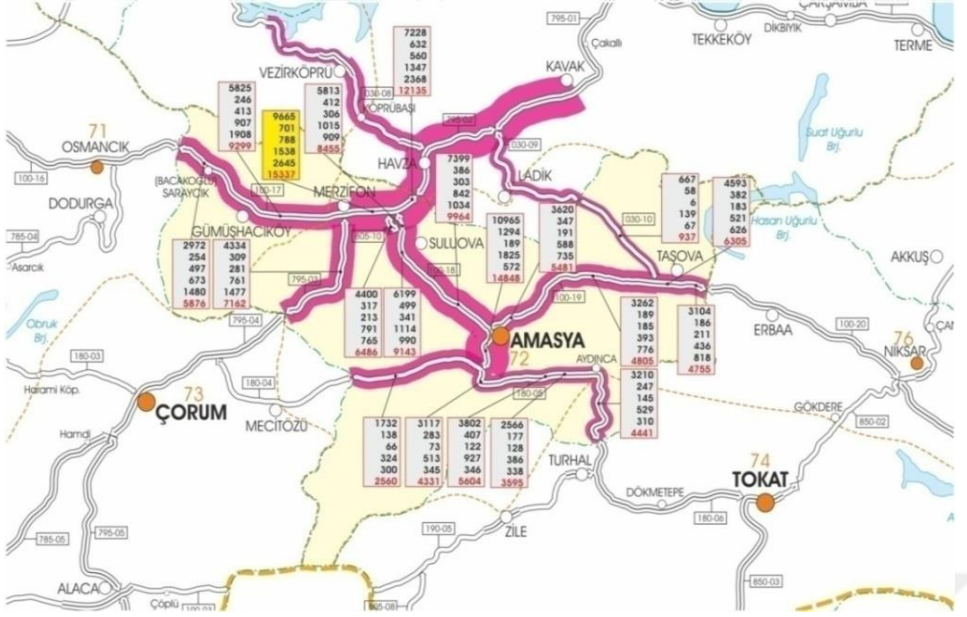
Çalışmanın metaryalini *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii*, *S. altissimum* türleri oluşturur. Bu türlerin seçilme nedeni Amasya ilinde yol kenarları boyunca yaygın olarak yetişiyor olmaları, örneklerin kolay bulunabilir ve tekrarlanabilir olması ayrıca gerektiğinde gelişiminin hızlı ve yetiştirilmesinin kolay olmasıdır (Çizelge 3.2).

Araştırmada 4 farklı istasyon belirlendi. Bunlardan birincisi otoyol kenarı istasyonundan (Amasya- Suluova yolu otoyol güzergahında yaklaşık birbirinden 3 km uzaklıkta) 5 örnekleme noktası, ikincisi şehir içi istasyonundan (Amasya merkezde trafiğin yoğun olarak cereyan ettiği ana yol güzergahında) 5 örnekleme noktası, üçüncüsü kenar semtten (trafik yoğunluğunun oldukça düşük cereyan ettiği Amasya İpekköy civarında) 5 örnekleme noktası, dördüncüsü ise kontrol grubu olarak (trafiğin hiç olmadığı Amasya köylerine bağlı kırsal alanlardan) 5 örnekleme noktası seçilmiştir. (Çizelge 3.2).

Her bir noktanın koordinatları, GPS (Global Positioning System: Dünya çapında konumlandırma sistemi) aleti ile tespit edilip kaydedildi. Bitki örnekleri 2015 yılı Haziran ayında toplandı (Çizelge 3.2).

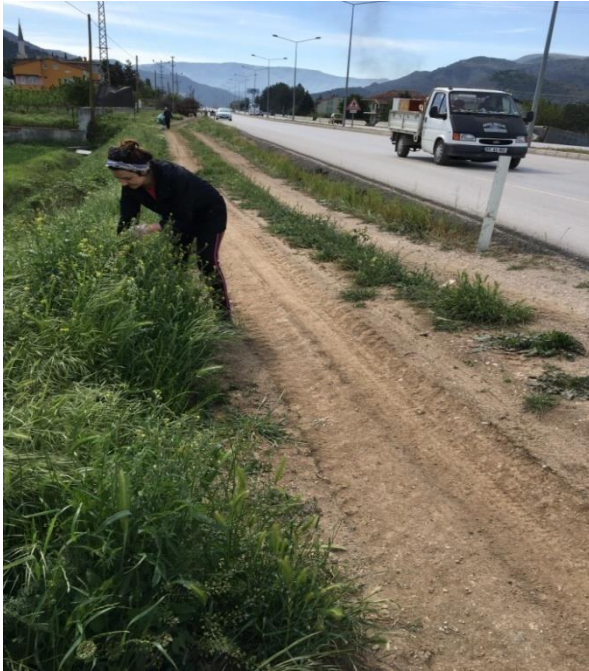
Çizelge 3.2. Bitkilerin toplandığı örnekleme noktaları

İstasyon		Yerin Adı	Koordinatlar	
1	Yol Kenarı	Amasya Suluova kara yolu	N 40° 42.580 ¹ E 035° 48.172 ¹	Otomobil, Orta Yüklü Ticari Taşıt Otobüs, Kamyon Kamyon+Römork,Çekici+Yan Römork (8515+441+310+887+1138 = 11291)
2	Yol Kenarı	Amasya Suluova kara yolu	N 40° 44.078 ¹ E 035° 46.185 ¹	
3	Yol Kenarı	Amasya Suluova kara yolu	N 40° 48.387 ¹ E 035° 39.497 ¹	
4	Yol Kenarı	Amasya Suluova kara yolu	N 40° 49.436 ¹ E 035° 38.096 ¹	
5	Yol Kenarı	Amasya Suluova kara yolu	N 40° 50.490 ¹ E 035° 37.844 ¹	
6	Şehir İçi	Amasya Merkez	N 40° 40.109 ¹ E 035° 50.546 ¹	Otomobil, Orta Yüklü Ticari Taşıt Otobüs, Kamyon Kamyon+Römork,Çekici+Yan Römork (12203+1461+161+1763+613= 16201)
7	Şehir İçi	Amasya Merkez	N 40° 40.146 ¹ E 035° 50.232 ¹	
8	Şehir İçi	Amasya Merkez	N40° 39' 39.859 " E35° 50' 48.760	
9	Şehir İçi	Amasya Merkez	N 40° 37.885 ¹ E 035° 48.901 ¹	
10	Şehir İçi	Amasya Merkez	N 40° 33.805 ¹ E 035° 47.404 ¹	
11	Kenar Semt	Amasya İpekköy	N 40° 36.301 ¹ E 035° 48.714 ¹	Dakikada 3-5 araç
12	Kenar Semt	Amasya İpekköy	N40°36'06.4" E35°48'44.7"".	
13	Kenar Semt	Amasya Orman Bağları	N40°36'38.0" E35°47'06.4"	
14	Kenar Semt	Amasya Helvacı	N40°37'12.8" E35°49'16.7" "".	
15	Kenar Semt	Amasya Koza Mahallesi	N 40°36'11.7" E 35°49'02.8"	
16	Kontrol	Amasya Aydınca (Trafik Yok)	N 40° 33.922 ¹ E 036° 07.587 ¹	Trafik Yok
17	Kontrol	Amasya Yenice (Trafik Yok)	N 40° 41.847 ¹ E 035° 57.266 ¹	
18	Kontrol	Amasya Yenice (Trafik Yok)	N40.689404, E35.951549	
19	Kontrol	Amasya Ziyaret (Trafik Yok)	N 40° 40.847 ¹ E 035° 52.312 ¹	
20	Kontrol	Amasya Ziyaret (Trafik Yok)	N40°41'52.4" E35°51'27.4"	



Harita 3.2. Amasya ili trafik hacim haritası.

Karayolları Genel Müdürlüğünce yapılan araştırma sonucunda hazırlanan 2015 yılı Amasya-Merkez ili trafik hacim haritası doğrultusunda trafik yoğunluğu günlük ortalama 16201, Amasya Suluova Karayolunda ise ortalama araç sayısı 11291 araç olarak kaydedilmiştir (Harita 3.2).



Resim 3.1. Arazi çalışmaları

Bitki örneklerin toplanması sırasında kontaminasyonu önlemek amacıyla steril plastik eldivenler kullanıldı (Resim 3.1). İstasyonlardan düzgün büyüme gösteren sağlıklı

bireylere ait bitki örnekleri, örneklerin kesin teşhisleri yapıldıktan sonra aynı gün yine steril poşetlere konularak laboratuvar ortamına getirildi. Toprak örnekleri ise, toprak yüzeyindeki döküntü temizlendikten sonra 15 cm derinliğe kadar olan bölgeden alındı.

3.3.2. Laboratuvar çalışmaları

İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP- OES)

Spektroskopi, ışının madde ile etkileşimini incelerken spektrometri ise özellikle elektromanyetik ışın şiddetinin çeşitli detektörlerle ölçülmesini ifade eder (Yaşar, 2009; Eroğlu ve Aksoy, 2003:149-183). Temel haldeki bir maddenin atomları, uyarılarak uyarılmış enerji düzeyine çıkar. Uyarılmış kararsız haldeki atomun ömrü kısadır. Emisyon spektrometresi, uyarılmış enerji düzeyine çıkan atomların daha düşük enerjili düzeylerine geçişlerinde yaydıkları UV ve görünür bölge ışımalarının ölçülmesi ilkesine dayanır. Tabiattaki elementlerin atom numaraları ve elektron sayısı farklı olduğu için, enerji seviyeleri ve yaydıkları ışının dalga boyu da farklıdır (Yaşar, 2009). Spektrometrik yöntemler ışının absorpsiyon, emisyon, lüminesans (floresans-fosforesans), saçılma şiddetinin ölçülmesi prensibine dayanır (Yaşar, 2009; Eroğlu ve Aksoy, 2003: 149-183).

Atomik emisyon spektroskopisi (AES) ilk geliştirildiğinde alev, elektrik arkı ve kıvılcım atomlaştırmasına ve uyarmasına dayanmaktaydı. Ancak günümüzde plazma kaynakları kullanılan en önemli ve yaygın kaynaklardır. Üç plazma kaynağından indüktif eşleşmiş plazma kaynağı (ICP), doğru akım plazma (DCP) ve mikrodalga eşleşmiş plazma (MIP) kaynağına göre daha önemlidir (Skoog, Holler ve Nieman, 2007:330-362). Plazmada oluşan atom ve iyonların emisyonu değişik şekillerde ölçülür. ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) cihazları, sırayla, ölçüm yapanlar (ing: sequential) ve aynı anda ölçüm yapanlar (ing: simultaneous) olmak üzere iki bölümde incelenir (Yaşar, 2009; Eroğlu ve Aksoy, 2003: 149-183).

ICP-OES tekniğinin yine benzer çalışmalarda kullanılan AAS tekniklerine kıyasla, çok sayıda elementi aynı anda veya çok kısa sürede ölçülmesi, inert Argon atmosferinde daha etkin bir atomlaştırma yapması ve lineer çalışma aralığının daha geniş olması en önemli avantajlarından (Yaşar, 2009; Eroğlu ve Aksoy, 2003). Bunlardan dolayı çok az miktardaki numunelerle bile hassas sonuçlar elde edilir (Yaşar, 2009; Lara Wuilloud,

Salonia, Olsina ve Martinez, 2001). Bu sebeplerden dolayı çalışmada ICP-OES equental Varian model kullanıldı.

Bitki ve toprak örnekleri üzerinde yapılan çalışmalar

Çalışma alanlarından dikkatle toplanan bitki örneklerinin bir kısmı preslenip ve herbaryum örnekleri haline getirildi. Bitki örneklerini dışarıdan gelebilecek yabancı nesnelere arındırmak için, önce çeşme suyu sonra saf su ile iki kez yıkandı. Yıkama işlemi sonucunda bitki örnekleri kök, gövde ve yaprak olarak üç kısma ayrıldı (Resim 3.2).



Resim 3.2. Bitkilerin laboratuvar ortamında yapılacak işlemlere hazırlanma aşaması

Materyali mikrobiyal bozulmadan korumak ve kuru ağırlık almak için ayrılan kısımlar kese kağıtlarına alınarak bitki örnekleri etüvde 70 °C'de 24 saat bekletildi. Kurutma işleminden sonra örnekler, ağır metal dağılımını homojenize etmek için blender ile öğütülüp 1,5 mm'lik elekten geçirildi. Her işlemin öncesi, ince elek ve blender bıçakları, haznesi muhtemel bir kontaminasyonu engellemek için, aseton ve % 96'lık etil alkolle temizlendi, daha sonra distile sudan geçirilerek kurullandı. Öğütülen ve kurutulmuş bitki örneğinden hassas terazide tartılarak 1'er gr behere konulup üzerine 10 ml konsantre Nitrik asit (HNO_3) ve 2 ml Hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edilip yakma tüpleri hafif çalkalanarak bitki örneğinin asit ile iyice ıslanması sağlandı. Tüpler dış hücrelerinin içine yerleştirilip ve gaz çıkışı bitene kadar bekletildi. Numuneler daha sonra ağızları saat camıyla kapalı şekilde bir gece bekletildi. Ertesi gün numuneler hoplate üzerinde 3-4 saat ısıtılıp

örneklerin rengi açık sarı renge dönüşene kadar yani içerisinde bitki örneği kalmayana kadar yakıldı. Ön işlemde geçmiş bitki numuneleri ICP-OES yöntemine göre standart seri okumaları yapıp ve numunelerde okuma işlemine başlandı. Her bir örnekteki ağır metal konsantrasyonları art arda 3 kez ölçüldü ve ortalama değerleri alındı (Çayır ve Coşkun, 2007).

Topraktaki ağır metal analizleri yöntemine uygun yapıldı. Topraklar elenmeden önce kapalı bir ortamda hava kuru hale gelene kadar kurutuldu. Toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirildi. Kontaminasyona engel olmak için her defasında elek saf su ve % 96'lık etil alkolle yıkandı, örnekleri kontaminasyona karşı koruyabilmek için tekrar poşetlere konularak üzerlerine toplandıkları bölgelerin isimleri yazılarak muhafaza edildi. Hassas terazide tartılan 5 gramlık toprak örnekleri 10 ml kral suyu (1 hacim HNO₃ + 3 Hacim HCl) ilave edilmiş ve beher içinde olan numune hafif çalkalanarak toprak örneğinin asit ile iyice ıslanması sağlandı. Beher içerisindeki çözelti ağızları kapalı şekilde iki gün bekletilmiştir. İki gün sonunda örnekler 100 ml hacimli balon jöjelere süzülerek ve saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Ön işlemde geçmiş toprak çözeltisi ICP-OES yöntemine göre standart seri okumaları yapıldı. Her bir örnekteki ağır metal konsantrasyonları art arda 3 kez ölçüldü ve ortalama değerleri alındı (Çayır ve Coşkun, 2007).

Elde edilen tüm veriler, SPSS (18.00) istatistik paket programı kullanılarak analiz edildi. Türlerin içerdiği ağır metal konsantrasyonları arasındaki farklılık "Varyans analizi (Anova) ve çoklu karşılaştırmalarda, farklılığın belirlenmesi için Tukey testi uygulanarak belirlendi. Ölçülen ağır metaller arasındaki ilişkileri tespit etmek için $p < 0.01$ anlamlılık düzeyinde Pearson korelasyon analizi uygulandı. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bölgeler arasındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığı tespit edildi.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma 4 farklı örneklem grubuna dahil (Şehir içi, yol kenarı, kenar semt ve kontrol) 20 istasyondan toplanan 5 türe ait (*C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii*, *S. altissimum*) bitki örnekleri ile 20 istasyondan alınan toprak numunelerinin ağır metal analiz sonuçları ve bu sonuçların mevcut literatürle karşılaştırılması her bir ağır metal için ayrıntılı bir şekilde tespit edildi.

4.1. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Cd Birikim Değeri

Cd değerlerine ait veriler, çizelgeler ve şekiller aşağıda sıralandı.

Cd konsantrasyon değeri bakımından bitki organlarındaki birikim değerlendirildiğinde şehir içinde Cd birikimi en fazla *C. irregularis*'in kökünde ($2,266 \pm 0,166$ ppm), *L. draba*'nın gövdesinde ($0,760 \pm 0,606$ ppm), *C. bursa-pastoris* ($1,969 \pm 0,544$ ppm), *S. loeselii* ($1,303 \pm 0,631$ ppm) ve *S. altissimum*'un yaprağında ($1,090 \pm 0,719$ ppm) olduğu bulundu. Şehir içinde bitkiler kıyaslandığında en fazla Cd'un birikimi *C. irregularis*'in kökünde (2,266) tespit edildi. Cd'un bu istasyonda birikimi bitki organları arasında genellikle en fazla yaprakta olduğu tespit edildi (Çizelge 4.1).

Yol kenarındaki bitkilere bakıldığında Cd birikimi *C. irregularis* ($1,313 \pm 0,3856$ ppm), *C. bursa-pastoris* ($1,585 \pm 0,526$ ppm), *L. draba* ($1,074 \pm 0,581$ ppm), *S. loeselii* ($1,134 \pm 0,477$ ppm)'nin en fazla yapraklarında, *S. altissimum*'un ($0,611 \pm 0,150$ ppm) ise gövdesinde olduğu tespit edildi. Ayrıca bitkiler kıyaslandığında yol kenarında en fazla Cd birikimi *C. bursa-pastoris*'in yaprağında olduğu görüldü. Yine Cd birikimi genellikle bitki organları arasında en fazla yaprakta olduğu tespit edildi (Çizelge 4.1).

Kenar semtteki bitkilere bakıldığında ise en fazla Cd birikimi *C. irregularis* ($1,700 \pm 0,124$ ppm) ve *L. draba* ($1,236 \pm 0,021$ ppm)'nin kökünde *C. bursa-pastoris* ($1,676 \pm 0,113$ ppm), *S. loeselii* ($4,413 \pm 2,44$ ppm) ve *S. altissimum*'un yaprağında ($1,184 \pm 0,535$ ppm) olduğu tespit edildi. Kenar semtteki bitkiler kıyaslandığında Cd'un en fazla *S. loeselii* bitkisinin yaprağında olduğu tespit edildi (Çizelge 4.1).

Kontrol bölgesindeki bitkilerde ise Cd'un en fazla birikimi *C. irregularis* ($0,384\pm 0,0216$ ppm), *C. bursa-pastoris* ($0,708\pm 0,581$ ppm), *S. loeselii* ($1,713\pm 0,9609$ ppm), *S. altissimum* ($1,026\pm 0,680$ ppm)'un yapraklarında ve *L. draba* ($0,346\pm 0,162$ ppm)'da ise gövdede birikmiştir. Kontrol bölgesindeki bitkilerde Cd birikimi en fazla *S. loeselii* bitkisinin yaprağında olduğu görülmüştür. Cd'un bu istasyonda birikimi genellikle bitki organları arasında en fazla yaprakta olduğu tespit edildi (Çizelge 4.1).

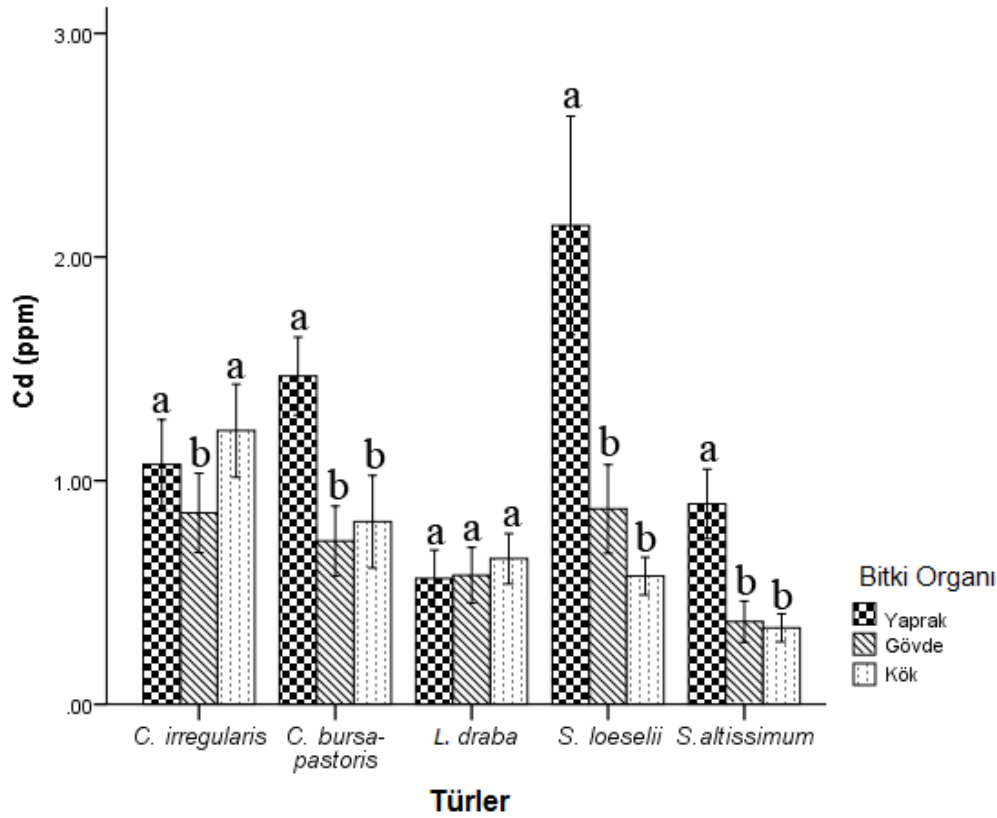
Çizelge 4.1. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında bulunan Cd konsantrasyon değerleri

İstasyon /Cd	Tür	Organ	Ortalama
Şehiriçi	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	1,916±0,639
		Gövde	1,510±0,646
		Kök	2,266±0,166
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	1,969±0,544
		Gövde	1,095±0,636
		Kök	1,475±0,786
	<i>L. draba</i>	Yaprak	0,544±0,324
		Gövde	0,760±0,606
		Kök	0,709±0,274
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	1,305±0,631
		Gövde	0,420±0,600
		Kök	0,663±0,333
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	1,090±0,719
		Gövde	0,453±0,606
		Kök	0,597±0,187
Yol kenarı	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	1,313±0,385
		Gövde	1,083±0,634
		Kök	0,600±0,117
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	1,585±0,526
		Gövde	0,743±0,665
		Kök	0,584±0,344
	<i>L. draba</i>	Yaprak	1,074±0,581
		Gövde	0,786±0,641
		Kök	0,472±0,289
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	1,134±0,477
		Gövde	0,814±0,526
		Kök	0,530±0,266
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	0,486±0,307
		Gövde	0,611±0,150
		Kök	0,471±0,106

Çizelge 4.1. (devamı) Türlerin kök, gövde ve yapraklarında bulunan Cd konsantrasyon değerleri.

