

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA İLİ DOĞUSUNDA ANTROPOJENİK ETKİLER NEDENİYLE
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* VE *Pancratium*
maritimum ÜZERİNDE ARAŞTIRILMASI

Leyla TUTAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİSAN 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA İLİ DOĞUSUNDA ANTROPOJENİK ETKİLER NEDENİYLE
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* VE *Pancratium*
maritimum ÜZERİNDE ARAŞTIRILMASI

Leyla TUTAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİSAN 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA İLİ DOĞUSUNDA ANTROPOJENİK ETKİLER NEDENİYLE
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* VE *Pancratium
maritimum* ÜZERİNDE ARAŞTIRILMASI**

Leyla TUTAR
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-
2016-1879 nolu proje ile desteklenmiştir.**

NİSAN 2019

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA İLİ DOĞUSUNDA ANTROPOJENİK ETKİLER NEDENİYLE
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* VE *Panocratium*
maritimum ÜZERİNDE ARAŞTIRILMASI

Leyla TUTAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 24/04/2019 tarihinde jüri tarafından oyçokluğu/oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Orhan ÜNAL (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet AKSOY

Prof. Dr. Gürkan SEMİZ

ÖZET

ANTALYA İLİ DOĞUSUNDA ANTROPOJENİK ETKİLER NEDENİYLE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* VE *Pancratium maritimum* ÜZERİNDE ARAŞTIRILMASI

Leyla TUTAR

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orhan ÜNAL

Nisan 2019; 185 sayfa

Bu çalışmada Antalya ilinin doğusunda Antropojenik etkiler nedeniyle oluşan ağır metal kirliliği iki bitkiye ait organ örnekleri ve bunların yaşam alanlarındaki toprak örneklerinde incelenmiştir. Antalya'nın doğusunda *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* bitkisine ait organ örnekleri ve yaşadıkları ortamdaki toprak örnekleri 9 farklı lokaliteden, *Pancratium maritimum* bitkisine ait organ örnekleri ve yaşadıkları toprak örnekleri ise 5 farklı lokaliteden 1 yıl süresince dört mevsim olacak şekilde toplanmıştır. İnceleme alanındaki bu örneklem alanları homojen olarak seçilmeye çalışmış ve bitki türlerinin populasyonun dağılımı da örnekleme lokalitelerinin belirlenmesinde etkili olmuştur. Bitki örnekleri ve yaşam alanlarından alınan toprak örnekleri Antalya'da ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde ve seçilen bitki türlerinin ağır metallerin olası biyoindikatörü olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Toplanan bitki örneklerinin kısım örneklerinin tamamı yıkanıp, analize hazırlanarak Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni ve Co miktarları ICP-OES ile ölçülmüştür.

Pyrus cordata subsp. *boissieriana* organ örneklerinde yapılan incelemeler sonucunda elde edilen ağır metal birikim miktarı lokalite, bitki organı ve mevsime göre farklılık göstermektedir. Bitki organ örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen ağır metallerin ortalama konsantrasyonları Fe>Cu>Zn>Mn>Ni>Pb>Cd>Co şeklinde sıralanmaktadır. Bitkinin yaşam alanındaki toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda ortalama ağır metal konsantrasyonları kıyaslandığında ise Ni>Zn>Mn>Fe>Cu>Co>Pb>Cd şeklinde sıralanmaktadır. *Pancratium maritimum* organ örneklerinde yapılan incelemeler sonucunda elde edilen ortalama ağır metal değerleri Fe>Zn>Cu>Mn>Pb>Ni>Cd>Co şeklinde olduğu görülmektedir. Kum zambağı bitkisinin yaşadığı toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonları ise Ni>Zn>Cu>Mn>Pb>Ni>Cd>Co şeklinde sıralanmaktadır. Bitki organlarında Fe, Cu ve Zn açısından en yüksek birikimler elde edilirken, toprak örneklerinde Ni elementine bağlı kirliliğin olduğu söylenebilmektedir. Araştırma alanında farklı ağır metallere ait kirliliğin olduğu söylenebilmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Ağır metal, Antalya, Antropojenik etki, *Pancratium maritimum*, *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana*

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Orhan ÜNAL

Prof. Dr. Ahmet AKSOY

Prof. Dr. Gürkan SEMİZ



ABSTRACT

ANTHROPOGENIC EFFECTS IN THE EASTERN ANTALYA OF HEAVY METAL RESEARCH ON *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* AND *Pancratium maritimum*

Leyla TUTAR

MSc Thesis in Biology

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Orhan ÜNAL

April 2019; 185 pages

In this study, heavy metal pollution caused by anthropogenic effects in the east of Antalya province was investigated in the organ samples of two plants and their soil samples in their habitat. In the east of Antalya, the plant part samples of the *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* and soil samples in their environment were collected from 9 different localities, plant part samples of *Pancratium maritimum* and soil samples they collected were collected from 5 different localities for one year during four years. These sample areas in the study area were tried to be chosen homogeneously and the distribution of the population of the plant species was also effective in determining the sampling localities. Soil samples taken from plant samples and habitats in Antalya, heavy metal contamination and the use of selected plant species as a possible bioindicator of heavy metals were investigated. All of the part samples of the collected plant samples were washed and prepared for analysis and the amounts of Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni and Co were determined by ICP-OES.

Pyrus cordata subsp. *boissieriana* the amount of heavy metal accumulation obtained as a result of the investigations in the organ samples varies according to the location, plant organ and season. The average concentrations of heavy metals obtained from the analysis of plant organ samples are listed as Fe> Cu> Zn> Mn> Ni> Pb> Cd> Co. As a result of the analyzes made in soil samples of the plant, the average heavy metal concentrations are compared with Ni> Zn> Mn> Fe> Cu> Co> Pb> Cd. *Pancratium maritimum* organ samples as a result of the investigation of the average heavy metal values of Fe> Zn> Cu> Mn> Pb> Ni> Cd> Co. The average heavy metal concentrations determined in the soil samples of *P. maritimum* plants are Ni> Zn> Cu> Co>Mn>Fe>Pb>Cd. Fe, Cu and Zn in terms of the highest accumulation of plant organs, while the soil samples in the Ni-related pollution can be said to be. In the field of research, it is possible to say that there is pollution of different heavy metals.

KEYWORDS: Heavy metals, Antalya, Anthropogenic effect, *Pancratium maritimum*, *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana*

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Orhan ÜNAL

Prof. Dr. Ahmet AKSOY

Prof. Dr. Gürkan SEMİZ



ÖNSÖZ

Bu çalışma, değerli danışman hocam, yol göstericim Dr. Öğr. Üyesi Orhan ÜNAL'ın katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları, konu seçimi, analiz ve sonrasındaki işlemlerde gece gündüz demeden desteğini esirgemeyen sevgili danışmanıma teşekkürlerimi sunarım.

Fikir sahibi olmadığım konularda hem dersleri hem de öğütleri ile bilgi sahibi olmamı sağlayan Prof. Dr. Ahmet AKSOY'a teşekkür ederim. Çalışma süresince desteğini esirgemeyen, istatistik hesaplamalarını yapan ve yorumlamama yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ'a, fikirlerimin içinden çıkamadığımda farklı bakış açıları geliştirmemi sağlayan Doç. Dr. Mehmet Sait TAYLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında çalışmalarından ve fikirlerinden yararlandığım Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN'a, çalışma sırasında bilgi birikimi ile beni aydınlatan sayın Prof. Dr. Gürkan SEMİZ'e teşekkür ederim. Tez çalışması sırasında yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşlarım, manevi kardeşlerim ve değerli hocalarıma şükranlarımı sunarım. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü personellerine, çalışmamı destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Antalya bölgesinde ağır metal birikimi, antropojenik etkiler ve bunların ortaya çıkardığı sorunlar ve çözüm yöntemleri açısından çalışmalar bulunmaktadır. Seçtiğimiz bitkilerle ilgili kapsamlı bir çalışma bulunmaması ve özellikle bu bitki türlerinin yoğun baskı altında olması nedeniyle çalışma önem kazanmaktadır. Yoğun insan faaliyeti nedeniyle baskı altında kalan bu türler ve maruz kaldıkları kirlilik ile ilgili elde ettiğimiz bulgular sayesinde sonrasında yapılacak koruma ve kirliliğe maruziyetlerini azaltma veya kirliliğin temizlenmesinde bu bitkilerin kullanılabilirliği açısından yapılacak çalışmalarda büyük öneme sahiptir. Çalışma alanında tarımsal faaliyetlerin, turizmin, araç yollarının fazla olması sebebi ile maruz kalınan ağır metal çeşitlerinin ve miktarlarının belirlenmesi ihtiyacı doğmuştur.

Çalışmada hem kullanılan bitki türleri hem de bulundukları alana ait toprak örneklerinin incelenmesi bölgedeki kirlilik etkenlerinin hangi yollarla bulaştığını, bitki kısımları arasında bu birikimlere ait oranların fark yaratıp yaratmadığı, dönemsel açıdan bu maruziyetin farklılık gösterme miktarları araştırılmıştır. Çok yönlü yapılan bu çalışma sayesinde alana ait çevresel problemler belirlenebilecek ve bu sorunlara ait çözüm yöntemleri geliştirilebilecektir.

Çalışmamın her aşamasında bana güvenini yansıtan, en umutsuz olduğum anların içinden çıkmamı sağlayan, yanımda olamasa da benimle bu süreci yanımdaymış gibi yaşayan, manevi desteğini benden esirgemeyen en değerli varlığım anneme sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Temel Kavramlar	1
1.2. Amaç	4
2. KAYNAK TARAMASI	6
2.1. Bitki Besin Elementleri ve Ağır Metaller	6
2.2. Ağır Metaller	11
2.2.1. Demir elementi ve biyolojik önemi	11
2.2.2. Mangan elementi ve biyolojik önemi	12
2.2.3. Çinko elementi ve biyolojik önemi	14
2.2.4. Bakır elementi ve biyolojik önemi	15
2.2.5. Kadmiyum elementi ve biyolojik önemi	16
2.2.6. Nikel elementi ve biyolojik önemi	17
2.2.7. Kurşun elementi ve biyolojik önemi	18
2.2.8. Kobalt elementi ve biyolojik önemi	20
2.3. Ağır Metallerle İlgili Önceki Çalışmalar	21
2.4. Çalışılan Alanın İklimsel Özellikleri	28

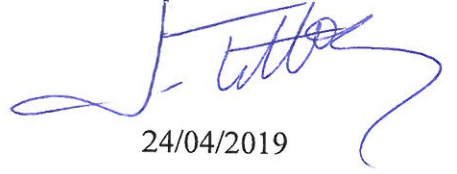
2.5. Kullanılan Biyomonitör Türler.....	33
2.5.1. Zingit armudu bitkisinin genel özellikleri	34
2.5.2. Kum zambağı bitkisinin genel özellikleri.....	36
3. MATERYAL VE METOT	39
3.1. Çalışma Alanına Ait Lokaliteler.....	39
3.2. Arazi Çalışmaları ve Örneklemeler	41
3.3. Kimyasal Analize Hazırlık ve Laboratuvar Çalışmaları	43
3.4. İstatistiksel Analizler	44
4.BULGULAR.....	45
4.1. Zingit Armudu	59
4.1.1. Fe değerleri	59
4.1.2. Mn Değerleri.....	61
4.1.3. Zn değerleri.....	62
4.1.4. Cu değerleri	64
4.1.5. Cd değerleri	66
4.1.6. Ni değerleri	68
4.1.7. Pb değerleri.....	70
4.1.8. Co değerleri	71
4.2. Kum Zambağı.....	73
4.2.1. Fe değerleri	73
4.2.2. Mn değerleri.....	75
4.2.3. Zn değerleri.....	77
4.2.4. Cu değerleri	78
4.2.5. Cd değerleri	80

4.2.6. Ni değerleri	81
4.2.7. Pb değerleri	83
4.2.8. Co değerleri	85
4.3. İstatiksel Değerlendirmeler	86
4.3.1. Zingit armudu mevsime bağlı değerlendirme	86
4.3.2. Zingit armudu lokaliteye bağlı değerlendirme	89
4.3.3. Zingit armudu kısma bağlı değerlendirme	92
4.3.4. Kum zambağı mevsime bağlı değerlendirme	92
4.3.5. Kum zambağı lokaliteye bağlı değerlendirme	96
4.3.6. Kum zambağı kısma bağlı değerlendirme	96
5. TARTIŞMA	99
5.1. alışılan Biyoindikatör Bitkiler	99
5.2. alışılan Toprak Örnekleri	101
5.3. Zingit Armudu	105
5.3.1. Fe ağır metali	105
5.3.2. Mn ağır metali	107
5.3.3. Zn ağır metali	109
5.3.4. Cu ağır metali	111
5.3.5. Cd ağır metali	113
5.3.6. Ni ağır metali	116
5.3.7. Pb ağır metali	117
5.3.8. Co ağır metali	119
5.4. Kum Zambağı	122
5.4.1. Fe ağır metali	122

5.4.2. Mn ağır metali.....	124
5.4.3. Zn ağır metali.....	126
5.4.4. Cu ağır metali	128
5.4.5. Cd ağır metali	130
5.4.6. Ni ağır metali	131
5.4.7. Pb ağır metali.....	133
5.4.8. Co ağır metali	135
5.5. Toprak	136
6. SONUÇLAR.....	144
7. KAYNAKLAR	146
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya İli Doğusunda Antropojenik Etkiler Nedeniyle Ağır Metal Birikiminin *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* ve *Pancratium maritimum* Üzerinde Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.



24/04/2019

Leyla TUTAR

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$\mu\text{g/g}$: Mikrogram/gram

% : Yüzde

° : Derece

' : Dakika

” : Saniye

Al : Alüminyum

B : Bor

°C : Santigrat Derece

C : Karbon

Ca : Kalsiyum

Cd : Kadmiyum

Cl : Klor

cm : Santimetre

Co : Kobalt

Cr : Krom

Cu : Bakır

Fe : Demir

g : Gram

g/cm^3 : gram/santimetreküp

GPS : Küresel Yer Belirleme Sistemi

H : Hidrojen

H_2O_2 : Hidrojen Peroksit

Hg : Cıva

HNO₃ : Nitrik Asit

K : Kelvin

K : Potasyum

kW : Kilowatt

MHz : Megahertz

ml : Mililitre

mm : Milimetre

Mn : Mangan

Mo : Molibden

Na : Sodyum

Ni : Nikel

O : Oksijen

P : Fosfor

Pb : Kurşun

pH : Asitlik Alkalilik Derecesi

ppm : (Part per million) Milyonda Bir Kısım

S : Kükürt

Se : Selenyum

Si : Silisyum

UV : Ultraviyole

V : Vanadyum

Zn : Çinko

Bu tezde ondalık ayırıcı olarak “,” kullanılmıştır.

Kısaltmalar

ATP : Adenozin Tri Fosfat

EPA : U.S. Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)

FAO : Food and Agriculture Organization (Dünya Gıda ve Tarım Örgütü)

SRM : Standart Referans Materyali

ICP-OES: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi)

IUCN : International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (Uluslararası Doğayı Koruma Birliği)

POD : Peroksidaz

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

TE : Tespit Edilebilir Limitlerin Altında Kalmıştır

vb. : ve benzeri

vd. : ve diğerleri

WHO : World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Antalya ili iklim diyagramı	30
Şekil 2.2. Antalya ili yıllık klimatogram.....	30
Şekil 2.3. Aksu ilçesi Boztepe bölgesi iklim diyagramı.....	31
Şekil 2.4. Aksu ilçesi Boztepe bölgesi klimatogram.....	31
Şekil 2.5. Manavgat ilçesi iklim diyagramı.....	32
Şekil 2.6. Manavgat ilçesi klimatogram.....	32
Şekil 2.7. Antalya ili, Manavgat ve Aksu ilçesi klimatogram	33
Şekil 2.8. Zingit armudu genel görünüş	35
Şekil 2.9. Zingit armudu bitkisi çiçek, yaprak ve dallar genel görünüş.....	36
Şekil 2.10. Kum zambağı bitkisine ait genel görünüm.....	37
Şekil 2.11. Kum zambağı bitkisine ait kapsül tipi meyveler.....	38
Şekil 3.1. Kum zambağı ve Zingit armudu bitkilerine ve ait koordinatların harita üzerinde görünümü.....	41
Şekil 3.2. Kum zambağı bitki örneğinin toplanması.....	42
Şekil 3.3. Zingit armudu bitki örneğinin toplanması.....	42
Şekil 4.1. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g).....	60
Şekil 4.2. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Mn konsantrasyonları (µg/g).....	62
Şekil 4.3. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Zn konsantrasyonları (µg/g).....	64
Şekil 4.4. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonları (µg/g).....	66
Şekil 4.5. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cd konsantrasyonları (µg/g).....	67
Şekil 4.6. Zingit armudu organlarındaki ortalama Ni konsantrasyonları (µg/g).....	69
Şekil 4.7. Zingit armudu bitkisinin yaşadığı topraklardaki ortalama Ni konsantrasyonları (µg/g).....	69

Şekil 4.8. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Pb konsantrasyonları (µg/g).....	71
Şekil 4.9. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Co konsantrasyonları (µg/g).....	73
Şekil 4.10. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Fe konsantrasyonları (µg/g).....	75
Şekil 4.11. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Mn konsantrasyonları (µg/g).....	76
Şekil 4.12. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Zn konsantrasyonları (µg/g).....	78
Şekil 4.13. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cu konsantrasyonları (µg/g).....	79
Şekil 4.14. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cd konsantrasyonları (µg/g).....	81
Şekil 4.15. Kum zambağı organlarındaki ortalama Ni konsantrasyonları (µg/g).....	82
Şekil 4.16. Kum zambağı bitkilerinin yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Ni konsantrasyonları (µg/g).....	83
Şekil 4.17. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Pb konsantrasyonları (µg/g).....	84
Şekil 4.18. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Co konsantrasyonları (µg/g).....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Toprak ve toprak üstü bitkilerin mg/kg'larının içermiş oldukları bazı eser elementlerin yoğunlukları.....	7
Çizelge 2.2. Temel endüstrilerden salınan metal türleri.....	9
Çizelge 2.3. Önemli bazı ağır metallerin ekolojik sınıflaması.....	10
Çizelge 2.4. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan 2000-2016 yılları arası Antalya, Aksu ilçesi Boztepe bölgesi ve Manavgat ilçesine ait iklimsel veriler	29
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan bitki ve toprak numunelerinin örnekleme tarihleri	39
Çizelge 3.2. Kum zambağı bitkisinin yetiştiği toprak ve bitkiye ait örneklerin toplandığı koordinatlar.....	39
Çizelge 3.3. Zingit armudu bitkisinin yetiştiği toprak ve bitkiye ait örneklerin toplandığı koordinatlar.....	40
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan bitkilerin dönemsel olarak örneklenen kısımları ve yetiştirme ortamlarından örneklenen toprak materyallerinin dönemsel gösterimi.....	43
Çizelge 3.5. Örneklerin çözünürleştirme işlemi basamakları.....	44
Çizelge 4.1. Zingit armudu bitkisinin Kundu 1 lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	45
Çizelge 4.2. Zingit armudu bitkisinin Kundu 1 lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	46
Çizelge 4.3. Zingit armudu bitkisinin Kundu 2 lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	46
Çizelge 4.4. Zingit armudu bitkisinin Kundu 2 lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	46
Çizelge 4.5. Zingit armudu bitkisinin Kundu 3 lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	47
Çizelge 4.6. Zingit armudu bitkisinin Kundu 3 lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	47
Çizelge 4.7. Zingit armudu bitkisinin Belek kavşağı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	48
Çizelge 4.8. Zingit armudu bitkisinin Belek kavşağı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	48

Çizelge 4.9. Zingit armudu bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	49
Çizelge 4.10. Zingit armudu bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	49
Çizelge 4.11. Zingit armudu bitkisinin Boğazkent girişi lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	50
Çizelge 4.12. Zingit armudu bitkisinin Boğazkent girişi lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	50
Çizelge 4.13. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka girişi lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	51
Çizelge 4.14. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka girişi lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)	51
Çizelge 4.15. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka sahil yolu lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	52
Çizelge 4.16. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka sahil yolu lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	52
Çizelge 4.17. Zingit armudu bitkisinin Manavgat lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	53
Çizelge 4.18. Zingit armudu bitkisinin Manavgat lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları(µg/g).....	53
Çizelge 4.19. Kum zambağı bitkisinin Lara Beach Park lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	54
Çizelge 4.20. Kum zambağı bitkisinin Lara Beach Park lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	54
Çizelge 4.21. Kum zambağı bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	55
Çizelge 4.22. Kum zambağı bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)	55
Çizelge 4.23. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Vera Otel lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	56
Çizelge 4.24. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Vera Otel lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	56
Çizelge 4.25. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Köprü Çayı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g).....	57

Çizelge 4.26. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Köprü Çayı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları ($\mu\text{g/g}$).....	57
Çizelge 4.27. Kum zambağı bitkisinin Manavgat Sorgun lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları ($\mu\text{g/g}$).....	58
Çizelge 4.28. Kum zambağı bitkisinin Manavgat Sorgun lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları ($\mu\text{g/g}$).....	58
Çizelge 4.29. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	59
Çizelge 4.30. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Mn konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	61
Çizelge 4.31. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Zn konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	63
Çizelge 4.32. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	65
Çizelge 4.33. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cd konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	67
Çizelge 4.34. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Ni konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	68
Çizelge 4.35. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Pb konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	70
Çizelge 4.36. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Co konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	72
Çizelge 4.37. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	74
Çizelge 4.38. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Mn konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$).....	76

Çizelge 4.39. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Zn konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g).....	77
Çizelge 4.40. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cu konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g).....	79
Çizelge 4.41. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cd konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g).....	80
Çizelge 4.42. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Ni konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g).....	82
Çizelge 4.43. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Pb konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g).....	84
Çizelge 4.44. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Co konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g).....	85
Çizelge 4.45. Zingit armudu bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi,ANOVA Testi sonuçları.....	87
Çizelge 4.46. Zingit armudu bitkisinde ortalama Fe ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi,Çoklu Karşılaştırma Testleri sonuçları.....	88
Çizelge 4.47. Zingit armudu bitkisinde ortalama Zn ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	88
Çizelge 4.48. Zingit armudu bitkisinde ortalama Cu ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	89
Çizelge 4.49. Zingit armudu bitkisinde ortalama Cd ağır metal birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi,Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	89
Çizelge 4.50. Zingit armudu bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının lokalitelere bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları.....	90
Çizelge 4.51. Zingit armudu bitkisinde ortalama Fe ağır metali birikiminin lokaliteye bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	91

Çizelge 4.52. Zingit armudu bitkisinde ortalama Mn ağır metali birikiminin lokaliteye bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	91
Çizelge 4.53. Kum zambağı bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları.....	93
Çizelge 4.54. Kum zambağı bitkisinde ortalama Fe ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	94
Çizelge 4.55. Kum zambağı bitkisinde ortalama Mn ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	94
Çizelge 4.56. Kum zambağı bitkisinde ortalama Cd ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	94
Çizelge 4.57. Kum Zambağı bitkisinde ortalama Pb ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	95
Çizelge 4.58. Kum zambağı bitkisinde ortalama Co ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	95
Çizelge 4.59. Kum zambağı bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının lokaliteye bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları.....	96
Çizelge 4.60. Kum zambağı bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının bitki kısmına bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları.....	97
Çizelge 4.61. Kum zambağı bitkisinde ortalama Cu ağır metali birikiminin bitki kısmına bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	98
Çizelge 5.1. Olası biyoindikatör olarak incelenen iki bitki türüne ait ağır metallerin en yüksek konsantrasyonun tespit edildiği kısım örnekleri.....	100
Çizelge 5.2. Çalışmada kullanılan bitkiler ve toprak analiz sonuçları ile Literatürde bitki ve topraklardaki eser element miktarları (Kabata-Pendias 2010) ve toksik veya kontamine olarak kabul edilen sınır değerlerin (Ross 1994) (µg/g) karşılaştırılması.....	102

Çizelge 5.3. Antalya’da Antropojenik etkilere bağlı kirliliğin araştırılmasında kullanılan Zingit armudu ve Kum zambağı bitki organlarındaki ağır metal konsantrasyonları ve literatürde yer alan farklı bitki türlerine ait organlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları (µg/g).....	103
Çizelge 5.4. Literatürde yer alan farklı bitki türlerine ait organlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları (µg/g).....	104
Çizelge 5.5. Literatürde yer alan farklı bitki türlerine ait organlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları (µg/g).....	121
Çizelge 5.6. Zingit armudu ve Kum zambağı bitkilerinin yetiştiği topraklardaki ortalama ağır metal konsantrasyonları ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO)’nun belirlediği toprakta bulunabilecek ağır metal değerleri ile Türkiye topraklarındaki ağır metal konsantrasyonları sınır değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı).....	137

1. GİRİŞ

1.1. Temel Kavramlar

Biyolojik çeşitlilik; bir ortamda bulunan canlıları, canlıların birbirleri ile olan ilişkilerini, yaşadıkları çevrenin zenginliğini ve türlerin genetik çeşitliliklerini kapsamaktadır. Yani sadece canlı çeşitliliğini değil; bunların arasındaki yarar zarar ilişkilerini, ekosistemlerin barındırdıkları zenginliği, bu alanlarda yaşayabilen türlerin sayısını ve tür sayısının çeşitlenmesi sonucu ortaya çıkan genetik çeşitliliği içermektedir (Çepel 1997; Walker 1992; Ray ve Grassle 1991).

Dünya üzerindeki canlı ve cansız ögeler büyük bir sistemin parçaları gibi düşünülecek olursa her biri sistemin bir halkasını oluşturmakta ve bu halkalardan biri de insanoğludur. Etkileşim halinde olan bu bütünün parçaları birbiriyle sıkı sıkıya bağlı haldedir. Bu sıkı bağlantı süreç içinde insanoğlunun kendini çevreden hep bağımsız bir parça gibi düşünüp, sunulan sınırsız imkânlarla rağmen kendi isteğine göre doğayı ve kaynakları şekillendirmeye çalışması ve bilinçsizce yaptığı faaliyetlerin sonucunda bulunduğu ortama zarar vermesiyle sonuçlanmıştır. Verilen bu zarar sadece ortamı değil aynı zamanda bu ortamda birlikte yaşadığı diğer canlıları da doğrudan veya dolaylı yollardan etkileyerek güncel sorunlarımızdan biri olan çevre kirliliklerinin ve etkilerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Wilson 1992).

Çevrede ortaya çıkan ve var olan parametreleri değiştiren, canlılara doğrudan ya da dolaylı olarak etki eden, sistemin bir bütün halinde çalışmasına engel olan veya çalışmasını sınırlandıran etkilerin tamamı çevre kirliliği olarak adlandırılır (Çevre Kanunu 1983). Çevresel sorunlar; insan nüfusunun artışı, bilinçsiz çevre kullanımı, teknoloji ve sanayi alanındaki gelişmeler vb. sonucunda insanların çevre ile olan bağlarını düzenli ve seviyeli bir şekilde yararlanmaktan ziyade; çevreyi duyarsız şekilde kullanımıyla ortaya çıkmıştır. Artan insan nüfusu doğrultusunda gereksinimler artmış ve bu artış daha fazla ihtiyaç doğurduğundan kirlletici etmenler de paralel şekilde artış göstermiştir (Atabay ve Yaren 1995; Safina 1995). Doğa ile yabancılaşıma sonucunda, günümüzde önüne geçemeyeceğimiz sorunlar ortaya çıkmış ve son yüzyılda hızla artan bu gelişmeler sonucunda hayvan ve bitki soyunda azalmalar tespit edilmiştir. Bununla birlikte sadece doğa ve hayvanlar değil insanlarda da birçok hastalık daha sık görülmeye başlanmıştır (Erdoğan ve Erbilir 2007).

Değişen dünya standartlarında sanayileşmenin hızla yükselişe geçmesi sonucu ortaya çıkan çevre kirliliğinde ağır metal kirliliği de büyük bir problem haline gelmiş ve güncel bir sorun olarak incelenmektedir (Badora 2002). Doğal dengenin bozulması insan ve çevre ilişkisinin bozulması sonucunda karşılaştığımız bir durumdur. Ekolojik problem haline gelen bu olaylar sonucunda çalışmalar artmış, canlı organizmalar ve çevre açısından etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır (Ağcasulu 2007). Çünkü kirlenme belirli bir bölgede değil, her yönde etkisini gösterip çok farklı ortamlara taşınabilmektedir. Bir bölgede var olan veya meydana gelen kirlilik sadece o bölgeyi değil farklı alanlarda da etkisini gösterebilmektedir. Öyle ki; günümüzdeki endüstri kaynaklı kirliliğin sonuçları taşınım olayları sebebi ile Antarktika'da bile görülmektedir (Corsolini 2008).

Yaşam alanlarından biri olan kıyı şeritleri geçmişten beri insanlar için çok önemli birer alan olmuştur. Ilıman iklim özellikleri, tarım ürünleri için uygun alanlar, balıkçılık, üretim veya tüketimde suya ve deniz ulaşımına olan gereksinim bu alanlardaki insan nüfusunun canlı kalmasını sağlamıştır. Eski uygarlıkların yaşam alanları olarak bu alanları seçmiş olması, birçok tarihi yapıyı ve geçmişi barındırması, turistlerin ilgisini çekmekte; turizme uygun olması sebebiyle de kıyı şeritleri yoğun insan popülasyonuna ev sahipliği yapmaktadır. Kıyı bölgeleri bu etmenlerle birlikte çok hassas ekosistemlere ve habitatlara sahiptirler. Bu sebeple biyolojik çeşitlilik üzerinde en çok baskı kıyı şeritlerinde görülmektedir. İnsan popülasyonunun bu alanlarda hızlı bir şekilde artması ve artan popülasyonun talepleri çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Taşıma kapasitesine kolaylıkla ulaşılabilmesi, kaynakların ve insanların taleplerinin bağdaşmaması bu hassas ve değişken yapıya sahip alanlarda kirliliğin etkisini gözler önüne serebilmektedir (Gülkal 2004; Doğan vd. 2005; Sesli 2006). Özellikle kıyı bölgeleri üretkenlikleri, yaşam alanı, deniz ürünleri, ticaret, tarım, önemli yaşam alanlarına sahip olduğu için antropojenik etkinin yoğun olarak gözlemlendiği bölgelerdir (Lauck vd. 1998; Castilla 2000). En son yapılan değerlendirmelere göre yaşanan alanların kaybı, küresel iklim değişimleri, aşırı avlanma, pestisitler, kirli suların ve atıkların deşarjı, bilinçsiz yapılaşma, kaynakların bilinçsiz kullanımı doğrudan ya da dolaylı etkileri kendini yoğun bir şekilde göstermektedir. Var olan yoğunluktan dolayı hastalık yapıcı bakteriler, ötrofikasyon, toksikalgler, istilacı türler, turizm, bu alanları kullananların yeterli bilince veya eğitime sahip olmamasından kirlilik boyutları bu alanlarda net bir şekilde görülebilmektedir (Lundin ve Linden 1993; Sebens 1994; Suchanek 1994; Dede vd. 2004; Sönmez vd. 2008).

Ağır metaller, özkütleleri 5 g/cm^3 'ten daha yoğun olan metaller olarak tanımlanmaktadır (Kahvecioğlu vd. 2001). Güncel tanım olarak ise canlılarda veya doğada kirliliğe sebep olan metallerin tamamı bu gruba dahil edilebilmektedir. Bir diğer ifade ile çevrede doğal olarak kendiliğinden bulunmayan kimyasal maddeler veya normalde belli bir değere kadar bulunabilip; sınır değerlerinden gerekenden daha fazla miktara çıkan maddeler kirlitici olarak adlandırılmaktadır (Massa vd. 2010; Pohl vd. 2011).

Biyosferdeki ağır metal kirliliği 1900'lü yıllardan itibaren önemli ölçüde artmıştır (Nriagu 1979). Uzun süreler içerisinde ağır metallerin belirgin şekilde artış göstermesi insan ve çevre sağlığı üzerinde önemli tehlikelere sebep olmuştur (Walkenhorst vd. 1993). Canlılardaki ve çevredeki bu değişimlerin incelenmesi açısından ekoloji ve çevre kirliliği popüler bir bilim dalı haline gelmiştir (Öztürk ve Seçmen 1992). Pollusyon yani kirlenme; hava, kara ve su gibi temel ortamların biyolojik, kimyasal ve fiziksel yapılarında istenmeyen bir değişim olarak tanımlanmaktadır (Kılınç ve Kutbay 2008). Başka bir ifade ile bir ortamın herhangi kirlitici bir materyal ile kirlenmesi olarak ifade edilmektedir ve pollusyonun farklı tipleri olabilmektedir. Etki alanı oldukça geniş ve sonuçlarının öngörülebilmesi ya da çözüm yollarına başvurulabilmesi açısından çevre kirliliği ve özellikle ağır metal kirliliği üzerinde bu nedenle çok fazla çalışma yapılmaktadır (Sağlam ve Cihangir 1995; Özyiğit vd. 2013).

Sanayileşme, ağır metal kirliliğinin oluşmasında veya artan etkisinde çok büyük bir yere sahiptir (Badora 2002). Ekolojik problem haline gelen bu olaylar sonucu çalışmalar hızla artmış ve insan, çevre, diğer canlılar açısından bu olayların etkileri

ortaya konulmaya çalışılmıştır. Kısacası endüstrileşmenin başlaması ile zararlarına yönelik çalışmalar da yapılmaya başlanmıştır (Akgüç vd. 2008).

Doğal etmenlerden kaynaklanan kirliliğin yanı sıra insan kaynaklı kirlilikler de vardır. Antropojenik etki insan kaynaklı olan çevre kirliliğidir. Doğal etmenler sonucu oluşan kirlilik doğa tarafından temizlenebilmektedir. Fakat antropojenik etkiler nedeniyle oluşan kirlilikler de buna eklenince doğa bu durumda yetersiz kalmakta ve kirliliğin sonuçları önü alınamaz boyutlara ulaşmaktadır. Çevreye bırakılan bu ağır metaller veya atıklar; suya, toprağa, havaya karışmaktadır. Sonuçları ise kısa ya da uzun süreçte etkisini göstermektedir. Bu sonuçlar örneğin toprakta biriken ağır metallerin bitkiler tarafından yaşam ortamlarından alınıp birikmesi ve ağır metallerin insan bünyesine geçip bazı hastalıkların ortaya çıkmasına zemin hazırlayabilmektedir. Doğada canlılar arasından dönüşümler gerçekleşirken besin ihtiyaçlarını da birbirlerinden karşılarlar. Besin yoluyla da ağır metaller vb. maddeler bir canlıdan diğerine aktarılabilmekte ve bu aktarım her zaman piramidin en üst basamağında yer alan canlıda etkisini en fazla göstermektedir. Biyolojik birikim olarak adlandırılan bu süreçte aslında çevreye verilen zarardan yine en fazla insanlar etkilenmektedir. Etkileri kısa veya uzun süreli, maruz kalınan miktar ve zaman dilimine bağlı olarak insan vücudunda hasara sebep olabilmekte ve bazı hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ağır metallerin toprak, su, hava gibi ortamlarda bulunup insanlara kadar ulaşabilmesi ve hastalıklara sebep olabilmesi ekosistemdeki canlıların birbirine olan ihtiyacının bir sonucu olarak düşünülebilir (Karpuzcu 1999; Rico vd. 2011; Yasar vd. 2012).

Biyosferin belli karakteristiklerini ve özelliklerini belirlemek için kullanılan canlılara “biyoindikatör” ya da “biyomonitör” denir. Çevre hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlayan veya çevresel değişimlerin kalitesini tayin ederken kullandığımız organizmalara biyoindikatör denilmektedir. Biyomonitör ise çevrenin kalitesinde nicel bilgiler sağlayan organizmalar olarak tanımlanmaktadır (Markert 1993). Çevreyi izleyebilmemizi sağlayan biyomonitör türler kısaca ortamın kirlenip kirlenmediği hakkında bilgi veren organizmalardır. Özellikle son dönemde yüksek yapılı bitkilerin çevresel kirliliğin kontrolü, bu kirliliğin derecesinin belirlenmesi veya ortam kirliliğinin bu organizmalar sayesinde temizlenebilirliği ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Markert 1993; Aksoy ve Öztürk 1996; Aksoy ve Öztürk 1997; Aksoy ve Şahin 1999; Calzoni vd. 2007).

Biyomonitör ve biyondikatör adını verdiğimiz türler seçilirken genellikle yüksek yapılı bitkiler tek yıllıklardan daha fazla tercih edilmektedir. Çok yıllık veya herdem yeşil ağaçlar kirlilik konusunda ölçülebilirlik açısından daha iyi sonuç vermektedir. Sebebi ise hem kısa dönemde hem de uzun süreçte oluşan kirliliğin belirgin bir şekilde ortaya konulabilmesidir (Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu 2005). Bitkilerin bu belirleyici özelliklerinin yanı sıra biyomonitör ve biyoindikatör olarak seçilmesinde bir diğer etken ise örnekleme açısından kolaylık sağlamalarıdır (Memon vd. 2001). Bitkiler ortamda sabit yaşayan canlılar olduğundan kirliliğin testi açısından kolaylık sağlar. Doğaya atılan kirleticiler suya, toprağa veya havaya ve buradan da bitkilere doğrudan aktarılabilir. Kirleticiler besin zinciri diye adlandırdığımız piramidin tabanında yer alan bitkilerden diğer canlılara besin zinciri yoluyla geçmektedir. Canlılar bünyelerinden ağır metalleri atamadıkları için kirleticiler hem bitkileri hem de doğrudan veya dolaylı yollarla diğer canlıları etkilemektedir (Brekken ve Steinnes 2004).

Canlılar organik ve inorganik moleküllerin birleşiminden oluşur. Bitkilerde de makro element ve mikro element olarak adlandırılan bu moleküllerin birçok işlevi bulunmaktadır. Makro elementler kısaca bitkilerin normal büyüme ve gelişme gösterebilmesi için çok miktarda ihtiyaç duydukları elementler iken; mikro elementler bitkilerin normal büyüme gelişmesi için daha az miktarda ihtiyaç duydukları elementlerdir. Bu elementlerin tamamı normal büyüme ve gelişmede farklı işlevlere sahiptir. Bazı elementler ise bitki bünyesinde hiç bulunmamaktadır. Dolayısı ile bu elementlere bitki bünyesinde rastlanması kirlilik göstergesi olarak kullanılmaktadır. Örneğin cıva, kadmiyum ve kurşun gibi elementler bitki bünyesinde normal olarak bulunmayan elementler iken; bakır, krom, demir, çinko, nikel gibi elementlerin ise belli limitlerden fazla olması kirlilik için belirleyicidir (Foy vd. 1978; Güzel vd. 2004).

Çalışmada ağır metal analizinde kirliliğin olası biyoindikatörü olarak *Pyrus cordata* Desv. subsp. *boissieriana* (Buhse) Uğurlu Aydın & Dönmez (Zingit armudu) ve *Panocratium maritimum* L. (Kum zambağı) üzerinde çalışılmıştır. İki model bitki daha öncesinde bölgede yapılan farklı çalışmalar göz önüne alınarak çalışılacak lokaliteler belirlenmiş; kırsal alan, yol kenarı, tarla kenarı ve kumul alanlarda yayılış göstermeleri sebebi ile insan baskının yoğun olduğu düşünülerek bu alanlar seçilmiştir. İki bitki türünün örneklemelerinin kolay olması, yayılış alanının inceleme için seçilen bölgede geniş bir alanı kapsamaması, teşhislerinin kolay olması, yerlerinde sabit olmaları sebebiyle kirliliğe maruziyetin süreç içerisindeki farklı etkenlerle değişkenliği hakkında fikir oluşturacağı düşünülerek kirliliğin olası biyoindikatörü olarak seçilmesinde etkili olmuştur.

1.2. Amaç

Bu çalışma ile kirliliğe maruz kaldığı düşünülen Zingit armudu ve Kum zambağı bitki kısım örnekleri ve yaşadıkları alanlardaki toprak örnekleri farklı lokalitelerden bir yıl boyunca dört mevsim olacak şekilde toplanılarak aşağıda maddeler halinde belirtilen olayların gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

- Zingit armudu bitkisinin farklı organlarının ağır metal kirliliğine maruz kalma miktarını belirlemek,
- Zingit armudu bitkisinin yetiştiği topraktaki ağır metal oranlarını belirlemek ve bitki ile arasındaki ilişkiyi ortaya koymak,
- Kum zambağı bitkisinin farklı organlarının ağır metal kirliliğine maruz kalma miktarını belirlemek,
- Kum zambağı bitkisinin yetiştiği toprak örneklerinin ağır metal oranını belirlemek ve bitki ile arasındaki ilişkiyi ortaya koymak,
- Seçilen iki bitki türünün ağır metallerin takip edilmesinde biyoindikatör olarak potansiyellerinin belirlenmesi,
- Kirliliğin boyutlarını sayısal olarak hesaplamak ve değerlendirmek,
- Ağır metale maruz kalan miktarın mevsimsel, lokalite ve bitki kısımlarına göre değerlendirilmesi,
- Antalya'nın doğu bölgesinde kirliliğe sebep olan etmenlerin belirlenmesi,
- İki bitkinin hangi yollarla (toprak, su, hava) bu ağır metallere maruz kaldıklarını belirlemek,

- Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Co ağır metal oranlarının Kum zambağı ve Zingit armuduna ait bitki kısımlarında miktarları, etkileri, sonuçları ve çözüm yöntemlerini belirlenmek,
- Önlemlerin ve aşırı birikim söz konusu ise sonuçlarının diğer canlılara ve insanlara etkisini ve çözüm yöntemlerini araştırmak hedeflenmiştir.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Bitki Besin Elementleri ve Ağır Metaller

İnsanlar tarafından üretilmiş ve doğa için kirletici olan bazı maddeler besin zincirini oluşturan organizmalarda birikebildikleri halde, bazıları birikim göstermezler. Doğaya çeşitli kaynaklardan salınan yapay maddeler çoğu kez havada ve suda seyreltilerek canlılara zarar vermeyecek düzeye inerler. Ayrıca zehirleyici özelliği olan çoğu kirletici madde ortamda bulunan mikroorganizmaların etkisiyle ya da fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu zararsız ya da daha az zararlı hale getirilirler. Örneğin azotlu gübre fabrikalarından yan ürün olarak çıkan ve zehirli olan amonyak, nitrifikasyon olayı sayesinde suda oksitlenerek önce nitrite sonra da nitrata dönüşerek zararsız şekle dönüştürülür. Aynı zamanda amonyak doğadaki azot döngüsü sırasında da ayrıştırıcılar tarafından oluşturulmakta ve bu madde sonrasında döngüye katılan canlılar tarafından yararlı tuzlara çevrilip bitkilerin azot ihtiyacını karşılamaktadır. Amonyakın aksine, bazı kirleticiler ise zararsız forma dönüştürülemezler ve zararlı olan özelliklerini sürekli koruyarak, ne seyreltme işlemi ne de biyolojik olarak zararsız hale getirilemezler. Bu tip maddeler besin zincirinde bulunan organizmaların bünyelerinde kalarak zararlı konsantrasyonlara ulaşabilir ve canlı bünyesinden uzaklaştırılamadığı için bir canlıdan diğer canlıya aktarılır. Biyolojik birikim adı verilen bu aktarım sırasında ağır metaller veya diğer zararlı kimyasal maddeler canlıdan canlıya geçtikçe etkisini artırmaktadır (Vural 1993).

Elementler canlılarda hormon, enzim, vitamin yapısına veya metabolik olayları gerçekleştiren moleküllerin yapısına katılabilmekte, çeşitli doku ve organlarda biriktirebilmektedir. Belli dozlara kadar gerekli olan bu elementler “eser” ya da “iz” element olarak adlandırılmaktadır. Bu gruba dahil olan elementler Cu, Cr⁺³ formu, Fe, Mn, Mo, Zn ve Ni elementleridir. Ağır metaller yoğunluğu 5 g/cm³, den büyük olan metallerdir. Doğada ve canlı bünyesinde en çok rastlanılanları Cu, Cd, Cr, Co, Fe, Hg, Mn, Ni, Se, Pb ve Zn'dir (Markert 1993; Kahvecioğlu vd. 2001; Massa vd. 2010; Pohl vd. 2011). Doğada bulunan bazı ağır metaller canlılar için mutlak gerekli olmayıp çok düşük miktarlarda bulunduklarında bile toksik etkiye sahip olabilmektedirler. Bu grupta Cd, Cr⁺⁶ formu, Hg ve Pb gibi ağır metaller yer almaktadır. Ağır metallerin büyük bir bölümü, biyolojik organizmalarda birikim göstermektedir. Biyolojik birikim sonucu, canlı bünyesinde yoğunlaşan bu elementler, etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabilmektedirler (Güler ve Çobanoğlu 1997; Beyazıt ve Peker 1998; Karpuzcu 1999, Demirezen ve Aksoy 2006; Farooq vd. 2008; Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Bitkiler ototrof canlılar olup kendi besinlerini kendileri üretmektedirler. Fakat gelişip, fizyolojik dönemlerini tamamlamada ve yaşamlarının devam ettiği süreçlerde ihtiyaç duydukları maddeleri topraktan kökleriyle almaktadırlar. Bitkilerde bu maddeler bulundukları formda veya bileşikler halinde toprakta da bulunmaktadır (Jing vd. 2012). Bitkilerin gelişimi sırasında topraktan ihtiyaç duydukları inorganik maddelerin alınmasında kökler çok büyük öneme sahiptir. Çünkü su ve minerallerin topraktan alınıp bitkinin diğer organlarına iletiminde direkt toprak ile temas eden kısımdır. Bu nedenle kök sistemi genişleyerek yüzey alanının daha fazla toprak ile temas etmesini sağlayan adaptasyonlar geliştirmiştir. Genişleyen kök sistemi toprak ve içerisindeki maddelerle daha fazla temas ettiğinden bitki topraktaki molekülleri daha fazla

bünyesine alabilmektedir (Kabata-Pendias 2010; Leitner vd. 2010). Aynı zamanda bitkiler toprağın yanı sıra yer altı sularından da element ihtiyacını karşılamaktadır. Bitkiler bulundukları ortamla iç içe geçmiş olması bulundukları ortamın göstergesi olarak da değerlendirilebilir. Yani bitkilerde var olan elementler; bitkinin yaşadığı alandaki toprak özelliklerini, beslendiği yer altı ve yer üstü suları ile hava özelliklerini de yansıtmaktadır.

Bitki gelişimi ve beslenmesinde her elementin farklı bir görevi bulunmaktadır. Bitkilerin yaşamları için mutlak olan bu elementler “Bitki besin elementleri” olarak adlandırılmaktadır. Bir bitkinin analizi sonucu bitki bünyesinde bu elementleri ve bunun yanında organik moleküllerin görülmesi mümkündür. Bitkiler elementleri hem metabolik olaylarda kullanır hem de bünyelerine katarlar. Bitkiler bu iyonları alırken seçici davranarak kendileri için gerekli olan elementlere aşırı ihtiyaç duysalar da; ihtiyaç duyulan bu elementlerin yanı sıra ihtiyaç duymadıkları ve hatta çoğu zaman hasara sebep olan ağır metaller bitki bünyesine alınabilmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Bitki besin elementlerine genel olarak bakıldığında C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B, Cl, ve Mo bütün bitkiler için mutlak gerekli besin elementleri olup; makro elementler grubuna dahil edilmektedir. Bitkiler büyüme, gelişme ve yaşamlarının devamındaki süreçte bu elementlere çok miktarda ihtiyaç duymaktadır. Co, Al, Na, Si, Ni ve V gibi elementler ise sadece bazı bitkilere veya bazı metabolik yollara gerekli olduğu kabul edilen faydalı elementler olarak sınıflandırılıp; mikro element grubuna dahil edilmektedir. Bitkiler normal büyüme gelişme gösterebilmek için bu elementlere daha az miktarda ihtiyaç duysa da bulundukları ortamdan bu besin elementlerini almak zorundadır (Yıldız 2003). Çizelge 2.1.’de Kabata-Pendias’ın bitkilerin ve toprağın içermiş oldukları bazı elementlerin aralıkları belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Toprak ve toprak üstü bitkilerin mg/kg’larının içermiş oldukları bazı eser elementlerin yoğunlukları (Kabata-Pendias 2010)

ELEMENT	TOPRAK	BİTKİ
Cd	0,05-1,00	0,05-0,50
Co	1,00-10,00	0,02-0,50
Cu	10,00-40,00	3,00-12,00
Fe	10000,00-50000,00	50,00-200,00
Pb	10,00-30,00	0,10-0,50
Mn	300,00-1000,00	20,00-400,00
Ni	10,00-50,00	0,20-2,00
Zn	20,00-200,00	20,00-100,00

Bazı elementler ise bitki bünyesinde hiç bulunmaz ya da çok az bir miktarı bile ortamda kirletici faktör veya faktörlerin olduğunun göstergesi olarak kabul edilmektedir. Örneğin Hg, Cd ve Pb bitki bünyesinde normal olarak bulunmayan elementlerdir. Cu, Cr, Fe, Zn ve Ni gibi elementlerin ise belli limitlerden fazla olması da kirlilik için belirleyici olarak kullanılmaktadır (Foy vd. 1978).

Mikro elementler hayvan ya da bitkiler için gerekli olsa da bu metallerin gerekliliği canlı türüne göre değişmektedir. Nikel elementi hayvanlar açısından mikro element olarak gruplandırılırken, bitkiler açısından toksik etki gösterebilmektedir. Toksik etkilere sebep olabilen bu mikro besin elementleri metalden metale, canlıdan canlıya veya canlılardaki miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle ağır metaller sınıflandırırken canlının türü ve ağır metalin miktarı önemli bir ölçüttür (Farooq vd. 2008; Xu vd. 2011). Ağır metallerin bitkilerde birikimi fizyolojik veya anatomik değişimlere sebep olmaktadır. Bitkilerde hayati öneme sahip transpirasyon mekanizmasını bozabilmekte, stoma hareketleri ve su alımını engelleyebilmektedir. Toksik düzeye geldiğinde protein sentezi, hormonal denge, enzim aktivitesi, çimlenme gibi biyolojik süreçler aksamaktadır. Bunların yanı sıra kök, gövde, yaprak gibi organlarda gelişim bozukluğuna sebep olarak bitkinin faydalı molekülleri almasına engel olduğu bilinmektedir (Tuteja vd. 2011; Metali vd. 2012; Özyiğit vd. 2013).

Ülkemizde tüketim hızındaki artış, sanayileşme, taşıtların artışı gibi unsurlar çevreye salınan birçok kirleniciyle beraber ağır metal kirliliğini de beraberinde getirmiştir. İnsan nüfusunun artmasına bağlı olarak yapılan tarım üretimi ve tüketim hızına ulaşmak için yapılan aşırı ve bilinçsiz gübreleme, yoğun pestisit kullanımı, aşırı sulama doğal dengeyi bozarak ortama bu kimyasal maddelerin yayılmasına sebep olmaktadır. Yanı sıra yerleşim yerlerinde ısınma için kullanılan yakıtlar, çarpık kentleşme, altyapı sorunları, doğal hava alanlarının kapanması, petrol ve petrol ürünlerinin kullanımındaki aşırı artış, tarımda insan gücü yerine araçların kullanımı da kirliliğin sebepleri arasındadır. İnsan faaliyetleri ve isteklerindeki artışla birlikte var olan doğal alanların otel ve kullanım alanlarına çevrilmesi buradaki insan baskısını artırmaktadır. Maden ocakları, ilaç, deterjan ve sanayi atıkları, kirli suların arıtılma işlemi gerçekleştirilmeden doğaya salınması ağır metal kirliliğinin gün geçtikçe önü alınamaz bir hale gelmesine sebep olmaktadır (Sağlam ve Cihangir 1995; Aksoy ve Öztürk 1997; Beckett vd. 1998; Stresty ve Madhava Rao 1999; Munzuroğlu ve Gür 2000; Yıldız vd. 2000; Yeşilyurt ve Akcan 2001; Suzuki vd. 2009; Petrova 2011; Özyiğit vd. 2013).

Ağır metal kirliliği sanayileşmenin hızlı bir şekilde artması sonucu ortaya çıkmasının yanı sıra; termik santrallerde enerji üretimi amacı ile kullanılan maddelerle de doğaya salınabilmektedir. Linyit kömürü yüksek sıcaklıkta yakıldığından bu işlem sırasında kömür içerisinde yer alan birçok ağır metal ayrışmakta ve ortama dahil olmaktadır. Kül içerisinde Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Ni, Co, Cr ve diğer başka kirlenici moleküller bulunabilmektedir. Fosil yakıtların tüketim oranının ısınma ya da enerji üretim amacı ile artması sonucu ağır metal kirliliğinin boyutu da bir üst seviyeye taşınmaktadır. İnsan kaynaklı olan bu etkilerin tamamı çevrede kalıcı hasara sebep olmakta ve bunlara “Antropojenik Etki” denilmektedir (Tuna ve Girgin 2005).

Kimyasal maddeler, partiküller ve saçılan toz zerrecikleri halinde havaya, toprağa ve suya karışmaktadır. Bir bölge doğrudan ağır metal kirliliğine maruz kalmasa bile dolaylı yollardan taşınım yolu ile kirlenebilmektedir. Metal tuzları ve kimyasalların yol açtığı kalıntılar ortamda bulunabilmektedir. Bu nedenle ortamların kontrolü, izlenmesi çok önemlidir (Massa vd. 2010; Pohl vd. 2011). Çevreye verilen kimyasal maddeler ve ağır metaller sadece ortama bırakılmakla kalmayıp; aktif veya pasif hareketler ile su, hava, toprak, canlı organizmalara dağılabilmekte ve dağılım söz konusu olunca etki alanı genişlemektedir (Güler ve Çobanoğlu 1997). Endüstri

kuruluşlarının tipi değişse de birçoğu çok sayıda ağır metalin doğaya bırakılmasında etkin bir yere sahiptir. Tolere edilebilir metallerin yanı sıra ortamda bulunması durumunda kirliliğin boyutunu artıran örneğin kadmiyum gibi ağır metaller de döngüye dahil olmaktadır. Çizelge 2.2.'de farklı endüstri kuruluşlarından çevreye salınan bazı ağır metal çeşitleri verilmiştir (Rether 2002; Kahvecioğlu vd. 2003; Bakar ve Baba 2009).

Çizelge 2.2. Temel endüstrilerden salınan metal türleri

Endüstriler	Cd	Cu	Pb	Ni	Zn	Co	Fe	Mn
Kağıt	-	✓	✓	✓	-	-	-	-
Petrokimya	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
Kimya Sanayi	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-
Gübre Sanayi	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
Demir/Çelik	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
Enerji	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
Metal Alışımı	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
Pil Üretimi	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓
Tarım	-	-	-	-	-	-	-	✓
Seramik ve Cam Üretimi	-	-	✓	✓	-	✓	-	-
Medikal Cihaz Üretimi	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
Kaplama Sanayi	-	✓	✓	-	✓	-	-	-
Elektronik Cihaz Üretimi	✓	-	-	-	-	-	-	-
Madencilik	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
Boya Sanayi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
Makine Sanayi	-	✓	✓	-	-	-	✓	-
Plastik Üretimi	✓	-	✓	-	-	-	-	-
Tekstil	✓	✓	-	-	-	-	-	-
Otomotiv Sanayi	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-
Çimento Üretimi	-	-	-	-	✓	-	-	-
Deri Sanayi	-	-	-	-	-	-	-	-

(✓): Çevreye bu ağır metal salınıyor, (-): Çevreye bu ağır metal salınmıyor

Günümüzde hangi kaynak sebebi ile olursa olsun ortama bırakılan bu maddelerin kısa ya da uzun süreçte etkilerini görmek mümkündür. Bitkiler açısından bakıldığında ağır metaller bitkilerin hem vejetatif hem de generatif organlarını etkilemekte, fotosentez, enzimsel faaliyetler, terleme gibi birçok metabolik faaliyete etki edebilmektedir. Bu etkilerin yanı sıra bitkileri tüketen hayvanlara, onlardan da son tüketiciye doğru aktarılan ağır metaller birikim gösterip yoğunlaşarak bir canlıdan diğerine aktarılmaktadır. Yani; bitkiler tarafından alınan bu ağır metaller bitkilerin kök, gövde vb. organlarında birikip besin zincirine dahil olmaktadır. Yaşamsal faaliyetleri açısından canlıların tamamı bir bütün halinde olduğundan birinde meydana gelen hasar kısa ya da uzun sürede de olsa zincirin diğer halkalarını da etkilemektedir. Canlılarda meydana gelen hasar canlının türüne, ağır metale maruz kalma süresine ve miktarına, genetik yapısına ve tolerasyon mekanizmasının varlığına da bağlı olmaktadır (Gür vd. 2004; Vanlı ve Yazgan 2008; Metali vd. 2012).

EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)'nın hazırladığı çevre ile ilgili raporda toprak kirliliğinde ağır metallerin önemli bir yere sahip olduğunu ve bu alanda yaşayan canlıların ortamla direkt temasından dolayı önem arz ettiğini belirtmiştir. Bilinen 129 kirleticisi arasında en önemli kirleticisi etmenin ağır metaller olduğu raporla ortaya konulmuştur (Vanlı ve Yazgan 2006).

Yıldız'ın yapmış olduğu çalışmada doğaya farklı kaynaklardan salınan ağır metallerin özgül ağırlıkları, ekosistem açısından kirleticisi olup olmadığı, hayvan ve bitkiler açısından gereklilik durumları Çizelge 2.3.'te belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. Önemli bazı ağır metallerin ekolojik sınıflaması (Yıldız 2003)

Element	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Bitki ve Hayvan İçin Gereklilik Durumu	Kirleticisi Özelliği
Cd	8,50	-	K
Co	8,90	G	K
Cu	8,90	G	K
Fe	7,90	G	K
Mn	7,40	G	-
Pb	11,30	-	K
Ni	8,90	G	K
Zn	7,10	G	K

(G: Gerekli, -: Gerekli değil, K: Kirleticisi)

Günümüzde güncel bir problem haline gelen çevre kirliliği ve bu alan içerisinde bulunan ağır metal kirliliği ile ilgili çalışmalar artmıştır. Çevre bilincinin gelişmesi, kaynakların daha verimli kullanılması, salınan kirleticisi maddelerin azaltılması veya daha az doğaya salınması amaçlanmaktadır. Çünkü çevre ile iç içe geçmiş toplulukların ilerdeki yaşantısı bu sorunların çözüm yöntemlerine bağlıdır.

Birleşmiş Milletler'in 2003 yılında hazırladığı protokole göre Pb, Cd ve Hg ağır metallerinin demir-çelik endüstrisinden, taşıtlar ve enerji üretim tesislerinden, çeşitli boyalardan ve pestisitlerden çevreye yayılımının azaltılıp; 1990'lı yıllarda var olan seviyeye düşürülmesi kararına bağlanmıştır (Anonim 3). Ülkemizde atık sular için arıtma tesisleri ve bunların doğaya salınabilmesinde belli kriterler bulunmaktadır. Daha önceleri doğaya kanalizasyon suları direkt olarak salınabilmesine rağmen şu anki sistemde bunların salınımı yasaklanıp, arıtılan atık su sonucu oluşan çamurun bile doğaya bırakılmasında belirli limit değerler bulunmaktadır. Çevre sorunlarının araştırılmasında bu çalışmada 8 ağır metal (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Co) bakımından inceleme yapılmış ve bitkilerin farklı kısımlarında, zamana ve lokaliteye bağlı olarak birikim özellikleri açısından farklılık yaratıp yaratmadığı incelenmiştir. Araştırılan ağır metallerin özellikleri ayrı olarak incelenmiştir.

2.2. Ağır Metaller

2.2.1. Demir elementi ve biyolojik önemi

Demir yerkürede kütleli olarak %34,6 oranında bulunan ve çok fazla kullanım alanına sahip olan bir elementtir. Atom numarası 26, atom ağırlığı 55,85 g/mol ve yoğunluğu ise 7,8 g/cm³ olan bir elementtir. Yerkabuğunda %5 oranında bulunması geçmişten günümüze sürekli olarak kullanılan bir maden olmasında etkili olmuştur. Kolay işlenebilir, tel levha haline getirilebilir, dövülerek şekil verilebilir özelliklerinin yanında dayanıklı olması sayesinde birçok kullanım alanına sahiptir. En sık rastlanılan türü bir alaşım olan çeliktir. Günümüzde otomotiv sanayinde, inşaatlarda, evde kullanılan araç gereçlerden, mutfak eşyalarına, boya endüstrisinde, gemilerin yapısında, bilgisayar ve teknolojik aletlerin yapısında, beyaz eşyalarda ve daha birçok yerde kullanılmaktadır. Demir elementi kaya ve toprakta doğal olarak oksit veya hidroksit şeklinde bulunmaktadır. Fakat havada partiküller halinde bulunan demirin temel kaynağı antropojenik etkenlerdir. Yani havada bulunan demirin ana kaynağı endüstriyel faaliyetler iken; demirin bir bölgeden diğerine yayılmasında ve toprağa karışmasında insan etkisi büyük yere sahiptir (Taylor vd. 1988; Burtis ve Ashwood 2002; Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007).

Ağır metal kategorisinde yer alan Fe organizmalar için gerekli bir elementtir fakat canlının tipine göre bu elemente olan ihtiyaç da değişkenlik göstermektedir. Birçok metabolik aktivitede rol alan Fe'nin fazlası zarara sebep olmaktadır. Metabolik aktivitelerde görev alan bu elementin Fe⁺² ve Fe⁺³ formları bulunmaktadır. Kullanılabilir formu Fe⁺² değerliğe sahip olan formu iken; normalde toprakta bulunan formu Fe⁺³ halidir. Bu hali canlılar açısından kullanışlı olmadığından Fe⁺² şekline dönüştürülüp kullanılabilir hale getirilmektedir. İnsanlarda Hemoglobin, Miyoglobin gibi önemli moleküllerin yapısına katılan bu element dönüşüm işlemlerinden sonra vücuda alınıp kullanılabilir. Demir açısından zengin kaynaklar yeşil sebzeler, meyveler, et ve et ürünlerinin bazıları, yumurta gibi besinlerdir. Günlük olarak yeterli demir ihtiyacı karşılanmayan bireylerde, çay ve kahve tüketme alışkanlığı fazla olan insanlarda demir emilim kapasitesi azaldığından demire bağlı kansızlık, halsizlik gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Eser miktarda gerekli olan bu elementin fazlası fizyolojik sorunlara yol açmaktadır (Nowak ve Chmielnicka 2000; Boşgelmez vd. 2001; Kabata-Pendias ve Pendias 2001).

Bitkilerde Fe, makro besin elementleri içerisinde yer almakta ve bitki yaşamında önemli yere sahiptir. Bitkilerde normal büyüme gelişme, metabolik faaliyetlerin düzenli şekilde işlemesi için çok miktarda ihtiyaç duyulan bir elementtir. Bitki gelişiminde önemli yere sahip olan bu element toprak ve kayalarda bulunmasının yanı sıra, bitkiler tarafından bu ortamlardan alınabilirliği de gelişimleri için önem arz etmektedir. Toprak ve kayalarda fazla miktarda bulunsan bile bitki bünyesine alınabilmesi çeşitli faktörlere bağlıdır. Örneğin toprak pH'ı Fe elementinin alınabilirliği açısından büyük öneme sahiptir. Düşük pH'a sahip toprakta bitkiler Fe^{+3} iyonlarını Fe^{+2} iyonlarına indirgeyip bünyelerine alabilmekte ve gerekli olan metabolik reaksiyonlarda kullanabilmektedirler. Yüksek pH'a sahip topraklarda ise Fe^{+3} iyonlarını Fe^{+2} iyonlarına indirgeyemediklerinden bitkilerde Fe eksikliği görülebilmektedir. Aynı zamanda bitkilerin demiri kullanabilmesi için bir diğer faktör bu elementin toprakta şelatla oluşturulan organik komplekslere de gereksinim duymasındır. Şelatlar, bitkilerin topraktaki besin maddelerini daha kolay alınmasını sağlayan organik bileşiklerdir. Şelatlar metallerin yararlı hale dönüşmesini engelleyerek ortamdan bitkiler tarafından bu elementlerin alınabilirliğini kolaylaştırır. Cu ve Zn gibi elementler bitkilerde Fe alınımını olumsuz yönde etkilemekte ve buna bağlı olarak bitkide Fe eksikliği ortaya çıkmakta ve metabolik yollar aksayabilmektedir. Fotosentezin Elektron Taşıma Sistemi yapısında görev alan moleküllerde, nükleik asit, protein gibi moleküllerin sentezi gibi hayatsal öneme sahip metabolik yollarda görev alan bu element H_2O_2 'yi su ve oksijene parçalayan Katalaz enziminin aktifleşmesinde de görev almaktadır (Van Assche ve Clijsters 1990). Fe eksikliğinde özellikle fotosentez mekanizmaları, klorofil sentezi, enzim aktiviteleri aksamaktadır. Klorofilin yetersiz sentezlenmesine bağlı olarak bitkinin fotosentez hızında düşme, özellikle bitkinin yeni oluşan genç tepe noktasındaki yapraklar klorofil eksikliğine bağlı olarak sararmaktadır. Fe elementinin fazla miktarda alınması ise bitkilerde B elementinin alınımını azaltmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1997; Boşgelmez vd. 2001; Kabata-Pendias ve Pendias 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007).

2.2.2. Manganez elementi ve biyolojik önemi

Dünya üzerinde geniş kullanım alanına sahip elementlerden bir tanesi olan Mn elementinin özgül ağırlığı $7,4 \text{ g/cm}^3$, atom numarası 25'tir. Demir-çelik sanayi, paslanmaz çelik üretimi, pil sanayi, boya sanayi, seramik üretimi gibi endüstriyel kuruluşlarda geniş ölçekte kullanılabilen bu element ayrıca metal alaşımlarında aşınma önleyici ve motorda sürtünme-aşınma önleyici olarak benzine ilave edilerek kullanılabilir (Burtis ve Ashwood 2002).

Canlılarda birçok metabolik aktivitede görev alan ve yaşamları için zorunlu olan manganez çok düşük miktarlarda yeterli olmaktadır. Bu element hayvanlarda kemik gelişiminde, birçok enzimin yapısında, yağ ve karbonhidrat metabolizmasında, bağışıklık sisteminde ve hücre zarı yapımında görev almaktadır. Hayvanlar açısından birçok metabolik yolda görev almasının yanı sıra üremede verimliliği sağlayan ve beyin fonksiyonlarının düzenli gerçekleşmesinde de görev alan bir elementtir. Vücutta karaciğer ve böbreklerde depo edilebilen bu elementin fazlalığı ise metabolik sorunlara yol açmaktadır. Mn'nin artışı kolesterol ve kandaki yağ miktarı artışına sebep olmakta, enzim aktivitelerini aksatmakta, karaciğer ve kalbin çalışmasını etkilemektedir (Mcdowell 1992).

Bu element toprakta Mn^{+2} iyonu ve Mn oksitler şeklinde bulunmaktadır. Oksitler içerisinde zor çözünen Mn^{+3} veya Mn^{+4} değerlikli formları bulunmakta ve toprakta bitkiler için en önemli ve işe yarar hali Mn^{+2} değerlikli formudur (Kacar 1995; Topbaş vd. 1998; Bolat ve Kara 2017). Bitki gelişimi ve metabolik faaliyetleri için mutlak gerekli olup mikro besin elementleri grubuna dahil edilmektedir. Bitkiler bu elementi Mn^{+2} iyonu veya mangan şelatları şeklinde almakta ve kullanmaktadır. Toprakta hareketli halde olan elementler içerisinde yer aldığından bitkiler bu minerali alırken aktif taşıma yapmaktadır. Mn'nin bitki bünyesine alınması sırasında hem kökler hem de yaprakları görev almaktadır. Pozitif yüklü olan bu iyon diğer pozitif yüklü iyonlara göre alınımı daha düşüktür. Oksit ve şelatlar halinde bulunmasının yanı sıra elementin topraktan alınabilirliğinde toprağın asitlik değeri çok önemli bir role sahiptir. Toprak asitlik derecesi artıkça manganın elverişliliği ve alınabilirliği artmakta; toprak asitlik derecesi azaldıkça bitkide Mn eksikliği görülmektedir. Toprakta bu element bulunsun bile toprak pH'ı bu elementin alınımında ve kullanımında önemli role sahiptir. Toprakta Mn elementi miktarı 200-300 mg/kg oranında bulunabilmekte ve toprak yapısına göre bu miktar farklılık gösterebilmektedir. Bitkilerde Mn yaşamsal enzimlerin yapısına katılmaktadır. Örneğin MnSOD (süperoksit dismutaz) enzimi oksijenin indirgenmesi sonucu oluşan zararlı bir molekül olan H_2O_2 'in parçalanması sırasında hücrelerin zarar görmesini engellemektedir. Bu etkilerinin yanı sıra bitkilerde DNA ve RNA sentezi sırasında katalizör olarak görev yapmakta, karbonhidrat redüksiyonu sırasında ve özellikle fotosentez sürecinde enerji sağlayıcı olarak görev almaktadır. En önemli görevlerinden biri fotosentez olayında görev alması, oksijenin parçalanması ve oksijenin döngüsü sırasında bitkilerin bu elemente ihtiyaç duymasındır. Dolayısı ile bu elementin eksikliği durumunda bitkilerde ilk ortaya çıkan problemlerden biri fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında görev alan elektron taşıma sisteminin kesintiye uğraması ve bitkinin fotosentezi tam gerçekleştirememesidir. Bitki yeterli klorofil oluşturamadığından Mn eksikliğinde genellikle genç yapraklarda sararma olarak ortaya çıkmaktadır (Topbaş vd. 1998; Orbea vd. 2000; Mengel ve Kirkby 2001; Kacar ve Katkat 2007; Marschner 2008; Kacar ve İnal 2008).

ATP enzim kompleksleri arasında bağlantı sağlayan mangan kompleks stabilitesi düşük olan bir element olduğundan bileşim seviyesi düşüktür. Bitki gelişiminde sadece elementler değil aynı zamanda bitki büyüme düzenleyicileri de önemli yere sahiptir. Mn elementinin eksikliği veya toksik seviyeye ulaşması sonucunda IAA (İndol-3-asetik asit) oksidaz aktivitesi artış göstermektedir. Bitkiyi büyümeye teşvik eden bu bitki büyüme düzenleyicisinin Mn elementi toksik düzeye ulaştığında yapı olarak bozulmaya başlaması sonucu bitkide Ca eksikliği ortaya çıkmaktadır. Mn elementinin toksik düzeye ulaşması sonucunda oluşan diğer bir sorun ise apikal baskınlık durumunun kaybolup yan sürgünlerin artması durumudur. Mn seviyesi istenilen seviyeden daha az ise de IAA oksidaz aktivitesi artmaya başlayıp oksin seviyesini azaltmakta ve bu durum sonucunda da büyüme ve gelişme azalır, yaprak dökümü hızlanmaktadır (Marscher 1986).

Canlılar açısından önemli yere sahip olan bu elementin ekosisteme aşırı miktarda karışması durumunda toksik etkileri ortaya çıkmaktadır. Fazlalığı ya da azlığı sadece Mn elementi için değil; farklı elementlerin de alınabilirliğini veya aktivitesini değiştirebilmektedir. Örneğin toprakta Mn elementinin Fe elementine oranla fazla olması durumunda Fe elementinin kullanılabilirliğini azaltmakta ve Fe'in enzim

aktivitelerinde eksikliğine sebep olmaktadır. Aşırı fosforlu gübre kullanımı, toprakta P miktarının artışı Mn alımına engel olmakta ve bitkide Mn eksikliği ortaya çıkmaktadır. Bitkilerde bu elementin toksik seviyeye ulaşması durumunda dış görünüme yansımakta ve özellikle yapraklarda kahverengi lekelenmeler ile kendini göstermektedir. Çevreye verilen aşırı Mn elementinin kaynakları arasında modern tarımda kullanılan yapay ve doğal gübreler, lağım atıkları, trafik yoğunluğu gibi kaynaklar yer almaktadır. Yola yakınlık arttıkça bu ağır metalin Pb den 100 kat daha fazla birikim gösterdiği çalışmalarla ortaya konulmuştur (Markert 1993; Lytle vd. 1995; Kacar ve Katkat 2007).