İstasyon /Cr	Tür	Organ	Ortalama
Kenar semt	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	0,725±0,306
		Gövde	0,633±0,345
		Kök	1,700±0,124
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	1,676±0,113
		Gövde	0,462±0,177
		Kök	0,540±0,008
	<i>L. draba</i>	Yaprak	0,473±0,298
		Gövde	0,416±0,099
		Kök	1,236±0,021
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	4,413±2,448
		Gövde	1,353±0,925
		Kök	0,880±0,131
<i>S. altissimum</i>	Yaprak	1,184±0,535	
	Gövde	0,243±0,207	
	Kök	0,197±0,006	
kontrol	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	0,384±0,021
		Gövde	0,322±0,168
		Kök	0,326±0,010
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	0,708±0,581
		Gövde	0,593±0,663
		Kök	0,298±0,051
	<i>L. draba</i>	Yaprak	0,160±0,100
		Gövde	0,346±0,162
		Kök	0,186±0,003
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	1,713±0,960
		Gövde	0,906±0,710
		Kök	0,220±0,032
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	1,026±0,680
		Gövde	0,074±0,034
		Kök	0,049±0,001

Bitki yapraklarına bakıldığında en fazla Cd’u yaprağında biriktiren bitki kenar semt bölgesindeki *S. loeselii* (4,413±2,448 ppm)’dir. Gövdede en fazla Cd birikimi ise şehir içi bölgesindeki *C. irregularis* (1,510±0,646 ppm)’tir. Kökte Cd birikimi şehir içi bölgesinde *C. irregularis* (2,266±,166 ppm)’tedir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.1. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında biriktirdiği Cd konsantrasyon değerleri

C. irregularis'te en fazla Cd birikimi kökünde (1,223 ppm), *C. bursa-pastoris* (1,485 ppm), *S. loeselii* (2,141 ppm) ve *S. altissimum* (0,947 ppm)'da en fazla Cd birikimi yapraklarında olduğu tespit edildi. Ayrıca *L. draba*'da en fazla Cd birikimi bitkinin kökünde (0,651 ppm) olduğu görülmüştür. Bitkiler kıyaslandığında en fazla yaprakta Cd biriktiren bitki *S. loeselii*, kökte ve gövdesinde en fazla Cd biriktiren *C. irregularis* olduğu tespit edildi (Şekil 4.1).

Çizelge 4.2. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Cd değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Cd	Kök	Gövde	Yaprak
<i>C. irregularis</i>	1,223 a	0,855b	1,072a
<i>C. bursa-pastoris</i>	0,816b	0,729b	1,468a
<i>L. draba</i>	0,651a	0,577a	0,563a
<i>S. loeselii</i>	0,573b	0,873b	2,141a
<i>S. altissimum</i>	0,341b	0,369b	0,896a

İstatistiksel olarak *C. irregularis*'te Cd en yüksek değeri köktedir ve gövdeden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni gövdeden kaynaklanır. *C. irregularis*'te Cd en düşük değeri gövdedir. *Capsella bursa-pastoris*'te Cd yaprakta en yüksektir. Bu değer kök ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Farklılık kök ve gövdeden kaynaklanır. En düşük Cd değeri ise gövdededir. *L. draba*'da Cd değeri en yüksek kökte, en düşük değeri yaprakta. Cd değeri bakımından bitki organları arasında önemli ölçüde farklılık görülmemiştir. *S. loeselii*'de Cd birikimi en fazla yaprakta rastlanır. En az değer ise köktedir. Yaprak, kök ve gövdeden farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni yapraktan kaynaklanmaktadır. *S. altissimum*'da Cd yaprakta en yüksek iken kök ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni yapraktan kaynaklanmaktadır. *S. altissimum*'da Cd en düşük değeri köktedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.3. Türlerin istasyonlara göre Cd değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Cd	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt
<i>C. irregularis</i>	0,343c	1,897a	0,926b	1,019b
<i>C. bursa-pastoris</i>	0,550c	1,482a	0,971b	1,021b
<i>L. draba</i>	0,230b	0,671a	0,777a	0,708a
<i>S. loeselii</i>	0,946b	0,795b	0,826b	2,215a
<i>S. altissimum</i>	0,383b	0,681a	0,528ab	0,541ab

C. irregularis'te Cd en yüksek şehir içindedir ve önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni şehir içinden kaynaklıdır. *C. irregularis*'te Cd en düşük değeri kontrol bölgesindedir. *C. bursa-pastoris*'te Cd en yüksek şehir içindedir. Kontrol bölgesi, otoyol kenarı ve kenar semtten önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni şehir içinden kaynaklanmaktadır. İstatistiksel olarak *L. draba*'da en yüksek Cd değeri otoyol kenarında en düşük kontrol bölgesindedir. şehir içi değeri önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni şehir içinden kaynaklanır. *S. loeselii*'de Cd değeri kenar semtte en yüksek iken kontrol bölgesi, otoyol kenarı ve şehir içinden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni kenar semt bölgesidir. İstatistiksel olarak *S. altissimum*'da Cd en yüksek şehir içindedir ve kontrol bölgesi, otoyol kenarı ve kenar semtten önemli ölçüde farklıdır.

Bu farklılığın nedeni şehir içinden kaynaklanmaktadır. En düşük Cd içeriği kontrol bölgesindedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cd değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>C. irregularis</i>	0,343	1,897	0,926	1,019	Amasya
<i>C. bursa-pastoris</i>	0,550	1,482	0,971	1,021	Amasya
<i>L. draba</i>	0,230	0,671	0,777	0,708	Amasya
<i>S. loeselii</i>	0,946	0,795	0,826	2,215	Amasya
<i>S. altissimum</i>	0,383	0,681	0,528	0,541	Amasya
<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>acephala</i> (Osma, Serin, Leblebici ve Aksoy, 2012)	14,648	21,994	14,384	47,359	İstanbul
<i>Petroselinum crispum</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	10,037	27,828	22,313	30,125	İstanbul
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	9,434	17,717	25,624	17,594	İstanbul
<i>Physcia adscendes</i> (Kınalıoğlu ve diğerleri, 2010)		245,730			Samsun
<i>Pinus brutia</i> (Doğan, Durkan, N ve Başlar i, 2007)	0,680		0,600	0,680	Batı Anadolu
<i>Verbascum sinuatum</i> L. (Duru ve diğerleri, 2011)	0,000		0,240		Karadeniz Sahil Şeridinde
<i>Celtis australis</i> L. (Öztürk, 2008)	0,300	0,410	0,45	0,310	İstanbul
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> (Yaşar, 2009)	0,040	0,220	0,290	0,200	İstanbul
<i>Platanus occidentalis</i> L. (Çetinkaya, 2011)		0,797	0,867	0,737	İstanbul

Cd kirliliği kaynakları gübreler, endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazları, sigara dumanı ve özellikle motorlu taşıtların yanma ürünü olarak ortaya çıkar. Yapılan çalışmada en fazla Cd birikimi *C. irregularis* ve *C. bursa-pastoris* 'te şehir içi bölgesinde, *L. draba*'da otoyol kenar bölgesinde, *S. loeselii* ve *S. altissimum*'da ise kenar semt bölgesinde olduğu tespit edildi. Bu farklı dağılıma yapılan bazı çalışmalarda da rastlandı. Örneğin İstanbul'da *Brassica oleraceae* var. *acephala* 'da (Osma ve diğerleri, 2012) ile yapılan çalışmada kenar semt bölgesinde görülmüşken yine İstanbul'da *Petroselinum crispum* (Osma ve diğerleri, 2012)'da birikim en fazla otoyol kenarı olduğu tespit edildi. Bunun sebebi türlerin farklı ağır metalleri biriktirme kapasitelerinin birbirinden farklı olması olabilir. Ayrıca elde edilen Cd değerleri İstanbul'da *Celtis australis* L. (Öztürk, 2008) ve *Cercis siliquastrum* L. *subsp. Siliquastrum* (Yaşar, 2009)'da elde edilen Cd değerleriyle miktar olarak paralellik gösterdi. Ayrıca çalışma sonucundan en çok Cd birikimine *C. irregularis*'te rastlanıldı (Çizelge 4.4).

4.2. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Cr Birikim Değeri

Cr değerlerine ait veriler, çizelge ve şekiller aşağıda sıralandı.

Cr konsantrasyon değeri bakımından bitki organlarındaki en fazla Cr birikim değerleri şehir içinde *C. irregularis* ($86,376 \pm 38,696$ ppm), *C. bursa-pastoris* ($204,010 \pm 30,337$ ppm) ve *L. draba*'nın yapraklarında ($130,173 \pm 97,489$ ppm), *S. loeselii*'nin gövdesinde ($56,474 \pm 34,674$ ppm), *S. altissimum*'un kökünde ($151,473 \pm 31,615$ ppm) olduğu tespit edildi. Şehir içinde bitkiler kıyaslandığında en fazla Cr birikimi *C. bursa-pastoris*'in yaprağında tespit edildi

Yol kenarındaki bitkilere bakıldığında en fazla Cr birikimi *C. irregularis* ($31,846 \pm 11,612$ ppm) ve *L. draba* ($77,214 \pm 52,693$ ppm)'nın kökünde, *C. bursa-pastoris* ($179,728 \pm 163,732$ ppm), *S. loeselii* ($46,946 \pm 30,105$ ppm) ve *S. altissimum* ($90,811 \pm 93,670$ ppm)'un yaprağında olduğu tespit edildi. Ayrıca bitkiler kıyaslandığında Cr'un en fazla birikimi *C. bursa-pastoris*'in yaprağında olduğu görülür (Çizelge 4.5).

Kenar semtteki bitkilere bakıldığında ise en fazla Cr birikimi *C. irregularis* ($71,146 \pm 83,218$ ppm), *C. bursa-pastoris* ($23,473 \pm 0,598$ ppm), *L. draba* ($51,293 \pm 6,208$ ppm), ve *S. altissimum* ($52,338 \pm 22,215$ ppm)'un yaprağında, *S. loeselii* ($21,566 \pm 0,305$

ppm)'nin ise kökünde olduğu tespit edildi. Kenar semtteki bitkiler kıyaslandığında en fazla Cr birikiminin *C. irregularis*'in yaprağında olduğu tespit edildi. Cr bu istasyonda birikimi bitkilerin çoğunda bitki organları arasında en fazla yaprakta olduğu tespit edildi (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında bulunan Cr konsantrasyon değeri

İstasyon /Cr	Tür	Organ	Ortalama
Şehir içi	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	86,376±38,696
		Gövde	46,630±23,953
		Kök	47,360±0,277
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	204,010±30,337
		Gövde	78,425±43,832
		Kök	78,097±35,042
	<i>L. draba</i>	Yaprak	130,173±97,489
		Gövde	45,877±24,512
		Kök	113,445±95,762
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	53,413±18,643
		Gövde	56,474±34,674
		Kök	37,750±41,999
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	92,365±60,015
		Gövde	37,170±10,339
		Kök	151,473±31,615
Yol Kenarı	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	27,066±1,656
		Gövde	14,693±8,844
		Kök	31,846±11,612
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	179,728±163,732
		Gövde	20,494±10,516
		Kök	61,653±33,726
	<i>L. draba</i>	Yaprak	44,662±37,495
		Gövde	20,986±13,429
		Kök	77,214±52,693
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	46,946±30,105
		Gövde	15,272±12,850
		Kök	30,200±33,599
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	90,811±93,670
		Gövde	23,386±20,889
		Kök	78,813±26,667
Kenar Semt	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	71,146±83,218
		Gövde	8,710±6,103
		Kök	35,520±0,207
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	23,473±0,598
		Gövde	4,772±0,406
		Kök	6,592±0,062

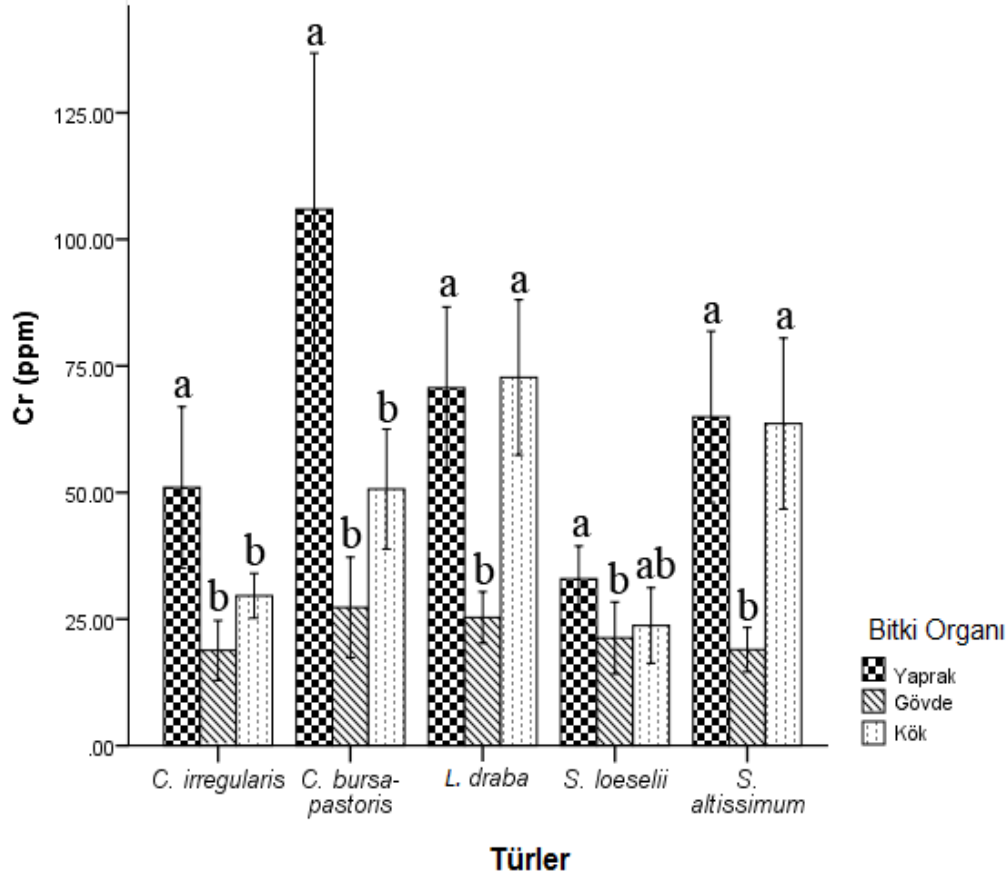
Çizelge 4.5. (devamı) Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Cr konsantrasyon değeri

İstasyon /Cr	Tür	Organ	Ortalama
Kenar Semt	<i>L. draba</i>	Yaprak	51,293±6,208
		Gövde	21,200±7,999
		Kök	50,093±0,845
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	17,535±7,639
		Gövde	6,582±2,342
		Kök	21,566±0,305
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	52,338±22,215
		Gövde	8,768±3,770
		Kök	5,278±0,033
Kontrol	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	6,865±0,031
		Gövde	4,512±3,014
		Kök	3,645±0,022
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	29,610±14,586
		Gövde	2,072±1,348
		Kök	11,449±3,904
	<i>L. draba</i>	Yaprak	56,446±10,967
		Gövde	13,226±11,400
		Kök	50,093±0,845
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	13,877±5,220
		Gövde	6,741±3,200
		Kök	5,391±0,076
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	19,334±8,911
		Gövde	4,706±1,582
		Kök	1,319±0,008

Kontrol bölgesindeki bitkilerde ise en fazla Cr birikiminin *C. irregularis* (6,865±0,031 ppm), *C. bursa-pastoris* (29,610±14,586 ppm), *L. draba* (56,446±10,967 ppm), *S. loeselii* (13,877±5,220 ppm) ve *S. altissimum* (19,334±8,911 ppm)'un yapraklarında olduğu tespit edildi. Kontrol bölgesindeki bitkilerden Cr birikiminin en fazla *L. draba* yaprağında olduğu görülmüştür. Bitkilerin tamamında kontrol bölgesinde Cr birikimi bitki organları arasında en fazla yaprakta olduğu tespit edildi (Çizelge 4.5).

Bitki yapraklarına bakıldığında en fazla Cr biriktiren bitki şehir içi bölgesindeki *C. bursa-pastoris* (204,010±30,337 ppm)'tir. Gövdede en fazla Cr birikimi ise şehir içi bölgesindeki

C. bursa-pastoris ($78,425 \pm 43,832$ ppm)'tir. Kökte en fazla Cr birikimi şehir içi bölgesinde *S. altissimum* ($151,473 \pm 31,615$ ppm)'dadır (Çizelge 4.5).



Şekil 4.2. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Cr konsantrasyon değeri

C. irregularis (47,864 ppm), *C. bursa-pastoris* (109,205 ppm), *S. loeselii* (32,943 ppm) ve *S. altissimum* (63,712 ppm)'da en fazla Cr birikimi bitkilerin yaprağında olduğu tespit edildi. Ayrıca *L. draba*'da en fazla Cr birikimi kökünde (72,711 ppm) olduğu görüldü (Şekil 4.2).

Bitkiler kıyaslandığında en fazla yaprakta ve gövdesinde Cr biriktiren bitki *C. bursa-pastoris*, kökte ise en fazla Cr biriktiren *L. draba* olduğu tespit edildi (Şekil 4.2).

C. irregularis'te Cr yaprakta en yüksektir, kök ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni yapraktan kaynaklanır. En düşük Cr değeri gövdede ölçülmüştür. *C. bursa-pastoris*'te Cr en yüksek yaprakta, en düşük ise gövdededir. Yaprakta ölçülen değer kök ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır, bu farklılığın nedeni yapraktır. İstatistik açıdan *L. draba*'da Cr en yüksek kök ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır farklılığın nedeni gövdeden kaynaklanır. (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Cr değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Cr	Kök	Gövde	Yaprak
<i>C. irregularis</i>	29,593b	18,809b	50,9917a
<i>C. bursa-pastoris</i>	50,685b	27,293b	105,936a
<i>L. draba</i>	72,711a	25,322b	70,644a
<i>S. loeselii</i>	23,727ab	21,267b	32,943a
<i>S. altissimum</i>	63,614a	18,951b	64,928a

En düşük Cr değeri ise *L. draba*'nın gövdesinde ölçülmüştür. *S. loeselii*'de en yüksek Cr yaprak, en düşük gövdedir. Yaprak ve gövde arasında önemli farklılıklar gösterdi. Bu farklılığın nedeni gövdeden kaynaklanır. *S. altissimum*'da Cr yaprakta en yüksek iken gövdeden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni gövdedir. *S. altissimum*'da Cr en düşük köktedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.7. Türlerin istasyonlara göre Cr değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Cr	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt
<i>C. irregularis</i>	4,955c	60,122a	25,864b	38,458b
<i>C. bursa-pastoris</i>	14,586b	114,588a	87,291a	13,438b
<i>L. draba</i>	39,922b	96,498a	47,621b	40,862b
<i>S. loeselii</i>	8,670c	49,212a	30,806b	15,228c
<i>S. altissimum</i>	8,453c	97,610a	62,813b	22,128c

C. irregularis'te en yüksek Cr değeri şehir içindedir ve önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni şehir içidir. *C. irregularis*'te en düşük ise kontrol bölgesindedir. *C. bursa-pastoris*'te yine en yüksek Cr şehir içi bölgesindedir, kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni şehir içinden kaynaklanmaktadır. *C. bursa-pastoris*'te Cr bakımından en düşük kontrol bölgesidir. *L. draba*'da Cr bakımından en yüksek şehir içidir ve önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu

farklılığın sebebi şehir içidir. Cr bakımından *L. draba*'da en düşük ise kontrol bölgesidir. *S. loeselii*'de Cr şehir içinde en yüksektir ve diğer bölgelerden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılık şehir içinden kaynaklanmaktadır. *S. loeselii*'de en düşük Cr kontrol bölgesindedir. *S. altissimum*'da en yüksek Cr şehir içindedir, kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın sebebi şehir içidir. *S. loeselii*'de en düşük Cr yine kontrol bölgesindedir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cr değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>C. irregularis</i>	4,955	60,122	25,864	38,458	Amasya
<i>C. bursa-pastoris</i>	14,586	114,588	87,291	13,438	Amasya
<i>L. draba</i>	39,922	96,498	47,621	40,862	Amasya
<i>S. loeselii</i>	8,670	49,212	30,806	15,228	Amasya
<i>S. altissimum</i>	8,453	97,610	62,813b	22,128c	Amasya
<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>Acephala</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	7,018	26,666	23,168	20,216	Istanbul
<i>Petroselinum crispum</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	19,624	16,851	20,159	20,496	Istanbul
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	9,149	16,049	29,666	13,358	Istanbul
<i>Pinus brutia</i> (Doğan ve diğerleri, 2007)	0,440		1,240	0,990	Batı Anadolu
<i>Phoenix dactylifera</i> L. (Al-Khashman ve diğerleri, 2011)	1,900	2,830	2,010	2,500	Ma/Ürdün

Çizelge 4.8. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cr değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>Siliquastrum</i> (Yaşar, 2009)	1,630	2,670	3,270	4,040	Istanbul
<i>Verbascum sinuatum</i> L. (Duru ve diğerleri, 2011)	4,400		15,120		Karadeniz Sahil Şeridinde
<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>Hamata</i> (Karakoyun ve Osma, 2015)		2,940			Erzincan
<i>Typha latifolia</i> (Özcan, 2013)		0,370			Kırklareli
<i>Laurus azorica</i> (Özcan, 2013)		0,210			Kırklareli
<i>Pinus nigra</i> (Özcan, 2013)		0,550			Kırklareli
<i>Maclura pomifera</i> (Cansaran, Yıldırım ve Karavın, 2016)		21,350			Amasya
Karayosunu örnekleri (Avcil, 2005)		2,540			Zonguldak
<i>Hypnum cupressiforme</i> (Yücel, 2010)	0,440		0,440		Sakarya
<i>Cedrus libani</i> (Aslanhan, 2012)			0,050	0,220	Ankara
<i>Rosa</i> (Aslanhan, 2012)			0,000	0,000	Ankara
<i>Populus</i> (Aslanhan, 2012)			0,450	2,800	Ankara
<i>Elaeagnus angustifolia</i> (Aslanhan, 2012)			0,020	0,650	Ankara
<i>Salix</i> (Aslanhan, 2012)			0,390	0,130	Ankara

Çizelge 4.8. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cr değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Ekinaps</i> (Aslanhan, 2012)			0,320	0,230	Ankara
<i>Verbascum thapsus</i> (Aslanhan, 2012)			2,620	1,700	Ankara
<i>Pinus eldarica</i> Medw. (Kord, Mataji, ve Babaie, 2010)	0,390	2,040	3,150		Tahran/İran

Cr kirliliği, Cr içeren minerallerin endüstriyel atıkları, fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerinin yanması neticesinde doğaya taşınır (Aslanhan, 2012). Yapılan çalışmada *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum*'da en fazla Cr birikimi şehir içi bölgesinde tespit edildi. Cr özellikle şehir içi bölgesinde fazla olmasının nedeni özellikle bu bölgedeki evlerde kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanabilir. Bu düşünceye yüzeysel toprak örnekleri üzerinden yapılan ölçümlerde destekler. Çalışmadaki bitkiler içinde en fazla Cr'u *C. bursa-pastoris*'te rastlandı. Diğer çalışmalarla kıyaslandığında bölgedeki çalışılan bitkilerde Cr birikimi diğer çalışmalardan daha fazla olduğu tespit edildi. Bunun sebebi bölgedeki toprak yapısı ve bölgelerdeki kirlilik faktörlerinin farklılığında kaynaklanabilir (Çizelge 4.8).