2.2.3. Çinko elementi ve biyolojik önemi

Zn atom ağırlığı 65,39 g/mol, atom numarası 30 olan, ağır metaller içerisinde incelenen ve başka metallerle kolay alaşım yapabilen kimyasal yönden aktif bir elementtir. Bu özelliği sayesinde endüstride birçok amaçla kullanılmaktadır. Gübre sanayinde, demir-çelik sanayisinde, otomotiv endüstrisinde, pil üretiminde, ilaç ve dezenfektan maddelerde, boya sanayinde sıkça kullanılmaktadır (Boşgelmez vd. 2001; Burtis ve Ashwood 2002; Kartal vd. 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007).

Canlılar için mikro besin elementleri içerisinde yer almakta ve yaşamsal faaliyetlerin birçoğunda, büyüme ve gelişmede görev almaktadır. Hayvanlarda yumurta olgunlaşması, protein, yağ, karbonhidrat, nükleik asit gibi moleküllerin biyosentezinde ve metabolik yollarında kullanılmaktadır. Özellikle protein metabolizmasında 300 kadar proteinin yapısında bulunmakla birlikte hücre zarının yapısında da önemli rol oynamaktadır. Vücutta özellikle metalo-enzim fonksiyonunda koenzim olarak görev yapmaktadır. Karbonik anhidraz, alkol dehidrojenaz, karboksipeptidaz, alkalik fosfataz ve daha 70'ten fazla enzimin çalışmasında etkili rol oynamaktadır. Çinko endokrin sistemde, 200 den fazla enzimin yapısında, hücre yapımında, dokuların yenilenmesinde ve birçok hormonun sentezinde görev almaktadır. Enfeksiyonlara karşı koruyucu etkisinin bulunmasının yanı sıra kan harici diğer dokularda ve vücut sıvılarında en sık karşılaşılan elementtir. İnsan vücudunda karaciğer, beyin, böbrek, saç, tırnak gibi organlarda birikmektedir. Yetişkin bir insanda 1,8 g çinko bulunmaktadır ve erkeklerde en yüksek birikimin görüldüğü organ prostattır. Eksikliğinde cinsiyet gelişmesi sekteye uğramakta, büyüme gelişme yavaşlamakta, deri iltihabı, ishal gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Çinkonun aşırı miktarda tüketilmesi bulantı, kusma, kolesterol yükselmesi, bağışıklık sisteminin azalması, kas fonksiyonlarında düzensizlik, böbrek yetmezliği, yaraların geç iyileşmesi gibi sorunlara sebep olmaktadır (Kahvecioğlu vd. 2001; Burtis ve Ashwood 2002; Kartal vd. 2004).

Bitkilerde beslenmesinde Zn, mikro besin elementleri içerisinde yer almakta ve hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de birçok metabolik yolda görev almaktadır. Bitkilerde özellikle Zn^{+2} formu büyüme gelişmede, enzim ve protein sentezinde, proteinlerin işlevsel özellik kazanmasında görev yapmaktadır. Enzimlerin çalışmasında katalizör olarak görev yapmasının yanı sıra karbonhidrat metabolizmasında da görev almaktadır. Zn içeren enzimler azot metabolizmasında ve nişasta dehidrasyonunda önemli göreve sahiptir. RNA sentezi sırasında görev yapan RNA Polimeraz enzimi bu elementin eksikliğinde çalışamaz ve bu nedenle metabolik yol aksar. Tryptophan aminoasidinin sentezinde kontrol edici olarak görev yapan bu element büyüme gelişmede görev alan oksin hormonu sentezini etkiler. Bu sebeple büyüme gelişmede, hücre bölünmesinde, dehidrasyon olaylarında görev almaktadır. Büyüme gelişme

döneminde olan bitkilerin dolayısı ile çinko elementine ihtiyacı da fazla olmaktadır. Fotosentez reaksiyonlarında suyun parçalanması sırasında görev alan Karbonik Anhidraz enziminin aktifleşmesinde görev yapmaktadır. Zn toprakta genellikle organik moleküllerle bağlı haldedir ve bu elementin alımında toprak pH'ı önemli yere sahiptir. Toprak pH'ı artıkça bitkiye yarayışlı halde olan çinko elementinin alımını azaltmakta ve bitki toprakta var olsa bile bu elementin eksikliğini yaşamaktadır. Bunların yanında topraktan Zn alımında organik maddelerin topraktaki miktarı, kireç ve kil içeriği yine bitkiler için kullanılabilir Zn miktarını ve bu elementin alımını etkilemektedir. Eksikliğinde bitkilerde büyüme gelişme yavaşlar, enzim, protein ve karbonhidrat mekanizmaları sekteye uğrar. Özellikle bitki köklerini olumsuz yönde etkilemekle beraber yaşlanmış kök dokularının ölümüne sebep olur. Kloroz meydana getirerek yapraklarda damarlar arasında kalan kısımların açık yeşil, sarı veya beyaz renge dönüşmesine sebep olmaktadır. Aşırı miktarda bu elemente maruz kalan bitkilerde kök ve sürgün sistemlerin gelişimini yavaşlatmaktadır. Kökler zayıf kalmakla beraber genç yapraklarda kloroz görülmektedir. Zn fazlalığı durumunda klorofil pigmenti sentezi azalmakta, hücre gelişmesi ve hücre uzaması aksamakta, hücrede bulunan organeller ise parçalanmaya başlamaktadır (Boşgelmez vd. 2001; Rout ve Das 2003; Zengin ve Munzuroğlu 2004; Kartal vd. 2004; Marschner 2008).

2.2.4. Bakır elementi ve biyolojik önemi

Geçiş elementleri arasında yer alan bu elementin atom ağırlığı 63,546 g/mol, atom numarası ise 29'dur. 8,96 g/cm³ yoğunluğa sahip olan bu element dünyanın birçok yerinde bulunmakta ve çok geniş bir kullanım alanına sahip olmaktadır. İnsanlar açısından kullanım alanı çok geniş olan Cu, ev eşyalarının yapımında, takı ve süs eşyalarında, tarımda, elektronik eşyalarda ve elektrik santrallerinde kullanılmaktadır. İşlenebilirliği sebebi ile çok önemli ağır metaller içerisinde yer almaktadır. Kullanım alanının fazla olması; elektrik akımını ve ısıyı iletebilmesi, dövülebilir özellikte olması sayesinde şekil verilebilmesi, çekmeye-aşınmaya karşı dirençli olmasından kaynaklanmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1997; Anonim 2; Boşgelmez vd. 2001; Burtis ve Ashwood 2002; Kartal vd. 2004; Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007).

Canlılar için önemli bir eser element olsa bile canlının tipi bu elementin sınıflandırılmasında önemli bir etken haline gelmektedir. Basit yapılı ve küçük canlılarda zehir etkisi gösteren bakır pestisit yapısında ve antibakteriyel olarak kullanılabilir. Böcek, mantar, bazı yumuşakçalar, bakterilere karşı öldürücü olan bu elementin kullanım alanı geniştir (Boşgelmez vd. 2001; Kartal vd. 2004). İnsanlar açısından iz element olarak nitelendirilen Cu; merkezi sinir sistemi fonksiyonlarında, kan dokuda hemoglobin sentezinde hücre solunum mekanizmaları gibi hayatsal öneme sahip olaylarda görev almaktadır. Bu işlevlerinin yanı sıra birçok enzimin yapısına girmekte ve enzimlerin aktivasyonunda görev almaktadır. Sitokromoksidaz, Askorbik Asit Oksidaz, Ürikaz gibi enzimler bunlardan bazılarıdır. Yağ asidi ve aminoasit metabolizmasında, bazı vitaminlerin işlevselliğinde önemli yere sahip olan bu element iç organ, kemik, saç ve deri gibi yapıların içeriğini oluşturmaktadır. Düşük miktarlarda da yeterli olan Cu; vücutta karaciğerde, barsak ve böbreklerde depolanabilmektedir. Hemoglobinin yapısında önemli bir yere sahip olan Fe elementinin aktivatörüdür. Bu elementin eksikliği sonucunda enzim aktiviteleri azalmakta, bazı organ ve sistemlerde bozukluklar ve metabolik yollarda aksaklıklar, büyüme ve gelişmede gecikme görülmektedir. Bunların yanı sıra kansızlık, kemik

erimesi, karaciğer ve böbreklerde sorunlara da sebep olduğu bilinmektedir (Denkhaus ve Salnikow 2002).

Bitkiler için gerekli besin elementleri içerisinde yer alan Cu elementinin temel kaynağı topraktır. Bitkiler topraktan Cu ihtiyacını karşılayabilmelerinin yanı sıra havadan ve sudan da alabilmektedirler. Bitkiler bu elementi alırken Cu^{+2} formunda ya da organik moleküllere bağlı halde (bakır şelat) şeklinde alırlar. Bitkilerde hayatsal faaliyetler olan oksijenli solunum, fotosentez, bitki büyüme düzenleyicilerinin sentezi vb. mekanizmalarda görev almaktadır. Yaşamın devamı, çoğalma, yenilenme, büyüme gelişme için gerekli olan DNA-RNA sentezinde görev almakta, enzim aktivitesinde kofaktör olarak işlev görmektedir (Raven vd. 1999; Boşgelmez vd. 2001; Asri ve Sönmez 2006). Cu elementi eksikliğinde, bitkilerin büyüme bölgelerine Ca elementinin taşınımı azalmakta, eksikliğin oluşturduğu etkiler özellikle yeni oluşan yapraklarda etkisini göstererek bu yaprakların grimsi yeşil renk almasına ve beyazlaşmasına sebep olmaktadır. Bitki gelişimi gerilemekte, yapraklarda solmaya sebep olabilmekte ve bitkinin uç kısımlarda kuruma görülmektedir. Bu elementin bitkinin ihtiyacından fazla olması durumunda ise; kök kısımlarında daha fazla birikim göstermesi sebebi ile kök gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bitkilerde karbonhidrat, yağ metabolizmasında ve enzim aktivasyonunda görev almasından dolayı önemli yere sahip olan Cu elementi yağ ve protein gibi organik moleküllerle bileşik yaptığından canlı vücudundan atılamamaktadır. Cu elementinin fazla olması durumunda bitki gelişimi eksikliğinde olduğu gibi gerilemekte ve yapraklarda yanmalar meydana gelebilmekte, bitki boyunda kısılmaya ve meyve oluşumunda azalmaya sebebiyet vermektedir. Cu elementi toksik duruma geldiğinde protein sentezi, fotosentez ve solunum reaksiyonları bozulmakta ve metabolik olaylar aksamaktadır (Vural 1993; Boşgelmez vd. 2001; Kartal vd. 2004; Sossé vd. 2004; Sönmez vd. 2006; Asri ve Sönmez 2006).

2.2.5. Kadmiyum elementi ve biyolojik önemi

Doğada serbest halde çok az bulunan ve canlılar için toksik olan Cd elementinin atom numarası 48, atom ağırlığı 112,41 g/mol'dür. Özellikle çelik üretimi sırasında elde edilen bu elementin yoğunluğu 8,65 g/cm³'tür. Yumuşak yapıya sahip olan element çelik üretiminde aşınmayı önleme amacı ile kullanılmaktadır. Gemi, boya sanayinde, PVC sanayinde, elektronik aletlerin yapımında, alaşımlarda, petrol rafinerisinde ve gübrelerde kullanılmaktadır. Yaygın kullanım alanına sahip olması sebebi ile kirliliği de son süreçte artmış ve ortamda kirliliğe sebep olan ağır metaller kategorisine girmiştir. Bunların yanı sıra piller, sprey boyalar, fosil yakıtlar, florasen lambalar, ölçüm aletleri, sigara dumanı gibi etmenler son dönemde atmosfere salınan Cd miktarının artışında çok önemli yere sahiptir (Baş ve Demet 1992; Kahvecioğlu vd. 2001; Burtis ve Ashwood 2002; Anonim 3; Asri vd. 2007; Özyiğit ve Akıncı 2009).

Kadmiyum elementi, doğada bulunmasına karşın canlı yaşamı için gerekli olmayan ağır metaller içerisinde yer almaktadır. Zn elementinin elde edilmesi sırasında yan ürün olarak ortaya çıktığı belirlenmiş ve son dönemde yapılan çalışmalarda çok düşük miktarlarda bile toksik etkiye sahip olduğu çalışmalarla ortaya konulmuştur (Kahvecioğlu vd. 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007). Zn elementine olan benzerliği sonucu bazı önemli enzimlerin yapısına Zn yerine katılıp; metabolik yolların aksamasına veya fonksiyon bozukluğuna sebep olabilmektedir. Cd aynı zamanda diğer ağır metallerle oranla suda çözünme yeteneği çok yüksek olan bir elementtir. Suda

çözünürlüğü yüksek olması sebebi ile çevreye yayılım hızı fazla olup; taşınma ile etkilediği alan ve etki ettiği canlı sayısı da fazladır (Lyons vd. 1996; Tok 1997; Beyazıt ve Peker 1998; Veselov vd. 2003; Benavides vd. 2005; Demirezen ve Aksoy 2006; Farooq vd. 2008). Suda çözünme yeteneği yüksek olan kadmiyum Cd^{+2} formu şeklinde taşınır ve genellikle yiyecekler yoluyla insan vücuduna girer. Bu ağır metalin bölgesel olarak miktar ve dağılımı toprak ve sudaki miktarından dolayı farklılık göstermektedir. Tütün bitkisinde birikim göstermesi sebebi ile sigara içen insanlarda bu ağır metale maruz kalma oranı artmakta; özellikle sigara dumanı ile çekilen kadmiyumun akciğerlerde birikmesine ve kana karışmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle sigara içen insanlardaki Cd seviyesi daha yüksek olup hasarların ortaya çıkma oranı daha fazladır (Kahvecioğlu vd. 2001, 2003; Satarug ve Moore 2004). İnsanlarda zehirlenmelere ve kalıcı hasara sebebiyet verebilmekte, kısırlık, bağışıklık sisteminde oluşabilen hasarlar, kusma, ishal gibi etkiler görülebilmektedir. Yapılan çalışmalarda bu ağır metale maruz kalan insanlarda karaciğer ve böbreklerde birikim gösterdiği, özellikle böbreğin filtreleme mekanizmasını bozduğu; aynı zamanda belli bir değerin üzerine ulaştığında akciğer ve prostat kanserlerine sebebiyet verdiği görülmüştür. Böbreklerdeki birikimi sonucunda insan vücudundan atılımı zorlaşmakta ve kalıcı hasarlar oluşturabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu 1997; Waalkes 2000; Algan 2002; Şahan ve Başoğlu 2003; Waalkes 2003; Anonim 4).

Bitki için yararlı bir element olmayan Cd, topraktan bitkiye geçiş oranı çok yüksek olan bir elementtir. Bu nedenle çok düşük miktarlarda bile bulunması ortamdaki kirliliğin belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılabilir. Özellikle bitkiler su veya toprak yoluyla bu elementi bünyelerine alabilmekte ve dokularında biriktirebilmektedir. Toprakta bu ağır metalin 1 ppm'den daha fazla olması durumunda toprak kirli olarak kabul edilmekte ve bitki kuru ağırlığında 1 ppm'den fazla bulunması durumunda bitkide gözle görülür hasarlara sebep olmaktadır. Bitki için toksik etki gösteren bu element özellikle bitkideki azot metabolizmasını etkilemekte ve karbonhidrat metabolizmasının işlevselliğini bozmaktadır. Genellikle bitkilerdeki etkileri renk değişikliği ve metabolik yolları aksattığı için büyüme ve gelişmedeki azalma olarak görülmektedir. Özellikle taşıtlar, kullanılan gübreler, lağım suları topraktaki Cd oranı artışına sebep olmakta ve sonucunda da bitki bünyesine rahatça geçip, besin zincirine dahil olmaktadır. Bitkilerde aşırı miktarda bu elemente maruz kalma durumunda klorofil sentezinin azaltılması ve var olan klorofilleri yıkması sebebi ile fotosentez reaksiyonlarında da değişimler ve aksamalar gözlenmektedir. Bu etkilerin ortaya çıkmasında özellikle bu ağır metalin serbest radikal oluşturması ve aminoasit gibi önemli organik moleküllerle bağ kurması sonucunda olmaktadır. Bu moleküllere bağlandıktan sonra bitkinin türüne, elementin miktarına ve maruz kalma süresine bağlı olarak önemli metabolik yolları bozabilmekte, yavaşlatabilmekte veya tamamen durdurarak işlevini bozabilmektedir. Bitkilerde yaşamın devamı için zorunlu olan terleme olayını engellemekte, enzimlerin yapısını bozup aktifleşmesine engel olmaktadır (Vural 1993; Tok 1997; Çatak vd. 2000; Özden ve Bayçu 2004; Zengin ve Munzuroğlu 2005; Asri vd. 2007).

2.2.6. Nikel elementi ve biyolojik önemi

Hayvanlar ve bitkiler için eser miktarda gerekli olan Ni elementinin atom numarası 28, özgül ağırlığı ise $8,9 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Toprakta düşük miktarda bulunan bu element özellikle alaşım üretiminde kullanılmakta ve dayanıklılığı yüksektir.

Korozyona karşı dayanıklı alaşımlarda, paslanmaz çelik üretiminde madeni para ve makine parçası üretiminde, elektronik endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahiptir (Kahvecioğlu vd. 2001; Yıldız 2001; Demirezen ve Aksoy 2006; Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007).

Ni elementi kentsel atıkların yakılması sonucunda, madencilik ve rafineri işlemleri sırasında yanma sonucu atmosfere yayılmakta ve böylece canlı vücuduna veya biyolojik sistemlere dahil olmaktadır. Çevreye dahil olmasında ayrıca kağıt endüstrisi, gübre, demir-çelik sanayisi ve termik santraller de etkili olan diğer etmenlerdir. Lağım sularının toprağa karışması, otomobil eksozu, endüstriyel bacalar da nikel elementinin yayılım yollarından bazılarıdır. Bu olaylar sonucunda toprak ve suda bitkiler için gerekenden fazla bulunan bu ağır metal bitkilerde birikmekte ve limitleri aşıp toksik hale gelmektedir. Kanseri ile bazı inorganik Ni bileşikleri arasında paralel bir ilişki bulunması son dönemde bu elemente olan ilgiyi artırmıştır. Takı üretiminde geniş kullanım alanına sahip olması daha fazla insanla buluşmasına sebebiyet vermekte ve bu nedenle alerjik reaksiyonlara, deride tahrişe sebep olmaktadır (Boşgelmez vd. 2000; Kabata-Pendias ve Pendias 2001; Yıldız 2001; Rether 2002; Kartal vd. 2004; Epstein 2005; Tunçok 2008).

Ojovan ve Lee (2005)'ye göre organizmada fonksiyonların devamı için gerekli olmayan bir element olarak nitelendirilen Ni; şelatlarını kolayca oluşturması sebebi ile bitkilerde enzimlerin yapısında ve fizyolojik aktif merkezlerde bulunan ağır metal elementleri ile yer değiştirmektedir (Krogmeier vd. 1991). Aynı zamanda bitkilerde hareketli halde olan bir olması sebebi ile hem yapraklarda hem de tohumda görülebilmektedir (Bakırcıoğlu 2009). Kacar ve Katkat'a göre bitki büyüme gelişmesinin normal olabilmesi için Ni mutlak gerekli elementler sınıfında yer almaktadır. Mikro besin elementi olarak adlandırılan bu element bitkilerde Hidrogenaz ve Üreaz gibi enzimlerin yapısında yer almaktadır. Ni elementinin organik formu inorganik formundan daha zehirleyici özelliğe sahiptir. Bazı canlılar için gerekli olabildiği gibi bazı canlılar açısından toksik etkiye sahip olabilmektedir. Özellikle bitkilerde belli bir değerden sonra zehirleyici etkiye sebep olan Ni elementinin yüksek miktarlara ulaşması kloroz ve nekroza sebep olmaktadır. Köklerden besin elementlerinin alımına engel olmakta ve bitkinin besin eksikliği çekmesine sebebiyet vermektedir. Ayrıca klorofil sentez mekanizmasına etki etmekte ve büyüme gelişme üzerinde negatif olarak etkisini göstermektedir (Yıldız 2001; Güzel vd. 2004; Zengin ve Munzuroğlu 2005; Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007; Kacar ve Katkat 2010).

2.2.7. Kurşun elementi ve biyolojik önemi

11,3 g/cm³ özgül ağırlığa sahip olan Pb, insan yaşamında geniş kullanım alanına sahip ve aynı zamanda ekolojik sistemlere en önemli zararı vermiş olan ilk ağır metaldir. Antik çağlardan beri kullanılan bu elementin atom numarası 82, atom kütlesi 207,19'dur. Kullanım süresi antik uygarlıklara kadar dayandığından etkileri uzun süreçlerden geçtiğinden çok fazla olmuştur. Roma imparatorluğu döneminde bu elementin su boruları, su saklama alanlarında kullanıldığı ve bu nedenle suya karışıp geniş alana yayılım imkânı bulduğu; Roma imparatorluğunun sonunu hazırladığı düşünülmektedir (Saygıdeğer 1995; Karademir ve Toker 1995; Boşgelmez vd. 2001; Kahvecioğlu vd. 2001; Anonim 5). Serbest veya bileşik halinde zehir etkisi gösteren Pb elementinin kullanım alanı süreç içerisinde değişerek daha da yaygın hale gelmiştir. Bu

yayımda özellikle araç sayısındaki artış ve araçlarda kullanılan benzine kurşun ilavesi olmuştur. Dayanıklı yapısı sayesinde alaşımlarda, pigment üretiminde, mühimmat üretiminde, kablo izolasyonu ve elektronik malzemelerin üretimi, sigara, pestisitler, kozmetik malzemeler, porselen, seramik ve kristal malzemelerin üretiminde kullanım alanına sahiptir (Haktanır vd. 1995; Çepel 1997; Yeşilyurt ve Akcan 2001).

Canlılar için gerekli olmayan Pb, çok düşük miktarlarda bile toksik etkiye sebep olmaktadır. Organik ve inorganik halde bulunabilen bu ağır metalin organik formu canlılar açısından daha önemli yere sahiptir. Çünkü organik hali uçucu özelliğe sahiptir ve bu nedenle gıda maddelerine veya suya karışabilmektedir. İnorganik hali ise atmosferde partiküller halinde bulunduğundan canlılar açısından organik formundan daha az tehlike arz etmektedir. Fakat canlılık açısından gerekli olmadığından bu elementin çok düşük dozları bile yaşamı etkileyebilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre kanserojen bir element olan Pb, doğaya aşırı miktarda salınmakta metal veya bileşik olarak çevrede etkilerini göstermektedir. Pb'nin hava ile taşınması sonucunda kutuplarda bile bu ağır metalin kirliliğe yol açtığı ve bu denli yoğun ve geniş ölçekli kirliliğe sebep olmasında benzine ilave edilmesinden kaynaklandığı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu ağır metal toprağa endüstriyel atıklarla kirlenmiş sular, lağım suları ve pestisitlerle bulaşabilmektedir (De Jonghe ve Adams 1982; Karademir ve Tokar 1995; Anonim 1; Karaca vd. 1996; Schmidt 1997; Kahvecioğlu vd. 2001; Kacar ve İnal 2008).

Pb insan vücuduna su veya bu ağır metale maruz kalmış besinlerle girebilmektedir. Ağır metaller vücuttan atılmadığından zehirlenmelere sebep olmakta ve miktar olarak belli bir seviyeyi geçtiğinde ise hasarlara yol açmaktadır. İnsanlar açısından en toksik ağır metaller içerisinde yer alan Pb, nörotoksin olarak nitelendirilmekte ve biyokimyasal reaksiyonlarda görev almamaktadır. İnsan vücudunda Ca elementi ile Pb elementi emilimi ters orantılı olarak çalışmaktadır. Pb miktarının artışı sonucunda sinirsel iletimde görev alan Asetilkolin adı verilen nörotransmitter maddenin salınımını uyaran Ca elementinin etkisini baskılamaktadır. Bu etkiler sonucunda sinirsel iletimde aksamalar ve nörolojik sorunlar ortaya çıkmaktadır (Piomelli 2002; Bakar ve Baba 2009; Ayoğlu 2016). Pb elementine maruz kalma sonucu; insanlarda duyu ve motor sinirlerinin yavaşlaması, iştahsızlık, karın ağrısı ve kabızlık, zekâ geriliği, hafızada problem, kan proteini hemoglobinin üretiminde aksama gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Hemoglobin sentezinde görev alan enzimleri inhibe ettiğinden kansızlığa neden olmakta ve kromozomlarda hatalara da sebebiyet vermektedir. Emildikten sonra hareketli halde olan bu metal kemik ve vücudun diğer doku, organlara geçebilmekte iken çok az miktarları dışkı ile atılabildiğinden dış, kemik, kas, tırnak, kıl, böbrek, karaciğer gibi vücut kısımlarında birikmektedir. Pb elementinin toksik hale gelmesinde veya etkilerinin görülmesinde başka elementlerin de rolü bulunmaktadır. Vücuda Ca ve P elementlerinin normalden az alınması bu ağır metalin vücutta birikimini artırmakta, yanı sıra Mn ve Co elementlerinin eksikliği de Pb ağır metalinin emilimini ve etkilerinin ortaya çıkmasını etkilemektedir (Yeşilyurt ve Akcan 2001; Flora 2002; Guevara vd. 2004; Bakırcıoğlu 2009).

Bitkiler için gerekli olmayıp belli sınır değerlerin üzerinde toksik etkiye sahip Pb ağır metali bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitkilerde bu elementin görülmesi dahi ortamda kirliliğin varlığının bir işareti olarak kabul edilmektedir. Bitkiler Pb elementini havadan ya da topraktan alabilmekte; topraktan alındığında ise köklerde aşırı miktarda birikime sebep olmaktadır (Bakırcıoğlu 2009).

Bu sebeple bitkilerin kök kısımlarında Pb elementi birikimi sürgün kısımlarına göre daha fazla olmaktadır. Bitkilerde su metabolizması üzerinde etkili olan bu ağır metal stomaların hareketini ve hücrenin turgor durumunu etkilemekte; yaprak alanının azalmasına sebep olduğundan bitkide su dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bitkilerde bu elementin aşırı birikmesi kök gelişimini olumsuz etkilemekte ve bitkinin ihtiyacı olan besin elementlerinin topraktan alınmasına engel olmaktadır (Foy vd. 1978; Vural 1993; Verma ve Dubey 2003; Zengin ve Munzuroğlu 2004; Sharma ve Dubey 2005; Asri ve Sönmez 2006).

2.2.8. Kobalt elementi ve biyolojik önemi

Atom numarası 27, atom ağırlığı 58,9 g/mol olan Co elementinin özgül ağırlığı 8,9 g/cm³'tür. M.Ö. 2000'li yıllardan beri kullanıldığı düşünülen bu element yer kabuğunda az miktarda bulunmasına karşın geniş kullanım alanına sahiptir. Fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından Ni elementiyile benzerlik göstermektedir. Co elementi, üretilen malzemelere manyetik özellik kazandırmada, korozyondan korumada, kesici delici alet üretiminde, yüksek ısıya dayanıklı malzeme ve elektrik rezidanslarının üretiminde, alaşım çeşitlerinde kullanılmaktadır. Endüstriyel uygulama ve askeri alanda büyük bir öneme sahip bu element süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde, cam, porselen, seramik, boya üretiminde, biyolojik arıtma sistemleri gibi endüstrilerde yer almaktadır (Kartal vd. 2004; Eskier 2017). Çok kuvvetli manyetik özelliğe sahip olması sebebi ile Fe ve Ni gibi elementlerden daha fazla oranda kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklığa dayanıklı olduğundan ve ferromanyetik özelliğinden dolayı stellite alaşımları tıp aletlerinin yapımında, sağlık sektöründe ayrıca diş protezi üretiminde yer alan bu element parlak ve dayanıklı olduğundan Fe, Cr gibi alaşımlarla özel çeliklerin yapımında önemli yere sahiptir. Endüstriyel alanda kullanılmasının yanı sıra radyoaktif özelliğinden dolayı kanser tedavisinde radyoterapi ve kemoterapi gibi tedavi yöntemlerinde kullanım yeri bulmaktadır (Eskier 2017).

Doğada serbest halde bulunan bu mineral insan vücuduna B12 kaynaklarıyla girmektedir. Bu kaynaklar genellikle hayvansal gıdalar ya da barsak florasında bulunan bakteriler olabilmektedir. İnsan vücudu için büyük bir öneme sahip olan bu vitaminin yapısında, metionin aminoasidinin sentezinde, kükürtlü aminoasit üretimi metabolizmasında, tiroid hormonlarının sentezinde görev almaktadır. Kırmızı kan hücrelerinin üretiminde, merkezi sinir sisteminin işlevselliğinde büyük öneme sahip olan Co elementi ayrıca Fe elementinin vücutta kullanılabilmesi için gereklidir. Co elementi eksikliğinde Fe metabolizması bozulduğundan vücutta B12 vitamini eksikliği oluşmaya başlamakta ve sonucunda kansızlık, halsizlik gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Normalden daha fazla oranda Co alımı durumunda lenf bezlerinin genişlemesi, kalp yetmezliği gibi problemler oluşabilmektedir. Özellikle vücuda kemik cerrahisi ve protez takılması durumunda bu ürünlerin Co elementi içeriğinden dolayı bu elementin vücutta birikimine ve zehirlenmeye sebep olmaktadır. Fazla miktarda bu ağır metale maruz kalma sonucunda solunum mekanizmasında bozulma, böbrek ve karaciğer rahatsızlıkları, bağışıklık sisteminde bozulmalar, kalbin büyümesi ve taşikardi gibi problemler görülebilmektedir (Aksoy 2011; Dermience vd. 2015; Eskier 2017).

Bitki besin elementleri içerisinde yer alan Co; bitkiler tarafından topraktan alınırken toprak pH'ı önemli yere sahiptir. Çünkü toprak pH değeri yükseldikçe bitkilerin bu elementi alma oranı azalmaktadır. Topraktaki kireç oranı arttıkça Ca iyonu

miktarında artışa sebep olmakta; topraktaki Ca iyonu artışına bağlı olarak pH artmakta ve bitki toprakta var olan Co elementinden yararlanamamaktadır. Toprakta var olan bazı elementler gibi bu element de kileyt oluşturma eğilimindedir. Aynı zamanda bu ağır metal başka iyonların önemli bağlanma bölgelerini değiştirerek onların yerine geçerek eksikliklerinin görülmesine sebep olmaktadır. Toprakta yüksek miktarda Co bulunması bitkilerde Fe eksikliğine sebep olmakta ve bitki metabolizmasında aksaklıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Nicholas ve Thomas 1954; Güneş vd. 2002). Bitki gelişiminde etkili elementler içerisinde yer alan bu element özellikle baklagillerde önemli yere sahiptir. Baklagiller atmosferdeki serbest azotu bitkiye ve toprağa bağlamada görev alan bakterilerin oluşturduğu nodül adı verilen yapılar sayesinde N elementi bakımından zenginleşmektedir. Nodül adı verilen bu yapılarda N fiksasyonu sırasında koenzim olarak görev yapan Co elementinin yüksek miktarlara ulaşması bitkilerde toksik etkiye sebep olmaktadır (Kacar ve Katkat 1998; Gür vd. 2004).

2.3. Ağır Metallerle İlgili Önceki Çalışmalar

1986 yılında İzmir ve çevre yollarında yetişen bitkilerin Pb, Zn ve Cd oranlarını inceleme amacı ile çalışma yapılmıştır. Çalışmada bitkilerde bu ağır metallerin birikim miktarı incelenerek trafik yoğunluğunun artışına bağlı bitkilerde bu metallerin de miktar olarak artış gösterdiğini belirlemiştir. Özellikle incelenen ağır metaller açısından birikimin örneklenen bitkiler arasında tüylü yapraklı olanlarda daha fazla orana sahip olduğunu görmüştür (Türkan 1986).

Eskişehir’de trafik yoğunluğuna bağlı ağır metal kirliliği şehrin farklı lokalitelerinden örneklenen *Populus nigra* subsp. *nigra* bitkisi üzerinde incelemiştir. Bitkinin yaprakları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde Pb, Cd, Zn ağır metallerinin etkileri incelenmiştir. Yapılan araştırma sonucunda bitkide Pb değerinin istenilen değerden çok daha yüksek çıktığını ve trafik yoğunluğu arttıkça bitki bünyesinde bulunan Pb ağır metali miktarının da artış gösterdiği tespit edilmiştir (Bereket ve Yücel 1990).

İstanbul E5 Otoyolu kenarında yayılış gösteren *Ailanthus altissima* bitki örnekleri 10 farklı lokaliteden örneklenerek bitkiye ait yapraklar ve yetiştiği toprak örneklerinde Cd ve Pb ağır metallerinin miktarları tayin edilmiştir. Çalışma sonucunda araştırmada kullanılan bitkinin incelenen ağır metallerle karşı dayanıklı olduğu ve bu ağır metalleri bünyesinde biriktirebilme özelliğinden dolayı yol kenarlarına dikilebileceği ortaya konulmuştur (Bayçu ve Önal 1993).

1995 yılında yapılan çalışmada Eskişehir ilinde Porsuk Çayı’nın bulunduğu alanda ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Farklı lokalitelerden örneklenen *Phragmites australis* ve *Sparganium erectum* bitkilerine ait yapraklar ve bulundukları alandaki toprak örnekleri Cu, Pb, Zn ve Cd ağır metal konsantrasyonları açısından incelenmiştir. Çalışma sonucunda incelenen ağır metal oranlarının tölere edilebilir değerlerin çok üstünde olduğu belirlenmiştir (Yücel vd. 1995).

1996 yılında Antalya’nın 36 farklı lokalitesinden örneklenen *Phoenix dactylifera* bitkisine ait örnekler ve yetiştikleri toprak örneklerinde ağır metal oranları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada bitkiye ait yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örneklerinin bu bölgedeki kirlilik açısından biyomonitör özellik gösterip göstermediği

araştırılmıştır. Çalışmada bitkiye ait örneklerin Pb, Cd, Zn ve Cu ağır metal kirliliği açısından biyomonitör olabileceği ortaya konmuştur (Aksoy ve Öztürk 1996).

Antalya ilinde *Nerium oleander* bitkisi kullanılarak ağır metaller açısından bu bitki türünün biyomonitör olabilirliği test edilmiştir. Bölgede 53 farklı lokaliteden örneklenen bitkiye ait yaprak ve bitkilerin yaşam alanlarındaki toprak örnekleri Pb, Cd, Zn ve Cu ağır metalleri açısından incelenmiştir. Çalışma sonucunda bitkiye ait yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri arasında farklılıkların bulunduğu, aynı zamanda incelenen ağır metaller açısından bu bitki türünün biyomonitör olduğu ortaya konulmuştur (Aksoy ve Öztürk 1997).

Kayseri-Kırşehir Karayolunda yayılış gösteren *Cichorium intybus* L. ve *Rumex pulcher* L. bitki türleri ile yapılan çalışmada belirlenen lokalitelerden toplanan bitki örneklerinde Pb, Cd, Zn ağır metallerinin birikim oranları incelenmiştir. Çalışma sonucunda bitkilerde bu ağır metal miktarlarının yola olan mesafe ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Yola yakınlık arttıkça incelenen ağır metallerin birikim miktarlarının da arttığı görülürken; *Cichorium intybus* bitkisinin yaprakları tüylü olduğundan bu ağır metalleri daha fazla bünyesinde biriktirdiği tespit edilmiştir (Aksoy 1997).

İstanbul'da *Cedrus libani* A. Rich. ve *Pinus pinea* L. türlerinin Cd ve Pb ağır metali kirliliğine bağlı klorofil miktarındaki değişim ve peroksidaz enzimi aktivitesi araştırılmıştır. Bölgede var olan kirliliğin tespiti için hem bitki hem de toprak örnekleri incelenmiştir. Bitkilerin yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri ve yetiştiği alandaki toprak örnekleri analiz edilerek ve aradaki bağlantılar ortaya konulmuştur. Yıkanmış olan ibrelerde Cd ve Pb ağır metali oranlarının yıkanmamış yapraklara oranla daha az olduğu tespit edilmiştir. İki yıllık olan yıkanmamış yapraklarda bu ağır metallerin oranının en yüksek olduğu, aynı zamanda bu bölgedeki trafik yoğunluğunun çok fazla olduğu belirlenmiştir. Bitkilerden alınan yapraklarda iki yıllık olan ibrelerin klorofil miktarının bir yıllıklardan fazla olduğu fakat kirliliğin artışına bağlı olarak tüm yapraklarda klorofil miktarının azaldığı bulunmuştur. Peroksidaz enzimi miktarının ise kirlilik artışına bağlı olarak arttığı çalışma sonucunda ortaya konmuştur (Bayçu vd. 1999a, 1999b).

Kayseri ilinde yapılan çalışmada bölgedeki kirliliğin belirlenmesi amacıyla *Elaeagnus angustifolia* bitki türü seçilerek ağır metal kirliliğinde biyomonitör olabilirliği test edilmiştir. Çalışmada bitkiye ait yıkanmış, yıkanmamış yaprak örnekleri ve bitkilerin örneklem alanlarındaki toprak numuneleri Pb, Cd, Cu ve Zn ağır metalleri açısından analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre seçilen bitki türünün incelenen ağır metaller açısından biyomonitör olabileceği ortaya konulmuştur (Aksoy ve Şahin 1999).

Kayseri'de yapılan bir başka çalışmada *Robinia pseudo-acacia* L. bitkisinin ağır metal kirliliğinde biyomonitör olabilirliği test edilmiş ve Pb, Cd, Cu ve Zn ağır metalleri açısından inceleme yapılmıştır. Belirlenen alanlardan alınan bitkiye ait yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri ile toprak örnekleri analiz edilip aralarındaki anlamlılık tayin edilmiştir. Bölgede var olan kirlilik açısından seçilen bitki türünün analiz edilen ağır metaller bakımından biyomonitör olduğu sonucuna varılmıştır (Aksoy vd. 2000a).

Antropojenik etkiler sonucu Sivas'ta ortaya çıkan ağır metal kirliliğinin saptanmasına yönelik çalışmada farklı lokalitelerden *Pinus sylvestris* L. ve *Robinia pseudo acacia* L. bitki türlerine ait örnekler toplanmıştır. Örneklenen bitkilerde Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Fe ve Al ağır metallerinin oranları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda trafik yoğunluğuna bağlı olarak Pb, bölgede yer alan çimento fabrikası sebebiyle Fe ve Al, endüstriyel kirlilik sonucu ise Cd ağır metal kirliliği tespit edilmiştir (Elik ve Akçay 2000).

Akdeniz bölgesinde kıyı şeridindeki yoğun trafik baskısının neden olduğu kirliliğin incelendiği çalışmada *Cynodon dactylon*, *Nerium oleander* ve *Pinus brutia* bitkileri kullanılmıştır. Yaz dönemlerinde özellikle bölgede artan insan popülasyonu ve taşıtlardan dolayı incelenen bitkilerde Pb ve Cd miktarlarına bakılmıştır. Türlerin farklı olması sebebi ile bitkilerin içerdiği ağır metal oranları birbirinden farklı olsa da ortamda bu bitki türlerinin kirliliğe maruz kaldığı tespit edilmiştir (Aksoy vd. 2000b).

Ece ve çalışma arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada ağır metallerin sebzelerdeki Cd ve Pb oranına etkisi incelendiğinde, besinlerin bu kirlilikten etkilendiği araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Yola yakınlık oranının artması ile kirlilik oranının da arttığı görülürken; yol kenarında bulunan bitkilerin özellikle filtrasyon görevi yaptığı ve bariyer etkisi yarattığı tespit edilmiştir (Ece vd. 2001).

Manisa ilinin Soma'ya bağlı Turgutalp yöresinde tütün bitkisinin yapraklarındaki Pb ağır metali miktarı incelenmiştir. Araştırılan alan özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgeden seçilmiş ve seçilen örneklem alandan belirli aralıklarla bitkiye ait örnekler alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda kavşakta yer alan tarlada yetişen tütün yaprağı örneklerinin yola olan mesafesi arttıkça Pb elementi miktarının da artış gösterdiği belirlenmiştir. Yola yakın olan bitki yaprakları egzoz gazına daha fazla maruz kaldığından kirlilik oranı daha yüksek bulunmuş, ayrıca bölgede var olan Soma Termik Santralinin de bu kirliliğin ortaya çıkmasında etkili olduğu çalışma sonucunda belirlenmiştir (Sesli 2002).

Triticum aestivum L. ve *Cucumis sativus* L. bitkilerinde Hg, Cd, Co, Cu, Pb ve Zn ağır metallerinin tohum çimlenmesi, kök uzaması, koleoptil ve hipokotil gelişimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bitkilerdeki gelişim üzerinde bu ağır metallerin etkilerini belirleme amacı ile yapılan çalışmada farklı konsantrasyonlarda ağır metal uygulaması yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Bitki türlerinin farklılığından kaynaklı belirli miktarda inhibisyon için konsantrasyon farklılığının olduğu görülmüştür. Ayrıca belirli konsantrasyonlarda bitkilere ait tohumların çimlenmesi yüksek ağır metal yoğunluğunda tamamen dururken, uygulama yapılan tüm bitkilerde kontrol grubuna göre çimlenmede azalma olduğu ortaya konmuştur (Munzuroğlu ve Geçkil 2002).

Kırıkkale-Ankara karayolunda *Elaeagnus angustifolia* bitkisi üzerinde Pb ağır metalinin sebep olduğu kirlilik araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bitki yapraklarında egzoz gazına maruz kalma oranı arttıkça Pb elementi miktarı yüksek değerlere ulaşırken; stomalardaki Pb miktarının değişmediği ve kirliliğe sebep olan faktörün yoğun taşıt olduğu sonucuna varılmıştır (Çavuşoğlu 2002).

Phaseolus vulgaris L. bitkisine ait fidelerin kök, gövde ve yaprak gibi organlarında Cd ve Hg ağır metallerinin gelişim üzerinde etkileri incelenmiştir. Çalışmada bitki fideleri farklı konsantrasyonlarda Cd ve Hg ağır metallerine maruz bırakılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda ağır metaller fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranda azalttığı tespit edilmiştir. Artan ağır metal yoğunluğu ile bitki organlarında büyüme inhibisyonu arasında paralellik bulunurken; özellikle Cd ve Hg stresine kök büyümesinin daha duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ağır metal stresinin bitki gelişimi üzerinde olumsuz etkileri olduğunu gösteren bu çalışmada aynı zamanda Hg elementinin Cd'a göre daha toksik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Zengin ve Munzuroğlu 2004).

2005 yılında yapılan çalışmada Pb ağır metalinin farklı konsantrasyonlarının *Lens culinaris* Medik. tohumları üzerinde çimlenme, kök büyümesi ve kök ucu hücrelerinin mitoz bölünmelerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada düşük Pb konsantrasyonunun çimlenmede bir farklılık yaratmadığı fakat yüksek konsantrasyonlarda çimlenmeyi azalttığı tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen bu bulguların yanı sıra uygulanan Pb konsantrasyonlarının tamamında kök büyümesinin engellendiği ve hücre bölünmesini azaltarak bitki gelişimini olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (Kıran ve Şahin 2005).

Taşıtların sebebiyet verdiği Pb kirliliğinin araştırılması amacı ile Isparta ilinde *Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus libani* A. Rich bitki yaprakları bu ağır metalin tespitinde kullanılmıştır. Belirlenen alanlardan alınan bitkilere ait yaprakların analizleri sonucunda her iki bitki türünün Pb ağır metali ile kirlendiği ortaya konmuştur. Kirliliğin özellikle şehre yaklaştıkça arttığı ve *Cupressus sempervirens* bitkisinin yapraklarının anatomik yapısından dolayı *Cedrus libani* türüne göre daha fazla bu ağır metali ihtiva ettiği belirlenmiştir (Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu 2005).

Konya ilinde hava kaynaklı ağır metal kirliliği etkileri *Cedrus libani* A. Rich bitkisi üzerinde incelenmiştir. Çalışmada farklı bölgelerden iki tip bitkiye ait iğne yapraklarda Pb, Cu, Zn, Co, Cr, Cd ve V ağır metalleri için analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda yaşlı olan bitki yapraklarının genç olanlara göre daha fazla ağır metal içerdiği görülürken; dönemsel olarak birikim miktarında farklılıkların olduğu, özellikle şehir merkezinde bulunan bitkilerin ağır metal içeriğinin daha yüksek oranlara ulaştığı ve sebebinin de fosil yakıt kullanımı sonucu oluşan kirlilikten kaynaklandığı tespit edilmiştir (Önder ve Dursun 2006).

İstanbul'da farklı lokalitelerden örneklenen yaprak döken 7 farklı bitki türü üzerinde araştırma Cd, Pb, Zn ve Ni ağır metal konsantrasyonları araştırılmıştır. Çalışmada *Acer negundo* L., *Aesculus hippocastaneum* L., *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle, *Fraxinus angustifolia* (Vahl.), *Platanus* sp., *Populus nigra* L., *Robinia pseudoacacia* L. bitkilerine ait yapraklarda ağır metal analizleri yapılmıştır. Bitki türlerinin farklı olması sebebi ile birikim gösteren ağır metal çeşidi ve bu ağır metallerin seviyesinde farklılıklar elde edilmiştir. Kentsel alanlardan örneklenen bitkilerde klorofil miktarının daha düşük, POD aktivitesinin ise yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda ağır metal stresine maruz kalan bitkilerde tolerasyon miktarının farklı olduğu tespit edilmiştir (Bayçu vd. 2006).

Kayseri ilindeki ağır metal kirliliğinin olası biyomonitörü olarak *Fraxinus excelsior* L. bitkisini kullanılmıştır. Çalışmada belirlenen lokalitelerden toplanan bitkiye ait yaprak ve toprak örnekleri Pb, Cd, Cu, Zn, Ni ve Cr ağır metalleri açısından analiz edilerek yıkanmış ve yıkanmamış bitki yaprakları ve toprak arasındaki bağıntı araştırılmıştır. Analizler sonucunda yerleşim yerlerine yakınlık arttıkça bitki örneklerinde var olan ağır metallerin konsantrasyonlarının da artış gösterdiği; aynı zamanda bitkinin incelenen ağır metallerin biyomonitörü olduğu sonucuna varılmıştır (Aksoy ve Demirezen 2006).

Konya ilinde ağır metal kirliliğinin tespitine yönelik yapılan çalışmada farklı lokalitelerden bitki ve toprak örnekleri toplanarak Pb, Zn, Cu, Co ve Ni elementlerinin miktarları analiz edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal oranlarının insan faaliyetlerinin ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde daha fazla olduğu görülmüştür. Kendi aralarında kıyaslama yapıldığında araştırılan lokalitelerden özellikle kavşak noktalarında ve trafik ışıklarının bulunduğu bölgelerde ağır metal oranlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toprak ve bitki örneklerinin incelendiği bu çalışmada ağır metallerin bitki bünyesinde topraktan daha fazla olduğu ortaya konmuştur (Keleş 2007).

Muğla ilinde *Pyracantha coccinea* Roem. bitkisi Cd, Pb ve Zn ağır metallerinin olası biyomonitörü olarak incelenmiştir. Araştırmada bölgede var olan kirliliğin miktarı ve seçilen bitki türünün bu kirlilik açısından biyomonitör olabilirliğinin yanı sıra ortamdaki kirliliğin temizlenmesinde kullanılabilirliğine yönelik inceleme yapılmıştır. Yapılan çalışmada farklı lokalitelerden toplanan bitki örneklerine ait yapraklar yıkanmış ve yıkanmamış olarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda Cd ağır metali özellikle otoyol kenarından alınan bitkilerde yüksek seviyelere ulaştığı ve incelenen bitkinin araştırılan ağır metallerin biyomonitörü olduğu aynı ortaya konulurken; bölgedeki kirliliğin temizlenebilirliğinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Akgüç vd. 2008).

Kayseri bölgesinde var olan kirliliğin tespitine yönelik yapılan çalışmada *Cichorium intybus* L. bitkisi olası biyomonitör olarak test edilmiştir. Belirlenen 45 alandan alınan bitki örnekleri Pb, Cd, Zn ve Cu ağır metalleri birikimi açısından incelenmiştir. Çalışma alanında seçilen endüstriyel alan ve özellikle yol kenarında bulunan lokalitelerden alınan bitki örneklerindeki ağır metal oranları daha yüksek olduğu görülürken; araştırılan bitkinin biyomonitör olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur (Aksoy 2008).

Ankara ilindeki kirlilik oranlarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada *Aesculus hippocastanum* bitkisi incelenmiştir. Çalışmada trafiğin yoğun olduğu caddelerde bulunan bitkiye ait dal, yaprak ve kabuk örnekleri Pb birikimi açısından incelenmiş ve bitki kısımlarından elde edilen sonuçlara göre Pb ağır metali birikiminin aylık olarak farklılık gösterdiği görülmüştür. En yoğun birikimin yapraklarda görülmesi bitkiye ait bu organın geniş yüzeye sahip olması, atmosferle doğrudan temas etmesi olduğu sonucuna varılmıştır. Ankara'da yine yol kenarında bulunan *Sophora japonica* L. ile yapılan çalışma sonucunda bitkinin kabuk ve dal gibi organlarında Pb ve Ni ağır metal oranları ölçülmüştür. Trafik yoğunluğunun fazla olduğu bu bölgelerden seçilen bitki türleri göstermiştir ki özellikle kavşak gibi araçların en yoğun olduğu bölgelerde birikim miktarı daha yoğun olarak gözlenmektedir. Ayrıca çalışma sonucunda yağışlı mevsimlerde ağır metallerin birikiminin arttığı elde edilmiştir (Bingöl 1992; Bingöl vd. 2008).

Ağır metal kirliliğinde en büyük etmenlerden birisi araç yoğunluğunun artması ve bu araçların egzozlarından havaya salınan maddelerdir. Yoğun araç trafiğine maruz kalan otoyol kenarlarındaki tarım topraklarında ağır metal kirliliğinin daha fazla görüldüğü saptanmıştır. Cd, Pb ve Ni kirliliğinin taşıt yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda yoğun olarak görüldüğü bilinmektedir (Hakerler vd. 1994; Sarı 2009).

Solanum melongena L. bitki fideleri kullanılarak Pb ağır metali birikimi, bitkideki dağılımı ve bitki besin içeriğine etkisini araştırılmıştır. Araştırmada farklı yoğunlukta Pb uygulamaları yapılmış ve bitkideki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda artan Pb konsantrasyonuna bağlı olarak bitki büyümesi, kök uzaması, bitki boyu, yaprak alanı, kök, sürgün ve yaprakların kuru ağırlığında azalma tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek Pb konsantrasyonunun kök ve yapraklarda birikime sebep olduğu görülmüştür. Pb yoğunluğundaki artış diğer elementlerin de alımını inhibe ettiği ve klorofil yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak fotosentez reaksiyonlarının zarar gördüğü sonucuna varılmıştır (Yılmaz vd. 2009).

Thespesia populnea L. bitki fideleri kullanılarak Pb ağır metalinin bitkide etkileri incelenmiştir. Çalışmada bitkinin ağır metale maruziyeti sonucunda kök, sürgün sistemlerinin fidelerin uzunluğunun azaldığı tespit edilirken; yaprak alanı, yaprak sayısı, fidelerin kuru ağırlığı ve yaprak alanlarının büyük ölçüde azaldığı görülmüştür (Kabir vd. 2010).

Elaeagnus angustifolia L. fideleri üzerinde Pb ağır metalinin kambiyum faaliyeti üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada bitkiye uygulanan oksin, giberellin ve kinetin karışımlarının Pb elementinin sebep olduğu zararlı etkileri büyük oranda düzelttiği, hormon uygulanan bitkilere ait yaprakların daha yeşil yapraklara sahip olduğu ve Pb uygulaması yapılan bitkilerin daha önce solmaya başladığı görülmüştür. Bitki gelişmesinde etkili olan bu bitki büyüme düzenleyicileri uygulanması sayesinde Pb stresine maruz kalan bitkide etkilerin azaldığı sonucuna varılmıştır (Gök 2010).

Brassica oleracea L. var. *acephala* D.C. ve *Beta vulgaris* L. var. *cicla* bitkileri ile yapılan çalışmada Zn ve Pb uygulaması yapılarak bitkilerde ortaya çıkan etkileri gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda Zn uygulaması yapılan bitki köklerinde aşırı miktarda bu ağır metalin birikim gösterdiği görülürken; Pb uygulamasında bitkinin farklı kısımlarında önemsenecek değerde bir birikim gözlenmemiştir. Yapılan çalışmada kullanılan iki örnek bitkide de ağır metal uygulaması sonucu klorofil miktarı ve bitkilerin kuru ve taze ağırlıklarının azaldığı tespit edilmiştir (Şafak 2011).

Kırklareli TEM Otoyolu kenarında 50 farklı lokaliteden tarım arazilerine ait toprak örnekleri alınarak ağır metal kirliliği bakımından inceleme yapılmıştır. Yoğun trafiğin bulunduğu bu alanda özellikle Pb ağır metali açısından kirlilik olduğu ve bölgede yetişen bitkilerin de bu kirliliğe maruz kaldığı; önlem alınmadığı takdirde diğer ağır metallerin de kirlilik oluşturulabileceği sonucuna varılmıştır (Pak 2011).

İstanbul'da kirlilik miktarını araştırmak ve *Parietaria judaica* L. bitkisinin bölgedeki kirliliğin olası biyomonitör olabilirliği test edilmiştir. Yapılan çalışmada İstanbul'un farklı bölgelerinden örneklenen bitkiye ait yapraklar ve toprak örnekleri analiz edilerek; Pb, Cd, Zn ve Cu ağır metal oranları bakımından yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri arasında kıyaslama yapılmıştır. Belirlenen lokalitelerden

toplanan bitki örneklerinde ağır metal oranları bakımından farklı sonuçlar elde edilse de kentleşme ile ağır metal oranlarının artış gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışmada incelenen bitkinin test edilen ağır metaller açısından biyomonitör olduğu ortaya konmuştur (Aksoy vd. 2012).

Toprakta Co ağır metali kirliliğinin yol kenarına olan mesafe azaldıkça artış gösterdiği farklı çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. Araç yoğunluğunun olduğu bölgelerde oransal olarak bu kirliliğin görüldüğü, karayolundan uzaklaştıkça topraktaki Co içeriğinin de azaldığı ortaya konmuştur. Bölgede bu kirliliğin ortaya çıkmasında özellikle büyük tonajlı araçların paya sahip olduğu düşünülmüştür (Özkul 2008).

Trakya Bölgesi'nde 2009 yılında yapılan çalışma ile toprak örnekleri incelenmiş ve inceleme alanındaki topraklarda Co kirliliği olduğunu saptamıştır (Sarı 2009). Tekirdağ'da yapılan çalışma ile tarım arazilerindeki Co ağır metalinin topraktan temizlenmesinde fitoremediasyon yönteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Saksı denemesinde kanola bitkisi kullanılarak yapılan çalışmada kirliliğin giderilmesinde örneklenen bitkinin kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır (Karakaş 2013).

Pb ağır metalinin farklı dozlarının bitki büyümesinde etkisini inceleme amacı ile *Zea mays* L. bitkisini kullanarak yapılan çalışmada bitkinin bu ağır metale maruz kalması sonucu çimlenme, kök ve sürgün uzunluklarında azalmalar tespit edilmiştir. Ayrıca bitkinin kuru ağırlığı ve toplam protein içeriğinin azaldığı da bu çalışma sonucunda ortaya konmuştur (Hussain vd. 2013).

Solanum muricatum Ait. bitkisinde Pb stresinin bitkide fizyolojik veya anatomik olarak değişime sebep olup olmadığının incelendiği bir başka çalışmada bitki fideleri 20 gün boyunca farklı konsantrasyonlarda Pb ağır metaline maruz bırakılmıştır. Çalışma sonunda bu elemente maruziyet sonucu bitkinin kök ve yaprak anatomilerinde değişim tespit edilmiştir. Aynı zamanda uygulama ile bitki örneklerinde fotosentetik pigment miktarında azalma olduğu ortaya konmuştur (Tektaş 2016).

Yukarıda verilen çalışmalar ışığında canlılar ve çevrede meydana gelen değişimler bilim insanları açısından her zaman önem arz etmiştir. Farklı alanlarda, farklı tür bitkilerde ve bunların yaşam alanlarında, birbirinden farklı ağır metaller açısından yapılan araştırmalar içerisinde çalışmaya konu olan bitki türlerinde çalışma bulunmamaktadır. Amacımız bu bölgede Kum zambağı ve Zingit armudu bitki türlerinde ve yaşam alanlarındaki topraklarda 8 farklı ağır metal bakımından inceleme yapmaktır.

2.4. Çalışılan Alanın İklimsel Özellikleri

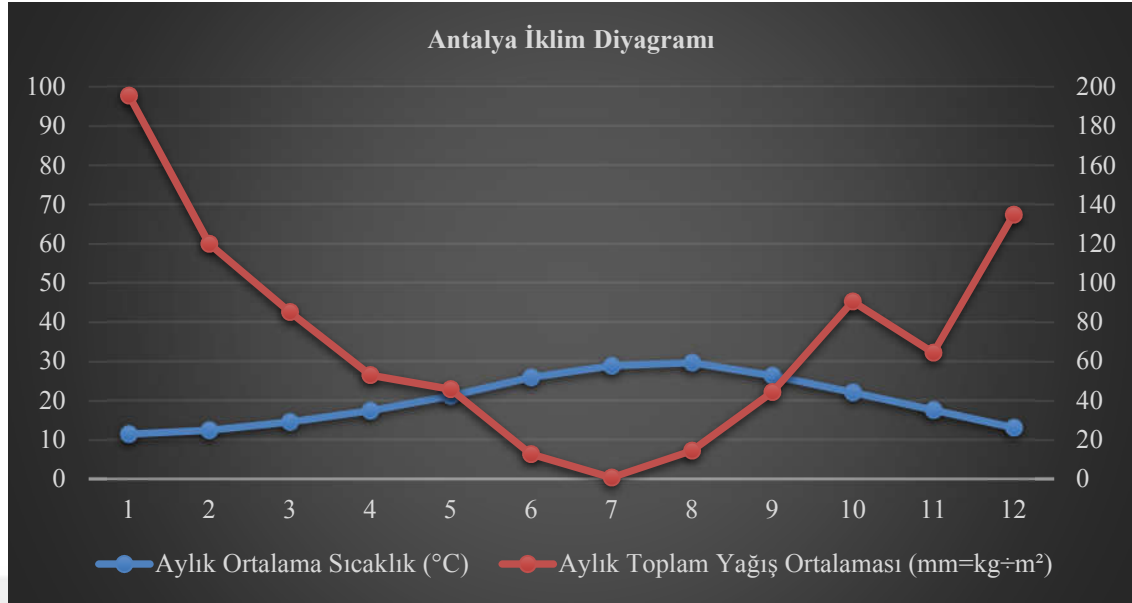
Çalışma alanı Antalya'nın doğu bölgesi boyunca yer almaktadır ve bu bölgede tipik Akdeniz İklimi hüküm sürmektedir. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan 2000-2016 yılları arası Antalya, Aksu ilçesi Boztepe bölgesi ve Manavgat ilçesine ait iklimsel veriler Çizelge 2.4.'te belirtilmiştir. Bitki örneklerinin örnekleme noktalarının Antalya ilinin doğu bölgesi boyunca geniş bir alana yayılması sebebi ile Antalya ili, Manavgat ve Aksu ilçesi Boztepe bölgesi sınırlarına dahil olduğundan bu bölgelerin de iklimsel verileri çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Böylece inceleme alanında bölgesel olarak az da olsa farklılıkların olma ihtimali göz önünde bulundurulmuştur. Akdeniz iklimi yaz ayları sıcak ve bölgesel olarak aşırı nemli; kış ayları ise yağışlı olan bir iklim tipidir. Araştırma alanındaki kütle hareketleri, cephe sistemleri genellikle güney-güneybatı istikameti olup; alana düşen yağış yükselti ilişkili ve cepheseldir. Genel olarak ılıman olan bu iklim tipi iç kısımlara doğru gidildikçe karasallaşmaktadır (Anonim 6).

Antalya iline ait Şekil 2.1.'de iklim diyagramı ve Şekil 2.2.'de verilen klimatograma göre tipik Akdeniz iklimi görülmektedir. Antalya ilinde yazlar kurak, kışlar ise yağışlıdır. Ayrıca Ocak ve Aralık ayında yağış fazlası yani aşırı yağış görülürken; Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayları yağışlı, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ise kuraktır. Antalya iline ait çok yıllık sıcaklık (°C) ve nem (%) ortalamasına göre çizilen grafik Şekil 2.2.'de verilmiştir. Yıl boyunca sıcaklık ortalamaları 10 °C ile 30 °C arasında değişim gösterirken; nem değerleri %35 ile %70 arasında değişmektedir.

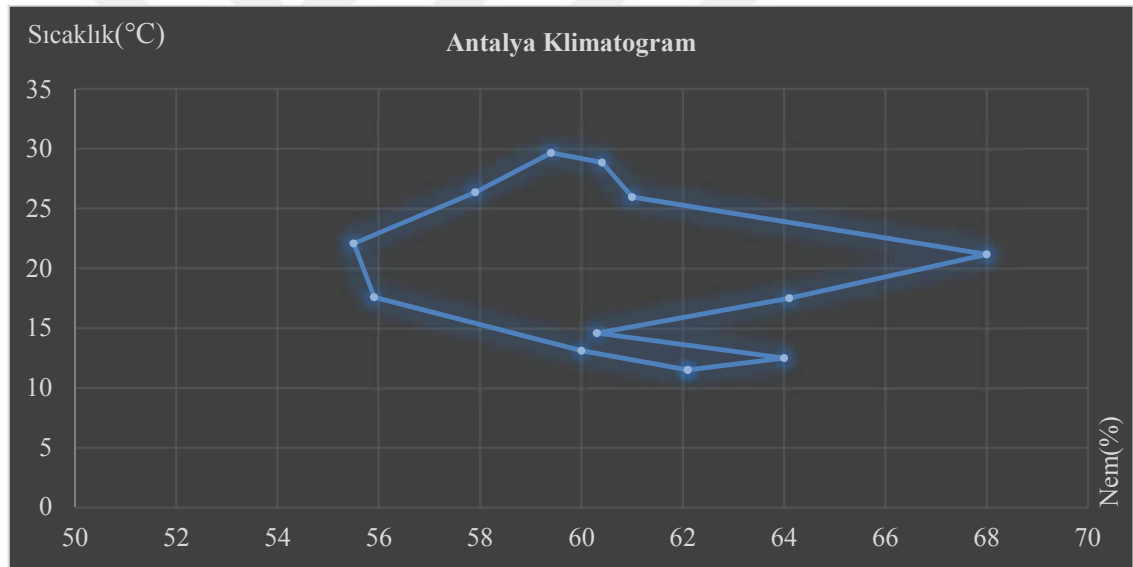
Çizelge 2.4. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü’nden alınan 2000-2016 yılları arası Antalya, Aksu ilçesi Boztepe bölgesi ve Manavgat ilçesine ait iklimsel veriler (Anonim 10)

İKLİMSEL VERİLER	AYLIK ORTALAMA SICALIK (°C)			AYLIK TOPLAM YAĞIŞ ORTALAMASI (mm=kg/m ²)			AYLIK ORTALAMA RÜZGAR HIZI(m/sn)			AYLIK ORTALAMA NİSPİ NEM(%)		
İSTASYON NO	17.302	17.895	17.954	17.302	17.895	17.954	17.302	17.895	17.954	17.302	17.895	17.954
İSTASYON ADI	A.B	A.B.T.	M.	A.B	A.B.T.	M.	A.B	A.B.T.	M.	A.B	A.B.T.	M.
OCAK	11,50	10,00	10,90	195,70	175,30	244,30	2,00	1,90	2,20	62,10	74,70	63,00
ŞUBAT	12,50	11,20	11,70	119,90	113,70	155,30	2,00	1,90	2,00	64,00	73,40	61,70
MART	14,60	13,40	14,00	85,10	55,80	84,90	1,70	1,80	1,80	60,30	70,30	62,10
NİSAN	17,50	16,80	16,90	53,00	43,30	48,90	1,60	1,90	1,80	64,10	72,20	65,50
MAYIS	21,20	20,70	20,90	45,70	46,90	22,80	1,50	2,00	1,80	68,00	70,40	64,90
HAZİRAN	26,00	25,50	25,60	12,50	6,40	7,80	1,50	2,10	2,00	61,00	64,10	59,20
TEMMUZ	28,90	28,40	28,70	0,60	1,70	4,60	1,40	1,90	2,00	60,40	64,70	60,10
AĞUSTOS	29,70	28,80	29,30	14,40	2,40	4,90	1,30	1,80	1,90	59,40	66,40	61,00
EYLÜL	26,40	25,00	25,90	44,30	25,00	30,10	1,50	1,70	1,80	57,90	68,40	59,10
EKİM	22,10	20,30	21,40	90,60	107,70	96,80	1,50	1,60	1,70	55,50	67,40	56,90
KASIM	17,60	15,20	16,30	64,30	62,50	180,40	1,50	1,50	1,70	55,90	70,80	59,80
ARALIK	13,10	11,30	12,30	134,90	150,70	219,30	1,70	1,70	2,00	60,00	73,10	62,60
YILLIK	20,10	18,90	19,50	861,00	791,40	1100,10	1,60	1,80	1,90	60,70	69,70	61,30

(A.B.:Antalya Bölge, A.B.T.:Aksu Boztepe/Tigem, M.:Manavgat)

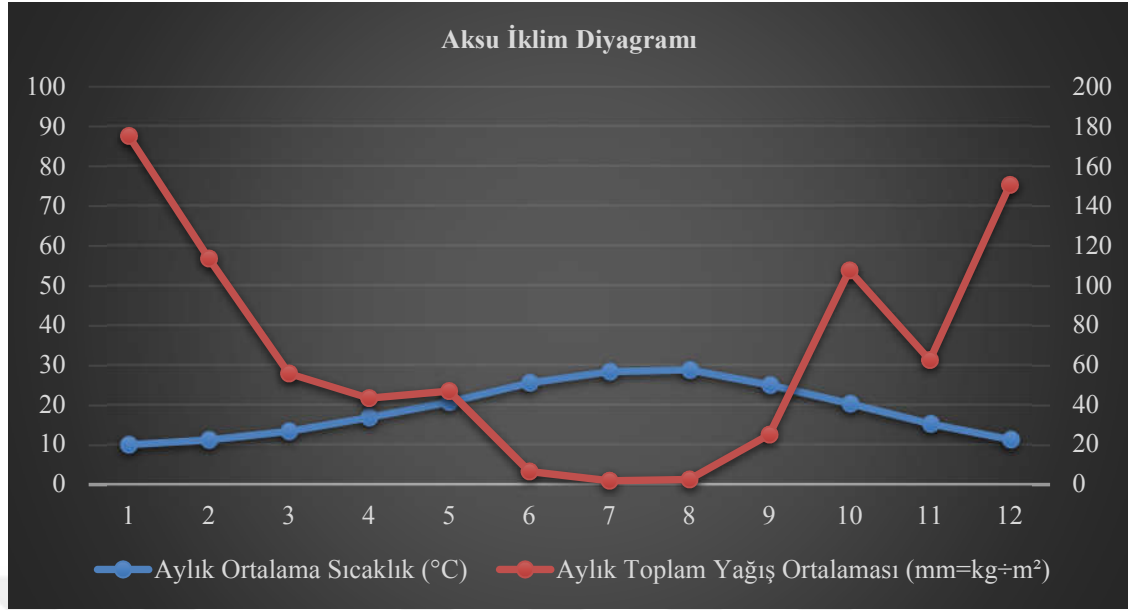


Şekil 2.1. Antalya ili iklim diyagramı

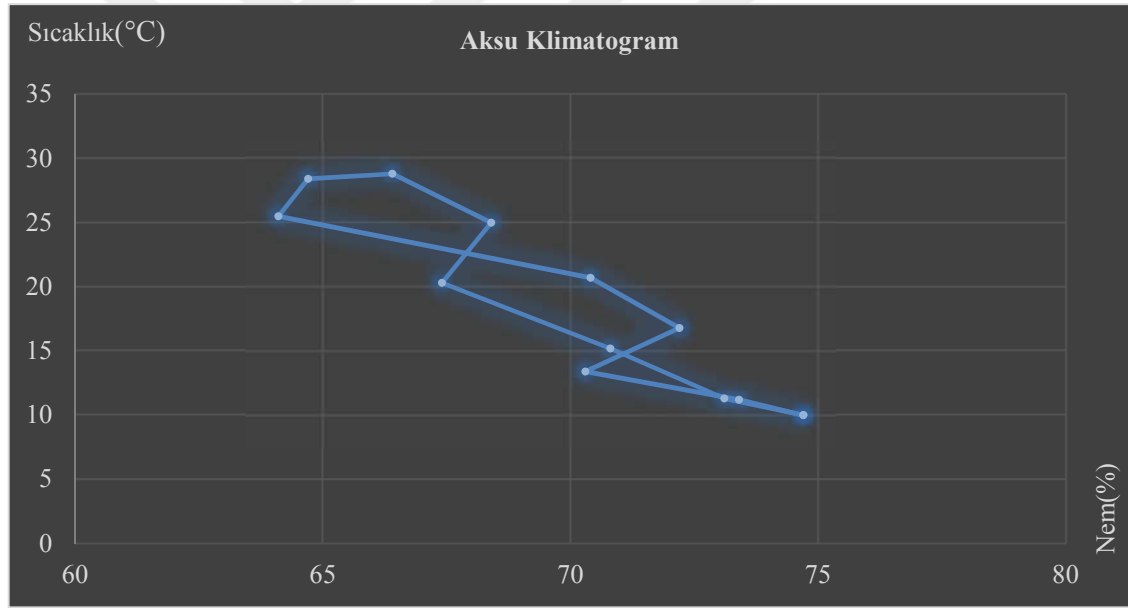


Şekil 2.2. Antalya ili yıllık klimatogram

Çalışma alanı kapsamında bulunan Antalya ilinin Aksu ilçesine ait Boztepe bölgesinin iklim diyagramı Şekil 2.3.'te ve Klimatogramı Şekil 2.4.'te verilmiştir. Aksu ilçesinde de tipik Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü görülürken; Ocak, Şubat ve Aralık ayında Aksu ilçesinde yağış fazlası yani aşırı yağış görülmektedir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayları bölgenin yağış aldığı aylar olup; Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ise kuraktır. Aksu ilçesine ait çok yıllık sıcaklık (°C) ve nem (%) ortalamasına göre çizilen grafik Şekil 2.4.'te verilmiştir. Sıcaklık ortalamaları 10 °C ile 30 °C arasında yer alırken; nem değerleri %60 ile %75 arasında değişmektedir.