4.3. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Cu Birikim Değeri

Cu değerlerine ait veriler, çizelge ve şekiller aşağıda sıralandı.

Cu konsantrasyon değeri bakımından bitki organlarındaki birikim değerlendirildiğinde şehir içinde *C. irregularis* ($87,266 \pm 0,3043$ ppm), *L. draba* ($69,920 \pm 7,168$ ppm) ve *S. altissimum* ($87,560 \pm 4,217$ ppm)'da en fazla Cu birikiminin bitkilerin kökünde olduğu tespit edildi. *S. loeselii* ($74,392 \pm 23,606$ ppm) ve *C. bursa-pastoris* ($145,437 \pm 47,964$ ppm)'te ise en fazla Cu birikiminin bitkilerin yapraklarında olduğu tespit edildi. Şehir içinde bitkiler kıyaslandığında Cu en fazla birikimi *C. bursa-pastoris*'in yaprağında tespit edildi (Çizelge 4.9).

Yol kenarındaki bitkilere bakıldığında *C. irregularis* (55,420±22,325 ppm) ve *L. draba* (60,698±25,455 ppm)'da en fazla Cu birikiminin bitkilerin kökünde olduğu tespit edildi. *C. bursa-pastoris* (101,482±86,499 ppm), *S. loeselii* (60,136±22,725 ppm) ve *S. altissimum* (70,847±41,428 ppm)'un ise en fazla Cu birikiminin bitkilerin yapraklarında olduğu tespit edildi. Ayrıca bitkiler kıyaslandığında Cu'm en fazla birikimi *C. bursa-pastoris*'in yaprağında olduğu görüldü (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Cu konsantrasyon değeri

İstasyon /Cu	Tür	Organ	Ortalama
Şehiriçi	<i>C. irregularis</i>	yaprak	54,403±27,969
		gövde	36,593±8,795
		Kök	87,266±0,3043
	<i>C.bursa-pastoris</i>	yaprak	145,437±47,964
		gövde	41,721±14,850
		kök	108,940±19,514
	<i>L. draba</i>	yaprak	59,512±19,584
		gövde	41,938±12,229
		kök	69,920±7,168
	<i>S. loeselii</i>	yaprak	74,392±23,606
		gövde	39,253±10,748
		kök	34,590±16,361
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	44,051±27,872
		gövde	41,330±11,325
		kök	87,560±4,217
yol kenarı	<i>C. irregularis</i>	yaprak	26,475±23,216
		gövde	9,577±5,976
		kök	55,420±22,325
	<i>C.bursa-pastoris</i>	yaprak	101,482±86,499
		gövde	23,178±2,205
		kök	49,824±13,672
	<i>L. draba</i>	yaprak	40,022±19,337
		gövde	25,726±12,025
		kök	60,698±25,455
	<i>S. loeselii</i>	yaprak	60,136±22,725
		gövde	30,322±17,966
		kök	27,672±13,089
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	70,847±41,428
		gövde	28,116±9,406
		kök	39,817±5,775

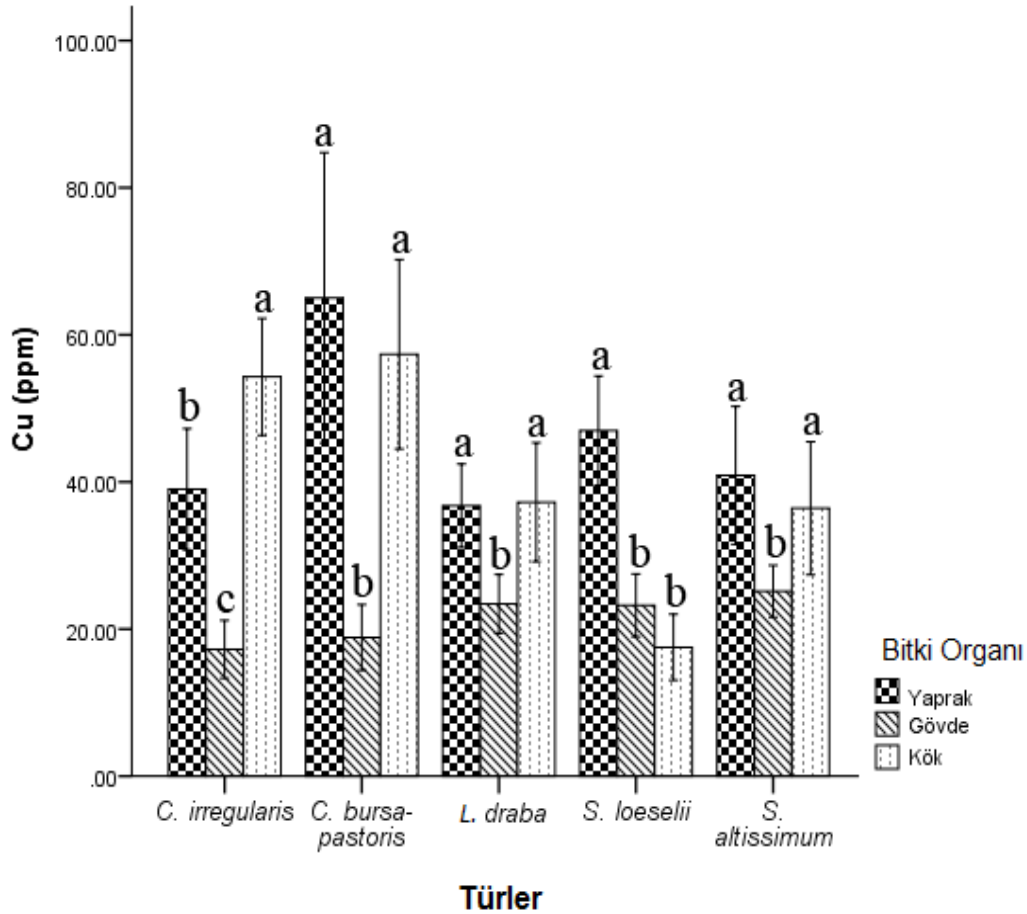
Çizelge 4.9. (devamı) Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Cu konsantrasyon değeri

İstasyon /Cu	Tür	Organ	Ortalama
kenar semt	<i>C. irregularis</i>	yaprak	44,009±41,044
		gövde	12,802±10,406
		kök	65,450±0,228
	<i>C.bursa-pastoris</i>	yaprak	9,887±4,310
		gövde	4,714±1,793
		kök	9,421±0,038
	<i>L. draba</i>	yaprak	23,812±13,249
		gövde	13,195±7,114
		kök	10,793±0,008
	<i>S. loeselii</i>	yaprak	23,872±11,832
		gövde	7,324±2,206
		kök	6,246±0,047
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	7,098±3,262
		gövde	17,992±11,240
		kök	6,438±0,042
kontrol	<i>C. irregularis</i>	yaprak	25,210±0,145
		gövde	7,576±6,881
		kök	9,036±0,018
	<i>C.bursa-pastoris</i>	yaprak	14,024±8,450
		gövde	4,263±0,887
		kök	9,935±1,948
	<i>L. draba</i>	yaprak	23,671±13,056
		gövde	12,860±7,745
		kök	7,524±0,023
	<i>S. loeselii</i>	yaprak	29,535±19,413
		gövde	15,977±7,527
		kök	1,561±0,011
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	30,190±18,748
		gövde	11,937±5,712
		kök	1,609±0,010

Kenar semtteki bitkilere bakıldığında ise en fazla birikim *C. irregularis*'in kökünde (65,450±0,228 ppm) olduğu görülmüştür. *C. bursa-pastoris* (9,887±4,310 ppm), *L. draba* (23,812±13,249 ppm) ve *S. loeselii* (23,872±11,832 ppm)'de en fazla Cu birikiminin bitkilerin yapraklarında, *S. altissimum*'un gövdesinde (17,992±11,240 ppm) olduğu tespit edildi. Kenar semtteki bitkiler kıyaslandığında Cu'nun en fazla birikimi *C. irregularis*'in kökünde olduğu tespit edildi (Çizelge 4.9).

Kontrol bölgesindeki bitkilerde ise en fazla Cu birikiminin *C. irregularis* (25,210±0,145 ppm), *C. bursa-pastoris* (14,024±8,450 ppm), *L. draba* (23,671±13,056 ppm), *S. loeselii* (29,535±19,413 ppm) ve *S. altissimum* (30,190±18,748 ppm)'un yapraklarında olduğu tespit edildi. Kontrol bölgesindeki bitkilerden Cu birikimin en fazla *S. altissimum* yaprağında olduğu görülmüştür. Cu bu istasyonda bitkilerin tamamında bitki organları arasında en fazla birikimi yaprakta olduğu tespit edildi (Çizelge 4.9).

Bitki yapraklarına bakıldığında en fazla Cu yaprağında biriktiren bitki şehir içi bölgesindeki *C. bursa-pastoris* (145,437±47,964 ppm)'tir. Gövdede en fazla Cu birikimi ise şehir içi bölgesindeki *L. draba* (41,938±12,229 ppm)'dadır. Kökte Cu birikimi şehir içi bölgesinde *C. bursa-pastoris* (108,940±19,514 ppm)'tedir (Çizelge 4.9).



Şekil 4.3. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Cu konsantrasyon değeri

C. irregularis (54,293 ppm) ve *L. draba* (37,234 ppm)'da en fazla Cu birikimi bitki kökünde olmuştur. *C. bursa-pastoris* (65,027 ppm), *S. loeselii* (46,983 ppm) ve *S. altissimum* (40,885 ppm)'da en fazla Cu birikimi yapraklarda olduğu tespit edildi. Bitkiler

kıyaslandığında yaprakta ve kökte en fazla Cu biriktiren bitki *C. bursa-pastoris*, gövdede en fazla Cu biriktiren *S. altissimum* olduğu tespit edildi (Şekil 4.3).

Çizelge 4.10. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Cu değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Cu	Kök	Gövde	Yaprak
<i>C. irregularis</i>	54,293a	17,242c	39,007b
<i>C. bursa-pastoris</i>	57,345a	18,850b	65,027a
<i>L. draba</i>	37,234a	23,430b	36,754a
<i>S. loeselii</i>	17,517b	23,219b	46,983a
<i>S. altissimum</i>	36,413a	25,141b	40,885a

C. irregularis'te Cu kökte en yüksektir ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni gövdeden kaynaklanır. En düşük Cu değeri ise gövdededir. *C. bursa-pastoris*'te Cu en yüksek yaprakta, en düşük ise gövdededir. Yaprakta ölçülen değer gövdeden önemli ölçüde farklıdır, bu farklılığın nedeni yapraktır. İstatistik açıdan *L. draba*'da Cu en yüksek köktür ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır, bu gövdeden kaynaklanır. En düşük Cu değeri ise *L. draba* gövdesinde ölçüldü. *S. loeselii*'de en yüksek Cu yaprakta, en düşük gövdedir. Kök ve gövdeden önemli ölçüde farklılıklar göstermiştir ve bu yapraktan kaynaklanır. *S. altissimum*'da Cu yaprakta en yüksek iken gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni gövdedir. *S. altissimum*'da Cu'ın en düşük değeri gövdede ölçüldü (Çizelge 4.10).

İstatistiksel olarak *C. irregularis*'te en yüksek Cu değeri şehir içindedir ve önemli derecede farklılık gösterir, bu farklılığın nedeni şehir içidir. En düşük değer kontrol bölgesindedir. *C. bursa-pastoris* en yüksek Cu birikimi şehir içi bölgesindedir kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni şehir içidir. Yine Cu bakımından en düşük kontrol bölgesidir. *L. draba* Cu bakımından en yüksek birikimi şehir içindedir, kontrol ve kenar semtten önemli ölçüde farklılık gösterir ve sebebi şehir içidir. Cu bakımından en düşük ise kontrol bölgesidir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Türlerin istasyonlara göre Cu değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Cu	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt
<i>C. irregularis</i>	13,548c	59,421a	35,023b	40,753b
<i>C. bursa-pastoris</i>	9,370c	95,583a	58,161b	7,493c
<i>L. draba</i>	14,685c	57,123a	42,149b	15,933c
<i>S. loeselii</i>	15,691c	49,411a	39,376b	12,481c
<i>S. altissimum</i>	14,579c	60,547a	46,938b	10,509c

S. loeselii'de ise Cu şehir içinde en yüksektir ve diğer bölgelerin önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılık şehir içinden kaynaklanmaktadır. En düşük Cu kenar semttedir. *S. altissimum*'da en yüksek Cu şehir içindedir, kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın sebebi şehir içidir. En düşük Cu yine kenar semt bölgesindedir (Çizelge 4.11).

Cu kirliliği insan aktivitesi sonucu oluşan emisyon ve atmosferik depositler, pestisid kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak değerlendirilmesi, kömür, maden yatakları, metal kaplama ve işleme endüstrisidir. Yapılan çalışmada en fazla Cu birikimi *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum* bitkilerinde şehir içi bölgesinde tespit edildi. Bu sonuçlar elde edilen toprak verilerinden farklılık gösterir. Bunun sebebi türlerin farklı ağır metalleri biriktirme kapasitelerinin birbirinden farklı olmasından olabilir. Bunun yanında çalışma sonucundan en çok Cu birikimine *C. irregularis* bitkisinde rastlanıldı (Çizelge 4.12).

Elde ettiğimiz veriler Ankara'da *Ekinaps* (Aslanhan,2012)'dan elde edilen Cu değerinden daha düşük çıktı. Bunun sebebi bölgelerden geçen taşıt sayısı farklılığından kaynaklanabilir. Bitkilerden elde edilen Cu değerleri diğer çalışmalardan daha yüksek tespit edildi. Bu farklılığın kaynağının çevredeki sanayi kuruluşları olmadığı, hava sirkülasyonunun azlığına bağlı olarak zamanla biriktirdiği kirlilikten kaynaklanabilir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cu değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>C. irregularis</i>	13,548	59,421	35,023	40,753	Amasya
<i>C. bursa-pastoris</i>	9,370	95,583	58,161	7,493	Amasya
<i>L. draba</i>	14,685	57,123	42,149	15,933	Amasya
<i>S. loeselii</i>	15,691	49,411	39,376	12,481	Amasya
<i>S. altissimum</i>	14,579	60,547	46,938	10,509	Amasya
<i>Phoenix dactylifera</i> (Demirayak, Kutbay, Kılıc, Bılgın ve Hüseyinova, (2011),		45,100			Samsun
<i>Magnolia grandiflora</i> (Demirayak ve diğerleri, 2011)		62,000			Samsun
<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>Acephala</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	10,756	42,998	40,216	19,816	Istanbul
<i>Petroselinum crispum</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	10,364	20,962	16,957	8,553	Istanbul
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	11,483	17,604	14,050	20,181	Istanbul
<i>Physcia adscendes</i> (Kınalıoğlu ve diğerleri, 2010)		43,000			Samsun
<i>Pinus brutia</i> (Doğan ve diğerleri, 2007)	3,520		5,360	5,780	Batı Anadolu
<i>Pyracantha coccinea</i> (Akgüç ve diğerleri, 2008)			3,570	2,970	Muğla
<i>Phoenix dactylifera</i> L. (Al-Khashman ve diğerleri, 2011)	2,550	5,640	11,400	3,180	Ma/Ürdün

Çizelge 4.12. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cu değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Verbascum sinuatum</i> L. (Duru ve diğerleri, 2011)	0,950		4,680		Karadeniz Sahil Şeridinde
<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>Hamata</i> (Karakoyun ve Osma, 2015)		44,980			Erzincan
<i>Typha latifolia</i> (Özcan, 2013)		3,120			Kirklareli
<i>Laurus azorica</i> (Özcan, 2013)		4,290			Kirklareli
<i>Pinus nigra</i> (Özcan, 2013)		1,640			Kirklareli
<i>Maclura pomifera</i> (Cansaran ve diğerleri, 2016)		20,970			Amasya
Karayosunu örnekleri (Avcil, 2005)		8,530			Zonguldak
<i>Celtis australis</i> L. (Öztürk, 2008)	5,990	12,160	13,550	7,120	İstanbul
<i>Hypnum cupressiforme</i> (Yücel, 2010)	12,790		8,880		Sakarya
<i>Cedrus libani</i> (Aslanhan, 2012)			4,020	3,920	Ankara
<i>Rosa</i> (Aslanhan, 2012)			3,960	7,220	Ankara
<i>Populus</i> (Aslanhan, 2012)			8,120	9,660	Ankara

Çizelge 4.12. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cu değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Elaeagnus angustifolia</i> (Aslanhan, 2012)			4,230	10,060	Ankara
<i>Salix</i> (Aslanhan, 2012)			5,690	5,210	Ankara
<i>Verbascum thapsus</i> (Aslanhan, 2012)			50,270	39,410	Ankara
<i>Ekinaps</i> (Aslanhan, 2012)			177,160	133,360	Ankara
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>Siliquastrum</i> (Yaşar, 2009)	2,830	5,800	8,110	5,510	Istanbul
<i>Platanus occidentalis</i> L. (Çetinkaya, 2011)		0,449	2,666	0,397	Istanbul
<i>Allysum sibiricum</i> Willd (Özdemir Zorlu, ve Akyıldız, 2014)				2-4	Batı Anadolu
<i>Chrysopogon gryllus</i> (L.) Trin (Özdemir ve diğerleri, 2014)				2-4	Batı Anadolu
<i>Gypsophila perfoliata</i> L. (Özdemir ve diğerleri, 2014)				2-4	Batı Anadolu
<i>Puccinellia intermedia</i> (Schur) Janchen (Özdemir ve diğerleri, 2014)				2-7	Batı Anadolu
<i>Quercus trojana</i> P.B. Webb (Özdemir ve diğerleri, 2014)				3-7	Batı Anadolu
<i>Genista aucheri</i> Boiss. (Özdemir ve diğerleri, 2014)				2-7	Batı Anadolu
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. Subsp (Özdemir ve diğerleri, 2014)				2-5	Batı Anadolu

Çizelge 4.12. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Cu değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Pinus nigra</i> Arn. (Özdemir ve diğerleri, 2014)				2-4	Batı Anadolu
<i>Juniperus foetidissima</i> Willd (Özdemir ve diğerleri, 2014)				4-5	Batı Anadolu

4.4. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Zn Birikim Değeri

Zn değerlerine ait veriler, çizelge ve şekiller aşağıdasıralandı.

Zn konsantrasyon değeri bakımından bitki organlarındaki birikim değerlendirildiğinde şehir içinde *C. irregularis* (555,466±0,629 ppm), *C. bursa-pastoris* (396,379±83,338 ppm), *L. draba* (575,234±198,452 ppm) ve *S. altissimum* (353,653±32,353 ppm)'da en fazla Zn birikiminin bitkilerin kökünde olduğu tespit edildi. Ancak *S. loeselii*'de en fazla Zn birikimi yaprağında (276,554±187,599 ppm) olduğu görüldü (Çizelge 4.13).

Şehir içinde bitkiler kıyaslandığında en fazla Zn birikimi *Calepina irregularis* kökünde tespit edildi. Bu bölgede Zn birikimi bitki organları arasında genel olarak en fazla kökte biriktiği tespit edildi. Yol kenarındaki bitkilere bakıldığında en fazla Zn birikimi *C. irregularis* (186,466±105,892 ppm), *L. draba* (404,090±109,584 ppm) ve *S. loeselii* (178,448±113,952 ppm) bitkilerinde en fazla Zn birikiminin bitkilerin kökünde olduğu tespit edildi (Çizelge 4.13).

Yol kenarında *C. bursa-pastoris* (353,418±125,332 ppm) ve *S. altissimum* (231,045±103,992 ppm)'da en fazla Zn birikimi bitkilerin yaprağında olduğu görüldü. Ayrıca bitkiler kıyaslandığında Zn'nun en fazla birikimi *L. draba* kökünde olduğu görülür. Bitki yapraklarına bakıldığında en fazla Zn'u yaprağında biriktiren bitki yol kenarı bölgesindeki *C. bursa-pastoris* (353,418±125,332 ppm)'tir. Gövdede en fazla Zn birikimi

ise şehir içi bölgesindeki *L. draba* (461,032±228,189 ppm)'dır. Yine kökte en fazla Zn birikimi şehir içi bölgesinde *L. draba* (575,234±198,452 ppm)'dır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında bulunan Zn konsantrasyon değerleri

İstasyon /Zn	Tür	Organ	Ortalama
Şehir İçi	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	163,721±121,610
		Gövde	131,296±87,182
		Kök	555,466±0,629
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	270,500±98,159
		Gövde	142,486±56,819
		Kök	396,379±83,338
	<i>L. draba</i>	Yaprak	321,840±190,567
		Gövde	461,032±228,189
		Kök	575,234±198,452
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	276,554±187,599
		Gövde	160,226±71,236
		Kök	223,060±142,440
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	245,645±90,356
		Gövde	157,793±40,370
		Kök	353,653±32,353
Yol Kenarı	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	42,528±30,046
		Gövde	23,688±7,579
		Kök	186,466±105,892
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	353,418±125,332
		Gövde	188,101±48,843
		Kök	259,306±72,461
	<i>L. draba</i>	Yaprak	235,477±115,305
		Gövde	265,344±105,660
		Kök	404,090±109,584
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	177,037±117,077
		Gövde	99,448±67,727
		Kök	178,448±113,952
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	231,045±103,992
		Gövde	143,557±55,806
		Kök	206,382±42,970
Kenar Semt	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	80,921±81,182
		Gövde	40,722±40,105
		Kök	416,600±0,472
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	137,956±52,524
		Gövde	97,180±40,354
		Kök	185,666±0,630

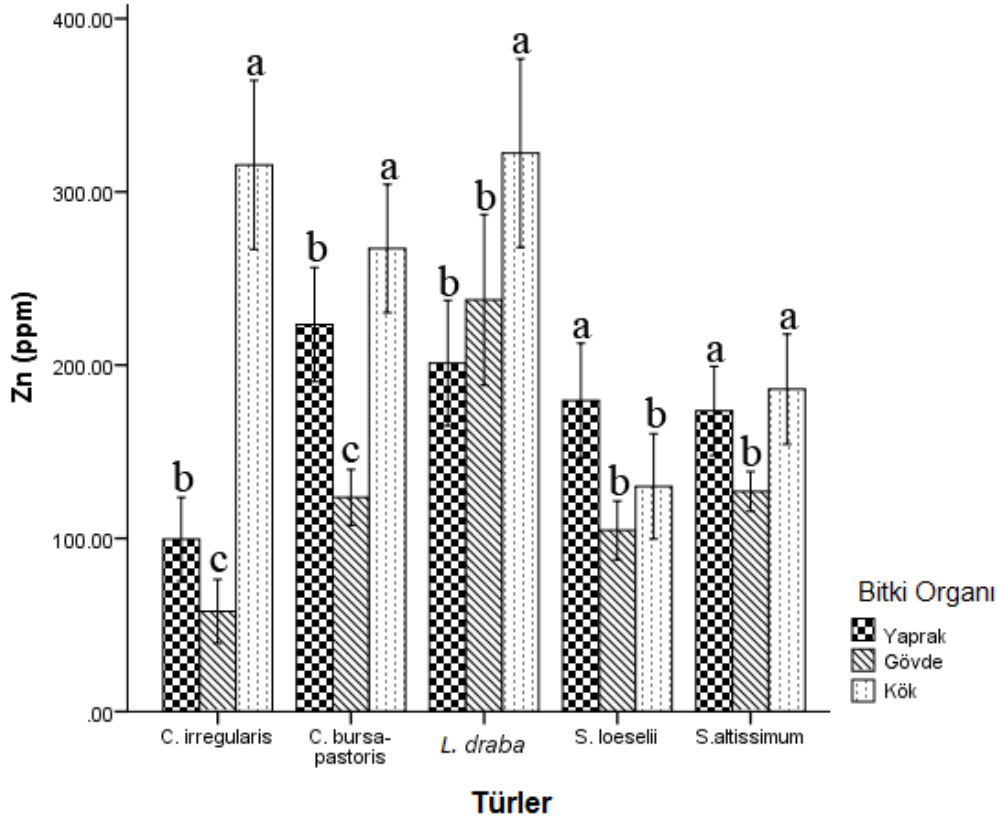
Çizelge 4.13. (devamı) Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Zn konsantrasyon değerleri

İstasyon /Zn	Tür	Organ	Ortalama
Kenar Semt	<i>L. draba</i>	Yaprak	140,043±3,696
		Gövde	131,130±3,498
		Kök	147,133±0,858
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	140,610±56,776
		Gövde	81,390±49,657
		Kök	94,906±0,053
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	90,180±43,743
		Gövde	93,793±29,322
		Kök	120,766±0,617
Kontrol	<i>C. irregularis</i>	Yaprak	87,104±0,570
		Gövde	24,484±25,443
		Kök	103,713±0,981
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Yaprak	137,816±38,469
		Gövde	65,545±9,877
		Kök	125,405±12,779
	<i>L. draba</i>	Yaprak	107,076±56,424
		Gövde	92,806±35,743
		Kök	162,966±0,461
	<i>S. loeselii</i>	Yaprak	123,920±40,913
		Gövde	77,506±35,711
		Kök	23,726±0,013
	<i>S. altissimum</i>	Yaprak	118,853±45,465
		Gövde	106,313±8,600
		Kök	30,191±0,154

Kenar semtteki bitkilere bakıldığında ise en fazla Zn birikimi *C. irregularis* (416,600±0,472 ppm), *C. bursa-pastoris* (185,666±0,630 ppm), *L. draba* (147,133±0,858 ppm) ve *S. altissimum* (120,766±0,617 ppm)'da en fazla Zn birikiminin bitkilerin kökünde olduğu tespit edildi. Ancak *S. loeselii*'de en fazla Zn birikimi yaprağında (140,610±56,776 ppm) olduğu görüldü. Bu bölgede Zn birikimi bitki organları arasında genel olarak en fazla kökte biriktiği tespit edildi. Kenar semtteki bitkiler kıyaslandığında Zn'nun en fazla birikimi *C. irregularis*'in kökünde olduğu tespit edildi (Çizelge 4.13).

Kontrol bölgesindeki bitkilerde ise en fazla Zn birikimi *C. irregularis* (103,713±0,981 ppm) ve *L. draba* (162,966±0,461 ppm)'nın köklerinde olduğu tespit edildi. En fazla Zn birikimi *S. loeselii* (123,920±40,913 ppm), *C. bursa-pastoris* (137,816±38,469 ppm) ve *S.*

altissimum ($118,853 \pm 45,465$ ppm)'un yapraklarında olduğu tespit edildi. Kontrol bölgesindeki bitkilerden Zn birikiminin en fazla *L. draba*'nın kökünde olduğu görüldü (Çizelge 4.13).



Şekil 4.4. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Zn konsantrasyon değerleri

En fazla Zn birikimi *C. irregularis* (315,561 ppm), *C. bursa-pastoris* (267,250 ppm), *L. draba* (322,356 ppm) ve *S. altissimum* (186,124 ppm)'nın köklerinde olduğu tespit edildi. *S. loeselii* (179,530 ppm)'de ise en fazla Zn birikimi yaprağında olduğu görülmüştür. Bitkilerde genellikle Zn birikimi daha çok bitki köklerinde ölçüldü.

Bitkiler kıyaslandığında en fazla kök ve gövdesinde Zn biriktiren bitki *L. draba*, yaprakta en fazla Zn biriktiren *C. bursa-pastoris* olduğu tespit edildi (Şekil 4.4).

C. irregularis'te Zn kökte en yüksek ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni gövdedir. En düşük Zn değeri ise gövdededir. *C. bursa-pastoris*'te Zn en yüksek kökte, en düşük ise gövdededir. Kökte ölçülen değer gövdeden önemli ölçüde farklılık gösterir, bu farklılığın nedeni gövdedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Zn değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Zn	Kök	Gövde	Yaprak
<i>C. irregularis</i>	315,561a	57,913c	99,469b
<i>C. bursa-pastoris</i>	267,250a	123,642c	223,351b
<i>L. draba</i>	322,356a	237,578b	201,109b
<i>S. loeselii</i>	130,035b	104,642b	179,530a
<i>S. altissimum</i>	186,124a	127,018b	173,574a

L. draba'da Zn en yüksek köktür, yaprak ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır ve nedeni kökten kaynaklanır. En düşük Zn değeri ise *L. draba*'da yapraktır. İstatistik açıdan *S. loeselii*'de en yüksek Zn yaprakta, en düşük gövdedir. Kök ve gövdeden önemli ölçüde farklılıklar gösterdi. Bu farklılığın nedeni yapraktan kaynaklanmaktadır. *S. altissimum*'da Zn kökte en yüksek iken gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni gövdedir. *S. altissimum*'da Zn en düşük değeri gövdede ölçüldü (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15. Türlerin istasyonlara göre Zn değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Zn	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt
<i>C. irregularis</i>	70,376c	283,495a	102,817c	179,414b
<i>C. bursa-pastoris</i>	108,459b	269,741a	266,942a	123,759b
<i>L. draba</i>	120,950c	452,702a	301,637b	139,435c
<i>S. loeselii</i>	75,051c	219,947a	151,644b	105,635bc
<i>S. altissimum</i>	85,119c	259,564a	192,322b	101,580c

İstatistik açıdan *C. irregularis*'te en yüksek Zn değeri şehir içindedir, kontrol ve otoyol kenarından önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni şehir içidir. En düşük değer kontrol bölgesindedir. *C. bursa-pastoris* yine en yüksek Zn şehir içi bölgesindedir, kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni

şehir içinden kaynaklanmaktadır. Zn bakımından en düşük kontrol bölgesidir. Yine *L. draba* Zn bakımından en yüksek şehir içindedir. Kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın sebebi şehir içidir. Zn bakımından en düşük ise kontrol bölgesidir. *S. loeselii* Zn şehir içinde en yüksektir ve diğer bölgelerden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılık şehir içinden kaynaklanır. En düşük Zn kontrol bölgesindedir. *S. altissimum* bitkisinde en yüksek Zn şehir içindedir, kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın sebebi şehir içidir. En düşük Zn yine kontrol bölgesinde ölçüldü (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.16. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Zn değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>C. irregularis</i>	70,376	283,495	102,817	179,414	Amasya
<i>C. bursa-pastoris</i>	108,459	269,741	266,942	123,759	Amasya
<i>L. draba</i>	120,950	452,702	301,637	139,435	Amasya
<i>S. loeselii</i>	75,051	219,947	151,644	105,635	Amasya
<i>S. altissimum</i>	85,119	259,564	192,322	101,580	Amasya
<i>Ligustrum vulgare</i> (Demirayak ve diğerleri, 2011)		69,580		---	Samsun
<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>Acephala</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	7,642	16,275	10,149	17,686	Istanbul
<i>Petroselinum crispum</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	3,037	15,654	19,311	19,620	Istanbul
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	2,290	17,604	12,960	13,595	Istanbul

Çizelge 4.16. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Zn değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Physcia adscendes</i> (Kınalıoğlu ve diğerleri, 2010)		67,600			Samsun
<i>Phoenix dactylifera</i> L. (Al-Khashman ve diğerleri, 2011)	2,200	19,800	16,400	12,500	Ma/Ürdün
<i>Pinus Eldarica</i> Medw. (Kord ve diğerleri, 2010)	1,530	14,460	18,490		Tahran/İran
<i>Verbascum Sinuatum</i> L. (Duru ve diğerleri, 2011)	7,140		32,650		Karadeniz Sahil Şeridinde
<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>Hamata</i> (Karakoyun ve Osma, 2015)		5,370			Erzincan
<i>Typha latifolia</i> (Özcan, 2013)		11,400			Kirklareli
<i>Laurus azorica</i> (Özcan, 2013)		18,300			Kirklareli
<i>Pinus nigra</i> (Özcan, 2013)		11,900			Kirklareli
<i>Celtis australis</i> L. (Öztürk, 2008)	15,920	28,900	30,160	21,920	İstanbul
<i>Hypnum cupressiforme</i> (Yücel, 2010)	54,020		28,400		Sakarya
<i>Cedrus libani</i> (Aslanhan, 2012)			20,470	23,400	Ankara
<i>Rosa</i> (Aslanhan, 2012)			14,020	26,960	Ankara
<i>Populus</i> (Aslanhan, 2012)			25,460	56,190	Ankara

Çizelge 4.16. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Zn değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Elaeagnus angustifolia</i> (Aslanhan, 2012)			21,370	22,110	Ankara
<i>Salix</i> (Aslanhan, 2012)			47,390	38,130	Ankara
<i>Verbascum thapsus</i> (Aslanhan, 2012)			229,370	240,270	Ankara
<i>Ekinaps</i> (Aslanhan, 2012)			353,020	203,730	Ankara
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> (Yaşar, 2009)	6,300	12,620	23,610	13,290	Istanbul
<i>Platanus occidentalis</i> L. (Çetinkaya, 2011)		4,910	11,645	5,206	Istanbul
<i>Allysum sibiricum</i> Willd (Özdemir ve diğerleri, 2014)				3-14	Batı Anadolu
<i>Chrysopogon gryllus</i> (L.) Trin (Özdemir ve diğerleri, 2014)				4-9	Batı Anadolu
<i>Gypsophila perfoliata</i> L. (Özdemir ve diğerleri, 2014)				8-35	Batı Anadolu
<i>Puccinellia intermedia</i> (Schur) Janchen (Özdemir ve diğerleri, 2014)				1-7	Batı Anadolu
<i>Quercus trojana</i> P.B. Webb (Özdemir ve diğerleri, 2014)				1-36	Batı Anadolu
<i>Genista aucheri</i> Boiss. (Özdemir ve diğerleri, 2014)				11-41	Batı Anadolu
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. Subsp (Özdemir ve diğerleri, 2014)				5-13	Batı Anadolu
<i>Pinus nigra</i> Arn. (Özdemir ve diğerleri, 2014)				1-20	Batı Anadolu

Çizelge 4.16. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Zn değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Juniperus foetidissima</i> Willd (Özdemir ve diğerleri, 2014)				11-15	Batı Anadolu
<i>Euphorbia hirsuta</i> L. (Özdemir ve diğerleri, 2014)				5-29	Batı Anadolu

Zn kirliliği daha çok demir çelik sanayinin atık sularından, motorlu araçlardan, çöplerin yakımı ve kömür kullanımından kaynaklanır. Yapılan çalışmada *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum* bitkilerinde en fazla Zn birikimi şehir içi bölgesinde tespit edildi. Bunun sebebi kış sezonunda yoğun kömür kullanımı ile bölgedeki Zn seviyelerinin yükselmesidir. Bunun yanında yapılan çalışmada en çok Zn birikimine *L. draba*'da rastlanılmıştır. Elde edilen veriler Ankara'da *Ekinaps* (Aslanhan, 2012) ve *Verbascum thapsus* (Aslanhan, 2012)'da elde edilen Zn değerinden daha düşük çıktı. Bunun sebebi bölgelerden geçen taşıt sayısı farklılığı ve bölgede gerçekleştirilen sanayi faaliyetleri olabilir. Bitkilerden elde edilen Zn değerleri, tablodaki diğer bitkilerde ölçülen Zn değerlerinden daha yüksek tespit edildi. Bu farklılığın kaynağı ölçümün bitkinin farklı dokularından elde edilmesi ve bitkilerin ağır metal tutma kapasitelerinin farklılığı olabilir (Çizelge 4.16).

4.5. Örneklem Gruplarındaki Beş Bitki Türüne Ait Organların Pb Birikim Değeri

Pb değerlerine ait veriler, çizelge ve şekiller aşağıda sıralandı.

Pb konsantrasyon değeri bakımından bitki organlarındaki birikim değerlendirildiğinde şehir içinde *C. irregularis* (59,211±43,103 ppm), *C. bursa-pastoris* (53,732±56,544 ppm), *L. draba* (87,738±57,883 ppm), *S. loeselii* (36,893±17,471ppm)'da en fazla Pb birikimi yapraklarında ve *S. altissimum* (72,757±21,250 ppm)'da ise birikim en fazla bitkinin kökünde olduğu tespit edildi. Şehir içinde bitkiler kıyaslandığında en fazla Pb birikimi *L. draba*'nın yaprağında tespit edildi. Bu bölgede Pb birikimi en fazla bitki organları arasında genel olarak yaprakta biriktiği tespit edildi (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Pb konsantrasyon değerleri

İstasyon /Zn	Tür	Organ	Ortalama
Şehiriçi	<i>C. irregularis</i>	yaprak	59,211±43,103
		gövde	35,736±12,505
		Kök	22,093±1,847
	<i>C. bursa-pastoris</i>	yaprak	53,732±56,544
		gövde	15,181±11,510
		Kök	37,743±3,627
	<i>L. draba</i>	yaprak	87,738±57,883
		gövde	59,754±22,107
		Kök	61,546±11,572
	<i>S. loeselii</i>	yaprak	36,893±57,471
		gövde	26,373±7,862
		Kök	28,946±17,072
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	34,644±14,945
		gövde	40,986±14,384
		Kök	72,757±21,250
yol kenarı	<i>C. irregularis</i>	yaprak	42,337±15,529
		gövde	28,206±4,625
		Kök	28,220±16,076
	<i>C. bursa-pastoris</i>	yaprak	37,370±24,133
		gövde	27,274±9,753
		Kök	11,622±13,962
	<i>L. draba</i>	yaprak	56,112±40,872
		gövde	36,306±18,478
		Kök	37,104±21,945
	<i>S. loeselii</i>	yaprak	24,124±6,405
		gövde	22,642±7,437
		Kök	23,157±13,658
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	47,459±27,871
		gövde	33,724±11,310
		Kök	27,382±4,030
kenar semt	<i>C. irregularis</i>	yaprak	42,687±22,462
		gövde	24,958±9,382
		Kök	16,570±1,385
	<i>C. bursa-pastoris</i>	yaprak	4,196±0,342
		gövde	4,873±2,559
		Kök	2,200±1,870
	<i>L. draba</i>	yaprak	18,619±12,496
		gövde	7,292±3,517
		Kök	5,862±0,127

Çizelge 4.17. (devamı) Türlerin kök gövde ve yapraklarında bulunan Pb konsantrasyon değerleri

İstasyon /Zn	Tür	Organ	Ortalama
kenar semt	<i>S. loeselii</i>	yaprak	7,528±0,870
		gövde	7,454±2,513
		Kök	4,214±0,030
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	4,977±0,737
		gövde	3,112±1,652
		Kök	3,740±0,219
kontrol	<i>C. irregularis</i>	yaprak	9,632±0,925
		gövde	12,245±4,628
		Kök	10,816±0,024
	<i>C. bursa-pastoris</i>	yaprak	7,526±1,866
		gövde	4,013±1,895
		Kök	4,166±0,655
	<i>L. draba</i>	yaprak	7,828±2,457
		gövde	6,808±2,270
		Kök	6,706±0,304
	<i>S. loeselii</i>	yaprak	6,412±3,126
		gövde	8,193±0,829
		Kök	1,053±0,007
	<i>S. altissimum</i>	yaprak	6,925±2,547
		gövde	5,192±2,068
		Kök	0,935±0,054

Yol kenarındaki bitkilere bakıldığında *C. irregularis* (42,337±15,529 ppm), *C. bursa-pastoris* (37,370±24,133 ppm), *L. draba* (56,112±40,872 ppm), *S. loeselii* (24,124±6,405 ppm) ve *S. altissimum* (47,459±27,871 ppm)'da en fazla Pb birikiminin bitkilerin yapraklarında olduğu tespit edildi. Bitkiler kıyaslandığında en fazla Pb birikimi *L. draba* yaprağında olduğu görülür. Ayrıca bu bölgede Pb birikimi bitki organları arasında bitkilerin tamamında en fazla yaprakta tespit edildi (Çizelge 4.17).

Kenar semtteki bitkilere bakıldığında ise en fazla birikim *C. irregularis* (42,687±22,462 ppm), *L. draba* (18,619±12,496 ppm), *S. loeselii* (7,528±0,870 ppm) ve *S. altissimum* (4,977±0,737 ppm)'da en fazla Pb birikimi bitkilerin yapraklarında, *C. bursa-pastoris* (4,873±2,559 ppm)'te ise gövdede olduğu tespit edildi. Kenar semtteki bitkiler kıyaslandığında en fazla Pb birikimi *C. irregularis*'in yaprağında olduğu tespit edildi. Bitkilerde birikimin genel olarak yapraklarda olduğu görülür.