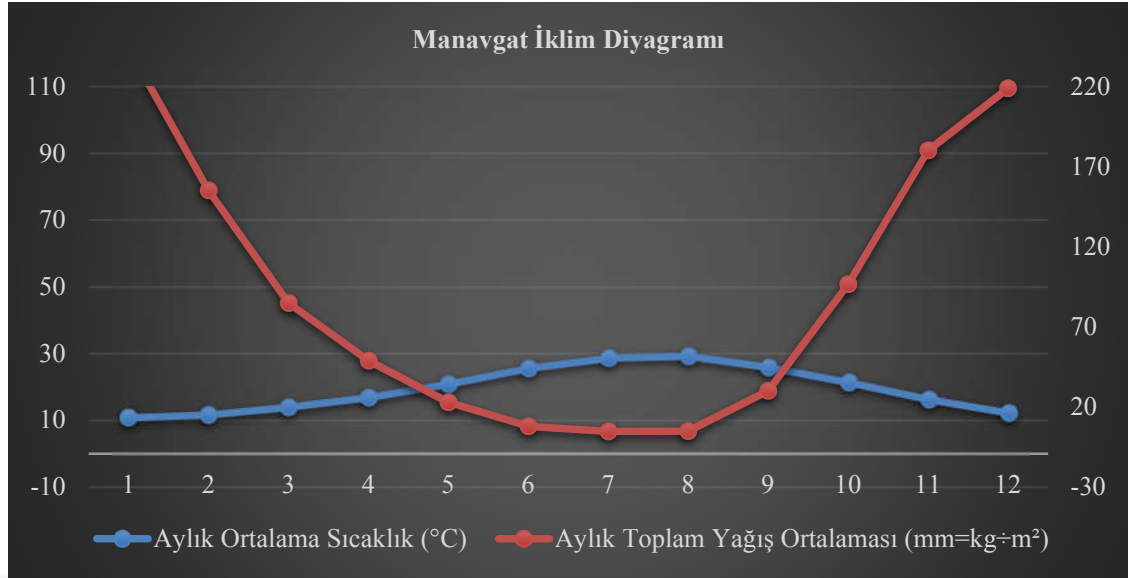


Şekil 2.3. Aksu ilçesi Boztepe bölgesi iklim diyagramı

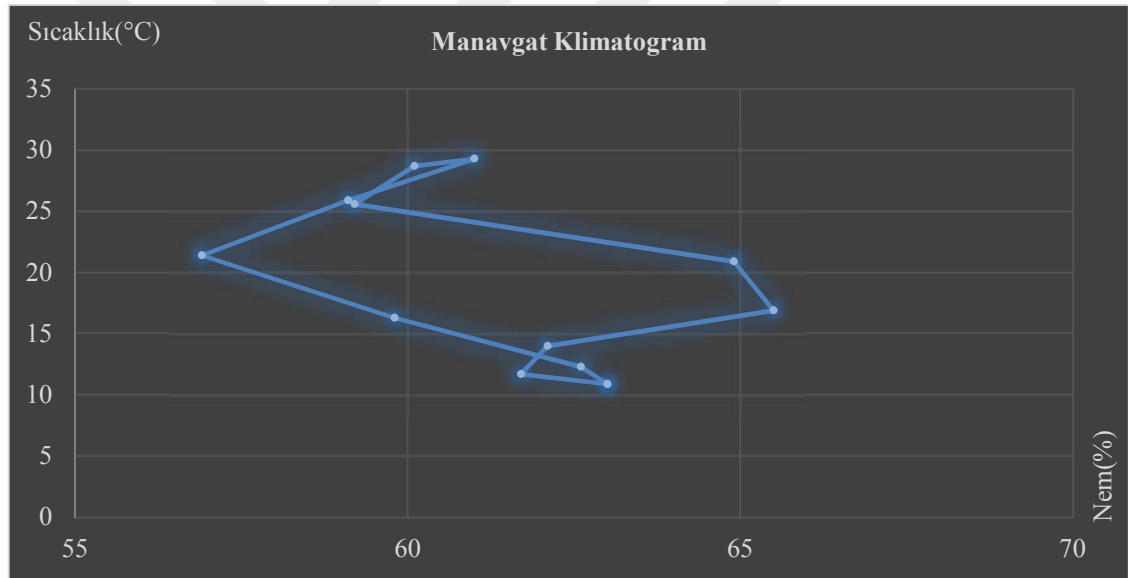


Şekil 2.4. Aksu ilçesi Boztepe bölgesi klimatogram

Manavgat ilçesine ait iklim diyagramı Şekil 2.5.'te ve klimatogramı Şekil 2.6.'da verilmiştir. Bölgede diğer alanlarda olduğu gibi genel olarak yazlar sıcak ve kurak iken; kışlar yağışlı geçmektedir. Ayrıca Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık ayında Manavgat ilçesinde yağış fazlası görülmektedir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayları yağışlı aylar iken; Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları kuraktır. Manavgat ilçesine ait çok yıllık sıcaklık (°C) ve nem (%) ortalamasına göre çizilen grafik Şekil 2.6.'da verilmiştir. Manavgat ilçesinde sıcaklık ortalamaları 10 °C ile 30 °C arasında değişmekte ve nem değerleri %55 ile %70 arasında değişmektedir.

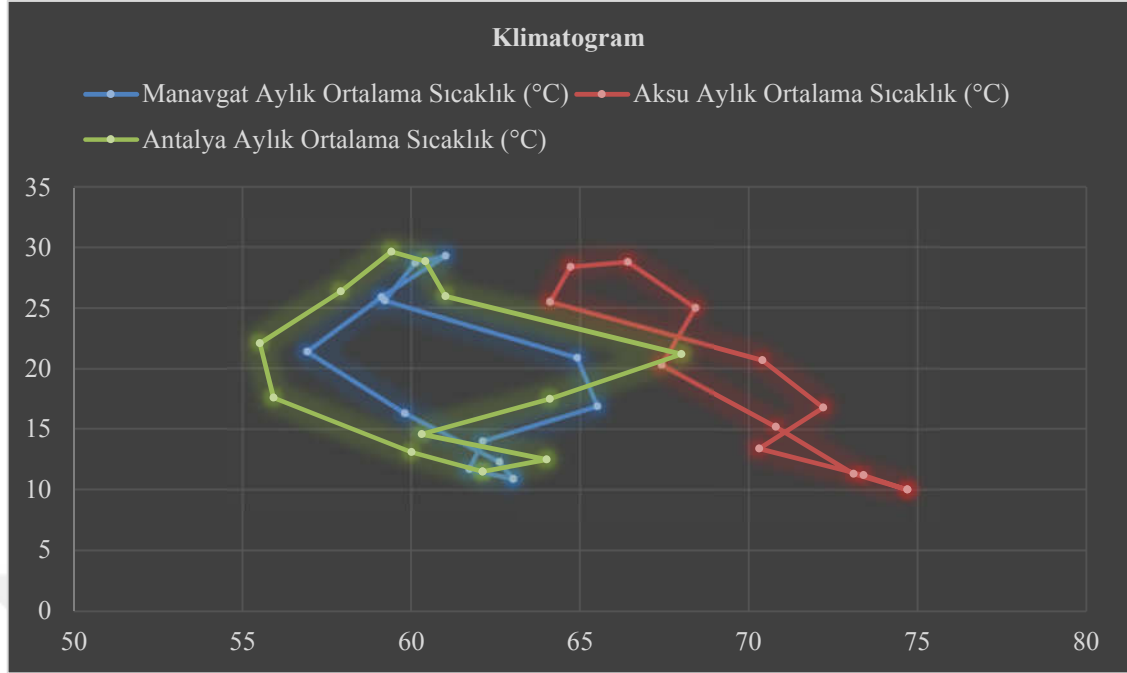


Şekil 2.5. Manavgat ilçesi iklim diyagramı



Şekil 2.6. Manavgat ilçesi klimatogram

Antalya ili, Aksu ve Manavgat ilçesine ait iklim diyagramları incelendiğinde üç bölgenin yaz aylarını kurak geçirirken kış aylarında yağış aldığı ve hatta bazı alanlarda bu yağışın aylara bağlı fark yarattığı söylenebilmektedir. Yağış fazlalılığı en az Antalya’da; en fazla Manavgat ilçesine görülmektedir. Antalya’dan Manavgat’a doğru yağış fazlalığının arttığı görülmektedir. Araştırma alanı olan bu bölgeler sonuç olarak iklimsel olarak birbirine benzer olup bariz fark görülmemektedir. Şekil 2.7.’de verilen üç alana ait klimatogram incelendiğinde Antalya ve Manavgat birbirine sıcaklık ve nem olarak benzerlik göstermekte iken; Aksu ilçesi bu iki bölgeden az da olsa farklılık göstermekte ve nem yoğunluğunun daha fazla olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 2.7. Antalya ili, Manavgat ve Aksu ilçesi klimatogram

2.5. Kullanılan Biyomonitör Türler

Belirli bir alanda yer alan bitki türlerinin tamamı o bölgenin florası olarak adlandırılmaktadır. Türkiye, iklimsel ve jeomorfolojik olarak değişken öğeleri bir arada bulundurduğundan oldukça zengin floraya sahiptir. Habitat çeşitliliği, kısa mesafelerde ani yükseltilerin var olması, iklimsel olarak kıyı ve iç kesimlerde farklılığın yaşanması, arazi yapısının değişkenlik göstermesi sebebi ile Antalya, bölgede zengin bitki biyoçeşitliliğe sahip bir şehirdir. Antalya endemik bitki türleri bakımından önemli yere sahip olmasının yanı sıra, çeşitli amaçlar için yüksek kullanım alanına sahip soğanlı bitkilerde de çeşitliliğe sahiptir (Özhatay vd. 2003; Avcı 2005). Çeşitliliğin bu denli yoğun görüldüğü topraklarda yeni tür keşiflerinin yanı sıra var olan çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilirliği açısından çalışmalar yapılmaktadır. Bunların arasında gen kaynaklarını koruma, çevre kirliliğinin türler üzerinde etkisi, tohum bankaları yardımıyla türlerin neslinin devamlılığı ve türleri tehdit eden etmenlerin araştırılıp önlem alınmasına yönelik çalışmalar yer almaktadır.

Çalışmada antropojenik etkilere bağlı bölgedeki olası kirlilik ve bu kirliliğin seçilen iki bitki türüne etkileri araştırılmıştır. Seçilen alanlarda populasyonun bireylerinden elde edilen veri sonuçlarına göre kirlilik ve bu kirliliğin etkilerini yorumlama; türlerin bölgedeki kirliliğin olası biyomonitörü olarak kullanılabilirliğini belirlemeye yönelik yapılmıştır. Yerinde sabit olan bu iki tür izleme ve örnekleme açısından kolaylık sağlarken; insan etkisine rahatlıkla maruz kalmakta ve çalışmanın amacına bu nedenle uygunluk göstermektedir. Kirliliğin olası biyomonitörü olarak araştırılan iki bitki türüne ait özellikler detaylı şekilde incelenmiştir.

2.5.1. Zingit armudu bitkisinin genel özellikleri

Bitki çeşitliliği açısından önemli yere sahip olan Türkiye, *Pyrus* (armut) bitkisi için gen merkezlerinden biridir ve topraklarımızda doğal yayılış gösteren 11 armut türünden 4'ü endemik tür kategorisindedir. Rosales takımının Rosaceae familyasının Pomoideae alt familyasından *Pyrus* cinsine dahil olan bu bitki üretim ve tüketim açısından geçmişten günümüze kadar ulaşan bir bitki özelliği taşımaktadır. Türkiye Florası 4. Cildinde *Pyrus boissieriana* (Buhse) Desv. subsp. *crenulata* Browicz olarak geçen alt tür, Güner ve Duman tarafından 1994 yılında tür seviyesine çıkarılarak *Pyrus serikensis* olarak isimlendirilmiştir (Güner ve Duman 1994; Zielinski 2000). 2015 yılında Uğurlu Aydın ve Dönmez'in yapmış olduğu çalışma ile endemik olarak bilinen *Pyrus serikensis* yapılan incelemeler sonucunda farklı bir tür değil var olan *Pyrus cordata* Desv. subsp. *boissieriana* (Buhse) Uğurlu&Dönmez türüne ait popülasyonunun üyeleri olduğu sonucuna ulaşılarak adı değiştirilmiştir (Uğurlu Aydın ve Dönmez 2015; Özeren 2015).

Zingit armudu 1994 yılından bu yana keşfedilen ve çalışmaları yapılan tür Antalya'da farklı alanlarda yayılış göstermekte ve Türkiye'de sadece bol olarak Antalya-Manavgat arasında bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda popülasyon yoğunluğunun en yoğun görüldüğü yerin Belek Özel Çevre Koruma Bölgesi'nde olduğu tespit edilirken; çalışma sırasında endemik olarak nitelendirildiğinden bitki türüne ait yayılış envanteri, morfolojisi ve fenolojisine ait araştırmalar da yapılabilmektedir. Popülasyon genellikle insan aktiviteleri sonucunda belirli yaşam alanlarına sıkıştırıldıklarından türü temsil eden bireylerin yoğunluğu azalmış ve azalmaya da devam etmektedir. Türün var olan bireylerinin yaşadığı alanlar tarla için arazi açılması, yol yapım çalışmaları gibi nedenlerle genellikle yol kenarlarında sınırlı bir alana indirgenirken; tarlaların uçakla ilaçlanmasını engellemesi vb. gerekçelerle zaten sınırlı olan üyelerin daha seyrek hale gelmesine sebep olmuştur. Yoğun baskı altında olan bu tür ovalardaki tepelerde, mezarlıklarda, tarla içi ve sınırlarında, yol ve kanal kıyılarında yetişmekte ve sürekli olarak insan baskısı altında bulunmaktadır (Gökceoğlu vd. 2004; 2008; Duman 2007).

Şekil 2.8.'de belirtilen Zingit armudu genel görünüşüne bakıldığında taç, silindirik veya küresel bir şekle sahip ağaç ve ağaççıklardan oluşan tür 10 metreye ulaşabilen çok yıllık bir bitkidir. Gövde ve dalların kabuk kısımları çatlak bir görünüme sahiptir ve dallarda lentisel bulundurmaktadır. Popülasyondaki genç ve yaşlı bireyler birbirinden renk olarak ayırt edilebilmektedir. Genç bireyler kül grisi, kırmızımsı, kahverengi noktalı bir görünüme sahip iken; yaşlı bireyler daha koyu renge sahip olup siyahımsı-gri renklidirler. Ağaca ait genç olan sürgünlerin ucunda diken bulunmakta ve bu dikenlerin boyu 5-16x1-2 mm ebadında olabilmektedir. Yapraklar gövdeye yaprak sapı ile bağlanmış olup; genç dallarda almalı görünüme, yaşlı olan dallarda demet şeklinde görünüme sahiptir. Yapraklar tüysüz olup şekil olarak yumurtamsı veya dairesel bir görünüme sahiptirler. Bitki genç birey iken sadece yaprakların kenarları ve yaprağın alt yüzeyinde tüy bulunabilmektedir. Yaprak uçları sivri yaprak kenarları ise kör dişlidir. Mart aylarında çiçeklenmeye başlayan Zingit armudu 1,5-2,5 cm çapında 15 çiçek içeren salkım şeklinde çiçek durumuna sahiptir. Çiçek ve yapraklar Şekil 2.9.'da belirtilmiştir. Dikdörtgen ya da ters yumurtamsı beyaz renkli taç yapraklar her bir çiçekte 4 ila 7 arasında bulunmaktadır. Her bir çiçekte 12-24 adet stamen bulundurmakta ve anterler mor renge sahiptir. Burada oluşan polenler beyaz renge

sahiptirler. Serbest yapılı ve tüysüz olan stiluslar 2-4 adettir. Üçgenimsi ve sivri olan yeşil renkli çanak yapraklar 5-6 loplu, iç yüzeyi sık tüylü bir görünüme sahip iken; dış yüzü tüysüz ve dökülen bir yapıya sahiptir. Çiçekleri taşıyan sap kısmı seyrek tüylü bir görünüme sahip ve bitki yaşı ilerledikçe kalınlaşmaktadır (Duman 2007; Gökceoğlu vd. 2008).



Şekil 2.8. Zingit armudu genel görünüş

Ağustos-Ekim aylarında oluşan meyveler 0,7-1,5 cm çapında, küremsi şekle sahip ve üzerinde kırmızımsı-kahverengi ve beyaz noktalar bulunmaktadır. Tohumlar 4 tane, armutsu görünümde, 5-6x3 mm çapa sahip ve siyahımsı mor renktedir. Halk arasında Zingit, Gurmut adıyla tanınmasının yanı sıra Serik armudu olarak da bilinmektedir. Meyveleri genellikle hayvanlar ve insanlar tarafından tüketilebilmektedir fakat son dönemde yoğun insan baskısı altında kalan türün habitatı işgal edildiğinden az bireyle temsil edilmektedir (Duman 2007; Gökceoğlu vd. 2008; Uğurlu Aydın ve Dönmez 2015).



Şekil 2.9. Zingit armudu bitkisi çiçek, yaprak ve dallar genel görünüş

2.5.2. Kum zambağı bitkisinin genel özellikleri

Bitki çeşitliliği açısından önemli yere sahip topraklarımızda geofitler de bu çeşitliliğin bir parçasını oluşturmaktadır. Soğanlı bitkiler sadece biyoçeşitlilik açısından değil kullanım alanı olarak da geniş yere sahiptirler. Parfümeri ve ilaç sanayisinde önemli yere sahip bu bitkiler süs bitkisi olarak da kullanılabilmektedir. 700 kadar geofit doğal olarak topraklarımızda yetişmekte ve Kum zambağı da bu grubun içerisinde yer alan ve tıbbi amaçlı kullanım potansiyeline sahip nadide bitkilerden biridir (Muhtar ve Şener 1997; Zencirkıran 2002).

Pancratium maritimum L. (Kum zambağı) Türkiye Florası 8. cildine göre Amaryllidaceae familyasında yer almakta ve *Pancratium* cinsine dahildir. Türkiye’de yaşayan tek *Pancratium* türü olan bitki; Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde ve dünyada birçok yerde (İsrail, Yunanistan, İtalya vb.) doğal olarak yayılış göstermektedir. Bitkinin doğal yetiştirme ortamı kumullar ve kumlu plajlar olup; ekstrem koşullara dayanabilmektedir (Yaltırık ve Efe 1998; Meerow vd. 2002; De Castro vd. 2012; Sanaa vd. 2012; Gümüş 2015). Kumul alanlarda yetişebilen Kum zambağı yoğun insan baskısı altında bulunmakta ve kumulların kullanım alanı haline getirilmesi sebebi ile popülasyonuna zarar vermiştir ve vermeye devam etmektedir. Popülasyon yoğunluğunu etkileyen bir diğer unsur ise bitkinin görüntüsünün çok güzel olması ve hoş kokması nedeniyle soğanlarının insanlar tarafından sökülüp evlerde yetiştirilmek üzere kendi habitatlarından uzaklaştırılmasıdır. Popülasyona zarar veren bu sebeplerden dolayı türün nesli tehlike altında olarak ifade edilip, koparılma ve ihraç edilme durumunda cezai işlem uygulaması yapılmaktadır (Eisikowitch ve Galil 1971; Nikopoulos ve Alexopoulos 2008; Di Maio ve De Castro 2013; Karaoğlu 2010; Anonim 7; Anonim 8).



Şekil 2.10. Kum zambağı bitkisine ait genel görünüm

Kum zambağı denizden yaklaşık olarak 1,5 m yüksekliklerde, kıyıdan içeride, kararlı olan ortamlarda yayılış göstermektedir. Kıyı bölgesinde hareketli, derinliği fazla olan, yığın haline gelen kumullar altından soğanlar ya da tohumlar çıkıp gelişimini sürdürememektedir. Ayrıca hareketli olan kumulların sürekli deniz dalgalarına maruz kalması, aşırı ıslak ve tuzlu olması da popülasyonun gelişimine ve var olan bireylerin yoğunluğuna etki etmektedir. Çok yıllık soğanlı olan bitki kökü büyük yapılı ve kumulların derinliklerine gömülmüş şekildedir. Kahverengi-krem renkli, etli soğanlar 20-30 cm derinlere inmekte; kış mevsimini bu şekilde soğuktan ve diğer çevresel etkilere korunarak atlatabilirken, yaz aylarındaki aşırı sıcaklardan bu sayede korunmaktadır. Yaz döneminde aşırı sıcak havalarda su ihtiyacını atmosferdeki nemden veya gece yoğunlaşmanın etkisi ile oluşan çiğden karşılayabilen bitki tuza karşı toleranslı olduğundan taban suyunu da kullanabilmektedir. Mart-Nisan aylarında etli soğanlardan yeşil, uzun ve etli yapraklar çıkmaktadır. Yapraklar 10-50 cm uzunluğunda ve 2-4 cm genişliğinde olabilmektedir. Çiçeklenmeden önce oluşan yapraklar küt uçludur ve büyüme dönemi boyunca bol miktarda fotosentez yaparak bitki soğanının tekrar büyüüp, besin depolamasını ve üretmesi için gerekli olan olgunluğa ulaşmasını sağlar. İlkbaharda oluşan yeşil renkli yapraklar Haziran-Temmuz aylarına doğru kurumaya başlamaktadır. Haziran-Ekim aylarında ise beyaz renkli, gösterişli, hoş kokulu, küme şeklinde çiçekleri açmaktadır. Şemsiye şeklinde olan kümede 3-10 arası çiçek bulunmakta ve çiçek sapı 12,5-35 cm uzunluğuna kadar ulaşabilmektedir. Şekil 2.10'da belirtilen bitki genel görünüşüne bakıldığında, çiçek sapı 5-13 mm boyunda ve ovaryumdan küçük ve çiçeğe ait anterler 4,5-6 mm ebadındadır (Yaltırık ve Efe 1996; Meerow vd. 2002; Gökçeoğlu vd. 2008; Korkmaz ve Çelikel 2013; Gümüş 2015).



Şekil 2.11. Kum zambağı bitkisine ait kapsül tipi meyveler

Büyüme döneminde ortaya çıkan bitkiler bir önceki yılda besin depo etmiş soğanlardan veya yeni çimlenen tohumlardan meydana gelir. Soğandan ortaya çıkan bitkiler daha büyük, bol yapraklı, gösterişli bir yapıya sahip olurken; tohumdan çıkan bitkiler daha küçük, seyrek yapraklı ve gösterişsizdir. Çiçeklenme için bitki soğanının birkaç yıl büyümesi gerektiğinden yeni oluşan bitki aynı yıl içerisinde çiçek açamamaktadır. Haziran ayı ve sonrasında açan çiçekler 3-6 adet meyve oluşturmakta ve oluşan kapsül tipi meyveler 10-15 arası tohum içermektedir. Kasım aylarından itibaren bitki tohumları olgunlaşmaktadır. Olgunlaşan tohumlar siyah renkli, hafiftir ve yere dökülerek kum ya da rüzgar hareketleri ile çevreye yayılıp yeni nesli oluşturmaktadır. Şekil 2.11.'de bitkiye ait yapraklar ve kapsül tipi meyveler belirtilmiştir (Yaltırık ve Efe 1996; Grassi vd. 2005; Gökceoğlu vd. 2008).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanına Ait Lokaliteler

İki bitki türü populasyon yoğunlukları ve ekolojik istekleri daha önce yapılan çalışmalar göz önüne alınarak aşağıda verilen koordinatlardan 1 yıl süresince dört mevsim olacak şekilde toplanmıştır. Örneklerin toplanma tarihleri Çizelge 3.1.'de belirtilmiştir. Kum zambağı bitki organlarına ait örnekler ve yaşam ortamındaki toprak örnekleri 5 farklı lokaliteden Çizelge 3.2.'de belirtilen koordinatlardan, Zingit armudu bitki organlarına ait örnekler ve yaşadığı toprak örnekleri 9 farklı lokaliteden Çizelge 3.3.'de belirtilen koordinatlardan örneklenmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan bitki ve toprak numunelerinin örnekleme tarihleri

DÖNEM	AYLAR	TARİH
KIŞ	OCAK	18.01.2015
İLKBAHAR	NİSAN	23.04.2015
YAZ	TEMMUZ	26.07.2015
SONBAHAR	EKİM	25.10.2015

Çizelge 3.2. Kum zambağı bitkisinin yetiştiği toprak ve bitkiye ait örneklerin toplandığı koordinatlar

NO	LOKALİTE	KOORDİNAT
1)Lara Beach Park	C3Antalya, Lara Beach Park Kuzeyi Kumullar	36° 51' 10,898" K 30° 50' 53,162" D
2)Serik Karadayı	C3 Antalya, Serik, Karadayı sahili, Acısu Mevki	36° 50' 09,952" K 31° 07' 33,728" D
3)Boğazkent Vera Otel	C3 Antalya, Serik, Boğazkent, Vera Otel Yanı	36° 49' 56,301" K 31° 09' 06,810" D
4)Boğazkent Köprü Çayı	C3 Antalya, Boğazkent, Köprü Çayının Doğusu	36° 49' 47,196" K 31° 10' 51,338" D
5)Manavgat Sorgun	C3 Antalya, Manavgat, Sorgun Sahili	36° 44' 47,448" K 31° 28' 03,586" D

Çizelge 3.3. Zingit armudu bitkisinin yetiştiği toprak ve bitkiye ait örneklerin toplandığı koordinatlar

NO	LOKALİTE	KOORDİNAT
1)Kundu 1	C3 Antalya, Lara-Kundu Turizm Yolu Üzeri	36° 52' 54,760'' K 30° 54' 15,572'' D
2)Kundu 2	C3 Antalya, Lara-Kundu Turizm Yolu Üzeri	36° 53' 01,270'' K 30° 53' 56,085'' D
3)Kundu 3	C3 Antalya, Lara-Kundu Turizm Yolu Üzeri	36° 53' 18,807'' K 30° 53' 01,455'' D
4)Belek Kavşağı	C3 Antalya, Serik Yolu Üzeri, Belek Kavşağı, Yol Kenarı	36° 55' 33,073'' K 30° 59' 41,289'' D
5)Serik Karadayı	C3 Antalya, Serik, Karadayı Girişi Yol Kenarı	36° 53' 57,23'' K 31° 06' 39,010'' D
6)Boğazkent Girişi	C3 Antalya, Serik, Boğazkent Girişi Yol Kenarı, Kanal Yanı	36° 51' 42,937'' K 31° 09' 21,436'' D
7)Denizyaka Girişi	C3 Antalya, Serik, Denizyaka Girişi, Mezarlık	36° 52' 32,513'' K 31° 10' 37,372'' D
8)Denizyaka Sahil Yolu	C3 Antalya, Serik, Denizyaka Sahil Yolu, Tarla Kenarı	36° 50' 19,839'' K 31° 11' 13,071'' D
9)Manavgat	C3 Antalya, Manavgat Girişi, Yol Kenarı	36° 47' 31,282'' K 31° 24' 42,715'' D

Kum zambağı ve Zingit armudu bitkilerine ait Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3.'te verilen lokalitelere ait koordinatlar Şekil 3.1.'de harita üzerine işaretlenmiştir. Harita üzerinde A harfi ile gösterilen alanlar Zingit armuduna ait örneklerin toplandığı lokaliteleri temsil ederken; Z harfi ile işaretlenen kısımlar Kum zambağına ait örneklerin toplandığı lokaliteleri göstermektedir.



(A: Zingit armudu, Z: Kum zambağı)

Şekil 3.1. Kum zambağı ve Zingit armudu bitkilerine ve ait koordinatların harita üzerinde görünümü

3.2. Arazi Çalışmaları ve Örneklemeler

Kum zambağı bitkisi soğanlı bir bitki olduğundan bu bitkiye ait arazi çalışmalarında örnekler toprak kazılarak soğanı ile birlikte alınmıştır. Çizelge 3.2.'de belirtilen lokalitelerden bitki örnekleri mala yardımıyla kumlu toprak kazılarak açılmış ve bitki çıkarılmıştır. Bitkiye ait toprak örneği ise bulunduğu kısımdan örneklenmiştir. Toprak örneği alınırken yüzeyindeki döküntü vb. maddeler temizlenerek homojen olacak şekilde 10-15 cm derinlikten kürek yardımıyla 500 g olacak şekilde alınmış ve numaralandırılan kilitli poşetlere konulmuştur. Örneklenen numuneler laboratuara taşınmıştır. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3.'te bitki numunelerinin toplanmasına ait arazi çalışmaları verilmiştir.

Çizelge 3.3.'te belirtilen lokalitelerden Zingit armudu bitkisine ait yaprak örnekleri toplanırken her ağaç için farklı dallarından çok sayıda homojen olacak şekilde alınmıştır. Kabuk kısmı örnekleme topraktan yaklaşık 1-1,5 m yükseklikte titanyum bıçak ile gövde üzerinden kazımak suretiyle yapılmıştır. Bitkiye ait kısım örnekleri kilitli poşete konularak numaralandırılmıştır. Bitkinin yaşadığı toprak örnekleri yüzeydeki döküntü vb. maddeler temizlenerek 15-20 cm derinlikten 500 g olacak şekilde kürek yardımıyla alınarak alınmıştır. Homojen olarak alınan toprak örnekleri kilitli poşetlere konularak numaralandırılmıştır. Zingit armudu bitkisinin toprak üstü kısımları (gövde kabuğu, yapraklar, meyve, tohum) ve yaşadığı toprak örnekleri kilitli poşetlerde korunarak laboratuvar ortamına getirilmiştir.



Şekil 3.2. Kum zambağı bitki örneğinin toplanması



Şekil 3.3. Zingit armudu bitki örneğinin toplanması

Çizelge 3.4.'te mevsimlere bağlı olarak bitki türlerine ait örneklenen kısımlar verilmiştir. Çalışmada kullanılan bitki ve toprak örnekleme işlemi bir yıl boyunca dört mevsim olacak şekilde tekrarlanmıştır.

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan bitkilerin dönemsel olarak örneklenen kısımları ve yetiştirme ortamlarından örneklenen toprak materyallerinin dönemsel gösterimi

DÖNEM	İLKBAHAR	YAZ	SONBAHAR	KIŞ
ZİNGİT ARMUDU	Kabuk	Kabuk	Kabuk	Kabuk
	Yaprak	Yaprak	Yaprak	Yaprak
			Meyve	
	Çiçek		Tohum	
	Toprak	Toprak	Toprak	Toprak
KUM ZAMBAĞI	Kök	Kök	Kök	Kök
	Yaprak Altı	Yaprak Altı	Yaprak Altı	Yaprak Altı
	Yaprak	Yaprak	Yaprak	Yaprak
			Meyve	
			Tohum	
	Toprak	Toprak	Toprak	Toprak

3.3. Kimyasal Analize Hazırlık ve Laboratuvar Çalışmaları

Çizelge 3.4.'te arazi çalışmalarında dönemsel olarak örneklenen bitki örnekleri laboratuara getirilmiştir. Örnekler fazla bekletilmeden üzerindeki toprak ve toz kalıntılarının temizlenmesi için bidistile suda daldırma yöntemiyle yıkanmıştır. Kısımlarına ayrılarak temizlenen numuneler oda sıcaklığında nemsiz bir ortamda kurutma kağıdı üzerinde birkaç gün kadar doğal kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan örnekler polietilen torbalarda +4 °C sıcaklıkta (buzdolabı kapağı iç sıcaklığı) çözünürleştirme işlemine kadar saklanmıştır. Metoda göre; örnekler buzdolabından çıkartıldıktan sonra bir süre (yaklaşık 2 saat) oda sıcaklığında beklenmiştir. Daha sonra porselen havanda dövülüp, homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen örnekler nemlenmelerinin önlenmesi için desikatöre aktarılmıştır. Çözünürleştirme işlemi için; örneklerden 0,0001 g hassasiyetli terazi yardımı ile 2 gramlık kısımlar tartılarak, çözünürleştirmede Berghof Speedwave MWS-2 marka mikrodalga fırını kullanılmıştır. Mikrodalganın teflon numune kapları içerisine, tartılan örnekler konularak, üzerine 8 ml % 65'lik HNO₃ ve 2 ml % 30'luk H₂O₂ karışımı eklenmiş, sonra numune kapları ağzı açık bir şekilde en az 20 dakika bekletilmiştir. Çözünürleştirme işlemi kısaca Çizelge 3.5.'te belirtilen programa göre gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Örneklerin çözünürleştirme işlemi basamakları

BASAMAK	1	2	3
T (°C)	200	190	100
Güç (%)	70	70	40
Süre (Dakika)	30	20	10

Çözünürleştirme işlemi tamamlanan materyaller ağır metal analizine hazır hale getirilerek ICP-OES cihazında 3 tekrarlı olarak ölçüm yapılmıştır. Bitki örneklerinin ağır metal analizi için laboratuvar çalışmalarında kullanılan ICP-OES cihazı sayesinde çoklu element ölçümü net bir şekilde yapılabilir (Eroğlu ve Aksoy 2003). Çalışmada Optima ICP-OES Perkin Elmer 7000 DV kullanılmıştır.

3.4. İstatistiksel Analizler

Toplanan örneklere ait veriler antropojenik etkilerin kaynaklarının değerlendirilmesi açısından yola olan mesafeler, insan faaliyetlerinin yoğunluğu, mevsim vb. değişkenler dikkate alınarak hazırlanan veri bankası kullanılmıştır. SPSS (IBM.20.0) paket programı kullanılarak çalışmada tüm verilerin birlikte değerlendirilmesi sırasında ANOVA testleri kullanılmıştır. Kum zambağı ve Zingit armudu bitkilerine ait organ örnekleri ve yaşam alanlarından alınan toprak numuneleri değerlendirmeleri organlar arasında, mevsimlere bağlı olarak ve lokaliteye göre Çoklu Karşılaştırma Testleri'ne tabii tutulmuştur. Tüm analizlerde $p=0,05$ olarak kabul edilmiş olup, her test için p olasılığı ile df değerleri ayrıca verilmiştir.

SRM değeri her numune için 0,9950'den büyük olan veri setleri dikkate alınmıştır ($r^2=0,9950$). Grup içerisindeki örnek sayısı $n>1$ olanlar değerlendirmeye alınmıştır. Dağılımların homojen olup olmadığı homojenite testleri ile test edilerek normal dağılıma uyup uymadığı ise Shapiro-Wilk Testleri analiz edilmiştir. Homojen dağılmayan veya "Normal Dağılım" göstermeyenler analizlere dahil edilmemiştir. Verilerin homojen dağılımları "Homogeneous subsets" belirtilmiştir. Çalışmada Non parametrik (Parametrik olmayan) hiçbir test kullanılmamış olup; ANOVA Testleri sonucunda, Çoklu Karşılaştırma Testleri'nde hassasiyetinin en yüksek olduğu bilinen Duncan Karşılaştırmalı Testi seçilerek uygulanmıştır. Çalışmada "TE" ile belirtilen değer $<0,01$ olup, tespit edilebilir sınırlar altında kaldığını göstermektedir.

4. BULGULAR

Zingit armudu bitkisine ait yıkanmış kabuk, yaprak, çiçek, meyve, tohum örnekleri, Kum zambağı bitkisine ait yıkanmış kök, yaprak altı, yaprak, meyve, tohum örnekleri ve yetiştikleri topraktaki ağır metal konsantrasyonları mevsimsel, kirlenme ortamı ve bitkinin farklı organları bakımından karşılaştırmalı olarak ele alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Örneklerin tamamı yıkanma işlemine tabii tutulduğundan ağır metallerin hava gibi ortamlardan yüzeysel olarak bulaşma durumu ortadan kaldırılarak sadece bitki bünyesinde bulunan değerlere bağlı olarak sonuçlar tartışılmıştır. Bitki örnekleri ve toprak arasındaki bağıntı bu sayede kurulabilmiş ve bitkide esas var olan ağır metallerin mevsim, organ ve ağır metalin miktarına bağlı olarak yorumlama yapılmıştır. Böylece ağır metallerin bitki kısımlarında fark yaratıp yaratmadığı, mevsimsel olarak değişim gösterip göstermediği, lokalitelerde var olan farklılıklar çalışılmıştır. Örneklerin ağır metal analizi sonuçları lokaliteye göre sıralaması aşağıdaki çizelgelerde (Çizelge 4.1.- Çizelge 4.28.) verilmiştir. Çizelgelerde “-” ile gösterilen kısımlarda ağır metale ait çalışma yapılamadığını gösterirken; “TE” ile belirtilen değerler ölçüm yapıldığını fakat ağır metalin tespit edilebilir sınırlar altında kaldığını göstermektedir.