Kontrol bölgesindeki bitkilerde ise en fazla Pb birikimi *C. irregularis* (12,245±4,628 ppm) ve *S. loeselii* (8,193±0,829 ppm)'nin gövdesinde; *L. draba* (7,828±2,457 ppm), *S. altissimum* (6,925±2,547 ppm) ve *C. bursa-pastoris* (7,526±1,866 ppm)'in ise yaprağında olduğu görülmüştür. Kontrol bölgesindeki bitkiler kıyaslandığında Pb en fazla birikimi *C. irregularis* gövdesinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.17).

Bitki yapraklarına bakıldığında en fazla Pb yaprağında biriktiren bitki şehir içi bölgesindeki *L. draba* (87,738±57,883 ppm)'dir. Gövdede en fazla Pb birikimi yine şehir içi bölgesindeki *L. draba* (59,754±22,107 ppm) dir. Kökte Pb birikimi şehir içi bölgesindeki *S. loeselii* (72,757±21,250 ppm) dir. En fazla Pb birikimi şehir içi bölgesindeki bitkilerde olduğu görülür (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18. Türlerin kök, gövde ve yaprakta bulunan Pb değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Pb	Kök	Gövde	Yaprak
<i>C. irregularis</i>	19,424b	24,731b	38,573a
<i>C. bursa-pastoris</i>	18,148ab	12,874b	24,740a
<i>L. draba</i>	27,805b	27,540b	42,574a
<i>S. loeselii</i>	14,343a	16,165a	18,739a
<i>S. altissimum</i>	28,420a	21,933b	25,252ab

C. irregularis bitkisinde Pb yaprakta en yüksektir, kök ve gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni yapraktan kaynaklanır. En düşük Pb değeri ise kökte ölçülmüştür. *C. bursa-pastoris* Pb en yüksek yaprakta, en düşük ise gövdededir. Yaprakta ölçülen değer gövdeden önemli ölçüde farklıdır, bu farklılığın nedeni gövdeden kaynaklanır. *L. draba* bitkisinde Pb en yüksek yapraktır, kök ve gövdeden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni yapraktan kaynaklanır. En düşük Pb değeri ise *L. draba* bitkisinin gövdesinde ölçülmüştür. *S. loeselii* bitkisinde en yüksek Pb yaprakta en düşük kökte ölçülmüştür. Cd değeri açısından kök, gövde ve yaprak arasında önemli bir farklılık yoktur. İstatistik açıdan *S. altissimum* bitkisinde Pb kökte en yüksek iken gövdeden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılığın nedeni gövdedir. *S. altissimum* bitkisinde Pb'nun en düşük değeri gövdede ölçülmüştür (Çizelge 4.18).

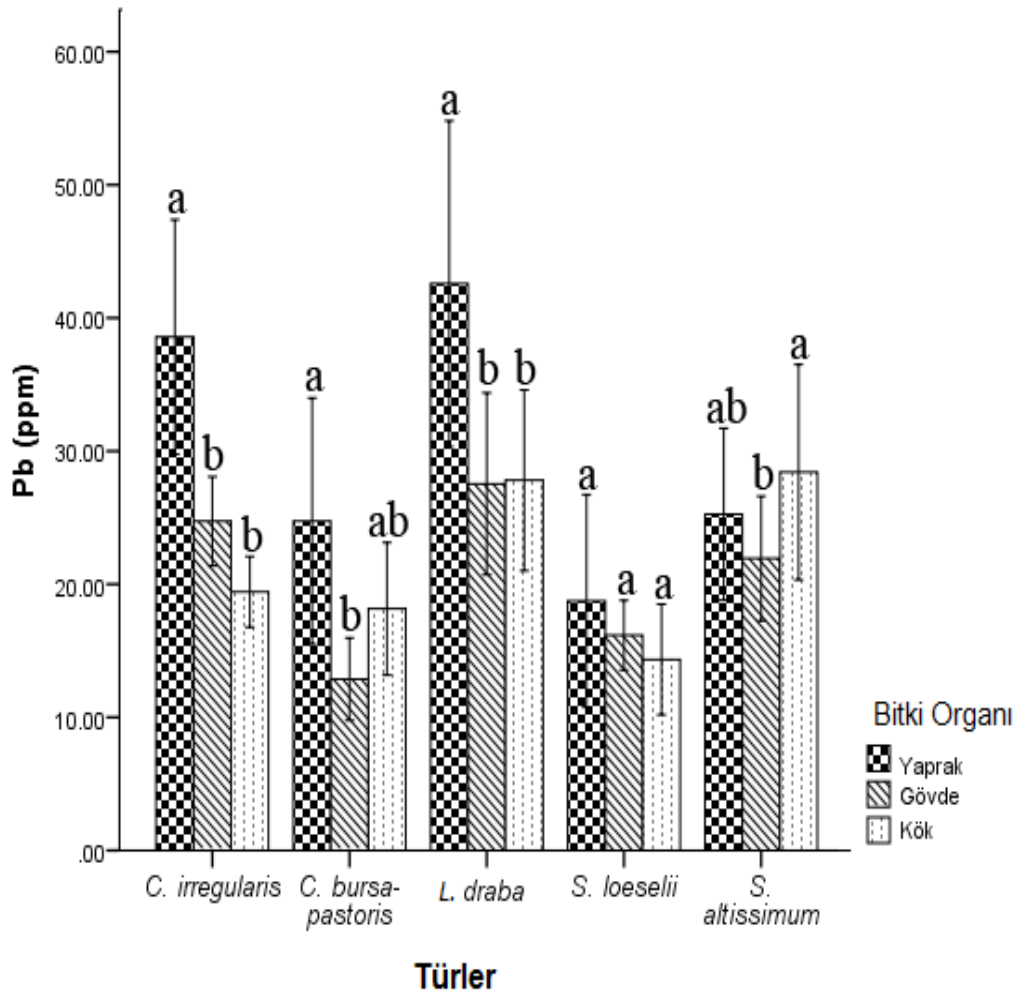
C. irregularis (38,573 ppm) ,*C. bursa-pastoris* (24,740 ppm), *L. draba* (42,574 ppm) ve *S. loeselii* (18,739 ppm) bitkilerinde en fazla Pb birikimi yaprakta; *S. altissimum* (28,420 ppm)'da ise en fazla Pb birikimi kökte olduğu tespit edildi. Genellikle bitkiler yaprakta birikim yaptığı görüldü (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.19. Türlerin istasyonlara göre Pb değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları

Pb	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt
<i>C. irregularis</i>	10,955c	39,013a	32,066a	28,072b
<i>C. bursa-pastoris</i>	5,311b	34,340a	25,422a	4,322b
<i>L. draba</i>	7,114c	69,680a	43,174b	10,591c
<i>S. loeselii</i>	5,219b	30,737a	23,308a	6,399b
<i>S. altissimum</i>	4,351c	52,003a	37,115b	3,943c

C. irregularis bitkisinde en yüksek Pb değeri şehir içindedir ve önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni şehir içidir. En düşük değer kontrol bölgesindedir. *C. bursa-pastoris* yine en yüksek Pb şehir içi bölgesindedir kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni şehir içinden kaynaklanmaktadır. Pb bakımından en düşük kenar semttir. *L. draba* Pb bakımından en yüksek şehir içindedir, kontrol ve kenar semt bölgesinden farklılık gösterir. Bu farklılığın sebebi şehir içidir (Çizelge 4.19).

Pb bakımından ise en düşük kontrol bölgesidir. İstatistiksel olarak *S. loeselii* Pb şehir içinde en yüksektir, kontrol ve kenar semt bölgelerinden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılık şehir içinden kaynaklanmaktadır. En düşük Pb kontrol bölgesindedir. *S. altissimum* bitkisinde en yüksek Pb şehir içindedir, kontrol ve kenar semt bölgesinden önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın sebebi şehir içidir. En düşük Pb yine kenar semttedir (Çizelge 4.19).



Şekil 4.5. Türlerin kök gövde ve yapraklarında biriktirdiği Pb konsantrasyon değerleri

Bitkiler kıyaslandığında en fazla yaprakta, kökte ve gövdesinde Pb biriktiren bitki *L. draba* bitkisi olduğu tespit edildi (Şekil 4.5).

Pb'un bitki ve toprak yapısına katılması gübre, pestisit, atık sular, hava kaynaklı gazlar gibi insan kaynaklı aktiviteler ayrıca metal üretimi, katı atıkların yakılması, madenler sonucunda ve özellikle kurşunlu benzin Pb kirliliğinin en önemli nedeni olarak gösterilir.

Yapılan çalışmada *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum*'da en fazla Pb birikimi Zn, Cu ve Cd olduğu gibi yine şehir içi bölgesinde tespit edilmiştir. Bunun sebebi şehir merkezindeki nüfus yoğunluğundan kaynaklanabilir. Ayrıca çalışmalarda en çok Pb birikimine Zn'da olduğu gibi *L. draba*'da rastlanıldı (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Pb değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>C. irregularis</i>	10,955	39,013	32,066	28,072	Amasya
<i>C. bursa-pastoris</i>	5,311	34,340	25,422	4,322	Amasya
<i>L. draba</i>	7,114	69,680	43,174	10,591	Amasya
<i>S. loeselii</i>	5,219	30,737	23,308	6,399	Amasya
<i>S. altissimum</i>	4,351	52,003	37,115	3,943	Amasya
<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>Acephala</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	6,471	22,967	25,771	26,916	Istanbul
<i>Petroselinum crispum</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	5,955	17,609	17,236	19,620	Istanbul
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (Osma ve diğerleri, 2012)	4,970	10,010	20,659	14,189	Istanbul
<i>Sophora japonica</i> L. (Bingöl Geven ve Güney, 2008)		12		8	Ankara
<i>Physcia adscendes</i> (Kınalıoğlu ve diğerleri, 2010)		101,390		---	Samsun
<i>Pinus brutia</i> (Doğan ve diğerleri, 2007)	4,590		16,150	9,020	Batı Anadolu
<i>Phoenix dactylifera</i> L. (Al-Khashman ve diğerleri, 2011)	7,400	38,300	27,500	23,200	Ma/Ürdün

Çizelge 4.20. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Pb değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Pinus Eldarica</i> Medw. (Kord ve diğerleri, 2010)	14,100	39,800	62,300		Tahran/İran
<i>Verbascum sinuatum</i> L. (Duru ve diğerleri, 2011)	09,120		55,360		Karadeniz Sahil Şeridinde
<i>Usnea longissima</i> (Kınalıoğlu ve diğerleri, 2009)	0,320	11,320		1,870	Giresun
<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>Hamata</i> (Karakoyun ve Osmalı, 2015)		0,840			Erzincan
<i>Dalbergia sissoo</i> Roxb. (Naveed ve diğerleri, 2010)	146,540	312,850	270,390	154,510	Sargodha/Pakistan
<i>Prosopis juliflora</i> L. (Naveed ve diğerleri, 2010)	61,890	322,420	384,770	287,730	Sargodha/Pakistan
<i>Eucalyptus</i> spp. (Naveed ve diğerleri, 2010)	129,320	353,230	247,020	269,730	Sargodha/Pakistan
<i>Maclura pomifera</i> (Cansaran ve diğerleri, 2016)		27,580			Amasya
Karayosunu örnekleri (Avcil, 2005)		23,880			Zonguldak
<i>Celtis australis</i> L. (Öztürk, 2008)	3,010	8,100	9,950	5,470	İstanbul
<i>Hypnum cupressiforme</i> (Yücel, 2010)	25,930		5,320		Sakarya
<i>Cedrus libani</i> (Aslanhan, 2012)			1,320	1,160	Ankara
<i>Rosa</i> (Aslanhan, 2012)			0,670	0,320	Ankara

Çizelge 4.20. (devamı) Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen Pb değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerle karşılaştırılması (ppm)

Biyomomitör Olarak Kullanılan Bitkiler	Kontrol Bölgesi	Şehir içi	Otoyol Kenarı	Kenar Semt	Araştırmanın yapıldığı il
<i>Populus</i> (Aslanhan, 2012)			0,660	0,630	Ankara
<i>Elaeagnus angustifolia</i> (Aslanhan, 2012)			0,760	0,570	Ankara
<i>Salix</i> (Aslanhan, 2012)			0,430	0,490	Ankara
<i>Verbascum thapsus.</i> (Aslanhan, 2012)			3,010	2,460	Ankara
<i>Ekinaps</i> (Aslanhan, 2012)			2,590	0,840	Ankara
<i>Acer campestre</i> (Aslanhan, 2012)			0,960		Ankara
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>Siliquastrum</i> (Yaşar, 2009)	4,230	11,500	12,610	11,990	Istanbul
<i>Platanus occidentalis</i> L. (Çetinkaya, 2011)		0,251	0,525	0,189	Istanbul

Pakista'nın Sargodha şehrinde *Dalbergia sissoo Roxb.* (Naveed ve diğerleri, 2010), *Prosopis juliflora* L. (Naveed ve diğerleri, 2010) ve *Eucalyptus* spp. (Naveed ve diğerleri, 2010)'da ölçülen Pb değeri çalışmadaki bitkilerde ölçülen değerlerden yüksektir. Bunun nedeni bölgedeki trafik yoğunluğundan yani Pb'nun motorlu araçlar tarafından kullanılan petrol ürünlerinin bileşiminde yer alması olabilir. Çalışmadaki bitkilerden elde edilen Pb değerleri, tablodaki diğer bitkilerde ölçülen Pb değerlerinden daha yüksek tespit edildi. Bölgede katı atıkların yakılması olabilir (Çizelge 4.20).

S. altissimum'da Zn değeri en yüksek olup Cd'a göre önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni Zn'dur. En düşük ise Cd olarak ölçüldü. İstatistiksel olarak *L. draba*'da Zn en yüksek ve en düşük değer Cd olup Zn ve Cd değerleri arasında önemli ölçüde farklılık görüldü (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Türlerin ağır metallere göre ortalama değerleri ve Tukey'in testine göre fark grupları (Sütunlarda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P < 0,05$ düzeyinde önemsizdir)

Tür	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb
<i>S. altissimum</i>	0,533c	48,692b	34,006bc	161,688cd	25,151b
<i>L. draba</i>	0,597c	56,226ab	32,473bc	253,681a	32,640a
<i>C. bursa-pastoris</i>	1,013b	61,458a	45,814a	198,727b	18,515c
<i>C. irregularis</i>	1,055ab	32,813c	37,341b	163,040c	27,202b
<i>S. loeselii</i>	1,196a	25,979c	29,240c	138,069d	16,416c

Bu farklılığın nedeni Zn'dur. *C. bursa-pastoris*'te de Zn değeri en yüksek olup Cd göre önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu farklılığın nedeni Zn'dur. En düşük değer ise Cd olarak ölçüldü. *C. irregularis* bitkisinde en yüksek değer Zn'dur ve önemli derecede farklılık gösterir. Bu farklılık Zn'dan kaynaklanır. *C. irregularis*'te en düşük değer Cd olarak ölçüldü. *S. loeselii*'de Zn en yüksek değer ve en düşük değer ise Cd olup Zn ve Cd değerleri arasında önemli ölçüde farklılık görülür. Bu farklılığın nedeni Zn'dan kaynaklanır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.22. Çalışılan türlerde organların ağır metallere göre ortalama değerleri ve Tukey'in testine göre fark grupları (Sütunlarda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P < 0,05$ düzeyinde önemsizdir)

Bitki organları	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb
Gövde	0,672b	22,336c	21,710c	131,271c	20,581b
Kök	0,712b	48,100b	39,704b	176,870b	21,867b
Yaprak	1,226a	65,144a	45,711a	242,548a	29,758a

Gövdede en yüksek Zn en düşük Cd ölçülmüştür. Zn ve Cd arasında önemli ölçüde farklılık görülür. Bu farklılığın nedeni Zn'dan kaynaklanır. Kökte yine en yüksek değer Zn'dur ve önemli ölçüde farklılık gösterir yine bu farklılığın nedeni Zn kaynaklanır. En

düşük değer ise Cd olarak ölçüldü. İstatistiksel olarak yaprakta en yüksek Zn, en düşük Cd ölçüldü ve aralarında önemli ölçüde farklılık tespit edildi. Bu farklılık Zn kaynaklanır (Çizelge 4.22).

4.6. Toprak Örneklerinden Elde Edilen Bulgular

Çizelge 4.23. Toprak örneklerinde istasyonlara göre ağır metal konsantrasyonları (ppm)

İstasyon	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb
Şehiriçi	0,014±0,0057	0,507±0,415	14,597±4,765	115,335±76,391	26,139±21,095
Otoyol Kenarı	0,016±0,0064	0,389±0,230	19,328±5,864	191,503±87,902	31,078±37,115
Kenar Semt	0,015±0,0040	0,329±0,097	17,123±5,090	87,515±0,998	17,225±0,753
Kontrol Bölgesi	0,011±0,0037	0,319±0,048	17,004±4,692	65,870±27,503	16,405±2,817

Cd (0,016 ppm), Cu (19,328 ppm), Zn (191,503 ppm) ve Pb (31,078 ppm) bakımından en yoğun birikimin otoyol kenarında olduğu tespit edildi. Cr (0,507 ppm) miktarı ise en yoğun olduğu yer şehir içi bölgesidir. Toprakta en yoğun Zn birikimi tespit edildi (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.24. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Cd değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm)

İstasyon	Ort.	Bilge ve Çimrin, 2013 Mardin	Çetinkaya, 2011 İstanbul	Yaşar, 2009 İstanbul
Şehiriçi	0,015		1,743	0,61
Otoyol Kenarı	0,017	0,40	1,499	0,79
Kenar Semt	0,015		1,178	0,69
Kontrol Bölgesi	0,012			0,13

Toprakta ölçülen en yüksek Cd değeri otoyol kenarında tespit edildi. Otoyolda Cd fazla ölçülmesi bu bölgeden geçen araç sayısının diğer bölgelerden fazla olması en çok da bu bölgede hareket halindeki otomobil lastiklerinden kopan mikropartiküllerin çevreye yayılmasından kaynaklanabilir. Ölçülen Cd değeri Bilge ve Çimrin (2013) Mardin’de, Çetinkaya (2011) ve Yaşar (2009) İstanbul’da tespit ettikleri miktardan daha az olduğu

görülür. Bunun sebebi çalışma alanındaki trafik yoğunluğunun ve diğer insan kaynaklı kirleticilerin etkisinin az olmasından kaynaklanabilir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.25. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Cr değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm)

İstasyon	Ort.	Al-Khashman ve diğerleri, 2011 Ma/Ürdün	Bilge ve Çimrin, 2013 Mardin	Karakoyun ve Osma, 2015 Erzincan	Yaşar, 2009 İstanbul
Şehiriçi	0,507	4,2		31,53	6,96
Otoyol Kenarı	0,390	3,89	28		7,83
Kenar Semt	0,330	3,2			10,13
Kontrol Bölgesi	0,319	1,41			5,65

Toprakta ölçülen en yüksek Cr değeri şehir içinde tespit edildi. Cr kirliliğinin başlıca kaynakları; kömür yanması ve metal üretimidir. Şehir merkezinde yüksek ölçülmesinin sebebi çalışma bölgelerindeki evlerde kullanılan fosil yakıtlar olabilir. Yine ölçülen Cr değeri Bilge ve Çimrin (2013) Mardin’de, Karakoyun ve Osma (2015), Erzincan’da ve Yaşar (2009) İstanbul’da tespit ettikleri miktardan daha az olduğu görülür. Bunun sebebi çalışma yapılan bölgelerdeki nüfus yoğunluğunun az olması olabilir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.26. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Cu değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm)

İst.	Ort.	Al-Khashman ve diğerleri, 2011 Ma/Ürdün	Bilge ve Çimrin, 2013 Mardin	Karakoyun ve Osma, 2015 Erzincan	Çetinkaya, 2011 İstanbul	Yaşar, 2009 İstanbul
Şehiriçi	16,264	43,6		22,37	13,846	14,69
Otoyol Kenarı	19,368	55,7	14,2		16,030	19,67
Kenar Semt	17,123	19,5			7,324	16,13
Kontrol Bölgesi	12,004	7,51				15,92

Cu kirliliğinin en önemli kaynakları; araba mezarlıkları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, otomobil, kamyon, otobüs ve tır gibi vasıtaların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisidir. Toprakta ölçülen en yüksek Cu değeri otoyol kenarında tespit edildi.

Otoyol kenarında yüksek ölçülmesinin sebebi bu bölgeden geçen araç sayısı fazlalığından kaynaklanabilir. Al-Khashman ve diğerleri (2011) Ürdün’de ve Karakoyun ve Osma (2015)’nin Erzincan’da yapmış olduğu çalışmalardan daha az Cu değeri ölçülmüştür. Bunun sebebi çalışma alanlarında ki araç yoğunluğunun fazla olmasından olabilir. Çalışmada elde edilen Cu değerleri Bilge ve Çimrin (2013) Mardin’de, Çetinkaya (2011) ve Yaşar (2009) İstanbul’da tespit ettikleri miktardan daha fazla oranda olduğu görülür. Bunun sebebi de çalışma yapılan bölgelerin yakınındaki tarım arazilerinde kullanılan tarım ilaçlarından kaynaklanabilir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.27. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Zn değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm)

İstasyon	Ort.	Al-Khashman ve diğerleri, 2011 Ma/Ürdün	Karakoyun ve Osma, 2015 Erzincan	Çetinkaya, 2011 İstanbul	Yaşar, 2009 İstanbul
Şehiriçi	115,335	328,0	18,82	29,813	31,02
Otoyol Kenarı	191,504	366,5		41,467	98,1
Kenar Semt	87,515	85,6		20,484	35,44
Kontrol Böl.	65,870	19,5			19,69

Toprakta ölçülen en yüksek Zn değeri otoyol kenarında tespit edildi. Zn kirliliğinin başlıca kaynakları taşıt kirliliği, çöplerin yakımı, demir, çelik gibi metal üretimleri ve kömür kullanımınıdır. Otoyol kenarında Zn yüksek ölçülmesinin sebebi bu bölgeden geçen araç sayısının diğer bölgelerden fazlalığından olabilir. Çalışmada ölçülen Zn değeri Al-Khashman ve diğerleri (2011) Ürdün’de ölçülen Zn değerinden düşük olduğu bunun bölgedeki endüstriyel faaliyetlerinden kaynaklanmış olabilir. Ancak genel olarak Karakoyun ve Osma (2015)’nin Erzincan’da, Bilge ve Çimrin (2013)’nin Mardin’de, Çetinkaya (2011) ve Yaşar (2009)’ın İstanbul’da tespit ettikleri miktardan daha fazla oranda Zn olduğu tespit edildi. Bunun sebebi de çalışma yapılan bölgenin yakınındaki meyve bahçelerinde kullanılan Zn kökenli insektisitlerden veya bölgedeki evlerde kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanabilir (Çizelge 4.27).