Çizelge 4.1. Zingit armudu bitkisinin Kundu 1 lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	KUNDU 1								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	940,10	42,92	85,08	167,50	0,22	5,02	0,09	1,56
	YAPRAK	88,19	13,68	17,99	13,10	TE	TE	0,22	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	224,40	17,19	35,36	3,10	1,00	3,51	0,30	TE
	MEYVE	61,75	7,64	9,05	2,48	0,68	2,23	TE	TE
	YAPRAK	139,00	14,20	16,16	8,08	TE	TE	TE	TE
SONBAHAR	KABUK	927,40	36,63	22,66	29,85	TE	3,09	0,37	0,12
	MEYVE	73,40	7,65	66,01	163,00	0,16	1,76	0,41	0,62
	YAPRAK	215,70	23,43	18,54	6,98	0,25	5,40	TE	1,68
	TOHUM	69,79	24,87	42,60	25,42	0,78	4,79	0,13	TE
KIŞ	KABUK	994,50	42,01	40,60	19,74	0,24	4,38	TE	1,29
	MEYVE	190,20	11,61	93,32	220,40	0,62	2,51	1,17	0,71

Çizelge 4.2. Zingit armudu bitkisinin Kundu 1 lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	KUNDU 1							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	9,37	37,87	28,89	10,77	-	51,71	0,02	4,80
YAZ	8,22	26,71	32,90	15,08	-	54,74	1,95	6,31
SONBAHAR	8,06	26,08	33,78	11,68	-	56,57	1,13	6,00
KIŞ	8,98	28,66	31,67	14,05	-	57,62	1,36	6,66

Çizelge 4.3. Zingit armudu bitkisinin Kundu 2 lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	KUNDU 2								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	549,20	19,89	33,50	11,33	0,78	4,43	0,43	TE
	YAPRAK	119,10	13,70	45,79	20,06	TE	TE	0,15	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	664,40	25,98	34,56	5,47	0,84	4,73	TE	TE
	MEYVE	66,72	8,07	14,54	5,72	0,76	1,70	0,35	TE
	YAPRAK	130,70	15,25	25,17	9,24	TE	TE	TE	TE
SONBAHAR	KABUK	152,80	27,03	115,60	250,80	0,24	2,07	0,28	0,89
	MEYVE	63,95	9,56	22,69	10,90	0,18	1,16	0,13	0,70
	YAPRAK	141,20	25,19	33,20	11,10	TE	2,20	1,99	TE
	TOHUM	82,11	22,21	101,20	177,80	0,18	1,66	0,44	1,01
KIŞ	KABUK	605,60	28,92	76,11	23,26	0,26	3,09	0,06	0,98
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.4. Zingit armudu bitkisinin Kundu 2 lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	KUNDU 2							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	11,43	26,69	39,80	20,38	-	96,42	-	11,37
YAZ	12,57	30,10	27,08	13,84	-	69,05	-	9,07
SONBAHAR	11,26	23,77	38,00	19,54	-	84,85	-	10,88
KIŞ	14,10	35,13	35,77	17,08	-	81,95	-	9,13

Çizelge 4.5. Zingit armudu bitkisinin Kundu 3 lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	KUNDU 3								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	465,00	25,73	6,31	3,33	0,77	3,77	TE	TE
	YAPRAK	84,12	15,47	19,30	16,03	TE	TE	3,56	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	893,20	31,58	19,46	5,43	0,69	5,06	0,04	TE
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-
	YAPRAK	120,70	19,17	19,79	8,15	TE	TE	TE	TE
SONBAHAR	KABUK	551,70	30,02	50,99	14,43	TE	2,75	1,25	TE
	MEYVE	134,20	12,29	94,55	203,70	0,19	1,89	0,54	0,83
	YAPRAK	200,40	22,85	28,26	3,57	0,18	0,64	TE	1,01
	TOHUM	75,66	23,97	121,40	185,00	0,18	1,66	0,12	0,73
KIŞ	KABUK	250,70	21,82	33,61	8,65	0,81	3,01	0,20	TE
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.6. Zingit armudu bitkisinin Kundu 3 lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	KUNDU 3							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	10,31	23,22	32,69	12,71	-	74,28	2,34	6,90
YAZ	10,37	21,71	27,74	10,11	-	82,76	-	6,68
SONBAHAR	9,16	20,78	26,07	10,49	-	64,09	-	6,72
KIŞ	8,83	19,64	22,70	6,02	-	45,61	1,20	0,08

Çizelge 4.7. Zingit armudu bitkisinin Belek kavşığı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BELEK KAVŞAĞI								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	300,70	20,69	95,31	185,20	0,18	2,14	0,16	0,86
	YAPRAK	290,20	15,80	18,22	21,49	TE	TE	0,29	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	164,30	13,34	22,43	4,79	0,89	2,98	0,11	TE
	MEYVE	52,45	7,81	7,06	7,69	0,83	2,35	0,54	TE
	YAPRAK	103,90	15,72	21,83	12,88	TE	1,61	TE	TE
SONBAHAR	KABUK	142,10	22,38	22,84	18,90	TE	0,26	0,88	TE
	MEYVE	39,86	6,32	5,92	2,61	0,77	2,75	TE	TE
	YAPRAK	111,00	17,18	43,90	9,36	TE	4,65	0,93	TE
	TOHUM	52,57	22,80	46,94	31,78	TE	2,24	1,50	TE
KIŞ	KABUK	148,10	18,17	100,30	199,00	0,19	1,82	0,40	0,79
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.8. Zingit armudu bitkisinin Belek kavşığı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BELEK KAVŞAĞI							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	15,14	37,75	41,25	19,96	-	100,30	0,87	10,06
YAZ	10,23	21,39	39,20	22,26	-	112,10	3,89	9,47
SONBAHAR	12,22	26,83	38,94	16,43	-	97,95	-	0,10
KIŞ	10,63	21,94	40,04	18,51	-	123,40	3,77	0,06

Çizelge 4.9. Zingit armudu bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	SERİK KARADAYI								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	523,40	30,00	34,44	17,03	0,21	3,39	TE	0,91
	YAPRAK	92,01	12,52	19,77	18,38	TE	TE	0,15	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	146,80	15,18	14,19	TE	1,09	2,90	0,37	TE
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-
	YAPRAK	47,90	13,80	21,06	11,26	TE	0,15	TE	TE
SONBAHAR	KABUK	451,30	22,22	12,38	2,58	0,73	4,37	TE	TE
	MEYVE	66,50	10,71	77,72	178,00	0,17	1,67	0,41	0,65
	YAPRAK	101,60	23,62	34,33	3,14	0,19	2,98	TE	0,96
	TOHUM	162,00	39,98	88,39	24,86	TE	2,67	1,40	TE
KIŞ	KABUK	117,70	15,01	46,73	14,91	0,19	2,08	TE	0,64
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.10. Zingit armudu bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	SERİK KARADAYI							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	13,77	43,27	46,91	30,08	-	117,10	-	12,30
YAZ	12,31	36,59	46,24	31,17	-	130,50	-	11,58
SONBAHAR	9,88	29,01	45,61	22,42	-	97,32	0,24	9,02
KIŞ	9,34	22,12	44,50	26,62	-	113,90	-	11,53

Çizelge 4.11. Zingit armudu bitkisinin Boğazkent girişi lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BOĞAZKENT GİRİŞİ								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	2006,00	63,57	98,13	186,70	0,18	5,60	0,38	1,66
	YAPRAK	431,10	18,45	22,15	21,47	TE	TE	0,34	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	1842,00	49,38	24,81	10,30	0,70	7,37	TE	0,42
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-
	YAPRAK	108,40	21,27	3,97	3,50	0,21	TE	TE	1,03
SONBAHAR	KABUK	579,40	27,82	13,47	5,08	0,71	3,21	TE	TE
	MEYVE	100,20	10,48	77,28	181,00	0,17	1,29	0,34	0,69
	YAPRAK	144,20	22,40	25,13	10,80	TE	0,40	1,21	TE
	TOHUM	184,40	32,94	56,85	26,94	TE	TE	3,37	TE
KIŞ	KABUK	1964,00	70,09	96,89	193,00	0,20	6,18	0,40	1,97
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.12. Zingit armudu bitkisinin Boğazkent girişi lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BOĞAZKENT GİRİŞİ							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	25,08	62,31	61,56	23,46	-	70,43	0,42	10,95
YAZ	27,72	52,03	61,29	26,91	-	86,77	3,05	10,04
SONBAHAR	26,46	57,13	50,22	24,44	-	72,57	5,70	10,30
KIŞ	31,89	33,43	54,12	30,66	-	73,98	4,99	9,82

Çizelge 4.13. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka girişi lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	DENİZYAKA GİRİŞİ								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	162,00	15,14	46,21	15,03	0,43	1,28	TE	0,67
	YAPRAK	144,30	33,40	38,90	25,21	TE	TE	0,62	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	245,80	25,38	17,55	3,77	0,83	2,68	TE	TE
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-
	YAPRAK	152,60	38,76	35,19	9,24	TE	TE	TE	TE
SONBAHAR	KABUK	606,10	27,26	87,14	199,60	0,28	5,90	0,34	1,10
	MEYVE	91,77	8,88	TE	TE	0,71	1,69	TE	TE
	YAPRAK	185,20	63,70	33,52	2,62	0,21	0,98	TE	1,03
	TOHUM	-	-	-	-	-	-	-	-
KIŞ	KABUK	736,50	41,01	46,17	15,22	0,36	2,32	0,15	0,96
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.14. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka girişi lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	DENİZYAKA GİRİŞİ							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	27,47	76,49	57,14	16,81	-	64,04	7,65	0,04
YAZ	23,76	71,36	62,80	17,02	-	70,36	-	8,00
SONBAHAR	14,96	44,84	65,69	19,92	-	73,48	6,72	7,69
KIŞ	20,96	60,84	63,08	16,93	-	72,29	8,69	8,59

Çizelge 4.15. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka sahil yolu lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	DENİZYAKA SAHİL YOLU								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	414,20	33,08	16,63	3,95	0,94	2,82	0,26	TE
	YAPRAK	64,42	21,23	18,51	16,99	0,11	0,34	1,07	TE
	ÇİÇEK	129,60	20,91	39,14	20,36	TE	TE	5,26	TE
YAZ	KABUK	180,90	12,93	12,95	0,63	1,19	2,54	0,70	TE
	MEYVE	59,83	22,13	8,33	2,93	0,90	1,85	0,33	TE
	YAPRAK	74,00	29,74	14,96	8,22	TE	TE	0,62	TE
SONBAHAR	KABUK	475,60	28,41	28,93	3,25	1,14	2,82	0,33	TE
	MEYVE	118,30	19,02	79,20	172,60	0,33	1,75	0,90	0,70
	YAPRAK	171,60	55,36	18,24	5,42	0,55	1,70	TE	0,93
	TOHUM	60,02	64,16	46,70	21,79	TE	0,46	0,75	TE
KIŞ	KABUK	188,30	25,87	101,70	175,20	0,85	1,95	1,09	0,73
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.16. Zingit armudu bitkisinin Denizyaka sahil yolu lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	DENİZYAKA SAHİL YOLU							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	9,98	39,78	91,45	20,57	-	55,32	4,82	8,54
YAZ	8,21	28,98	88,04	20,70	-	58,22	3,36	9,23
SONBAHAR	8,31	51,73	69,42	15,26	-	42,27	3,34	8,28
KIŞ	7,68	54,99	79,32	18,96	-	51,42	6,96	7,71

Çizelge 4.17. Zingit armudu bitkisinin Manavgat lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	MANAVGAT								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KABUK	102,40	12,59	11,53	5,22	0,74	1,54	TE	TE
	YAPRAK	152,50	20,58	24,66	29,89	TE	TE	1,05	TE
	ÇİÇEK	-	-	-	-	-	-	-	-
YAZ	KABUK	243,30	20,88	27,16	TE	2,06	4,94	TE	TE
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-
	YAPRAK	1909,00	21,22	18,01	29,37	TE	TE	0,61	TE
SONBAHAR	KABUK	457,20	17,08	22,58	9,05	0,84	3,62	0,31	TE
	MEYVE	882,60	27,64	15,12	4,73	0,77	2,88	TE	TE
	YAPRAK	109,20	34,51	40,34	12,22	0,24	1,83	0,08	0,73
	TOHUM	94,27	17,92	136,10	277,20	0,21	1,84	0,62	1,21
KIŞ	KABUK	1179,00	37,64	47,99	17,85	0,24	3,46	0,03	1,15
	MEYVE	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.18. Zingit armudu bitkisinin Manavgat lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	MANAVGAT							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	19,83	31,88	36,49	17,51	-	77,64	3,88	8,34
YAZ	26,54	48,47	40,25	17,89	-	90,25	-	10,41
SONBAHAR	21,24	33,60	38,65	16,70	-	82,72	2,58	0,14
KIŞ	26,00	53,35	31,36	14,71	-	67,07	2,01	8,59

Çizelge 4.19. Kum zambağı bitkisinin Lara Beach Park lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	LARA BEACH PARK								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KÖK	55,57	5,82	3,45	29,99	0,19	TE	TE	0,96
	YAPRAK ALTI KISIM	93,46	7,69	11,32	26,53	0,23	TE	TE	1,09
	YAPRAK	131,40	16,01	18,32	6,42	TE	TE	1,26	TE
YAZ	KÖK	350,40	34,98	22,83	8,12	2,50	6,31	TE	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	255,00	13,51	21,13	12,45	TE	TE	0,46	TE
	YAPRAK	320,50	46,88	82,13	23,41	TE	TE	1,01	TE
SONBAHAR	KÖK	255,20	23,19	22,21	6,45	0,18	1,28	TE	0,94
	YAPRAK ALTI KISIM	509,10	23,59	38,28	12,14	TE	2,85	3,29	TE
	YAPRAK	153,80	26,50	26,52	12,13	TE	TE	5,51	TE
	MEYVE	71,56	14,81	20,32	6,30	TE	TE	4,15	TE
	TOHUM	54,91	13,04	104,10	157,60	0,18	2,05	0,40	0,56
KIŞ	KÖK	92,93	14,81	8,71	1,92	0,17	TE	TE	0,82
	YAPRAK ALTI KISIM	191,90	22,29	41,10	11,74	0,20	1,16	TE	0,62
	YAPRAK	200,20	41,63	18,34	4,03	0,16	0,34	TE	0,82

Çizelge 4.20. Kum zambağı bitkisinin Lara Beach Park lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	LARA BEACH PARK							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	1,45	3,20	22,16	9,24	-	44,01	2,73	4,76
YAZ	1,74	4,42	14,65	5,03	-	35,93	3,06	5,18
SONBAHAR	1,53	4,43	21,25	11,27	-	43,40	2,21	4,90
KIŞ	1,54	4,17	3,47	-	-	10,64	-	7,47

Çizelge 4.21. Kum zambağı bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	SERİK KARADAYI								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KÖK	40,94	3,59	18,63	10,69	TE	TE	0,42	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	78,94	6,45	21,21	12,42	TE	TE	0,45	TE
	YAPRAK	171,70	13,52	11,32	11,52	TE	TE	0,32	TE
YAZ	KÖK	407,20	44,04	43,63	15,40	0,73	1,81	TE	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	148,00	9,22	13,31	3,24	0,15	0,06	TE	0,78
	YAPRAK	186,30	14,80	11,71	5,03	TE	TE	0,20	TE
SONBAHAR	KÖK	60,62	6,14	21,40	4,08	0,18	0,45	TE	0,84
	YAPRAK ALTI KISIM	132,40	13,00	47,69	26,22	TE	0,27	4,20	TE
	YAPRAK	113,50	13,29	27,84	11,41	TE	TE	4,83	TE
	MEYVE	158,60	14,21	15,35	10,61	TE	TE	0,49	TE
	TOHUM	67,29	13,11	35,62	2,21	0,89	2,61	0,21	TE
KIŞ	KÖK	254,60	15,45	47,14	13,61	0,18	TE	TE	0,88
	YAPRAK ALTI KISIM	-	55,45	51,27	33,54	TE	2,43	1,27	TE
	YAPRAK	159,90	26,42	58,16	10,10	0,16	1,59	TE	0,83

Çizelge 4.22. Kum zambağı bitkisinin Serik Karadayı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	SERİK KARADAYI							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	2,91	2,61	-	-	-	2,62	-	3,78
YAZ	2,10	2,00	10,17	0,27	-	7,45	1,39	2,90
SONBAHAR	2,02	2,06	2,63	-	-	6,93	0,27	3,84
KIŞ	2,63	2,19	8,56	2,47	-	9,73	1,20	2,66

Çizelge 4.23. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Vera Otel lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BOĞAZKENT VERA OTEL								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KÖK	113,10	7,68	38,12	7,37	0,16	TE	TE	0,81
	YAPRAK ALTI KISIM	91,88	6,68	27,50	19,43	TE	0,47	0,56	TE
	YAPRAK	93,92	14,53	32,63	20,76	TE	TE	0,82	TE
YAZ	KÖK	280,90	23,10	53,22	25,84	0,60	0,87	0,28	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	113,60	9,74	30,57	13,37	TE	TE	TE	TE
	YAPRAK	228,00	17,31	47,42	18,75	TE	TE	0,41	TE
SONBAHAR	KÖK	131,30	12,08	33,66	34,84	0,21	TE	0,15	0,88
	YAPRAK ALTI KISIM	-	-	-	-	-	-	-	-
	YAPRAK	141,70	28,26	72,40	12,87	0,21	0,83	TE	0,66
	MEYVE	66,06	17,97	31,27	2,58	0,20	TE	TE	0,88
	TOHUM	42,21	23,67	60,67	14,00	TE	0,67	5,33	TE
KIŞ	KÖK	86,06	13,67	40,67	9,07	0,19	TE	TE	0,80
	YAPRAK ALTI KISIM	148,40	15,84	60,78	18,57	0,25	0,81	TE	0,85
	YAPRAK	104,30	19,08	56,65	11,35	0,19	0,26	TE	0,79

Çizelge 4.24. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Vera Otel lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BOĞAZKENT VERA OTEL							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	3,07	2,49	6,60	3,78	-	8,82	0,99	3,03
YAZ	3,51	2,69	14,60	5,00	-	17,59	1,55	2,76
SONBAHAR	2,65	2,37	11,17	2,24	-	14,32	1,43	2,94
KIŞ	2,54	2,26	10,06	5,77	-	12,42	0,91	3,30

Çizelge 4.25. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Köprü Çayı lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BOĞAZKENT KÖPRÜ ÇAYI								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KÖK	43,44	6,36	26,83	2,49	0,17	TE	TE	0,77
	YAPRAK ALTI KISIM	177,00	5,81	43,09	26,51	TE	TE	0,60	TE
	YAPRAK	93,67	14,85	37,22	11,04	TE	TE	TE	TE
YAZ	KÖK	219,50	24,87	89,82	20,04	0,85	0,64	TE	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	100,90	7,99	37,14	9,49	0,22	TE	TE	0,98
	YAPRAK	144,60	16,24	46,69	1,43	0,20	TE	TE	0,97
SONBAHAR	KÖK	75,06	17,37	65,41	9,39	TE	TE	3,35	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	187,70	16,05	46,83	7,72	0,17	TE	TE	0,94
	YAPRAK	183,20	21,02	52,50	3,45	0,18	TE	TE	0,79
	MEYVE	100,40	15,85	47,38	14,16	TE	1,19	4,79	TE
	TOHUM	163,00	18,55	100,30	23,21	0,24	1,23	TE	0,55
KIŞ	KÖK	200,40	18,58	42,77	4,20	0,16	0,28	TE	0,85
	YAPRAK ALTI KISIM	156,60	21,74	72,56	20,17	0,19	0,79	TE	0,64
	YAPRAK	134,40	20,49	42,90	6,47	0,18	0,06	TE	0,87

Çizelge 4.26. Kum zambağı bitkisinin Boğazkent Köprü Çayı lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	BOĞAZKENT KÖPRÜ ÇAYI							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	3,55	5,53	14,35	3,32	-	28,54	-	4,20
YAZ	3,10	4,76	17,18	3,81	-	29,90	0,55	3,62
SONBAHAR	2,79	4,11	8,65	1,72	-	13,10	1,16	3,54
KIŞ	3,78	6,08	1,61	0,49	-	7,31	0,75	4,43

Çizelge 4.27. Kum zambağı bitkisinin Manavgat Sorgun lokalitesine ait bitki kısımlarındaki ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	MANAVGAT SORGUN								
	ORGAN	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	KÖK	84,04	6,84	22,09	16,22	TE	TE	0,38	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	40,27	7,20	30,43	21,01	TE	TE	0,77	TE
	YAPRAK	172,40	18,80	16,11	9,24	TE	TE	0,47	TE
YAZ	KÖK	381,50	26,21	78,91	12,37	0,81	2,47	1,63	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	174,10	9,68	31,33	5,32	0,21	1,46	TE	1,07
	YAPRAK	264,20	37,07	371,70	24,78	TE	TE	2,92	TE
SONBAHAR	KÖK	64,44	29,23	57,08	12,31	TE	6,30	5,63	TE
	YAPRAK ALTI KISIM	206,10	15,62	41,93	10,22	TE	TE	3,21	TE
	YAPRAK	61,10	13,72	28,71	2,38	0,12	TE	TE	0,78
	MEYVE	89,18	10,47	20,49	0,15	0,19	TE	TE	0,85
	TOHUM	31,20	15,01	37,18	3,90	0,21	0,02	TE	0,89
KIŞ	KÖK	262,10	19,83	62,25	15,03	0,17	TE	TE	0,81
	YAPRAK ALTI KISIM	119,50	14,56	90,59	13,85	0,19	0,53	TE	0,65
	YAPRAK	110,40	23,28	77,98	24,68	0,24	1,00	0,41	0,64

Çizelge 4.28. Kum zambağı bitkisinin Manavgat Sorgun lokalitesine ait toprak örneklerinde ortalama ağır metal analiz sonuçları (µg/g)

DÖNEM	MANAVGAT SORGUN							
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
İLKBAHAR	1,83	2,32	10,87	2,75	-	8,77	0,68	2,38
YAZ	1,37	2,34	5,85	1,77	-	4,05	1,49	2,03
SONBAHAR	1,94	2,12	10,98	2,26	-	13,99	1,36	2,35
KIŞ	1,85	2,46	15,52	4,55	-	10,77	2,79	2,35

Bitki türlerine ait örneklerde ve yetiştikleri toprak örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları her bir ağır metal açısından ayrı olarak verilmiştir.

4.1. Zingit Armudu

4.1.1. Fe değerleri

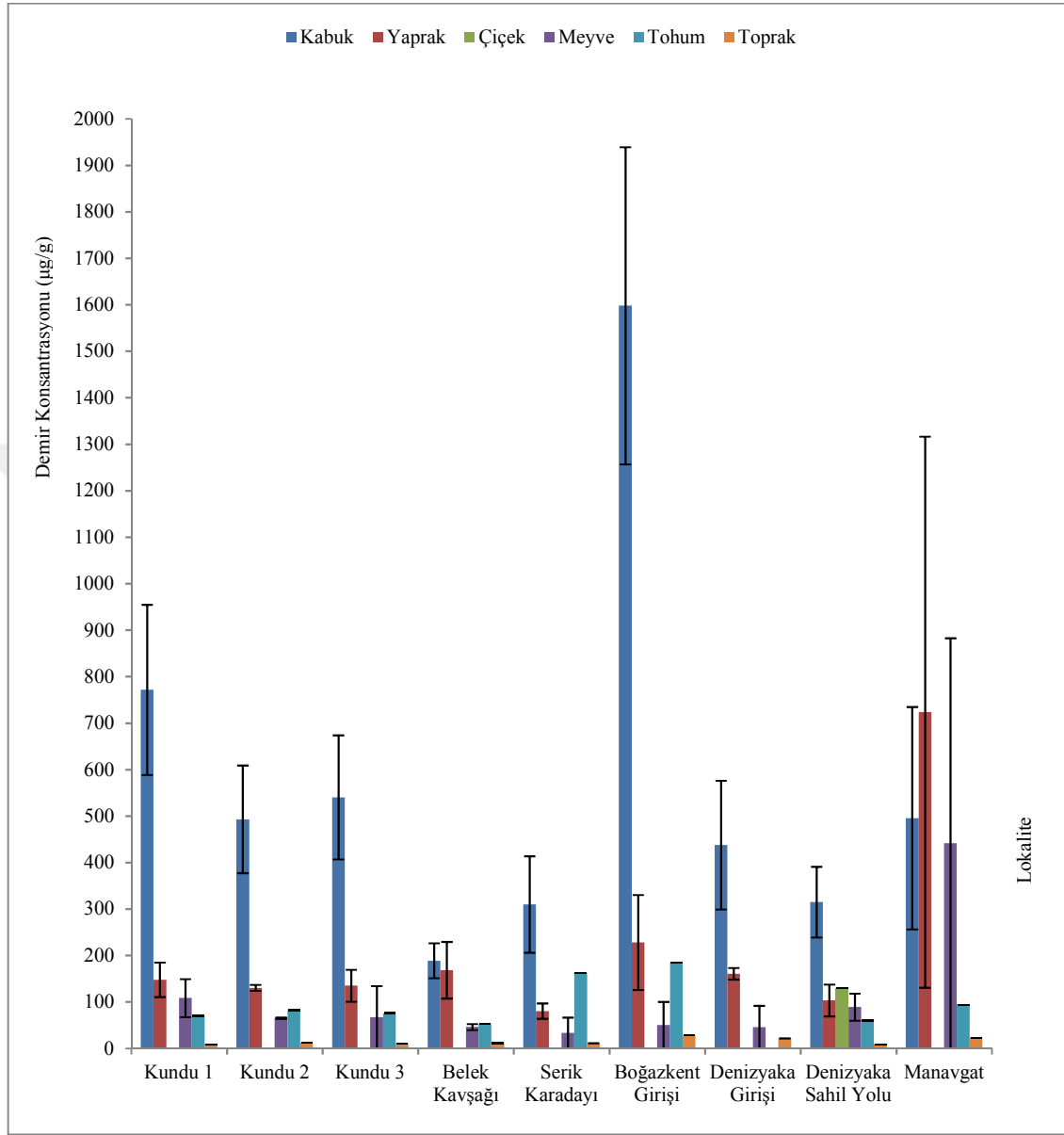
9 farklı lokaliteden dört farklı dönem toplanan ve analiz edilen Zingit armudu bitkisine ait organların ve yetiştiği toprak örneklerinin içerdikleri Fe konsantrasyonları ölçülmüştür. Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Fe miktarı 47,90-2006,00 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 61,75-994,50 µg/g, Kundu 2 için 63,95-664,40 µg/g, Kundu 3 için 75,66-893,20 µg/g, Belek Kavşağı için 39,86-300,70 µg/g, Serik Karadayı için 47,90-523,40 µg/g, Boğazkent girişi için 100,20-2006,00 µg/g, Denizyaka girişi için 91,77-736,50 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 59,83-475,60 µg/g, Manavgat için 94,27-1909,00 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Fe konsantrasyon değeri bitkiye ait kabuk kısmında 102,40-2006 µg/g, yaprakta 47,90-1909,00 µg/g, çiçekte 0,00-129,60 µg/g, meyvede 0,00-882,60 µg/g, tohumda 0,00-184,40 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ve yetiştikleri toprakların ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.29. ve Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokalite	Kabuk (Fe)	Yaprak (Fe)	Çiçek (Fe)	Meyve (Fe)	Tohum (Fe)	Toprak (Fe)
Kundu 1	771,60±182,98	147,63±37,06	-	108,45±41,01	69,79±0,00	8,66±0,02
Kundu 2	493,00±115,81	130,33±6,38	-	65,34±1,39	82,11±0,00	12,34±0,05
Kundu 3	540,15±133,61	135,10±34,33	-	67,10±67,10	75,66±0,00	9,67±0,03
Belek Kavşağı	188,80±37,59	168,37±60,95	-	46,16±6,30	52,57±0,00	12,06±0,04
Serik Karadayı	309,80±103,73	80,50±16,54	-	33,25±33,25	162,00±0,00	11,33±0,03
Boğazkent Girişi	1597,85±341,26	227,90±102,12	-	50,10±50,10	184,40±0,00	27,79±0,09
Denizyaka Girişi	437,60±138,59	160,70±12,48	-	45,89±45,89	-	21,79±0,07
Denizyaka Sahil Y.	314,75±76,20	103,34±34,24	129,60±0,00	89,07±29,24	60,02±0,00	8,55±0,02
Manavgat	495,48±239,23	723,57±592,85	-	441,30±441,30	94,27±0,00	23,40±0,08

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştiği topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Fe elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 7,68-31,89 µg/g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 8,06-9,37 µg/g, Kundu 2 için 11,26-14,10 µg/g, Kundu 3 için 8,83-10,37 µg/g, Belek Kavşağı için 10,23-15,14 µg/g, Serik Karadayı için 9,34-13,77 µg/g, Boğazkent girişi için 25,08-31,89 µg/g, Denizyaka girişi için 14,96-27,47 µg/g,

Denizyaka sahil yolu için 7,68-9,98 $\mu\text{g/g}$, Manavgat için ise 19,83-26,54 $\mu\text{g/g}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi ortalama en yüksek Fe birikimi Boğazkent girişi lokalitesinden örneklenen bitkinin kabuk organında İlkbahar döneminde tespit edilmiştir.

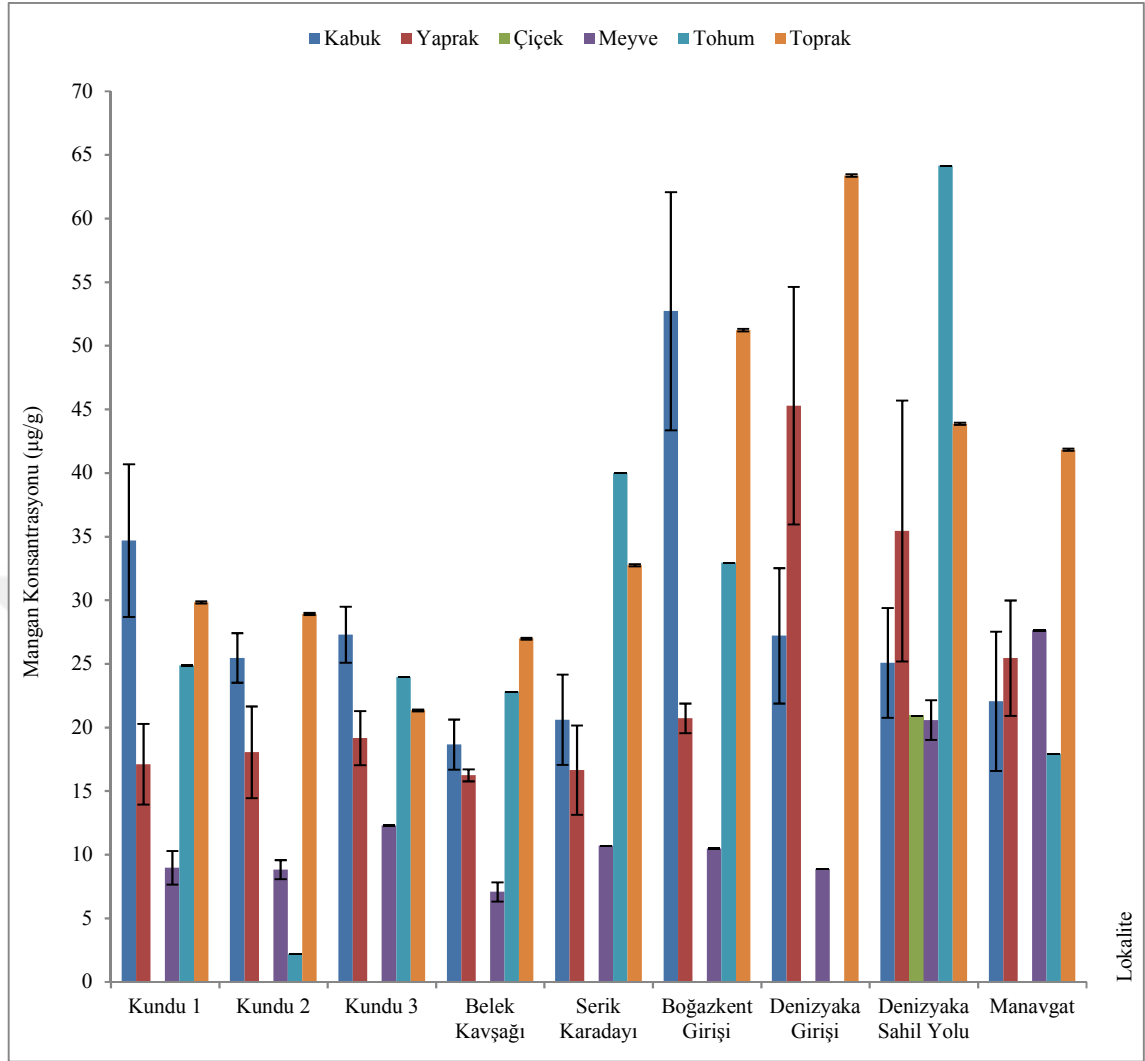
4.1.2. Mn Değerleri

Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Mn miktarı 6,32-70,09 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 7,64-42,92 µg/g, Kundu 2 için 8,07-28,92 µg/g, Kundu 3 için 12,29-31,58 µg/g, Belek Kavşağı için 6,32-22,80 µg/g, Serik Karadayı için 10,71-39,98 µg/g, Boğazkent girişi için 10,48-70,09 µg/g, Denizyaka girişi için 8,88-63,70 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 12,93-64,16 µg/g, Manavgat için 12,59-37,64 µg/g olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Mn konsantrasyon değerleri bitkiye ait kabuk kısmında 12,59-70,09 µg/g, yaprakta 12,52-63,70 µg/g, çiçekte 20,91-20,91 µg/g, meyvede 6,32-27,64 µg/g, tohumda 17,92-64,16 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ve yetiştikleri toprakların ortalama Mn konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.30. ve Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.30. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Mn konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokalite	Kabuk (Mn)	Yaprak (Mn)	Çiçek (Mn)	Meyve (Mn)	Tohum (Mn)	Toprak (Mn)
Kundu 1	34,69±6,00	17,10±3,17	-	8,97±1,32	24,87±0,00	29,83±0,09
Kundu 2	25,46±1,95	18,05±3,60	-	8,82±0,75	2,21±0,00	28,92±0,08
Kundu 3	27,29±2,20	19,16±2,13	-	12,29±0,00	23,97±0,00	21,34±0,08
Belek Kavşağı	18,65±1,97	16,23±0,47	-	7,07±0,75	22,80±0,00	26,98±0,07
Serik Karadayı	20,60±3,55	16,65±3,51	-	10,71±0,00	39,98±0,00	32,75±0,09
Boğazkent Girişi	52,72±9,36	20,71±1,17	-	10,48±0,00	32,94±0,00	51,23±0,10
Denizyaka Girişi	27,20±5,32	45,29±9,34	-	8,88±0,00	-	63,38±0,10
Denizyaka Sahil Y.	25,07±4,31	35,44±10,26	20,91±0,00	20,58±1,56	64,16±0,00	43,87±0,09
Manavgat	22,05±5,47	25,44±4,54	-	27,64±0,00	17,92±0,00	41,83±0,09

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştigi toprak numunelerinde yapılan analizler sonucunda Mn elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 19,64-76,49 µg/g bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 26,08-37,87 µg/g, Kundu 2 için 23,77-35,13 µg/g, Kundu 3 için 19,64-23,22 µg/g, Belek Kavşağı için 21,39-37,75 µg/g, Serik Karadayı için 22,12-43,27 µg/g, Boğazkent girişi için 33,43-62,31 µg/g, Denizyaka girişi için 44,84-76,49 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 28,98-54,99 µg/g, Manavgat için ise 31,88-53,35 µg/g olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.2. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Mn konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.2.'de verilen grafik incelendiğinde ortalama Mn konsantrasyonu Denizyaka sahil yolundan Sonbahar döneminde örneklenen tohum örneklerinde tespit edilmiştir.