Kurşunlu benzin, metal üretim tesisleri, katı atıkların yakılması ve madenler Pb kirleticilerinin başındadır. Toprakta ölçülen en yüksek Pb değeri otoyol kenarında tespit edildi. Otoyol kenarında Pb yüksek ölçülmesinin sebebi bu bölgeden geçen araç sayısının

fazla olmasından olabilir. Çalışmadaki bitkilerde ölçülen Pb değeri Al-Khashman ve diğerleri (2011) Ürdün’de ve Yaşar (2009) İstanbul’da yapılan çalışmalarda ölçülen Pb değerinden düşük olduğu tespit edilmiş ve bunun sebebinin bu bölgelerde endüstriyel kirlenmenin fazla olması olabilir. (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen topraktaki Pb değerlerinin yapılan çalışmadan elde edilen değerlerle karşılaştırılması (ppm)

istasyon	Ort.	Al-Khashman ve diğerleri, 2011 Ma/Ürdün	Bilge ve Çimrin, 2013 Mardin	Karakoyun ve Osma, 2015 Erzincan	Çetinkaya, 2011 İstanbul	Yaşar, 2009 İstanbul
Şehiriçi	26,139	182,5		6,02	5,069	52,71
Otoyol Kenarı	31,078	205	2,24		2,080	64,71
Kenar Semt	17,226	75,6			1,337	49,58
Kontrol Böl.	16,406	14,6				22,16

Ancak Karakoyun ve Osma (2015)’nin Erzincan’da, Bilge ve Çimrin (2013) Mardin’de ve Çetinkaya (2011) ise İstanbul’da tespit ettikleri Pb miktardan daha fazla oranda olduğu görülür. Bunun sebebi de çalışma yapılan bölgedeki araçlarda kurşunlu yakıtların kullanılması ve bölgede katı atıkların yakılması olabilir (Çizelge 4.28)

Çizelge 4.29. Tür, organ, istasyon, tür * organ, tür * istasyon, tür * istasyon, organ * istasyon, tür * organ * istasyon arasında RMANOVA katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

Kaynak		Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik
Tür	Cd	60,596	4	15,149	50,972	0,00**
	Cr	137511,947	4	34377,987	22,537	0,00**
	Cu	17942,809	4	4485,702	11,723	0,00**
	Zn	1523099,469	4	380774,867	56,546	0,00**
	Pb	31674,729	4	7918,682	23,705	0,00**
Organ	Cd	57,893	2	28,947	97,396	0,00**
	Cr	268392,056	2	134196,028	87,975	0,00**
	Cu	87884,299	2	43942,150	114,843	0,00**
	Zn	1593001,524	2	796500,762	118,282	0,00**
	Pb	16514,698	2	8257,349	24,719	0,00**

Çizelge 4.29. (devamı) Tür, organ, istasyon, tür * organ, tür * istasyon, tür * istasyon, organ * istasyon, tür * organ * istasyon arasında RMANOVA katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

Kaynak		Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik
istasyon	Cd	54,125	3	18,042	60,704	0,00**
	Cr	607808,621	3	202602,874	132,820	0,00**
	Cu	363090,561	3	121030,187	316,314	0,00**
	Zn	5144752,755	3	1714917,585	254,669	0,00**
	Pb	211191,269	3	70397,090	210,737	0,00**
Tür * Organ	Cd	62,038	8	7,755	26,092	0,00**
	Cr	135317,310	8	16914,664	11,089	0,00**
	Cu	65854,255	8	8231,782	21,514	0,00**
	Zn	1771851,227	8	221481,403	32,890	0,00**
	Pb	10211,673	8	1276,459	3,821	0,00**
Tür * İstasyon	Cd	91,084	12	7,590	25,539	0,00**
	Cr	155835,085	12	12986,257	8,513	0,00**
	Cu	83167,424	12	6930,619	18,113	0,00**
	Zn	1456280,689	12	121356,724	18,022	0,00**
	Pb	40793,872	12	3399,489	10,177	0,00**
Organ * İstasyon	Cd	20,681	6	3,447	11,598	0,00**
	Cr	47795,510	6	7965,918	5,222	0,00**
	Cu	45652,395	6	7608,732	19,886	0,00**
	Zn	961007,079	6	160167,847	23,785	0,00**
	Pb	9570,026	6	1595,004	4,775	0,00**
Tür * Organ * İstasyon	Cd	69,917	24	2,913	9,802	0,00**
	Cr	213301,887	24	8887,579	5,826	0,00**
	Cu	79701,428	24	3320,893	8,679	0,00**
	Zn	911184,023	24	37966,001	5,638	0,00**
	Pb	26380,719	24	1099,197	3,290	0,00

Türler kendi içerisinde değerlendirildiğinde tüm elementlerin birikimi (Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb) açısından aralarındaki farklılıklar önemlidir. Bitki organları arasında da tüm elementlerin (Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb) birikimi açısından önemli farklar olduğu görülür. İstasyonlar değerlendirildiğinde istasyonlar arasında elementlerin tamamında (Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb) birikim açısından önemli farklar olduğu tespit edildi (Çizelge 4.29).

Tür ve organlar arasında tüm elementlerin (Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb) birikimi açısından farklar önemlidir. Tür ve istasyon açısından değerlendirildiğinde de tüm elementlerin (Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb) birikimi açısından önemli farkların olduğu görüldü. Bitki organları ve istasyonlar kıyaslandığında tüm elementlerin (Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb) birikimi açısından önemli farkların olduğu tespit edildi. Bitki türleri, organları ve istasyonlar değerlendirildiğinde tüm elementlerin (Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb) birikimi açısından aralarında farklar önemlidir (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.30. İstasyonların ağır metallere göre ortalama değerleri ve Tukey'in testine göre fark grupları (Sütunlarda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P < 0,05$ düzeyinde önemsizdir)

İstasyon	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb
Kontrol Bölgesi	0,490c	15,327d	13,631c	91,768d	6,607c
Otoyol Kenarı	0,784b	52,850b	44,965b	207,846b	32,486b
Şehir içi	1,105a	83,606a	64,417a	297,090a	45,155a
Kenar Semt	1,105a	26,732c	17,994c	130,314c	11,023c

Kontrol bölgesinde en yüksek Zn, en düşük Cd ölçülmüştür ve birbirlerinden önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılık Zn'dan kaynaklanır. Otoyol kenarı bölgesinde istatistiksel olarak en yüksek Zn, en düşük Cd ölçüldü. Zn ve Cd arasında önemli ölçüde farklılık görülür. Bu farklılığın nedeni Zn'dan kaynaklanır. Yine şehir içi bölgesinde en yüksek değer Zn'dur ve önemli ölçüde farklılık gösterir bu farklılığın nedeni Zn'dan kaynaklanır. En düşük değer Cd olarak ölçüldü. Kenar semt bölgesinde ise en yüksek değer Zn'dur ve en düşük değer ise Cd olup, Zn ve Cd değerleri arasında önemli ölçüde farklılık görülür. Bu farklılığın nedeni Zn'dur (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.31. Toprak ve Bitki örneklerindeki ağır metal içeriklerinin arasındaki Pearson korelasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki Parametreleri					Toprak Parametreleri				
		Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb
Bitki Parametreleri	Cd	1	0,234**	0,323**	0,192**	0,132**	0,046	0,052	0,204**	0,136**	0,098**
	Cr	0,234**	1	0,644**	0,381**	0,502**	0,053	0,219**	0,101**	0,164**	0,080*
	Cu	0,323**	0,644**	1	0,656**	0,603**	0,041	0,204**	0,138**	0,199**	0,191**
	Zn	0,192**	0,381**	0,656**	1	0,485**	0,046	0,128**	0,106**	0,142**	0,160**
	Pb	0,132**	0,502**	0,603**	0,485**	1	0,057	0,193**	0,181**	0,234**	0,268**
Toprak Parametreleri	Cd	0,046	0,053	0,041	0,046	0,057	1	0,127**	0,202**	0,223**	0,110**
	Cr	0,052	0,219**	0,204**	0,128**	0,193**	0,127**	1	-0,002	0,111**	-0,264**
	Cu	0,204**	0,101**	0,138**	0,106**	0,181**	0,202**	-0,002	1	0,496**	0,491**
	Zn	0,136**	0,164**	0,199**	0,142**	0,234**	0,223**	0,111**	0,496**	1	0,604**
	Pb	0,098**	0,080*	0,191**	0,160**	0,268**	0,110**	-0,264**	0,491**	0,604**	1

Bitki ve toprak parametrelerinden elde edilen Cd, Cr, Cu, Zn, Pb metalleri arasında yapılan Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre şu bulgular elde edildi. Bitkide ki Cr ile Cd arasında, Cu ile Cd ve Cr arasında, Zn ile Cd, Cr, Cu arasında, Pb ile Cd, Cr, Cu ve Zn arasında istatistiki yönden pozitif ve önemli ilişki vardır (Çizelge4.31).

Topraktaki Cd elementi ile bitki parametreleri arasında ilişki bulunamamıştır. Topraktaki Cr elementi ile bitkideki Cr, Cu ve Zn arasında istatistiki yönden pozitif ve önemli ilişki vardır. Topraktaki Cu, Zn, Pb elementi ile bitkide ki Cd, Cr, Cu, Zn, Pb arasında istatistiki yönden pozitif ve önemli ilişki vardır (Çizelge4.31).

Topraktaki Cd elementi ile topraktaki Cr, Cu ve Zn arasında istatistiki yönden pozitif ve önemli ilişki vardır. Topraktaki Cr elementi ile topraktaki Cd, Zn ve Pb arasında, Cu ile Zn ve Pb arasında, Pb ile Cd, Cr, Cu ve Zn arasında istatistiki yönden pozitif ve önemli ilişki vardır (Çizelge4.31).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Amasya ilinden geçen karayolu boyunca doğal olarak yayılış gösteren Brassicaceae familyasına ait, *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum* türleri ağır metal birikim değerinin ölçülmesi amacıyla materyal olarak seçilmiştir. Çalışma Amasya ilinde şehir içi, yol kenarı, kenar semt ve kontrol bölgesi olmak üzere her birinden 4 farklı lokalitede yürütülmüştür. Çalışmada lokalitelerinden toplanan *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum*'un biyomonitör olarak kullanılabilirliği araştırıldı ve özellikle son dönemlerde miktarındaki artışa bağlı olarak yaygınlığı en yüksek beş zararlı ağır metalin (Cd, Cr, Cu, Zn ve Pb) kirlilik düzeyleri ve kaynakları ortaya konuldu. Bitkilerin kök, gövde, yaprak organlarının ve yetiştikleri toprakların analizleri sonucu elde edilen değerler, benzer çalışmalarda olduğu gibi, kirliliğin endüstri kaynaklarına yakınlık ve motorlu araç trafiği hacmi ile paralel olduğunu gösterir. Ayrıca elde edilen sonuçlar incelenen bitkilerin ağır metal kirliliğinin tespitinde biyomonitör olarak kullanılabileceğini gösterdi.

Analiz sonuçlarına göre lokalitelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının sıralaması yapıldığında, Zn>Pb>Cu>Cr>Cd ilişkisi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bitkilerdedeki ağır metal konsantrasyonlarının sıralaması yapıldığında; *Calepina irregularis*: Zn>Cu>Cr>Pb>Cd, *Capsella bursa-pastoris*: Zn>Cr>Cu>Pb>Cd, *Lepidium draba*: Zn>Cr>Cu>Pb>Cd, *Sisymbrium loeselii*: Zn>Cu>Cr>Pb>Cd, *Sisymbrium altissimum*: Zn>Cr>Cu>Pb>Cd ilişkisi ortaya çıkmaktadır.

Bitkilerde ağır metallerin konsantrasyon sıralaması benzerlik gösterir. Toprak ve bitkilerde en fazla Zn, en az Cd'dur. Sıralamalardaki bazı farklılıkların nedeni türlerin ağır metalleri biriktirme kapasitelerinin birbirinden farklı olması ya da pH, toprak nemi, rekabete giren elementlerin miktarı gibi bazı toprak özelliklerinin elementlerin alınımı üzerinde etkili olmasından kaynaklanır.

Aşağıdaki çizelgelerde çalışmada elde edilen konsantrasyon değerleri ile literatürde toksik veya kontamine olarak kabul edilen konsantrasyonların (ppm) karşılaştırılması gösterildi. Burada ilk değerler araştırmacılar tarafından yüksek, ikinci değerler ise öldürücü (noxious) kabul edilen değerler olarak sunuldu.

Çeşitli araştırmacılar, Cd toksite ve kontamine olma sınır değerlerini belirlemişlerdir. Bu araştırmacılara göre, Cd'un topraktaki toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler Çizelge 5.1'de sunuldu.

Çizelge 5.1. Çeşitli araştırmacılara göre Cd'un toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Cd	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allaway (1968)	Kabata-Pendias (1989)	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (Ph>6) (2001)
Kontrol Bölgesi	0,012	3-8	0,01-7	3-8	3
Şehir içi	0,015	3-8			
Otoyol Kenarı	0,017	3-8			
Kenar Semt	0,015	3-8			

Yukarıda Çizelge 5.1'de yapılan çalışmada bulunan maksimum toprak Cd değerlerinin, Allaway (1968)'in önerdiği toksik değer alt sınırın üzerinde olduğu, Kabata-Pendias (1989) ve Ross (1994)'un kabul ettiği alt sınırın dahi altında olduğu görülür. Bunun sebebinin Allaway (1968)'in önerdiği değerler oldukça eski tarihli olduğundan, daha sonraki yıllarda Cd içeren ve çevreye yayılan maddelerin artması ve kullanımlarının yaygınlaşması, en çok da hareket halindeki otomobil lastiklerinden kopan mikropartiküllerin çevreye yayılması, Cd'un toprakta bulunan miktarlarını arttırmış olabilir. Çalışmada ayrıca Cd değerleri en fazla otoyol kenarı bölgesinde tespit edildi.

Çeşitli araştırmacılara göre, Cd'un bitki bünyesinde bulunan kontamine olma sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler Çizelge 5.2'de sunulmaktadır.

Yukarıda Çizelge 5.2. incelendiğinde yapılan çalışmada bitki bünyelerinde bulunan Cd değerlerinin genelde diğer araştırmacılar tarafından öngörülen kontamine sınırlar arasında kaldığı ancak üst sınırların Allaway (1968)'in kabul ettiği üst sınır değerlerini aştığı görüldü. Toprak değerinde olduğu gibi bunun sebebi çalışmanın çok uzun yıllar önce yapılması olabilir. Çalışmada Cd değerleri, en fazla *S. loeselii* bitkisinde rastlanılmaktadır ve bu bitkide Ross (1994) kabul ettiği üst sınır değerlerini aştığı görüldü (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Çeşitli araştırmacılara göre Cd'un bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır), yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Cd	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allaway (1968)	Kabata-Pendias (1989)
<i>C. irregularis</i>	0,322-2,266	0,03 -3,8	0,2-0,8	0,03-3,87
<i>C. bursa-pastoris</i>	0,298-1,969			
<i>L. draba</i>	0,160-1,074			
<i>S. loeselii</i>	0,220-4,413			
<i>S. altissimum</i>	0,049-1,184			

S. loeselii bitkisi topraktaki ve ortamdaki Cd'un bitki tarafından biriktirildiği ve çıkan değerler arasında bir uyum olduğu için biomonitor özellik gösterir (Çizelge 5.2).

Bu konuda son söz olarak, alınan tedbirlere rağmen Amasya'da toprak içeriği olmasa da bitkideki Cd birikimi çevre sağlığı için birçok bölgede risk sınırındadır. Cd özellikle WHO tarafından 1. derece kanserojen madde olarak kabul edilmiştir (Çizelge 5.2).

Mobilitesi en yüksek elementlerden olan Cd doğaya mümkün olduğunca az miktarda yayılması hem çevre için hem de insan sağlığını korumak için oldukça önemlidir (Çizelge 5.2).

Allen (1989)'a göre ve Ross (1994)'un bazı araştırmacılardan elde ettiği sonuçlara göre, Cr'un topraktaki toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler Çizelge 5.3'te verildi.

Araştırmacıların sonuçları ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine göre belirlenen toksik sınır ile kıyaslandığında, toprakta tespit edilen Cr miktarının normal sınırlarda olduğu ve toksik bir birikimin olmadığı anlaşıldı. Çalışmada ayrıca Cr, en fazla şehir içi bölgesinde tespit edildi ve kontrol bölgesinde ölçülen Cr'dan büyük farklılıklar gösterir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Çeşitli araştırmacılara göre Cr'un toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Cr	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allen (1989)	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (Ph>6) (2001)
Kontrol Bölgesi	0,319	5-100	10-200	100
Şehir içi	0,507			
Otoyol Kenarı	0,390			
Kenar Semt	0,330			

Ross (1994) ve Zayed ve Terry (2003)'e göre, Cr'un bitki bünyesinde bulunan kontamine olma sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler Çizelge.5.4'te ki gibidir. Bitkilerle yapılan çalışmada elde edilen Cr değeri Ross (1994) ile Zayed ve Terry (2003)'in kabul ettiği üst sınır değerlerini aştığı görüldü. En fazla Cr birikimi *C. bursa-pastoris*'te tespit edildi.

Çizelge.5.4. Çeşitli araştırmacılara göre Cr'un bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Cr	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Zayed ve Terry (2003)
<i>C. irregularis</i>	3,645-86,376	5-30	0.006-18
<i>C. bursa-pastoris</i>	2,072-204,010		
<i>L. draba</i>	13,226-130,173		
<i>S. loeselii</i>	5,391-56,474		
<i>S. altissimum</i>	1,319-151,473		

Bununla birlikte, topraktaki ve ortamdaki Cr bitki tarafından biriktirildiği ve çıkan değerler arasında bir uyum olduğu göz önüne alınacak olursa, *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimu*'un tamamı Cr için biyomonitör özellik gösterir. Amasya'da Cr kirliliğinin özellikle bitkilerden elde edilen verilerle çevre sağlığı konusunda risk sınırında olduğu görüldü. Bu yüzden gerekli tedbirlerin alınması gerekir (Çizelge.5.4).

Çeşitli araştırmacılara göre, Cu'ın toprakta bulunan toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerleri Çizelge 5.5'te sunulmaktadır:

Çizelge 5.5. Çeşitli araştırmacılara göre Cu'nın toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Cu	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (Ph>6) (2001)
Kontrol Bölgesi	12,004	70 - 400	100
Şehir içi	16,264		
Otoyol Kenarı	19,368		
Kenar Semt	17,123		

Çizelge 5.5'te toprak örnekleri değerlendirildiğinde, Ross (1994) ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde öngörülen toksik değer altında bulundu. Toprakta Cu birikimi en fazla otoyol kenarında olduğu belirlendi ve kontrol bölgesinde ölçülen Cu'dan büyük farklılıklar gösterir (Çizelge 5.5). Çizelge 5.6'da çeşitli araştırmacılar tarafından bitki bünyesinde bulunan Cu kontaminasyon değerleri için öngördükleri alt ve üst limitleri sunuldu:

Çizelge 5.6. Çeşitli araştırmacılara göre Cu'nın bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Cu	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allaway (1968)	Shaw (2004)
<i>C. irregularis</i>	7,576-87,266	20-100	4-15	4-15
<i>C. bursa-pastoris</i>	4,263-145,437			
<i>L. draba</i>	7,524-69,920			
<i>S. loeselii</i>	1,561-74,392			
<i>S. altissimum</i>	1,609-87,560			

Çalışmadaki bitkiler incelendiğinde tespit edilen bitki bünyelerinde Cu değerlerinin genelde Ross (1994) tarafından öngörülen kontamine sınırlar arasında kaldığı ancak üst sınırların Allaway (1968)'in ve Shaw (2004)'ün kabul ettiği üst sınır değerlerini aştığı, *C. bursa-pastoris*'te ölçülen Cu miktarı Ross (1994)'ün kabul ettiği üst sınırdan üzerinde olduğu görüldü. Buna göre topraktaki ve ortamdaki Cu'nun bitki tarafından biriktirildiği ve çıkan

değerler arasında bir uyum olduğu göz önüne alınacak olursa *C. bursa-pastori*'in Cu için biomonitör özellik gösterir (Çizelge 5.6).

Cu kirliliğinin alınan tedbirlere rağmen Amasya'da toprak içeriği bakımından olmasa da bitkideki ölçülen değeri çevre sağlığı için risk sınırındadır. WHO'ya göre Cu, kanserojen 1. derece veya 2. derece tehlike sınıfında yer almamasına rağmen, belirli sınırlar aşıldığında birçok rahatsızlığa neden olur. Bu sebeple belirli bölgelerde görülen Cu kirliliği üzerinde tedbirler alınması doğru olur.