4.1.3. Zn değerleri

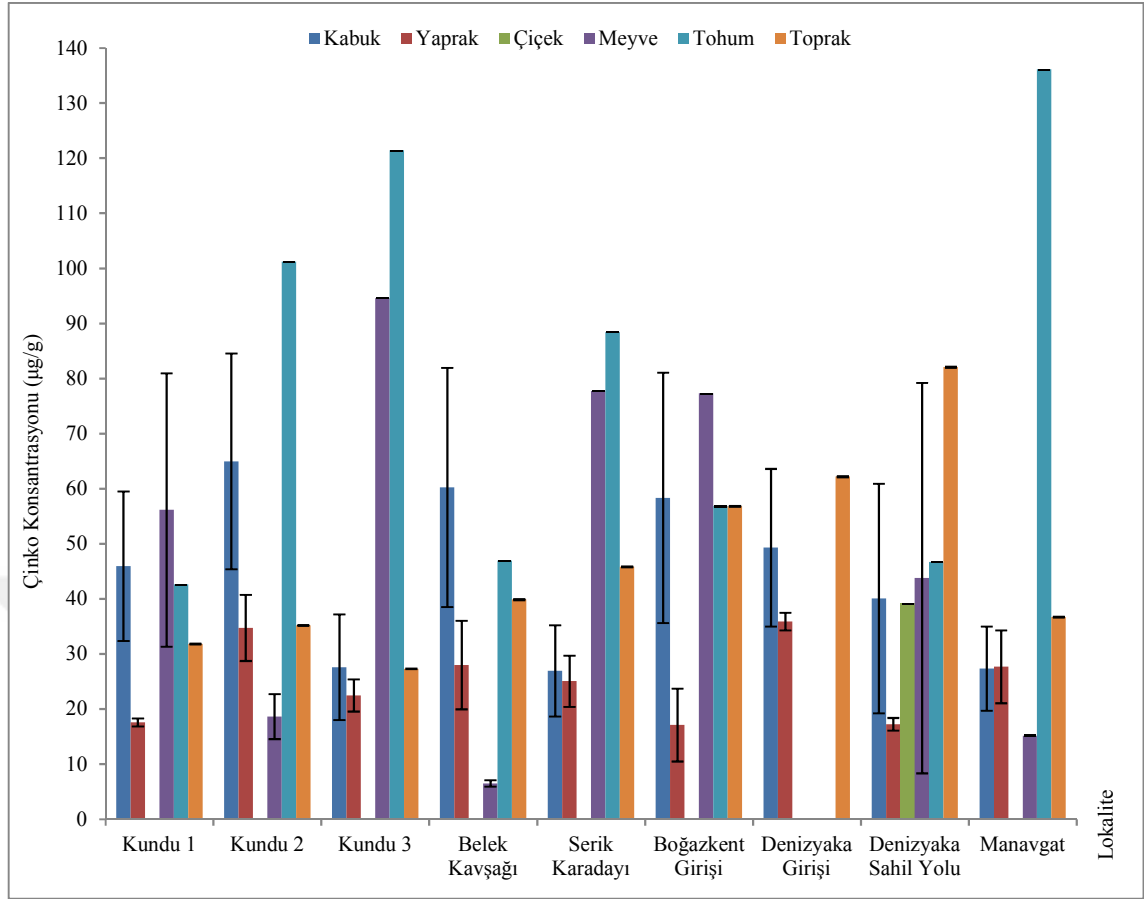
Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Zn miktarı 3,97-136,10 µg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 9,05-93,32 µg/g, Kundu 2 için 14,54-115,60 µg/g, Kundu 3 için 6,31-121,40 µg/g, Belek Kavşağı için 5,92-100,30 µg/g, Serik Karadayı için 12,38-88,39 µg/g, Boğazkent girişi için 3,97-98,13 µg/g, Denizyaka girişi için 17,55-87,14 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 8,33-101,70 µg/g, Manavgat için ise 11,53-136,10 µg/g olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Zn konsantrasyon değeri bitkiye ait kabuk kısmında 6,31-115,60 µg/g, yaprakta 3,97-45,79 µg/g, çiçekte 39,14-39,14 µg/g, meyvede 5,92-94,55 µg/g, tohumda 42,60-136,10 µg/g olarak bulunmuştur. Farklı

lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ve yetiştikleri toprakların ortalama Zn konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$) bu değerler Çizelge 4.31. ve Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Zn konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Lokaliite	Kabuk (Zn)	Yaprak (Zn)	Çiçek (Zn)	Meyve (Zn)	Tohum (Zn)	Toprak (Zn)
Kundu 1	45,93±13,58	17,58±0,72	-	56,13±24,82	42,60±0,00	31,81±0,08
Kundu 2	64,94±19,58	34,72±6,00	-	18,62±4,08	101,20±0,00	35,16±0,08
Kundu 3	27,59±9,59	22,45±2,91	-	94,55±0,00	121,40±0,00	27,30±0,07
Belek Kavşağı	60,22±21,72	27,98±8,03	-	6,49±0,57	46,94±0,00	39,86±0,09
Serik Karadayı	26,94±8,28	25,05±4,65	-	77,72±0,00	88,39±0,00	45,82±0,09
Boğazkent Girişi	58,33±22,74	17,08±6,61	-	77,28±0,00	56,85±0,00	56,80±0,10
Denizyaka Girişi	49,27±14,32	35,87±1,59	-	-	-	62,18±0,10
Denizyaka Sahil Y.	40,05±20,83	17,24±1,14	39,14±0,00	43,77±35,44	46,70±0,00	82,06±0,11
Manavgat	27,32±7,63	27,67±6,62	-	15,12±0,00	136,10±0,00	36,69±0,08

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştği topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Zn elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 22,70-91,45 $\mu\text{g/g}$ bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 28,89-33,78 $\mu\text{g/g}$, Kundu 2 için 27,08-39,80 $\mu\text{g/g}$, Kundu 3 için 22,70-32,69 $\mu\text{g/g}$, Belek Kavşağı için 38,94-41,25 $\mu\text{g/g}$, Serik Karadayı için 44,50-46,91 $\mu\text{g/g}$, Boğazkent girişi için 50,22-61,56 $\mu\text{g/g}$, Denizyaka girişi için 57,14-65,69 $\mu\text{g/g}$, Denizyaka sahil yolu için 69,42-91,45 $\mu\text{g/g}$, Manavgat için ise 31,36-40,25 $\mu\text{g/g}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.3. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Zn konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.3.'teki grafik incelendiğinde ortalama Zn ağır metali konsantrasyonu en yüksek değere Manavgat lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen tohum örneklerinde ulaşmıştır.

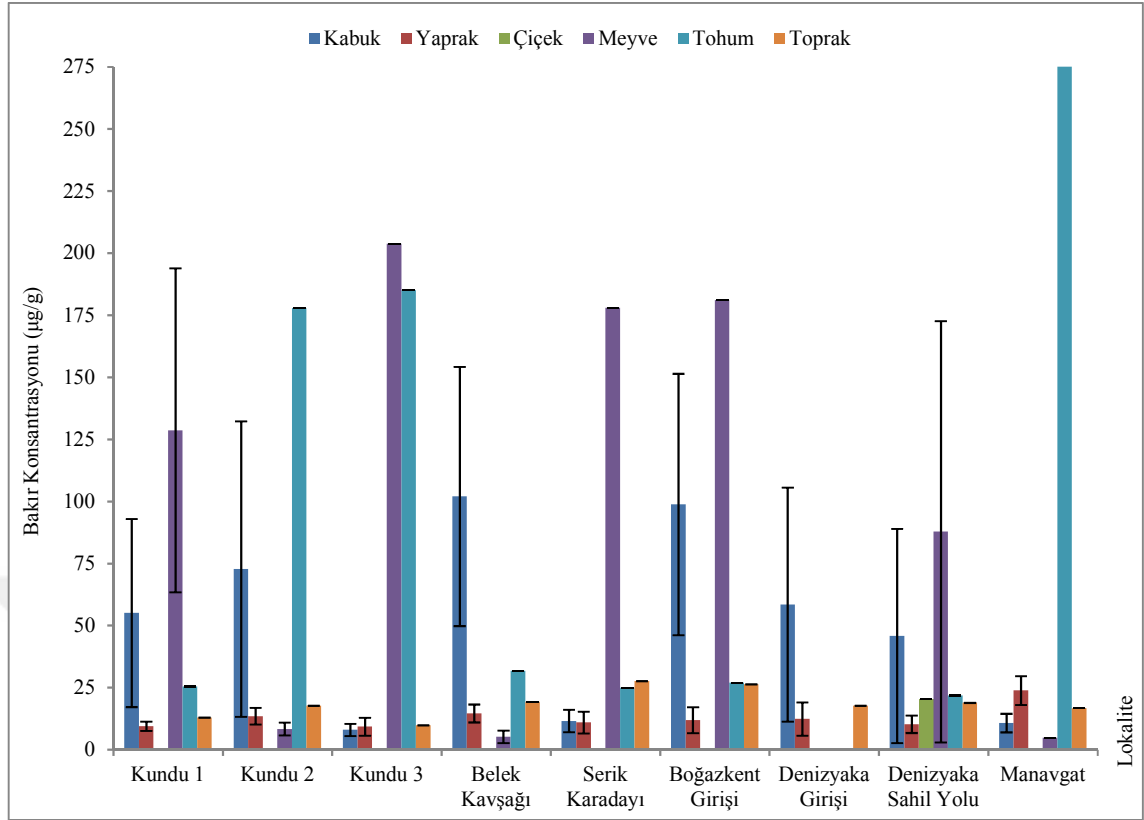
4.1.4. Cu değerleri

Çalışmada bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cu miktarı 0,63-277,20 µg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için; 2,48-220,40 µg/g, Kundu 2 için 5,47-250,80 µg/g, Kundu 3 için 3,33-203,70 µg/g, Belek Kavşağı için 2,61-199,00 µg/g, Serik Karadayı için 2,58-178,00 µg/g, Boğazkent girişi için 3,50-193,00 µg/g, Denizyaka girişi için 2,62-199,60 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 0,63-175,20 µg/g, Manavgat için 4,73-277,20 µg/g olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cu konsantrasyon değeri bitkiye ait kabuk kısmında 0,63-250,80 µg/g, yaprakta 2,62-29,89 µg/g, çiçekte 20,36-20,36 µg/g, meyvede 2,48-220,40 µg/g, tohumda 21,79-277,20 µg/g olarak bulunmuştur. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ortalama Cu konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) bu değerler Çizelge 4.32. ve Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.32. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Lokalite	Kabuk (Cu)	Yaprak (Cu)	Çiçek (Cu)	Meyve (Cu)	Tohum (Cu)	Toprak (Cu)
Kundu 1	55,05 $\pm$ 37,89	9,39 $\pm$ 1,88	-	128,63 $\pm$ 65,21	25,42 $\pm$ 0,00	12,9 $\pm$ 0,02
Kundu 2	72,72 $\pm$ 59,48	13,47 $\pm$ 3,34	-	8,31 $\pm$ 2,59	177,80 $\pm$ 0,00	17,71 $\pm$ 0,03
Kundu 3	7,96 $\pm$ 2,42	9,25 $\pm$ 3,64	-	203,70 $\pm$ 0,00	185,00 $\pm$ 0,00	9,83 $\pm$ 0,02
Belek Kavşağı	101,97 $\pm$ 52,19	14,58 $\pm$ 3,60	-	5,15 $\pm$ 2,54	31,78 $\pm$ 0,00	19,29 $\pm$ 0,03
Serik Karadayı	11,51 $\pm$ 4,51	10,93 $\pm$ 4,40	-	178,00 $\pm$ 0,00	24,86 $\pm$ 0,00	27,57 $\pm$ 0,04
Boğazkent Girişi	98,77 $\pm$ 52,61	11,92 $\pm$ 5,22	-	181,00 $\pm$ 0,00	26,94 $\pm$ 0,00	26,37 $\pm$ 0,04
Denizyaka Girişi	58,41 $\pm$ 47,14	12,36 $\pm$ 6,70	-	-	-	17,67 $\pm$ 0,03
Denizyaka Sahil Y.	45,76 $\pm$ 43,15	10,21 $\pm$ 3,49	20,36 $\pm$ 0,00	87,77 $\pm$ 84,84	21,79 $\pm$ 0,00	18,87 $\pm$ 0,02
Manavgat	10,71 $\pm$ 3,74	23,83 $\pm$ 5,81	-	4,73 $\pm$ 0,00	277,20 $\pm$ 0,00	16,70 $\pm$ 0,02

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştigi topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Cu elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 6,02-31,17 $\mu\text{g/g}$ bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 10,77-15,08 $\mu\text{g/g}$, Kundu 2 için 13,84-20,38 $\mu\text{g/g}$, Kundu 3 için 6,02-12,71 $\mu\text{g/g}$, Belek Kavşağı için 16,43-22,26 $\mu\text{g/g}$, Serik Karadayı için 22,42-31,17 $\mu\text{g/g}$, Boğazkent girişi için 23,46-30,66 $\mu\text{g/g}$, Denizyaka girişi için 16,81-19,92 $\mu\text{g/g}$, Denizyaka sahil yolu için 15,26-20,70 $\mu\text{g/g}$, Manavgat için ise 14,71-17,89 $\mu\text{g/g}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.4. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonları (µg/g)

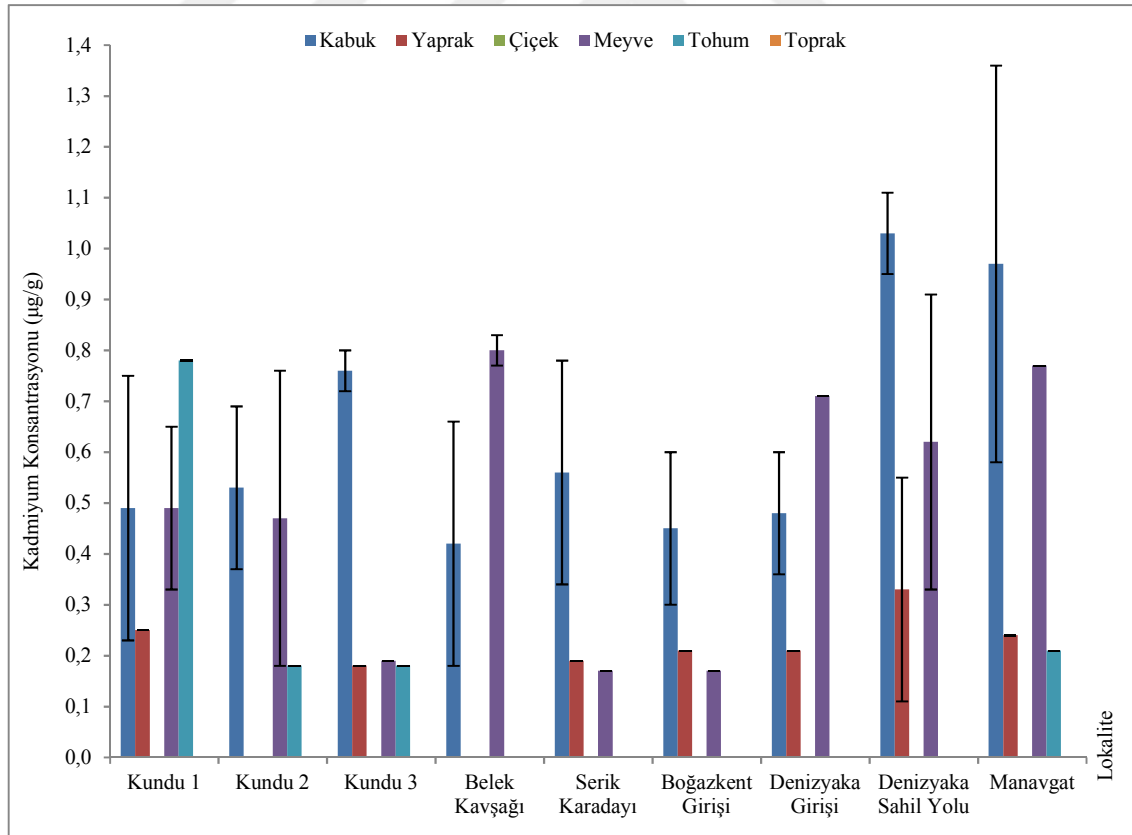
Şekil 4.4.'te verilen grafik incelendiğinde en yüksek Cu değeri Manavgat lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen tohum kısmında tespit edilmiştir.

4.1.5. Cd değerleri

Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cd miktarı 0,11-2,06 µg/g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 0,16-1,00 µg/g, Kundu 2 için 0,18-0,84 µg/g, Kundu 3 için 0,18-0,81 µg/g, Belek Kavşağı için 0,18-0,89 µg/g, Serik Karadayı için 0,17-1,09 µg/g, Boğazkent girişi için 0,17-0,71 µg/g, Denizyaka girişi için 0,21-0,83 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 0,11-1,19 µg/g, Manavgat için 0,21-2,06 µg/g olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cd konsantrasyon değeri bitkiye ait kabuk kısmında 0,18-2,06 µg/g, yaprakta 0,11-0,55 µg/g, çiçekte bu değerler tespit edilebilen limitlerin altındadır, meyvede 0,16-0,90 µg/g, tohumda 0,18-0,78 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda bitkiye ait toprak örneklerinde Cd ağır metali tespit edilebilir sınırlar altında kalmıştır. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ve yetiştikleri toprakların ortalama Cd konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.33. ve Şekil 4.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cd konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Lokale	Kabuk (Cd)	Yaprak (Cd)	Çiçek (Cd)	Meyve (Cd)	Tohum (Cd)	Toprak (Cd)
Kundu 1	0,49±0,26	0,25±0,00	-	0,49±0,16	0,78±0,00	-
Kundu 2	0,53±0,16	-	-	0,47±0,29	0,18±0,00	-
Kundu 3	0,76±0,04	0,18±0,00	-	0,19±0,00	0,18±0,00	-
Belek Kavşağı	0,42±0,24	-	-	0,80±0,03	-	-
Serik Karadayı	0,56±0,22	0,19±0,00	-	0,17±0,00	-	-
Boğazkent Girişi	0,45±0,15	0,21±0,00	-	0,17±0,00	-	-
Denizyaka Girişi	0,48±0,12	0,21±0,00	-	0,71±0,00	-	-
Denizyaka Sahil Y.	1,03±0,08	0,33±0,22	-	0,62±0,29	-	-
Manavgat	0,97±0,39	0,24±0,00	-	0,77±0,00	0,21±0,00	-



Şekil 4.5. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Cd konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$)

Şekil 4.5.'e göre en yüksek Cd ağır metali Manavgat lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen bitkiye ait kabuk kısmında tespit edilmiştir.

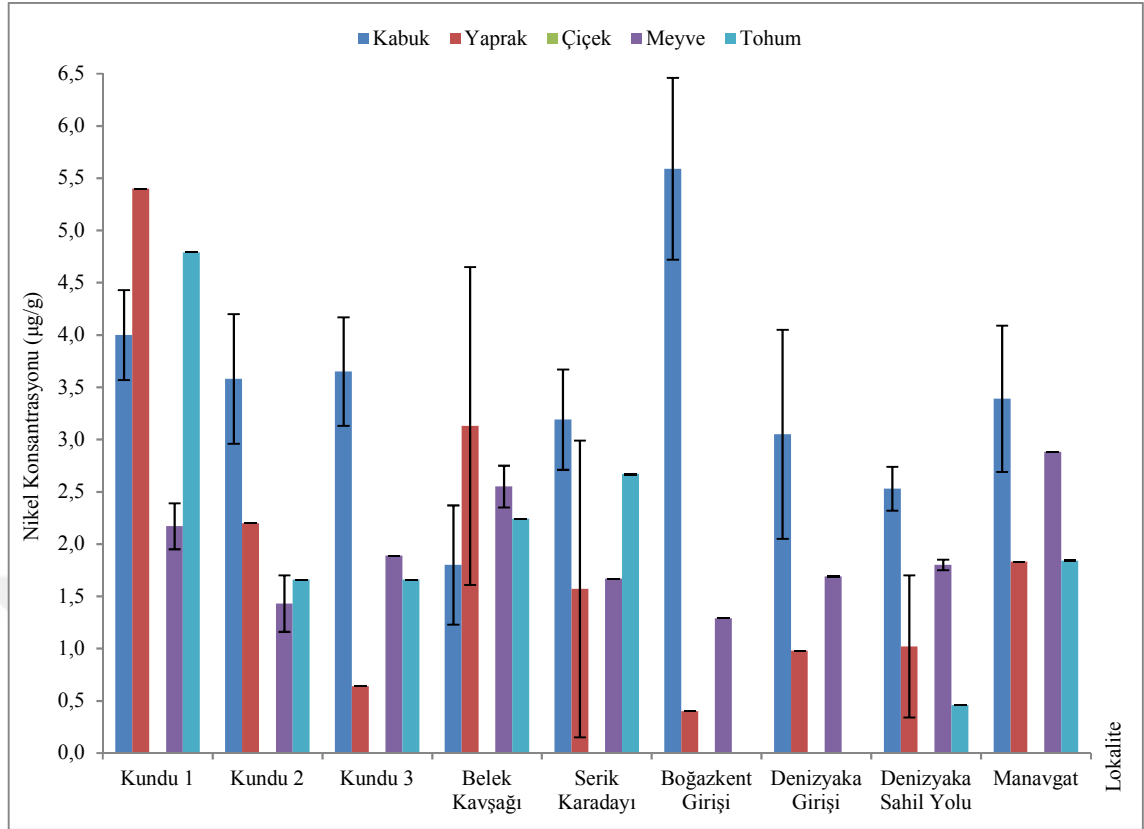
4.1.6. Ni değerleri

Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Ni miktarı 0,15-7,37 µg/g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 1,76-5,40 µg/g, Kundu 2 için 1,16-4,73 µg/g, Kundu 3 için 0,64-5,06 µg/g, Belek Kavşağı için 0,26-4,65 µg/g, Serik Karadayı için 0,15-4,37 µg/g, Boğazkent girişi için 0,40-7,37 µg/g, Denizyaka girişi için 0,98-5,90 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 0,34-2,82 µg/g, Manavgat için 1,54-4,94 µg/g olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Ni konsantrasyon değeri bitkiye ait kabuk kısmında 0,26-7,37 µg/g, yaprakta 0,15-5,40 µg/g, çiçekte bu değerler tespit edilebilir limitlerin altında kalmıştır, meyvede 1,16-2,88 µg/g, tohumda 0,46-4,79 µg/g olarak bulunmuştur. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ortalama Ni konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.34. ve Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.34. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Ni konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

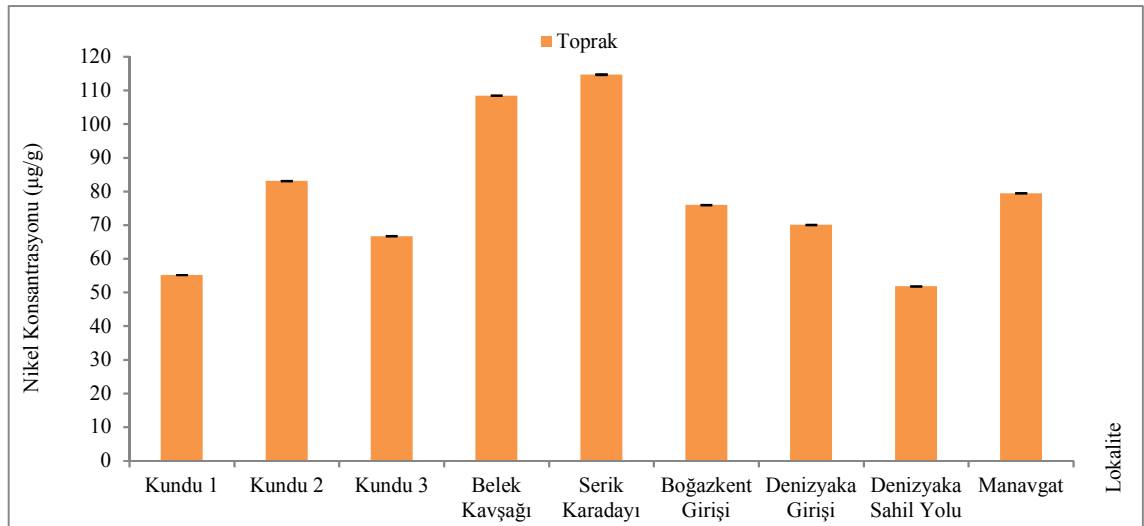
Lokalite	Kabuk (Ni)	Yaprak (Ni)	Çiçek (Ni)	Meyve (Ni)	Tohum (Ni)	Toprak (Ni)
Kundu 1	4,00±0,43	5,40±0,00	-	2,17±0,22	4,79±0,00	55,16±0,07
Kundu 2	3,58±0,62	2,20±0,00	-	1,43±0,27	1,66±0,00	83,07±0,10
Kundu 3	3,65±0,52	0,64±0,00	-	1,89±0,00	1,66±0,00	66,69±0,09
Belek Kavşağı	1,80±0,57	3,13±1,52	-	2,55±0,20	2,24±0,00	108,44±0,12
Serik Karadayı	3,19±0,48	1,57±1,42	-	1,67±0,00	2,67±0,00	114,71±0,13
Boğazkent Girişi	5,59±0,87	0,40±0,00	-	1,29±0,00	-	75,94±0,09
Denizyaka Girişi	3,05±1,00	0,98±0,00	-	1,69±0,00	-	70,04±0,09
Denizyaka Sahil Y.	2,53±0,21	1,02±0,68	-	1,80±0,05	0,46±0,00	51,81±0,07
Manavgat	3,39±0,70	1,83±0,00	-	2,88±0,00	1,84±0,00	79,42±0,09

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştigi topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Ni elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 42,27-130,50 µg/g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 51,71-57,62 µg/g, Kundu 2 için 69,05-96,42 µg/g, Kundu 3 için 45,61-82,76 µg/g, Belek Kavşağı için 97,95-123,40 µg/g, Serik Karadayı için 97,32-130,50 µg/g, Boğazkent girişi için 70,43-86,77 µg/g, Denizyaka girişi için 64,04-73,48 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 42,27-58,22 µg/g, Manavgat için ise 67,07-90,25 µg/g olarak ölçülmüştür. Bu değerler Şekil 4.6.'da belirtilmiştir.



Şekil 4.6. Zingit armudu organlarındaki ortalama Ni konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.6.'ya göre en yüksek Ni konsantrasyonu Boğazkent girişi lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen kabuk kısmında tespit edilmiştir. Bitkinin yaşam ortamındaki toprak örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon bitki organlarında tespit edilenden çok daha yüksektir. Bu nedenle ayrı grafikte verilmiştir.



Şekil 4.7. Zingit armudu bitkisinin yaşadığı topraklardaki ortalama Ni konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.7.'de verilen Zingit armudunun yaşadığı topraklardaki ortalama Ni konsantrasyonlarına bakıldığında bu oranların bitki organlarından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı lokalitelerden alınan toprak örnekleri arasında kıyaslama yapıldığında ise en yüksek Ni konsantrasyonunun Serik Karadayı lokalitesinden alınan toprak örneklerinde olduğu söylenebilir.

4.1.7. Pb değerleri

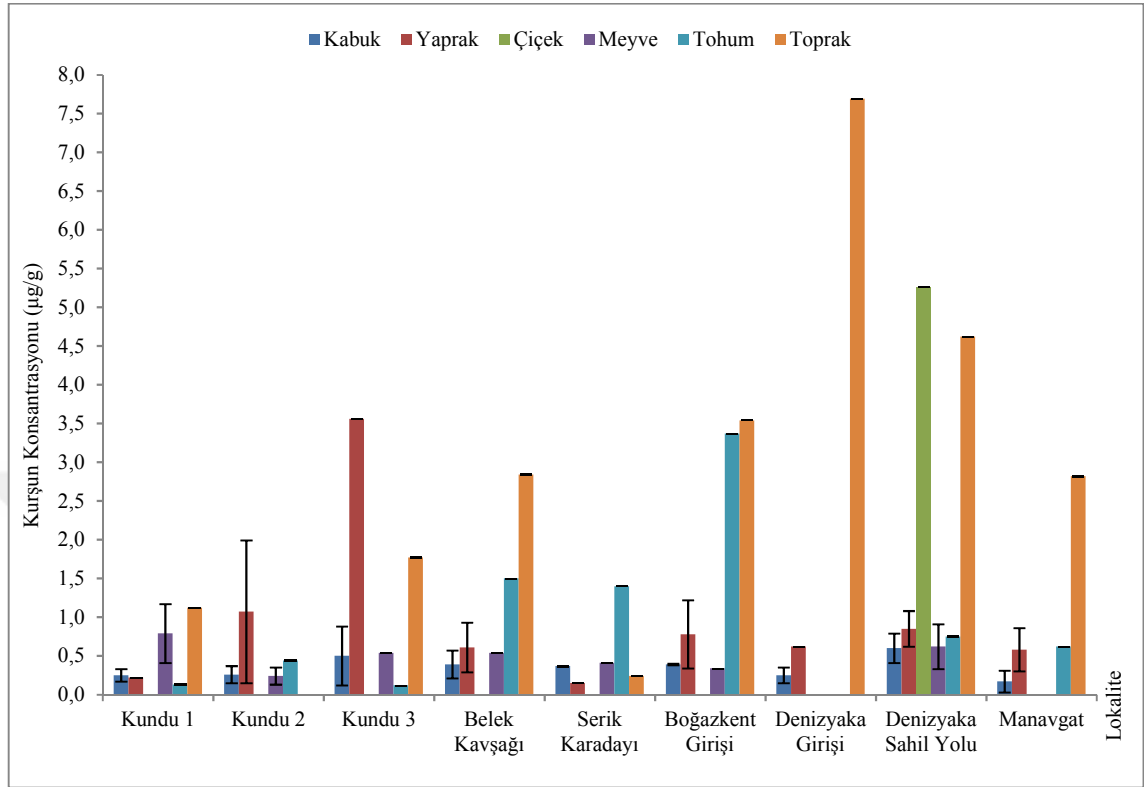
Çalışmada bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Pb miktarı 0,03-5,26 µg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 0,09-1,17 µg/g, Kundu 2 için 0,06-1,99 µg/g, Kundu 3 için 0,04-3,56 µg/g, Belek Kavşağı için 0,11-1,50 µg/g, Serik Karadayı için 0,15-1,40 µg/g, Boğazkent girişi için 0,34-3,37 µg/g, Denizyaka girişi için 0,15-0,62 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 0,26-5,26 µg/g, Manavgat için 0,03-1,05 µg/g olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Pb konsantrasyon değeri bitkiye ait kabuk kısmında 0,03-1,25 µg/g, yaprakta 0,08-3,56 µg/g, çiçekte 5,26-5,26 µg/g, meyvede 0,13-1,17 µg/g, tohumda 0,12-3,37 µg/g olarak bulunmuştur. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ortalama Pb konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.35. ve Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.35. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Pb konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokaliite	Kabuk (Pb)	Yaprak (Pb)	Çiçek (Pb)	Meyve (Pb)	Tohum (Pb)	Toprak (Pb)
Kundu 1	0,25±0,08	0,22±0,00	-	0,79±0,38	0,13±0,00	1,12±0,01
Kundu 2	0,26±0,11	1,07±0,92	-	0,24±0,11	0,44±0,00	-
Kundu 3	0,50±0,38	3,56±0,00	-	0,54±0,00	0,12±0,00	1,77±0,01
Belek Kavşağı	0,39±0,18	0,61±0,32	-	0,54±0,00	1,50±0,00	2,84±0,01
Serik Karadayı	0,37±0,00	0,15±0,00	-	0,41±0,00	1,40±0,00	0,24±0,01
Boğazkent Girişi	0,39±0,01	0,78±0,44	-	0,34±0,00	3,37±0,00	3,54±0,01
Denizyaka Girişi	0,25±0,10	0,62±0,00	-	-	-	7,69±0,02
Denizyaka Sahil Y.	0,60±0,19	0,85±0,23	5,26±0,00	0,62±0,29	0,75±0,00	4,62±0,02
Manavgat	0,17±0,14	0,58±0,28	-	-	0,62±0,00	2,82±0,01

Bitkilerin yetiştği topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Pb elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 0,02-8,69 µg/g bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 0,02-1,95 µg/g, Kundu 2 için tespit edilebilir sınırlar altındadır, Kundu 3 için 1,20-2,34 µg/g, Belek Kavşağı için 0,87-3,89 µg/g, Serik Karadayı için 0,24 µg/g, Boğazkent girişi için 0,42-5,70 µg/g,

Denizyaka girişi için 6,72-8,69 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 3,34-6,96 µg/g, Manavgat için ise 2,01-3,88 µg/g olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.8. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Pb konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.8.'de verilen grafiğe bakıldığında ortalama en yüksek Pb değeri Denizyaka Girişi lokalitesinden alınan toprak örneklerinde tespit edilmiştir. Bitki organlarında ortalama en yüksek Pb konsantrasyonu ise Denizyaka sahil yolu lokalitesinden İlkbahar döneminde örneklenen çiçek kısmında tespit edilmiştir.

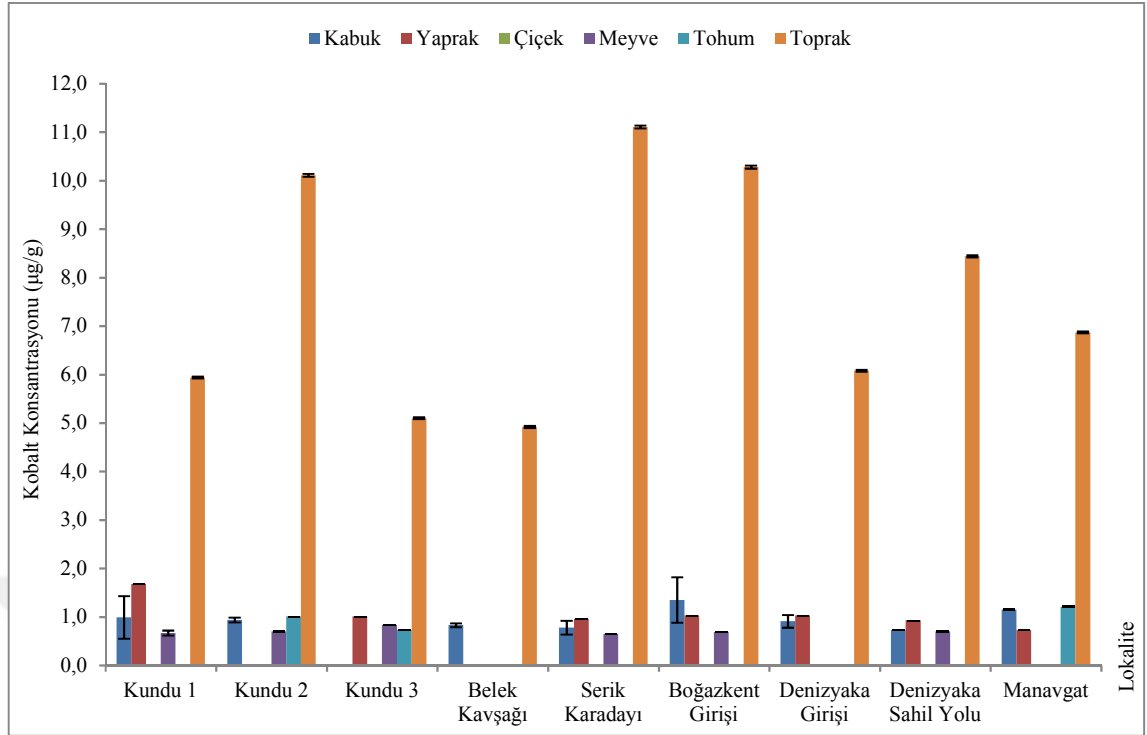
4.1.8. Co değerleri

Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Co miktarı 0,12-1,97 µg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 0,12-1,68 µg/g, Kundu 2 için 0,70-1,01 µg/g, Kundu 3 için 0,73-1,01 µg/g, Belek Kavşağı için 0,79-0,86 µg/g, Serik Karadayı için 0,64-0,96 µg/g, Boğazkent girişi için 0,42-1,97 µg/g, Denizyaka girişi için 0,67-1,10 µg/g, Denizyaka sahil yolu için 0,70-0,93 µg/g, Manavgat için 0,73-1,21 µg/g olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Co konsantrasyon değeri bitkiye ait kabuk kısmında 0,12-1,97 µg/g, yaprakta 0,73-1,68 µg/g, çiçekte bu değerler tespit edilebilen limitlerin altındadır, meyvede 0,62-0,83 µg/g, tohumda 0,73-1,21 µg/g olarak bulunmuştur. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarının ortalama Co konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.36. ve Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.36. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Co konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Lokalite	Kabuk (Co)	Yaprak (Co)	Çiçek (Co)	Meyve (Co)	Tohum (Co)	Toprak (Co)
Kundu 1	0,99 $\pm$ 0,44	1,68 $\pm$ 0,00	-	0,67 $\pm$ 0,05	-	5,94 $\pm$ 0,02
Kundu 2	0,94 $\pm$ 0,05	-	-	0,70 $\pm$ 0,00	1,01 $\pm$ 0,00	10,11 $\pm$ 0,03
Kundu 3	-	1,01 $\pm$ 0,00	-	0,83 $\pm$ 0,00	0,73 $\pm$ 0,00	5,10 $\pm$ 0,02
Belek Kavşağı	0,83 $\pm$ 0,04	-	-	-	-	4,92 $\pm$ 0,02
Serik Karadayı	0,78 $\pm$ 0,14	0,96 $\pm$ 0,00	-	0,65 $\pm$ 0,00	-	11,11 $\pm$ 0,03
Boğazkent Girişi	1,35 $\pm$ 0,47	1,03 $\pm$ 0,00	-	0,69 $\pm$ 0,00	-	10,28 $\pm$ 0,03
Denizyaka Girişi	0,91 $\pm$ 0,13	1,03 $\pm$ 0,00	-	-	-	6,08 $\pm$ 0,02
Denizyaka Sahil Y.	0,73 $\pm$ 0,00	0,93 $\pm$ 0,00	-	0,70 $\pm$ 0,00	-	8,44 $\pm$ 0,02
Manavgat	1,15 $\pm$ 0,00	0,73 $\pm$ 0,00	-	-	1,21 $\pm$ 0,00	6,87 $\pm$ 0,02

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştigi topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Co elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 0,04-12,30 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Kundu 1 lokalitesi için 4,80-6,66 $\mu\text{g/g}$, Kundu 2 için 9,07-11,37 $\mu\text{g/g}$, Kundu 3 için 0,08-6,90 $\mu\text{g/g}$, Belek Kavşağı için 0,06-10,06 $\mu\text{g/g}$, Serik Karadayı için 9,02-12,30 $\mu\text{g/g}$, Boğazkent girişi için 9,82-10,95 $\mu\text{g/g}$, Denizyaka girişi için 0,04-8,59 $\mu\text{g/g}$, Denizyaka sahil yolu için 7,71-9,23 $\mu\text{g/g}$, Manavgat için ise 0,14-10,41 $\mu\text{g/g}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.9. Zingit armudu organlarında ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Co konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.9.'a göre; farklı lokalitelerden örneklenen bitki organları ve yetiştikleri topraklardaki ortalama Co konsantrasyonu grafiğine bakıldığında topraktan elde edilen değerlerin bitkilere ait organlardakinden çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Toprakta bulunan Co elementinin bitki organlarından yüksek olmasında topraktaki Co'nun alınabilirliği de büyük öneme sahiptir. Toprak örnekleri arasında en yüksek konsantrasyon Serik Karadayı lokalitesinde tespit edilirken; bitki örneklerinde en yüksek ortalama Co konsantrasyonu Boğazkent girişi lokalitesinden Kış döneminde örneklenen bitkinin kabuk kısmında ölçülmüştür.