Çizelge 5.7'de çeşitli araştırmacılara göre, Zn'nun toprakta bulunan toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler sunuldu:

Çizelge 5.7. Çeşitli araştırmacılara göre Zn'nun toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Zn	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allaway (1968)	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (Ph>6) (2001)
Kontrol Bölgesi	65,870	60-125	4-15	300
Şehir içi	115,335			
Otoyol Kenarı	191,504			
Kenar Semt	87,515			

Çizelge 5.7.'de görüldüğü gibi, yapılan çalışmada istasyonlardaki topraklardan tespit edilen Zn miktarları, Allaway (1968)'in ileri sürdüğü toksik değerlerin üst sınırından oldukça yüksektir. Bunu da normal kabul etmek gerekir, çünkü araştırmacıların çalışma tarihi zamanımızdan 40 yıl öncesidir ve doğal olarak o yıllarda sanayileşme ve motorizasyon bu kadar fazla olmadığı için doğal olarak araştırmacılar da alt toksisite düşük bir değer kabul etmiştir. Ross (1994)'a göre ise, yapılan çalışmada elde edilen değerler genellikle toksik sınırlar arasındadır. Otoyol kenarı bölgesinde ölçülen Zn değeri Ross (1994)'a göre kabul ettiği üst sınır değerlerini aştığı görülmekte ancak Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine göre belirlenen toksik sınırın altındadır.

Çeşitli araştırmacılara göre, Zn'nun bitki bünyesinde bulunan kontamine olma sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler Çizelge 5.8'de sunuldu:

Çizelge 5.8. Çeşitli araştırmacılara göre Zn'nun bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Zn	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allaway (1968)	Allen (1989)
<i>C. irregularis</i>	24,484-555,466	100-400	8-400	10-100
<i>C. bursa-pastoris</i>	65,545-353,418			
<i>L. draba</i>	92,806-575,234			
<i>S. loeselii</i>	23,726-276,554			
<i>S. altissimum</i>	30,191-353,653			

Yapılan çalışmada bulunan Zn değerlerinin genellikle, Ross (1994), Allaway (1968) ve Allen (1989)'ın belirttiği kontaminasyon değerinin alt sınırını aştığı ancak Allaway (1968)'in belirttiği toksik üst sınırına ulaşmadığı görüldü. Ancak *C. irregularis* ve *L. draba* bitkilerinin bazı örneklerindeki Zn'nun araştırmacılar tarafından öngörülen üst sınır değerlerini aştığı görüldü (Çizelge 5.8).

Buna göre topraktaki ve ortamdaki Zn'nun bitki tarafından biriktirildiği ve çıkan değerler arasında bir uyumlu olduğundan Zn için *C. irregularis* ve *L. draba*'nın biyomonitör özellik gösterir (Çizelge 5.8).

Sonuç olarak Amasya'da Zn kirliliğinin çevre sağlığı için risk sınırında olduğu anlaşıldı. EPA'ya göre Zn 2. sınıf yani tehlikeli metaller arasında yer alır, bu sebeple belirli bölgelerde görülen Zn kirliliği üzerinde tedbirler alınmalıdır.

Çeşitli araştırmacılar, Pb toksisite ve kontamine olma sınır değerlerini farklı miktarlarda belirlemişlerdir. Aşağıda Çizelge 5.9'da çeşitli araştırmacılara göre, Pb'un toprakta bulunan normal ve toksik sınırları ile, yapılan çalışmada tespit edilen değerler sunuldu:

Çizelge 5.9. Çeşitli araştırmacılara göre Pb'un toprakta toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Pb	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allaway (1968)	Kabata-Pendias (1996)	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği(Ph>6) (2001)
Kontrol Bölgesi	16,406	100 -400	2-100	20-100	300
Şehir içi	26,139	100 -400			
Otoyol Kenarı	31,078	100 -400			
Kenar Semt	17,226	100 -400			

Yapılan çalışmada toprakta tespit edilen Pb değerleri, Allaway (1968) hariç diğer araştırmacılar tarafından ileri sürülmüş bulunan üst toksik sınır değerlerinin altında bulunmakla beraber, kirliliğin oluştuğunu gösteren alt sınır değerleri özellikle otoyol kenarı ve şehir içine ait örneklerde üstündedir. Çalışmada ayrıca Pb değerleri, en fazla otoyol kenarı bölgesinde tespit edildi ve kontrol bölgesinde ölçülen Pb değerinden büyük farklılıklar gösterir (Çizelge 5.9).

Çeşitli araştırmacılara göre, Pb'un bitki bünyesinde bulunan normal ve kontamine olma sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler Çizelge 5.10'da sunuldu:

Çizelge 5.10. Çeşitli araştırmacılara göre Pb'nun bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (ppm)

Pb	Çalışmada Bulunan Değerler	Ross (1994)	Allaway (1968)	Kabata-Pendias (1989)
<i>C. irregularis</i>	9,632-59,211	30 - 100	0,1-10	30-100
<i>C. bursa-pastoris</i>	4,013-53,732			
<i>L. draba</i>	6,706-87,738			
<i>S. loeselii</i>	1,053-36,893			
<i>S. altissimum</i>	0,935-72,757			

Yapılan çalışmada tespit edilen bitkilerin bünyesindeki Pb değerlerinin genelde diğer araştırmacılar tarafından öngörülen kontamisasyon sınırlar arasında kaldığı, ancak üst sınırların Allaway (1968)'in kabul ettiği üst sınır değerlerini bazı örneklerde aştığı görüldü. Bunu da normal kabul etmek gerekir. Çünkü araştırmacıların bu değerleri verdiği tarihte sanayileşme ve motorizasyon bu kadar fazla olmadığı için, araştırmacılarda üst sınırı düşük bir değer kabul etmiştir. Bu yüzden Allaway (1968)'in kabul ettiği normal sınır değerlerinden ziyade diğer araştırmacıların belirlediği aralıklar dikkate alındı. Çalışmada Pb değerleri en yüksek *L. draba* 'dadır (Çizelge 5.10).

Çalışma göze alındığında alınan tedbirler arttırılarak Amasya'da bitkilerde Pb kirliliğinin önlenmesi ve yapılan çalışma sonucu elde edilen bilgilerce ölçülen Pb miktarı çevre sağlığı için hayati bir tehlike oluşturmasa da birçok bölgede risk sınırındadır.

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesiyle Cd metali için *S. loeselii*, Cr için *C. irregularis*, *C. bursa-pastoris*, *L. draba*, *S. loeselii* ve *S. altissimum*, Cu için *C. bursa-pastoris*, Zn için *C. irregularis* ve *L. draba* biyomonitör potansiyele sahip türler olarak belirlendi.

KAYNAKLAR

- Akçelik, Ö. (2008). *Ağır Metallerin Saccharomyces cerevisiae Mikroorganizmasıyla Biyosorpsiyonunun Ortam Koşullarına Bağlı Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği, Ankara.
- Akgüç, N. Özyiğit, İ. İ. ve Yarcı, C. (2008). *Pyracantha coccinea* Roem. (*Rosaceae*) as a Biomonitor for Cd, Pb and Zn in Muğla Province (Turkey). *Pakistan Journal of Botany*, 40(4), 1767-1776.
- Aksoy, A., Hale, W. H. G., and Dixon, J. M. (1999). *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic as a Biomonitor of Heavy Metals, *Sci. Total. Environ. Journal of Ecology*, 7(3), 177-186.
- Aksoy, A., Sahin, U. and Duman, F. (2000). *Robinia pseudo-acacia* L. as a Possible Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Kayseri. *Turk Journal Botany*, 24(5), 279-284.
- Al-Alawi, M. M., Batarseh, M. I. Carreras, H., Alawi, M., Jiries, A. and Charlesworth, S. M. (2007). Aleppo Pine Bark as a Biomonitor of Atmospheric Pollution in The Arid Environment of Jordan. *Wiley Interscience, Clean-Soil, Air, Water*, 35(5),438-443.
- Al-Chalabi, A.S. and Hawker, D. (2000). Distribution of Vehicular Lead in Roadside Soils of Major Roads of Brisbane, Australia. *Water, Air & Soil Pollution*, 118(3-4), 299-310.
- Al-Khashman, O. A, Al-Muhtaseb, A. H. and İbrahim, K. A. (2011). Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Leaves as Biomonitors of Atmospheric Metal Pollution in Arid and Semi-arid Environments. *Environmental Pollution*, 159(6), 1635-1640.
- Al-Khlaifat, L A. and Al-Khashman O. A. (2007). Atmospheric Heavy Metal Pollution in Aqaba City, Jordan, Using *Phoenix dactylifera* L. Leaves. *Atmospheric Environment*, 41(39), 8891-8897.
- Allaway, W. H. (1968). Agronomic Controls Over The Environmental Cycling of Trace Elements. *Advances in Agronomy*, 20, 235-274.
- Allen, S. E. (1989). Chemical Analysis of Ecological Materials. 2nd ed. *Blackwell Scientific Publications*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Alriksson, A. and Eriksson, H. M. (2001). Distribution of Cd, Cu, Pb and Zn in Soil and Vegetation Compartments in Stands of Five Boreal Tree Species in N.E. Sweden. *Water Air and Soil Pollution.Focus*, 1(3-4), 461-475
- Al-Shehbaz, I. A., Beilstein, M. A. and Kellogg, E. A. (2006). Systematics and Phylogeny of The Brassicaceae (Cruciferae): an Overview. *Plant Systematics and Evolution*, 259(2-4), 89–120.

- Amasya İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu (2017). Çed ve çevre izlerinden sorumlu şube müdürlüğü, 49-62.
- Anicic, M. U., Vuković, G., Jovanovic, P., Vujčić, M., Sabovljević, A., Sabovljević, M. and Tomasevic, M. (2017). Urban Background of Air Pollution: Evaluation Through Moss Bag Biomonitoring of Trace Elements in Botanical Garden. *Urban Forestry and Urban Greening*, 25, 1-10.
- Anonim, World Health Organization (WHO) (2000). Regional Office For Europe Copenhagen Air Quality Guidelin. *2nd Edition European Series*, No: 91, 136-139, 149 – 154.
- Aslanhan, E. (2012). *Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler*. Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı, Kırşehir.
- Asri, F. O. ve Sönmez, S. (2006). *Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri*. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antalya, 23(2), 36-45.
- Avcıl, E. (2005). *Zonguldak İl Merkezindeki Ağır Metal Birikiminin Biyomonitör Olan Karayosunları Üzerinden Araştırılması*. Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Baba, A., Gündüz, O., Save, D., Gürdal, G., Sülün, S., Bozcu, M. ve Özcan, H. (2009). Madencilik faaliyetlerinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. Biga Yarımadası (Çan-Çanakkale), 62. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 514-515.
- Başkurt, M., Sarıbaş, Ç., Balkan, S., Batur, S., Torlak, C., Yılmaz, Ç., Namazova, B., Güven, M. ve Özcan, C. (2015). Pınarhisar'da Karaçam, Sedir ve Servi Örneklerindeki Fe ve Zn'nin Tayini ve Değerlendirilmesi. Kırklareli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, 6. *Ulusal Kimya Öğrenci Kongresi*.
- Bayçu, G., Caner, H., Gönençgil, B. and Eruz, E. (2003). Roadside Pollution of Cadmium and Lead in Istanbul City (Turkey) and Their Effects on Picea abies. *Journal of Biologia, Bratislava*, 58(1), 109-114.
- Bayçu, G., Tolunay, D., Özden, H. ve Günebakan, S. (2006). Ecophysiological and Seasonal Variations in Cd, Pb, Zn and Ni Concentrations in the Leaves of Urban Deciduous Trees in Istanbul. *Environmental Pollution*, 143(3), 545- 554.
- Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H. and Taylor, G. (1998). Urban Woodlands: Their Role in Reducing The Effects of Particulate Pollution. *Environmental Pollution*, 99(3), 347-360.
- Belgemen, T. ve Akar, N. (2004). Çinkonun Yaşamsal Fonksiyonları ve Çinko Metabolizması ile İlişkili Genler. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 57(3), 161- 166.

- Belozerova, E. (2002). Methodical Aspects of Potential Health Risk Assessment Related to Accumulated Waste. *International Symposium on Children's Health and Environment*, İstanbul, 52-70.
- Bertin, G. and Averbek D. (2006). Cadmium; cellular effects, modifications of biomolecules, modulation of DNA repair and genotoxic consequences (a review). *Biochimie, Facets of Environmental Nuclear Toxicology*, 88(11), 1549-1559.
- Bıçakçı, E. (2003). *Türkiyede Yetişen Farklı Pamuk Genotiplerinin Metal Stresine Karşı Taranması ve Seçilen Genotiplerin in vitro rejenerasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Biggins, P. D. E. and Harrison, R. M. (1980). Chemical Speciation of Leaf Compounds in Street Dusts. *Environment Science Technology*, 14(3), 336-339.
- Bilge, U. ve Çimrin, K. M. (2013). Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19, 323-329.
- Bingöl, Ü., Geven, F. ve Güney, K. (2008). Heavy Metal (Pb And Ni) Accumulation in The Branch and Bark Tissues of Street Tree *Sophora Japonica* L. Kastamonu Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 8(1), 93-96.
- Blaylock, M. J. and Huang, J. W. (2000). Phytoextraction of metals. in: Raskin, I. and Ensley, B.D. (eds.), *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment*. New York, 53-70.
- Bosco, M.L., Varrica, D. and Dongarrà, G. (2005). Case Study: Inorganic Pollutants Associated with Particulate Matter from an Area Near a Petrochemical Plant. *Environmental Research*, 99(1), 18-30.
- Breckle, S.W. and Kahle, H. (2005). Effects of Toxic Heavy Metals Cadmium and Lead on Growth and Mineral Nutrition of Beech, (*Fagus Sylvatica* L.). *Vegetatio, Journal of Plant Physiology*, 162(10-14), 1133-1140.
- Bu-Olayan, A. and Thomas, B. V. (2002). Biomonitoring Studies on Effect of Lead in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) in The Arid Ecosystem of Kuwait. *Journal of Arid Environments*, 51 (1) 133-139.
- Burtis, C.A. and Ashwood, R. E. (2002). *Fundamentals of Clinical Chemistry. EPHC (Environment Protection & Heritage Council), 5th Edition*, 652-659.
- Caggiano, R., Calamita, G. and Sabia Trippetta, S. (2017). Biomonitoring of Atmospheric Pollution: a Novel Approach for the Evaluation of Natural and Anthropogenic Contribution to Atmospheric aerosol Particles. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(9), 8578–8587.
- Cansaran, A., Yıldırım, C. ve Karavın, N. (2016). Availability of *Maclura Pomifera* (Rafin.) Schneider as a Biomonitor For the Heavy Metal Pollution. *Bangladesh J. Bot.*, 45(3), 723-726.

- Chamon, A. S., Gerzabek, M. H., Mondol, M. N., Ulah, S. M., Rahman, M. and Blum, W. E. H. (2005). Influence of Cereal Varieties and Site Conditions on Heavy Metal Accumulations in Cereal Crops on Polluted Soils of Bangladesh. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(7), 889- 906.
- Clemens, S. (2001). Molecular Mechanisms of Plant Metal Tolerance and Homeostasis. *Planta*, 212(4), 475–486
- Conti, M. E. and Cecchetti, G. (2001). Biological Monitoring: Lichens as Bioindicators of Air Pollution Assessment – A Review. *Environmental Pollution*, 114(3), 471-492.
- Çağlarırnak, N. ve Hepçimen, A. (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*, 8(2), 31-35.
- Çavuşoğlu, K., Budak, A. ve Çakır Arıca, A. (2008). Kırıkkale-Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilim Dergisi*, 20 (2), 223-231.
- Çavuşoğlu, K. (2002). İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) Yapraklarında Kurşun (Pb) Yoğunluğunun Araştırılması. *Bahçeşehir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 191-196.
- Çavuşoğlu, K. ve Çavuşoğlu, K. (2005). *Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus libani* A. Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. *bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 37-56.
- Çayır, A. ve Coşkun, M, (2007). Determination of Atmospheric Heavy Metal Pollution in Canakkale and Balıkesir Provinces Using Lichen (*Cladonia rangiformis*) as a Bioindicator. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 1(79), 367–370.
- Çelik, A., Kartal, A.A. ve Akdoğan, A., Kaksa, Y. (2005). Determining The Heavy Metal Pollution in Denizli (Turkey) By Using *Robinio pseudo-acacia* L. *Environment International*, 31 (1),105-112.
- Çepel, N. (1983). Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. *Tema Vakfı Yayınları*, No:14, 1. Basım, İstanbul, 234.
- Çetinkaya, U. (2011). *Platanus occidentalis* L. (Platanaceae) Gövde Kabuklarının Biomonitor Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Çilali, E. (2012). *Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (Rosa Spp) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- Das, P., Samantaray S. and Rout G.R. (1997). Studies on Cadmium Toxicity in Plan. *Envir. Pollution*, 98, 29-36.

- David, E. S. (2005). Genome-Wide Hunt for Metal Hyperaccumulation Genes, http://www.sc.doe.gov/ober/ERSD/ersd_Phyto.html
- Demirayak, A., Kutbay, H. G., Kılıc, D., Bilgin, A. and Hüseyinova R. (2011). Heavy Metal Accumulation In Some Natural And Exotic Plants in Samsun City. *Ekoloji*, 20(79), 1-11.
- Demirezen, D. ve Aksoy, A. (2006). Heavy Metal Levels in Vegetables in Turkey Is Within Safe Limits for Cu, Zn, Ni and Exceeded For Cd and Pb. Erciyes Üniversitesi, Fen-Edebiyatı Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kayseri, *Journal of FoodQuality*, 29(3), 252-265.
- Djingova, R. and Kuleff, I. (1993). Monitoring of Heavy Metal Pollution By *Taraxacum officinale*. in B. Markert (ed.), *VCH Publisher, Plants as biomonitors* Weinheim, 435- 460.
- Doğan, Y., Durkan, N.ve Başlar S. (2007). Trace Element Pollution Biomonitoring Using the Bark of *Pinus brutia* (Turkish red pine) in the aestern Anatolian part of Turkey. *Trace Elements and Electrolytes*, 24(3), 146-150.
- Duffus, J. H. and Worth, H. G. J. (1996). Fundamental toxicology for chemists. UK: *Royal Society of Chemistry Information Services*, 109(11), 1267.
- Dunand, V. F., Epron, D., Sossé, A. B. and Badot, P. M. (2002). *Plant Science*. 163, 53-58.
- Duru, N., Türkmen, Z., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E., ve Yapar, K. (2011). *Verbascum sinuatum* L.(Scrophulariaceae) (Sığır kuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 89-96.
- Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D. ve Zengin, M. (2004). Heavy metal contents od pinus radiata trees of İzmit (Turkey). *Asian Journal of Chemistry*, 16(2), 1129- 1134.
- Ekerbiçer, Ü. (2011). *Konya İli Sızma Kasabası Cıva Yatakları Çevresindeki Bitkilerin Toprak Altı ve Toprak Üstü Kısımları İle Yetitikleri Toprağın Cıva Ve Diğer Metal Element İçeriklerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Konya.
- Ekholm, P., Reinivuo, H., Mattila, P., Ovaskainen, M. L. and Pakkala, H. (2001). Distribution of Cd, Cu, Pb and Zn in Soil and Vegetation Compartments in Stands of Five Boreal Tree Species in N. E. Sweden. *Journal Water, Air, & Soil Pollution, Netherlands*, 1(3-4), 461-475.
- El-Hasan, T., Al-Omari, H., Jiries, A. and Al-Nasir, F. (2002). Cypress Tree (*Cupressus semervirens* L.) Bark As an Indicator for Heavy Metal Pollution in TheAtmosphere of Amman City. Jordan, *Environment International*, 28(6), 513-519.
- Elik, A. ve Akçay, M. (2000). Sivas Kentinde Ağır Metal Kirliliğinin Yerel ve Zamansal Değişimi. *Tr Journal Engineering Environment Science*, 24, 15 -24.

- Eroğlu, A. ve Aksoy, N. (2003). Jeotermal Suların Kimyasal Analizi, in Toksoy, M.(ed.). Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı. Makine Mühendisleri Odası Yayınları, İzmir, 149-183.
- Espinosa, A. J. F. and Oliva, S. R. (2006). The Composition And Relationships Between Trace Element Levels in Inhalable Atmospheric Particles (PM10) and in Leaves of *Nerium oleander* L. and *Lantana camara* L. *Elsevier Chemosphere*, 62(10), 1665-1672.
- Figueiredo, A. M. G., Nogueira, C. A., Saiki, M., Milian, F.M. and Domingos, M. (2007). Assessment of Atmospheric Metallic Pollution in The Metropolitan Region of São Paulo, Brazil, Employing *Tillandsia usneoides* L. As Biomonitor. *Environmental Pollution*, 145(1), 279-292.
- Fisseha, I. (2002). Metals in Leafy Vegetables Grown in Addis Ababa and Toxicological Implications. *Ethiopian Journal Of Health Development*, 16(3), 295- 302.
- Foy, C., D., Chaney, R. L. and White, M. C. (1978). Physiology of Metal Toxicity in Plants. *Annual Review Plant Physiology*, 29(1), 511-566.
- Gallo L., Corapi A., Loppi S. and Lucadamo L. (2014). Element concentrations in the lichen *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf transplanted around a cement factory (S Italy). *Ecological Indicators*, 46, 566–574.
- Gedik, O., Kıran, Y. ve Şahin, A. (2015). Cd'un *Vicia peregrina* L. Tohumlarının Çimlenmesi, Kök Gelişimi ve Kök Ucu Hücreleri Üzerindeki Mitotik Etkileri. *Karaelmas Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 5(1), 9-15.
- Grutter, M. and Bermea, M. (2017). In situ Biomonitoring of Air Quality in Rural and Urban Environments of Mexico Valley Through Genotoxicity Evaluated in Wild Plants. United States Department of Agriculture, *National Agricultural Library*, 119-125.
- Guan, D. S. and Peart, M. R. (2006). Heavy Metal Concentrations in Plants And Soils at Roadside Locations and Parks of Urban Guangzhou. *J Environ Sci (China)*, Dept. Of Env. Sci., Sun Yatsen University, *J Environ Sci*, Guangzhou, 18(3), 495-502.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu Z. (1997). Kimyasallar ve Çevre. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No:50, Ankara, 9-24.
- Güler, S. (2006). *Çukurova Üniversitesi Yerleşke Alanındaki Yollarda Kullanılan Bitki Türlerinin Çevre Niteliğini Artırma Yeteneklerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.
- Güleryüz, G., Arslan, H., Belgin, İzgi, B. ve Güçer, Ş. (2006). Element Content (Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn) of the Ruderal Plant *Verbascum olympicum* Boiss. from East Mediterranean. Uludağ University, Science and Arts Faculty, Biology Dept., Bursa, *Zeitschrift für Naturforschung C*, 61(5-6), 357–362.

- Gündoğan Y., Gül A., Çakır Arıca Ş. ve Çavuşoğlu K. (2008). *Cladophora Glomerata* (Chlorophyce)'da Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 182-192.
- Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A. B., Cansaran-Duman, D. ve Aras, S. (2012). Biyosorpsiyon, Adsorpsiyon ve Fitoremediasyon Yöntemleri ve Uygulamaları. *Türk Hijyen Ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69, 235.
- Holm, L.G., Plucknett. D.L., Pancho, J. V. and Herberger, J. P. (1977). *The world's worst weeds, distribution and biology, Honolulu*. Hawaii, USA: University Press of Hawaii.
- Iannotti, O., Mincigrucci, G., Bricchi, E. and Frenguelli, G. (2000). Pollen Viability As a Bioindicator of Air Quality. *Aerobiologia*, 16 (3-4), 361-365.
- İlhan A.İ., Dündar C., Öz, N. ve Kılınç H. (2006). Hava Kirliliği ve Asit Yağmurlarının Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları*, 5-8.
- İnternet:URL:<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F%3A+http%3A%2F%2Fwww.vanherbaryum.yyu.edu.tr%2F&date=2018-06-16> Son Erişim Tarihi:16.06.2018
- İnternet:URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fcogrfyaharita.com%2Fturkiye_mulki_idare_haritalari.html&date=2018-06-16 Son Erişim Tarihi:16.06.2018
- İnternet:URL:<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.amasya.web.tr%2Fcografi.html&date=2018-06-16> Son Erişim Tarihi:16.06.2018
- Kabata-Pendias, A. (1996). *Biogeochemia miedzi i molibdenu, Miedź i molibden wŚrodowisku. Problemy ekologicznej metodyczne. Zeszyty Naukowe Komitet Naukowy Człowiek i Środowisko, The Polish Academy of Sciences*, 14(1996), 11-19.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A ve Timur. S. (2003). Metallerin Çevresel Etkileri- I. İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, *Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri– III. İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, *Metalurji Dergisi*, İstanbul, 138, 64-71.
- Karahasan, F ve Bayrak, Ö. T. (2015). *Typha lotifolia L.* Türünün Farklı Kısımlarındaki Ağır Metal ve Makro Element Miktarının Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 19(2), 151-160.
- Karakoyun, G. ve Osmay, E. (2015). Erzincan'da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris L. var. hamata* Steven.) Ağır Metal Birikimi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 67-77.

- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö. ve Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-II. İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, *Metalurji Dergisi*, İstanbul, 137, 46-51.
- Kawasaki, K., Horikawa, K. and Sakai, H. (2017). Magnetic Biomonitoring of Roadside Pollution in the Restricted Midagahara Area of Mt. Tateyama Toyama, Japan. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10313-10325.
- Kılıç C. S. ve Coşkun, M. (2007). *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (Cruciferae) Askorbik Asit İçeriği Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Çalışma. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 153-160.
- Kılıç, S. (2015). *Erzurum ve Çevresinde Farklı Ekolojik Ortamlarda Yetişen Bazı Bitkilerdeki Ağır Metallerin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Botanik Bilim Dalı, Erzurum.
- Kıran, Y. ve Şahin, A. (2005). The Effects of The Lead on The Seed Germination, Root Growth, and Root Tip Cell Mitotic Divisions of *Lens Culinaris* Medik. *Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Dergisi*, 18(1): 17 -25.
- Kınalıoğlu, K., Cavusoglu, K., Yapar, K., Turkmen, Z., Yalcin, E., Şengül, B. ve Duyar Ö. (2009). Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin *Usnea longissima acharius* Kullanılarak Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 4(2), 129-135.
- Kınalıoğlu, K., Özbucak, T., Bayrak, K., Hamdi, G., Hüseyinova, R., Bilgin, A. ve Demirayak A. (2010). Biomonitoring of Trace Elements with Lichens in Samsun City, Turkey. *Ekoloji*, 19(75), 64-70.
- Kleckerová, A. and Dočekalová, H. (2014). Dandelion Plants as a Biomonitor of Urban Area Contamination by Heavy Metals. *International Journal of Environmental Research*, Winter, 8(1), 157-164.
- Kord, B., Mataji, A. and Babaie, S. (2010). Pine (*Pinus Eldarica* Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(1), 79-84.
- Korzeniowska J. and Stanislawska-Glublak E. (2003). Copper Concentration in The Top Plant Tissue As An Indicator of Cu Toxicity. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, *Environmental Development*, 6(1).
- Kovacs, M., Podani, J., Klincsek, P., Dinka, M. and Toeroek, K. (1981). Element Composition of The Leaves of Some Deciduous Trees and The Biological Indication of Heavy Metals in An Urban-Industrial Environment. *Acta Botany-Academic. Science Hungary*, 27(2), 1-2, 42-43.
- Królak E. (2003). Accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd by Dandelion (*Taraxacum officinale* Web.) in Environments with Various Degrees of Metallic Contamination, Department of Ecology and Environment Protection. University of Podlasie, *Polish Journal of Environment Studies*, 12(6), 713-721.

- Kurnaz, K. (2012). *Biyomonitör Likenlerle İstanbul İli Avrupa Yakası Hava Kalitesinin İzlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Lara, R., Wuilloud, R., Salonia, J., Olsina, R. and Martinez, L. (2001). Determination of Low Cadmium Concentrations in Wine By On-Line Preconcentration in A Knotted Reactor Coupled To An Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer With Ultrasonic Nebulization. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 371(7), 989-993.
- Li, F., Kang, L., Gao, X., Hua, W., Yang, F. and Hei, W. (2007). Traffic-Related Heavy Metal Accumulation in Soils and Plants in Northwest China. *Soil and Sediment Contamination*, 16(5), 473- 484.
- Li, X. and Liu P. S. (2001). Heavy Metal Contamination of Urban Soils and Street Dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*, 16(11-12), 1361-1368.
- Lourenco L. F., Lobo, D. J. A., Guimarães, E. T., Moreira, T. C. L., Carvalho-Oliveira, R., Saiki, M. and Mauad, T. (2017). Biomonitoring of Genotoxic Effects and Elemental Accumulation Derived From Air Pollution in Community Urban Gardens. *Science of The Total Environment* 575, 1438-1444.
- Lubben, S. and Sauerberck, D. (1991). The Uptake and Distribution of Heavy Metals by Spring Wheat. *Water, Air Soil Pollution*, 57(1), 239-247.
- Ma, Y. H., Chu C. J., Li, J. and Song, B. (2009). Heavy Metal Pollution in Soils on Railroad Side of Zhengzhou-Putian Section of Longxi-Haizhou Railroad. China, *Pedosphere*, 19(1), 121-128.
- Markert, B. (Ed.). (1993). *Plants As Biomonitors: Indicators For Heavy Metals in The Terrestrial Environment*. Vch, Weinheim, Frgermany, 628, 515-523.
- Markert, B. A., Breure, A. M. and Zechmeister, H.G. (2003). Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. *Bioindicators and biomonitors*. Elsevier, Oxford, 3-39.
- Marques, R., Prudêncio, M. I., Freitas', M. C., Dias, M. I. and Rocha, F. (2017). Chemical Element Accumulation in Tree Bark Grown in Volcanic Soils of Cape Verdea First Biomonitoring of Fogo Island. *Environmental Science and Pollution Research* 24(13), 11978–11990.
- Martin, M. H. and Coughtrey, P. J. (1982). Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution. *Applied Science Publishers*, London, 22-29.
- Mertens, J., Luysaert S. and Verheyen K. (2005). Use and Abuse of Trace Metal Concentrations in Plant Tissue for Biomonitoring and Phytoextraction. *Environmental Pollution*, 138(1), 209-215.
- Mutluay, H. ve Demirak, A. (1996). *Su kimyası*, Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ., İstanbul 83- 84

- Naveed, N.H., Batool, A. I., Rehman F.U. and Hameed U. (2010). Leaves of Roadside Plants as Bioindicator of Traffic Related Lead Pollution During Different Seasons in Sargodha, Pakistan. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(11), 770-774.
- Nordberg, G. (2003). Cadmium And Human Health: A Perspective Based On Recent Studies in China. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 16(4), 307-319.
- Nuhoğlu, Y, Malkoç E., Gürses, A. ve Canpolat, N. (2002). Removal of Cu(II) from aqueous solution by *Ulothrix zonata*. *Bioresource Technology*, 85(3), 331-333.
- Okçu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. ve Pehluvan, M. (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alinteri Zirai Bilim Dergisi*, 17(2) ,14-26, 1307-3311.
- Okunola, O. J., Uzairu, A. and Ndukwe, G. (2007). Levels of Trace Metals in Soil and Vegetation Along Major and Minor Roads in Metropolitan City of Kaduna, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 6(14), 1703-1709.
- Oliva, S. R. and Valdés, B. (2004). Influence of Washing on Metal Concentrations in Leaf Tissue, Dept. of Plant Biology and Ecology, Facultad de Biología, Universidad de Sevilla, Sevilla. *Spain Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(11-12), 1543-1552.
- Oliva, S.R. and Valdes, B. (2003). Metal Concentrations in Sevilla Orange (*Citrus aurantium*) Fruits from Seville (Spain) and Palermo (Italy). *Annales Botanici Fennici*, 40(5), 339-344.
- Osma, E., Serin, M., Leblebici, Z. ve Aksoy, A. (2012). Heavy Metals Accumulation in Some Vegetables and Soils in Istanbul. *Ekoloji*, 21(82), 1-8.
- Oszyczka, P., Rola, K. and Jankowska, K. (2016). Vertical Concentration Gradients of heavy metals in *Cladonia* lichens across different parts of thalli. *Ecological Indicators*, 61, 766-776 .
- Ottesen, R.T. and Langedal, M. (2001). Urban Geochemistry in Trondheim, Norway. *Norges Geologiske Undersokelse Bulletin*, 438, 63-69.
- Özay, C. ve Mammadov, R. (2013). Ağır Metaller ve Süs Bitkilerinin Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği. *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri. Enstitü Dergisi*, 15(1), 67-76.
- Özbek K. (2015). Hiperakümülayon ve Türkiye Florasındaki Hiperakümülayör Türler, Türkiye Tohum Gen Bankası. Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Kampüsü, Ankara *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 3(1) 37-43
- Özcan, H. ve Taban, S. (2012). Çinko Uygulamasının Bazı Çeltik Çeşitlerinde Verim ile Tanede Çinko, Fosfor ve Fitin Asidi Konsantrasyonuna Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 1(1), 7-14.

- Özcan C. (2013). Kırklareli İl Merkezinde Yetişen Bazı Bitki Türlerinin Eser Element Analizleri. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 3(1), 184-193.
- Özdemir, Z., Zorlu ve Akyıldız, M. (2014). Kırka (Eskişehir), Bigadiç (Balıkesir) ve Emet (Kütahya) Bor Yatakları Bölgesinde Mn, Zn, Cu, Ni ve Co İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin Araştırılması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 38(2), 135-148.
- Özmen, Ö. ve Koç, Ş. K. (2006). Florit Cevherleşme Alanlarında *Thymus siphyleus* Boiss subsp. *rosulans* (Borbas) ve *Bromus sterilis* L. poaceace (Gramineae) türlerinde Florür ve İz Element Birikimi. Gazi Üniversitesi, *Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4),729-735.
- Özmer, E.N., Yurdakök, K. ve Laleli, Y. (2003). Ankara'da İlkokul Çocuklarında Kan Kurşun Düzeyi. *Çocuk Sağlığı Ve Hastalıkları Dergisi*, 46(1), 20-23.
- Öztürk, A. (2008). *Celtis australis* L. (Ulmaceae)'in Ağır Metal Kirliliği İçin, Biyomonitör Olarak Kullanılması. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Biyoloji Programı, İstanbul.
- Pak, O. (2011). *Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Piczak, K., Leśniewicz, A and Żyrnicki, W. (2003). Metal Concentrations in Deciduous Tree Leaves from Urban Areas in Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 86(3), 273-287.
- Protano, C., Owczarek, M., Antonucci, A., Guidotti, M. and Vitali, M. (2017). Assessing Indoor Air Quality of School Environments: Transplanted Lichen *Pseudovernia furfuracea* as a New Tool for Biomonitoring and Bioaccumulation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(7), 358.
- Rademacher, P. (2003). Atmospheric Heavy Metals and Forest Ecosystems, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products. *Geneva and Brussels, United Nations Economic Commission for Europe*, 12.
- Reddy, T. and Vaidyanath, K. (1978). Mutagenic potentiating and antimutagenic activity of Certain Metallic ions in the Rice Genetic System. *Current Science India*, 47(14), 513-515.
- Ross, S.M. (1994). Sources and Forms of Potentially Toxic Metals in Soil Plant Systems. *Toxic Metals in Soil Plant Systems*, Chicester: John Wiley 3-25.
- Rout, G. R. (2003). I. Zinc, Effect of Metal Toxicity on Plant Growth and Metabolism. In *Sustainable Agriculture*, Springer, Dordrecht, 873-884.
- Scurfield, G. (1962). *Journal of Ecology*. *JSTOR*, 50(2)

- Sen, A., Khan, I., Kundu, D., Das, K. and Datta, J. K. (2017). Ecophysiological Evaluation of Tree Species for Biomonitoring of Air Quality and Identification of Air Pollution-Tolerant Species. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(2), 262.
- Shams, Z. I. (2000). Lead in Particulate Deposits and in Leaves of Roadside Plants. Karachi, Pakistan. *Environmentalist*, 20(1), 63-67.
- Shaw, B. P.Sahu, S. K. and Mishra, R. K. (2004). *Heavy Metal Induced Oxidative Damage in Terrestrial Plants, In: Heavy Metal Stress in Plants, From Biomolecules to Ecosystems*. Berlin, Heidelberg, 84-126.
- Sıralı, R., Atnan, U., Zambı, O., Dikmen, A., ve Çağlar, S. (2013). Turpgiller (Brassicaceae) Familyasına Ait Bazı Türlerin Arıcılık Açısından Önemi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 2(2), 107-115.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., and Crouch, S. R. (2000). Enstrümantal Analiz İlkeleri. Bilim Yayıncılık, 6.
- Sossé, B. A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint L. M., Epron D. and Badot P. M. (2004). *Plant Science*. 1213-1218.
- Suzuki, K., Yabuki, T. and Ono, Y. (2009). Roadside *Rhododendron pulchrum* Leaves As Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Traffic Areas of Okayama. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149(1-4), 133-141.
- Temmerman, L. D., Nigel J., Bell B., Garrec J. P., Klumpp A., Krause G.H.M. and Tonneijck, A. E. G. (2005). Biomonitoring of Air Pollutants with Plants. *International Society of Environment Botany* 11(2) 32-34.
- Terzi, H., ve Yıldız, M. (2011). Ağır Metaller ve Fitoremediasyon: Fizyolojik ve Moleküler Mekanizmalar. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, *Fen Bilimleri Dergisi*, Afyonkarahisar, 11(1), 1-22.
- Tomasevic, M., Rajsic, S., Dordevic, D., Tasic Krstic, M. J. and Novakovic V. (2004). Heavy Metals Accumulation in Tree Leaves from Urban Areas. *Environmental Chemistry Letters*, 2(3), 152-154.
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. (Resmi Gazete: 10.12.2001 tarih ve 24609 sayı, Ek I)
- Tuna, A. ve Yağmur, B. (2004). Muğla–Marmaris Otoyolu Kenarlarında Trafik Kaynaklı Kirlenmenin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Dergisi*, 8(1), 114- 120.
- Tunca, E., Ucuncu, E., Ozkan, A. D., Ulger, Z. E. ve Tekinay, T. (2013). *Environmental Contamination and Toxicology*. New York Springer Science, Business Media, 676-691.

- Turan, Ş. (2014). *Ülkemizde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Tıbbi Bitkilerin Yapraklarında Ağır Metal Ve Mineral Besin Element İçeriklerinin Tayini*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Uğuz, U. (2007). *Karabük Demir Çelik İşletmeleri (Kardemir)'in Çevrede Oluşturduğu Ağır Metal Birikiminin Biyomonitör Olan Karayosunları (Mosses) Üzerinden Araştırılması*. Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalında, Zonguldak.
- Ustaoglu, D., Terzioğlu, K., Türe, H., Yılmaz, E. ve Tunca, E. (2015). Sucul Ortamlardaki Bakırın (Cu), Su Mercimeği (Lemna Minor Linneaus 1753) İle Fitoremediasyonu. *Ordu Üniversitesi Bilim Teknik Dergisi*, 5(2), 10-12.
- Vanlı, Ö. (2007). *Pb, Cd, B Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği, Çevre Mühendisliği, İstanbul.
- Vural, H. (1993). Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Ekoloji*, 8, 3-8
- Waalkes, M.P. (2000). Cadmium Carcinogenesis In Review. *J.Inorg Biochem*, 79(1-4), 241-244.
- Williams, J. R., Pillay, A. E., El-Mardi, M. O., Al-Lawati, S. M. H. and Al-Hamdi, A. (2005). Levels of Selected Metals in The Fard Cultivar (Date Palm). *Journal of Arid Environments*, 60(2), 211-225.
- Yang, X., Jin, X., Feng, Y. and Islam, E. (2005). Molecular Mechanisms and Genetic Basis of Heavy Metal Tolerance in Plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47(9), 1025-1035.
- Yanqun, Z. (2005). Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in Herbaceous Grown on Lead-Zinc Mining Area in Yunnan. China, *Environmental International*, 31(5), 755-762.
- Yaşar, Ü. (2009). *Cercis siliquastrum L. Subsp. Siliquastrum (Fabaceae)'un Ağır Metal Kirliliğinde Biomonitör Olarak Kullanımı*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yemane, M., Chandravanshi, B.S. and Wondimu, T. (2008). Levels of Essential and Non-Essential Metals in Leaves of The Tea Plant (Camellia sinensis L.) and Soil of Wushwush Farms. Ethiopia, *Food Chemistry*, 107(3),1236-1243.
- Yeşilyurt, C. ve Akcan, N. (2001). Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri. Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı (RSHM), *Çevre Sağlığı Araştırma Merkezi*, 4-5.
- Yılmaz, P. (2006). *Sulu Ortamlardan Ağır Metallerin Mikroorganizmalar Yoluyla Giderimi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yücel, D. (2010). *Sakarya İli Sanayi Bölgesinin Yakın Çevresinde ve Şehir Merkezinde Oluşturduğu Atmosferik Ağır Metal Birikim Seviyelerinin Bir Biyomonitör*

Karayosunu (Hypnum Cupressiforme Hedw.) ve Toprak Örnekleri Üzerinden Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak.

Yücel, E. (2003). Investigation on Pb, Cd and Zn Pollution from Traffic Using Asian Populus (*Populus usbekistanica* Kom. subsp. *usbekistanica* cv.'Afghanica') in Kütahya City (Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 20(2), 113-116.

Zayed, A. M. and Terry, N. (2003). Chromium in the Environment: Factors Affecting Biological Remediation. *Plant and Soil*, 249(1), 139-156.

Zhang, T., Bai, Y., Hong, X., Sun L. and Liu Y. (2016). Particulate matter and heavy metal deposition on the leaves of *Euonymus japonicus* during the East Asian monsoon in Beijing. *Plos One*, China, 12(6), e0179840.

Zulkadir, G. (2016). Farklı Konsantrasyonlarda Kullanılan Bakır Çözeltilisinin Çeşitli Yonca Tohumları Üzerine Etkileri. *Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Dergisi*, 6(1), 1-12.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı- Soyadı : TUNA Emine Ebru
 Uyuğu : Türkiye Cumhuriyeti
 Doğum tarihi ve yeri : 01.06.1986, Zile
 Medeni hali : Bekar
 e-mail : e.ebrutuna@gmail.com

Eğitim Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Amasya Üniversitesi	Devam ediyor
Tezsiz yüksek lisans	Atatürk Üniversitesi	2008
Lisans	Atatürk Üniversitesi	2007
Lise	Zile Dinçerler Lisesi	2003
İşDeneyimi/ Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2011-2013	Amasya Sınav Dershanesi	Biyoloji Öğretmeni
2013-2014	Amasya Kutlubey Koleji	Biyoloji Öğretmeni
2014-	Aydınca Şehit Recep Bodur Çok Programlı Anadolu Lisesi	Biyoloji Öğretmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Bilimsel Faaliyetler

Tuna E. E., Kılıç D.D., Taşdemir İ. H. ve Kutbay H. G. (2016). *Amasya İli Yol Kenarlarında Yayılış Gösteren Sisymbrium loesellii L. Türünde Ağır Metal Birikimi ve Biyomonitör Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. 23. Ulusal Biyoloji Kongresi (5-9 Eylül 2016), Gaziantep. Özet Kitabı, 112.

Kılıç D. D., Kutbay H. G., Sürmen B., Kutbay H. G.ve Tuna E. E. (2015). *Amasya Yassıçal Vegetasyonunun Nümerik Yöntemlerle İncelenmesi*. XII. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi (14-17 Eylül 2015), Muğla, Özet Kitabı, 9.