4.2. Kum Zambağı

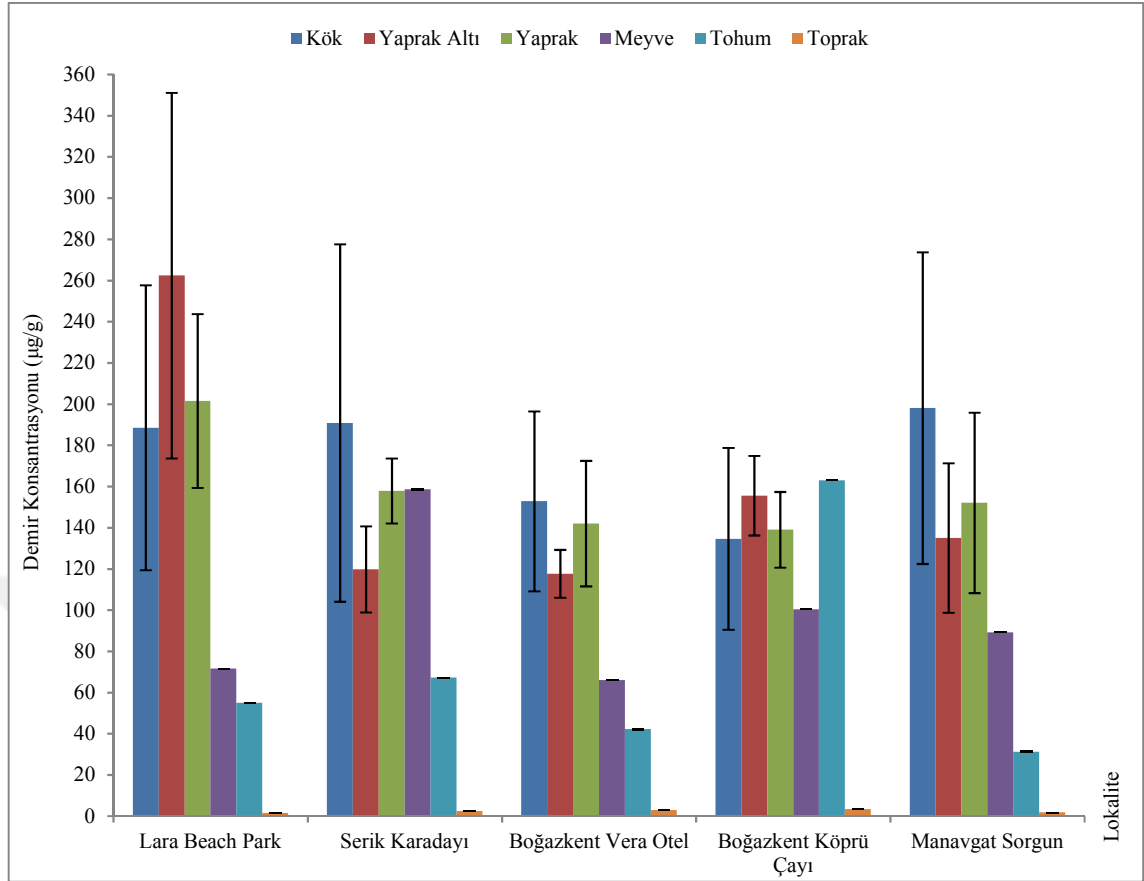
4.2.1. Fe değerleri

5 farklı lokaliteden dört farklı dönem olacak şekilde toplanan ve analiz edilen Kum zambağı bitkisine ait organların ve yetiştiği toprak örneklerinin içerdikleri Fe konsantrasyonları ölçülmüştür. Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Fe miktarı 31,20-509,10 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 54,91-509,10 µg/g, Serik Karadayı için 40,94-407,20 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 42,21-280,86 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 43,44-219,50 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 31,20-381,50 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Fe konsantrasyon değeri bitkiye ait kök kısmında 40,94-407,20 µg/g, yaprak altı kısmında 40,27-509,10 µg/g, yaprakta 61,10-320,50 µg/g, meyvede 66,06-158,60 µg/g, tohumda 31,20-163,00 µg/g olarak ölçülmüştür.

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştiği topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Fe elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 1,37-3,78 µg/g bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 1,45-1,74 µg/g, Serik Karadayı için 2,02-2,91 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 2,54-3,51 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 2,79-3,55 µg/g, Manavgat Sorgun için 1,37-1,94 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.37. ve Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.37. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Fe konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokaliite	Kök (Fe)	Yaprak Altı (Fe)	Yaprak (Fe)	Meyve (Fe)	Tohum (Fe)	Toprak (Fe)
Lara Beach Park	188,53±69,20	262,37±88,71	201,48±42,18	71,56±0,00	54,91±0,00	1,57±0,01
Serik Karadayı	190,84±86,75	119,78±20,91	157,85±15,74	158,60±0,00	67,29±0,00	2,42±0,01
Boğazkent Vera Otel	152,83±43,68	117,62±11,64	141,98±30,45	66,06±0,00	42,21±0,00	2,94±0,01
Boğazkent Köprü Çayı	134,60±44,15	155,55±19,32	138,97±18,40	100,40±0,00	163,00±0,00	3,31±0,01
Manavgat Sorgun	198,02±75,61	134,99±36,28	152,03±43,78	89,18±0,00	31,20±0,00	1,75±0,01



Şekil 4.10. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Fe konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.10.'da verilen Kum zambağı organlarında ve toprak örneklerindeki ortalama Fe konsantrasyonu açısından bitki organlarından elde edilen değerlerin toprak örneklerindeki daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. En yüksek ortalama Fe konsantrasyonu Lara Beach Park lokalitesinden Sonbahar döneminde elde edilen yaprak altı kısımlarında ölçülmüştür.

4.2.2. Mn değerleri

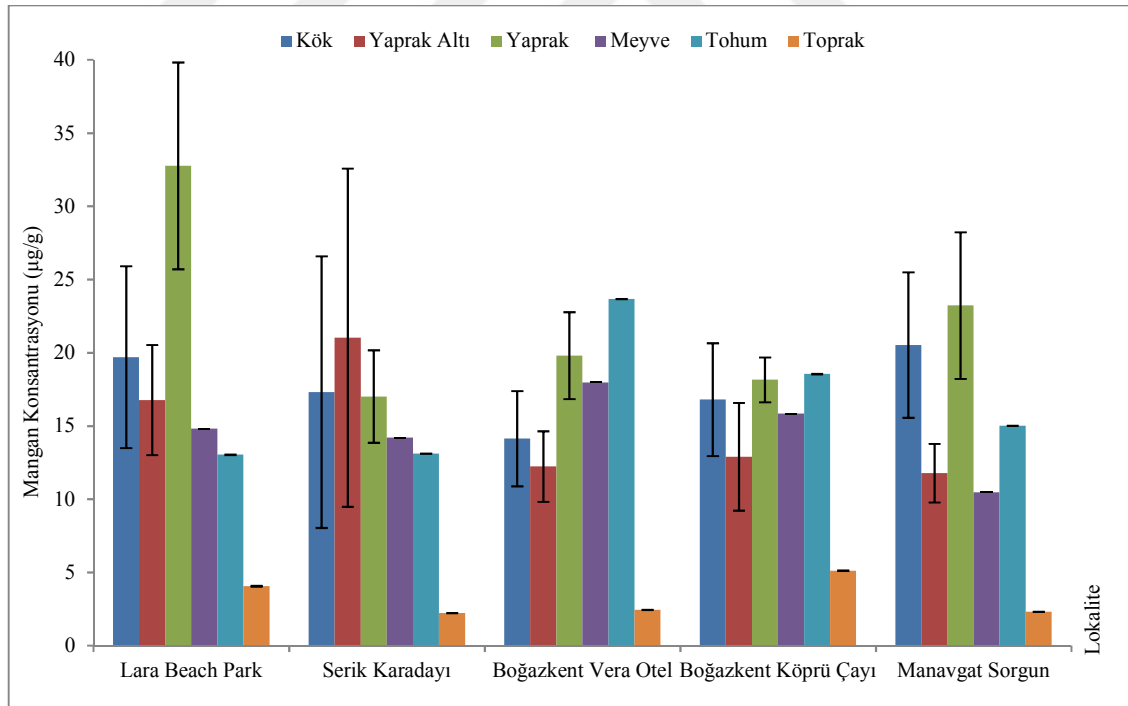
Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Mn miktarı 3,59-55,45 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 5,82-46,88 µg/g, Serik Karadayı için 3,59-55,45 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 6,68-28,26 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 5,81-24,87 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 6,84-37,07 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Mn konsantrasyon değeri bitkiye ait kök kısmında 3,59-44,04 µg/g, yaprak altı kısmında 5,81-55,45 µg/g, yaprakta 13,29-46,88 µg/g, meyvede 10,47-17,97 µg/g, tohumda 13,04-23,67 µg/g olarak ölçülmüştür.

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda Mn elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 2,00-6,08 µg/g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 4,17-4,43 µg/g, Serik Karadayı için 2,00-2,61 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 2,26-2,69 µg/g,

Boğazkent Köprü Çayı için 4,11-6,08 µg/g, Manavgat Sorgun için 2,12-2,46 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Mn konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.38. ve Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.38. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Mn konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokalite	Kök (Mn)	Yaprak Altı (Mn)	Yaprak (Mn)	Meyve (Mn)	Tohum (Mn)	Toprak (Mn)
Lara Beach Park	19,70±6,21	16,77±3,76	32,76±7,06	14,81±0,00	13,04±0,00	4,06±0,02
Serik Karadayı	17,31±9,27	21,03±11,55	17,01±3,16	14,21±0,00	13,11±0,00	2,22±0,01
Boğazkent Vera Otel	14,13±3,25	12,23±2,41	19,80±2,97	17,97±0,00	23,67±0,00	2,45±0,01
Boğazkent Köprü Çayı	16,80±3,85	12,90±3,68	18,15±1,53	15,85±0,00	18,55±0,00	5,12±0,02
Manavgat Sorgun	20,53±4,97	11,77±2,00	23,22±5,01	10,47±0,00	15,01±0,00	2,31±0,01



Şekil 4.11. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Mn konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.11.'de verilen ortalama Mn konsantrasyonu grafiğine bakıldığında bitki organlarındaki değerlerin toprak örneklerindeki değerlerden daha yüksek değerlere

ulaştığı söylenebilmektedir. Ortalama en yüksek Mn konsantrasyonu Lara Beach Park lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen yaprak kısmında tespit edilmiştir.

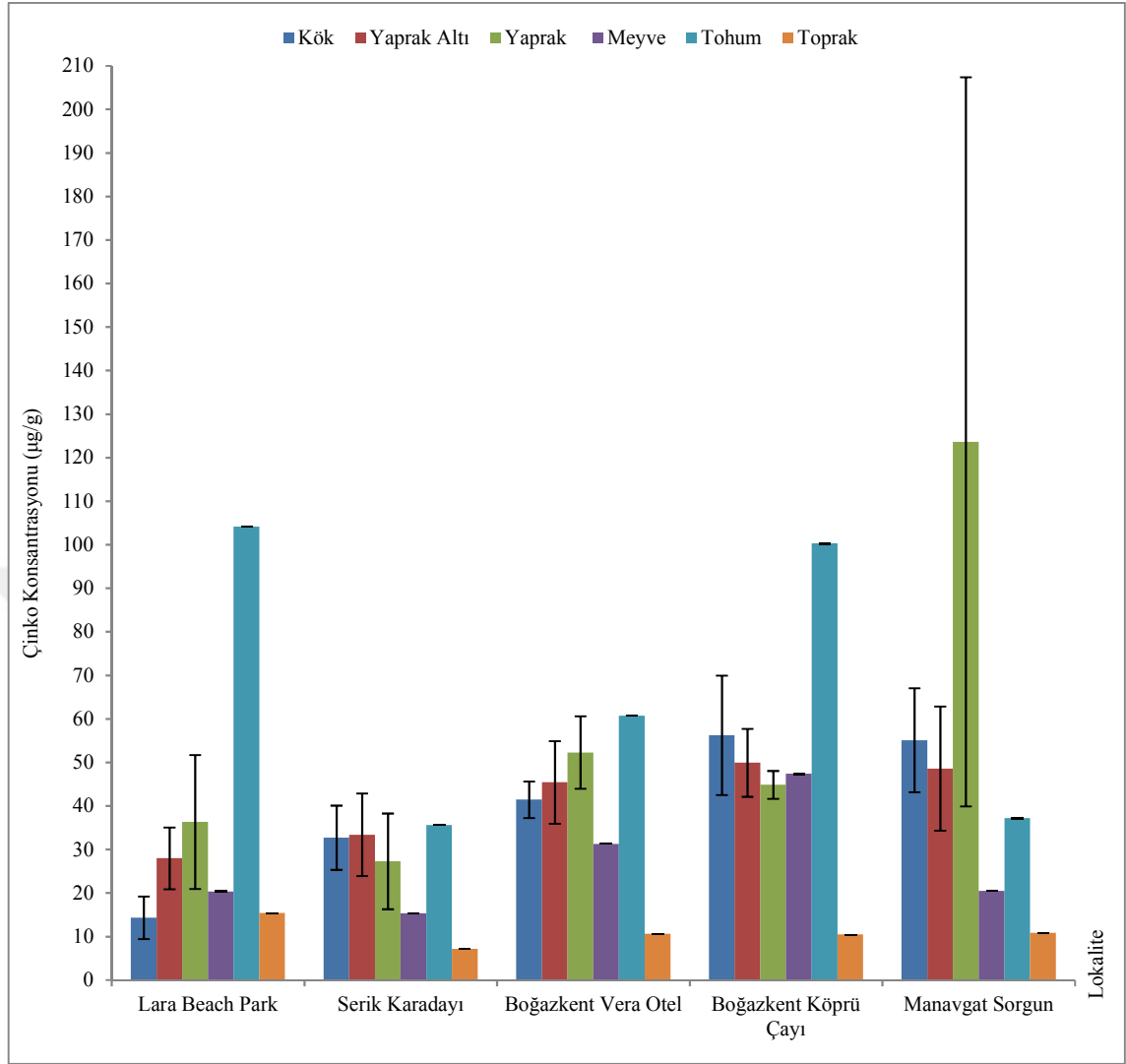
4.2.3. Zn değerleri

Kum zambağı bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Zn miktarı 3,45-371,70 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 3,45-104,10 µg/g, Serik Karadayı için 11,32-58,16 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 27,50-72,40 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 26,83-100,30 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 16,11-371,70 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Zn konsantrasyon değeri bitkiye ait kök kısmında 3,45-89,82 µg/g, yaprak altı kısmında 11,32-90,59 µg/g, yaprakta 11,32-371,70 µg/g, meyvede 15,35-47,38 µg/g, tohumda 35,62-104,10 µg/g olarak ölçülmüştür.

Bitkilerin örneklediği lokalitelerdeki toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda bu elementin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 1,61-22,16 µg/g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 3,47-22,16 µg/g, Serik Karadayı için 2,63-10,17 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 6,60-14,60 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 1,61-17,18 µg/g, Manavgat Sorgun için 5,85-15,52 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Zn konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.39. ve Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.39. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Zn konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokalite	Kök (Zn)	Yaprak Altı (Zn)	Yaprak (Zn)	Meyve (Zn)	Tohum (Zn)	Toprak (Zn)
Lara Beach Park	14,30±4,87	27,96±7,09	36,33±15,39	20,32±0,00	104,10±0,00	15,38±0,04
Serik Karadayı	32,70±7,38	33,37±9,47	27,26±11,00	15,35±0,00	35,62±0,00	7,12±0,03
Boğazkent Vera Otel	41,42±4,19	45,40±9,48	52,27±8,33	31,27±0,00	60,67±0,00	10,61±0,03
Boğazkent Köprü Çayı	56,21±13,72	49,91±7,81	44,83±3,21	47,38±0,00	100,30±0,00	10,45±0,03
Manavgat Sorgun	55,08±11,94	48,57±14,25	123,63±83,76	20,49±0,00	37,18±0,00	10,81±0,03



Şekil 4.12. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Zn konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.12.'de verilen grafiğe bakıldığında Kum zambağı bitki organlarında tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonunun yaşam alanındaki topraktan daha fazla olduğu söylenebilmektedir. En yüksek Zn konsantrasyonu ise Manavgat Sorgun lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen bitkinin yaprak kısmında tespit edilmiştir.

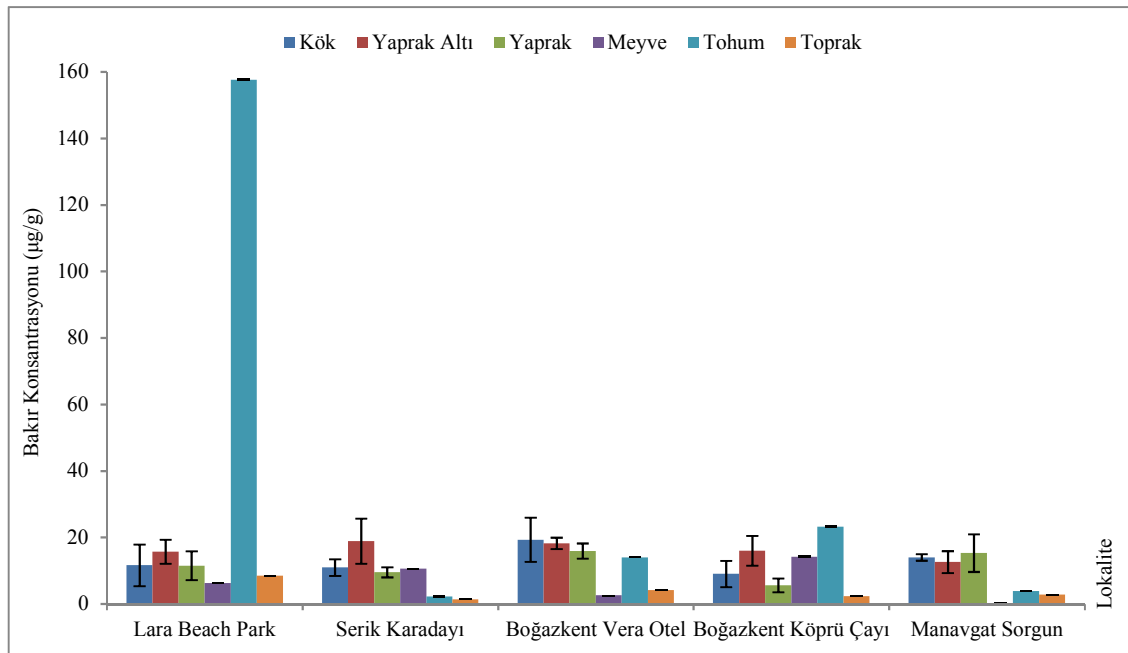
4.2.4. Cu değerleri

Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cu miktarı 0,15-157,60 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 1,92-157,60 µg/g, Serik Karadayı için 2,21-33,54 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 2,58-34,84 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 1,43-36,51 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 0,15-24,78 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cu konsantrasyonu bitkiye ait kök kısmında 1,92-34,84 µg/g, yaprak altı kısmında 3,24-33,54 µg/g, yaprakta 1,43-24,78 µg/g, meyvede 0,15-14,16 µg/g, tohumda 2,21-157,60 µg/g olarak ölçülmüştür.

Bitkilerin yetiştiği topraklarda yapılan analizler sonucunda Cu elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 0,27-11,27 $\mu\text{g/g}$ bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 5,03-11,27 $\mu\text{g/g}$, Serik Karadayı için 0,27-2,47 $\mu\text{g/g}$, Boğazkent Vera Otel için 2,24-5,77 $\mu\text{g/g}$, Boğazkent Köprü Çayı için 0,49-3,81 $\mu\text{g/g}$, Manavgat Sorgun için 1,77-4,55 $\mu\text{g/g}$ olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cu konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$) Çizelge 4.40. ve Şekil 4.13.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.40. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cu konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Lokalite	Kök (Cu)	Yaprak Altı (Cu)	Yaprak (Cu)	Meyve (Cu)	Tohum (Cu)	Toprak (Cu)
Lara Beach Park	11,62 $\pm$ 6,26	15,72 $\pm$ 3,61	11,50 $\pm$ 4,32	6,30 $\pm$ 0,00	157,60 $\pm$ 0,00	8,51 $\pm$ 0,04
Serik Karadayı	10,95 $\pm$ 2,49	18,86 $\pm$ 6,80	9,52 $\pm$ 1,53	10,61 $\pm$ 0,00	2,21 $\pm$ 0,00	1,37 $\pm$ 0,01
Boğazkent Vera Otel	19,28 $\pm$ 6,65	18,21 $\pm$ 1,73	15,93 $\pm$ 2,27	2,58 $\pm$ 0,00	14,00 $\pm$ 0,00	4,19 $\pm$ 0,02
Boğazkent Köprü Çayı	9,03 $\pm$ 3,95	15,97 $\pm$ 4,46	5,60 $\pm$ 2,09	14,16 $\pm$ 0,00	23,21 $\pm$ 0,00	2,34 $\pm$ 0,01
Manavgat Sorgun	13,98 $\pm$ 0,98	12,60 $\pm$ 3,30	15,27 $\pm$ 5,64	0,15 $\pm$ 0,00	3,90 $\pm$ 0,00	2,83 $\pm$ 0,01



Şekil 4.13. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cu konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$)

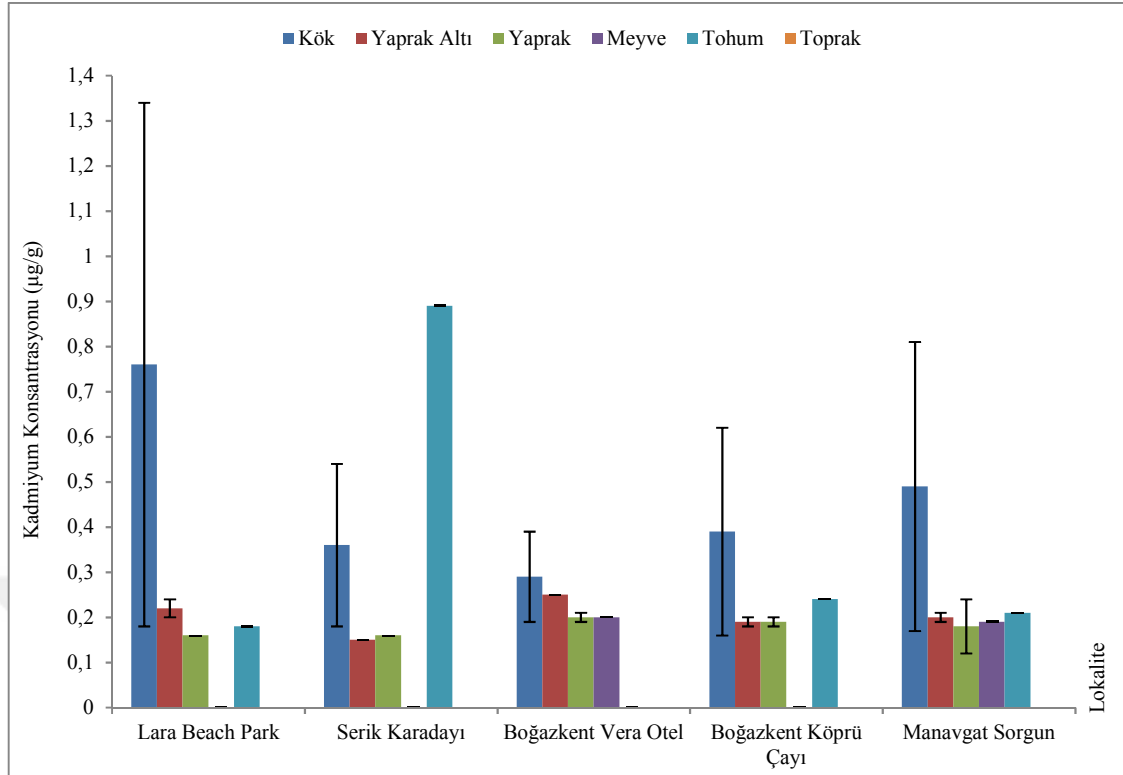
Şekil 4.13.'te verilen grafik incelendiğinde ortalama Cu konsantrasyonu Lara Beach Park lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen tohumlarda tespit edilmiştir. Bitki örneklerinde tespit edilen Cu konsantrasyon değerleri toprak örneklerinden daha yüksek konsantrasyona sahiptir.

4.2.5. Cd değerleri

Kum zambacı bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cd miktarı 0,12-2,50 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 0,16-2,50 µg/g, Serik Karadayı için 0,15-0,89 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 0,16-0,60 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 0,16-0,85 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 0,12-0,81 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Cd konsantrasyon değeri bitkiye ait kök kısmında 0,16-2,50 µg/g, yaprak altı kısmında 0,15-0,25 µg/g, yaprakta 0,12-0,24 µg/g, meyvede 0,19-0,20 µg/g, tohumda 0,18-0,89 µg/g olarak ölçülmüştür. Bitkilerin yetiştiği topraklara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Cd ağır metali tespit edilebilir sınırlar altında kalmıştır. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambacı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cd konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.41. ve Şekil 4.14.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.41. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambacı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cd konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokalite	Kök (Cd)	Yaprak Altı (Cd)	Yaprak (Cd)	Meyve (Cd)	Tohum (Cd)	Toprak (Cd)
Lara Beach Park	0,76±0,58	0,22±0,02	0,16±0,00	-	0,18±0,00	-
Serik Karadayı	0,36±0,18	0,15±0,00	0,16±0,00	-	0,89±0,00	-
Boğazkent Vera Otel	0,29±0,10	0,25±0,00	0,20±0,01	0,20±0,00	-	-
Boğazkent Köprü Çayı	0,39±0,23	0,19±0,01	0,19±0,01	-	0,24±0,00	-
Manavgat Sorgun	0,49±0,32	0,20±0,01	0,18±0,06	0,19±0,00	0,21±0,00	-



Şekil 4.14. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Cd konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.14.'e göre; ortalama Cd konsantrasyonu grafiğine bakılarak en yüksek değerin Lara Beach Park lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen kök kısmında olduğu görülmektedir.

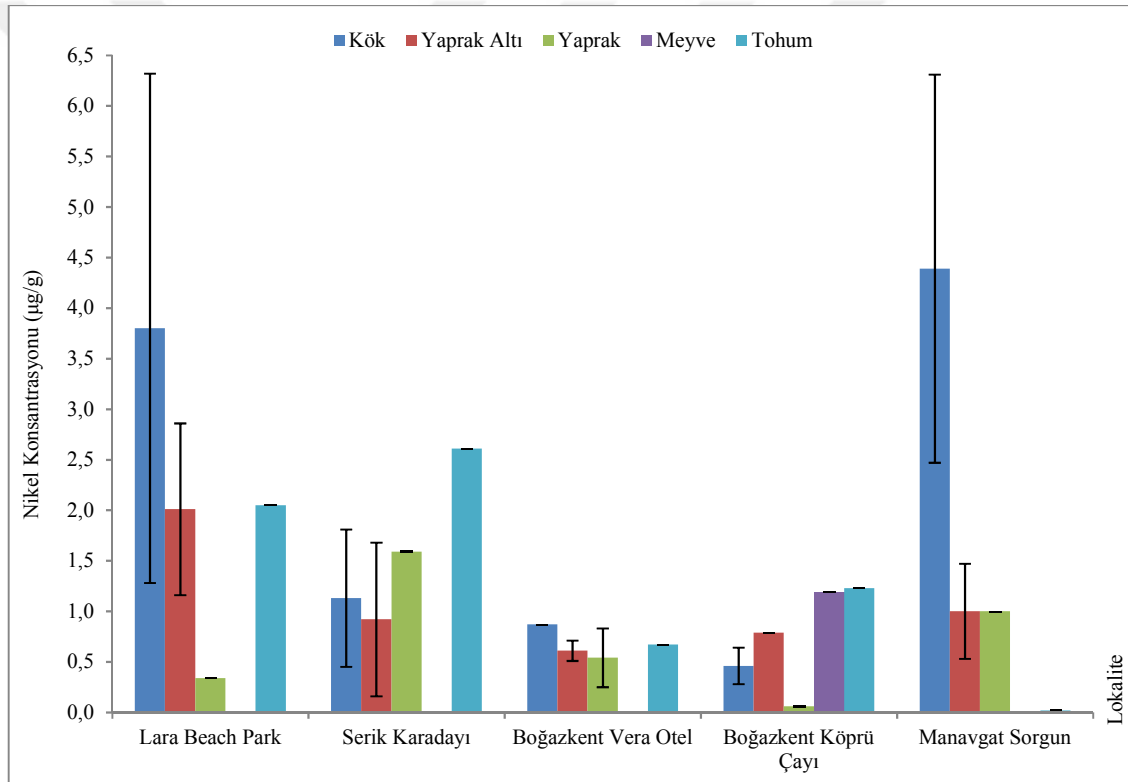
4.2.6. Ni değerleri

Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Ni miktarı 0,02-6,31 µg/g olarak ölçülmüştür. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 0,34-6,31 µg/g, Serik Karadayı için 0,06-2,61 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 0,26-0,87 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 0,06-1,23 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 0,02-6,30 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Ni konsantrasyonu bitkiye ait kök kısmında 0,28-6,31 µg/g, yaprak altı kısmında 0,06-2,85 µg/g, yaprakta 0,06-1,59 µg/g, meyvede 1,19-1,19 µg/g, tohumda 0,02-2,61 µg/g olarak ölçülmüştür.

Bitkilerin yaşadıkları topraklarda yapılan analizler sonucunda Ni elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 2,62-44,01 µg/g bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 10,64-44,01 µg/g, Serik Karadayı için 2,62-9,73 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 8,82-17,59 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 7,31-29,90 µg/g, Manavgat Sorgun için 4,05-13,99 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Ni konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.42., Şekil 4.15.-Şekil 4.16.'larda gösterilmiştir.

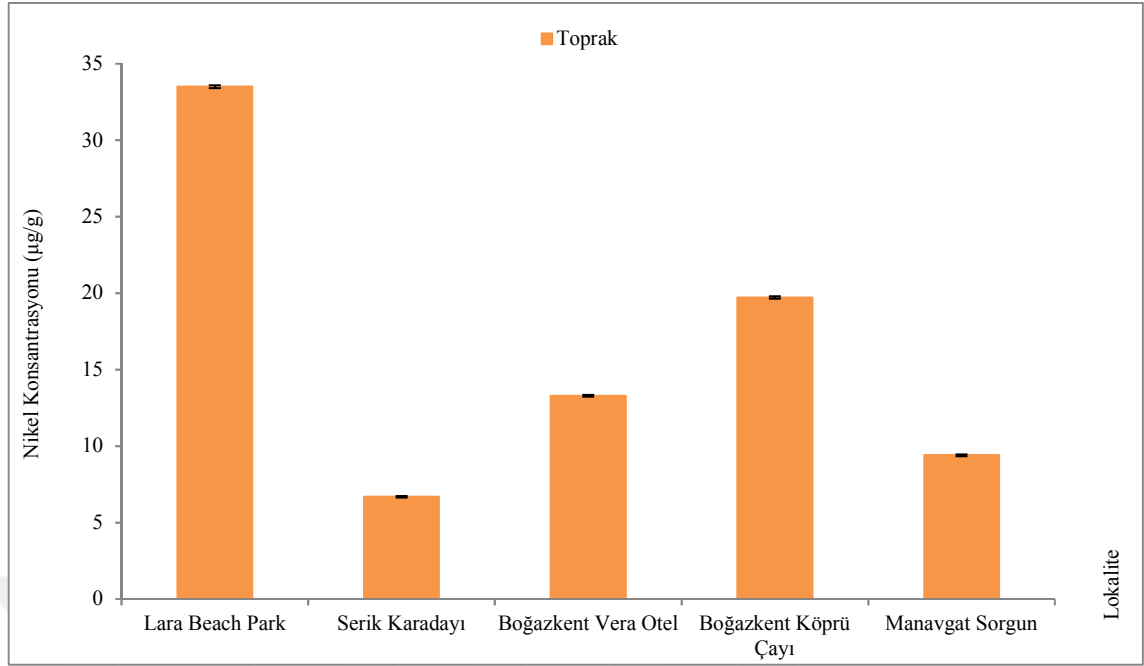
Çizelge 4.42. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Ni konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Lokaliye	Kök (Ni)	Yaprak Altı (Ni)	Yaprak (Ni)	Meyve (Ni)	Tohum (Ni)	Toprak (Ni)
Lara Beach Park	3,80±2,52	2,01±0,85	0,34±0,00	-	2,05±0,00	33,5±0,09
Serik Karadayı	1,13±0,68	0,92±0,76	1,59±0,00	-	2,61±0,00	6,68±0,05
Boğazkent Vera Otel	0,87±0,00	0,61±0,10	0,54±0,29	-	0,67±0,00	13,29±0,07
Boğazkent Köprü Çayı	0,46±0,18	0,79±0,00	0,06±0,00	1,19±0,00	1,23±0,00	19,71±0,08
Manavgat Sorgun	4,39±1,92	1,00±0,47	1,00±0,00	-	0,02±0,00	9,40±0,06



Şekil 4.15. Kum zambağı organlarındaki ortalama Ni konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$)

Şekil 4.15.'te verilen ortalama Ni konsantrasyonu grafiğine bakıldığında bu ağır metale ait en yüksek değer Lara Beach Park lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen kök kısımlarında tespit edilmiştir. Farklı lokalitelerden alınan bitkilere ait organlar ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Ni konsantrasyonu miktarı farklı olduğu için toprak örneklerine ait değerler için ayrı bir grafik yapılmıştır. Şekil 4.16.'da verilen grafiğe göre; toprak örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon bitki kısım örneklerinden çok daha yüksektir. En yüksek ortalama değer ise Lara Beach Park lokalitesinden elde edilen toprak örneklerinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Kum zambağı bitkilerinin yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Ni konsantrasyonları (µg/g)

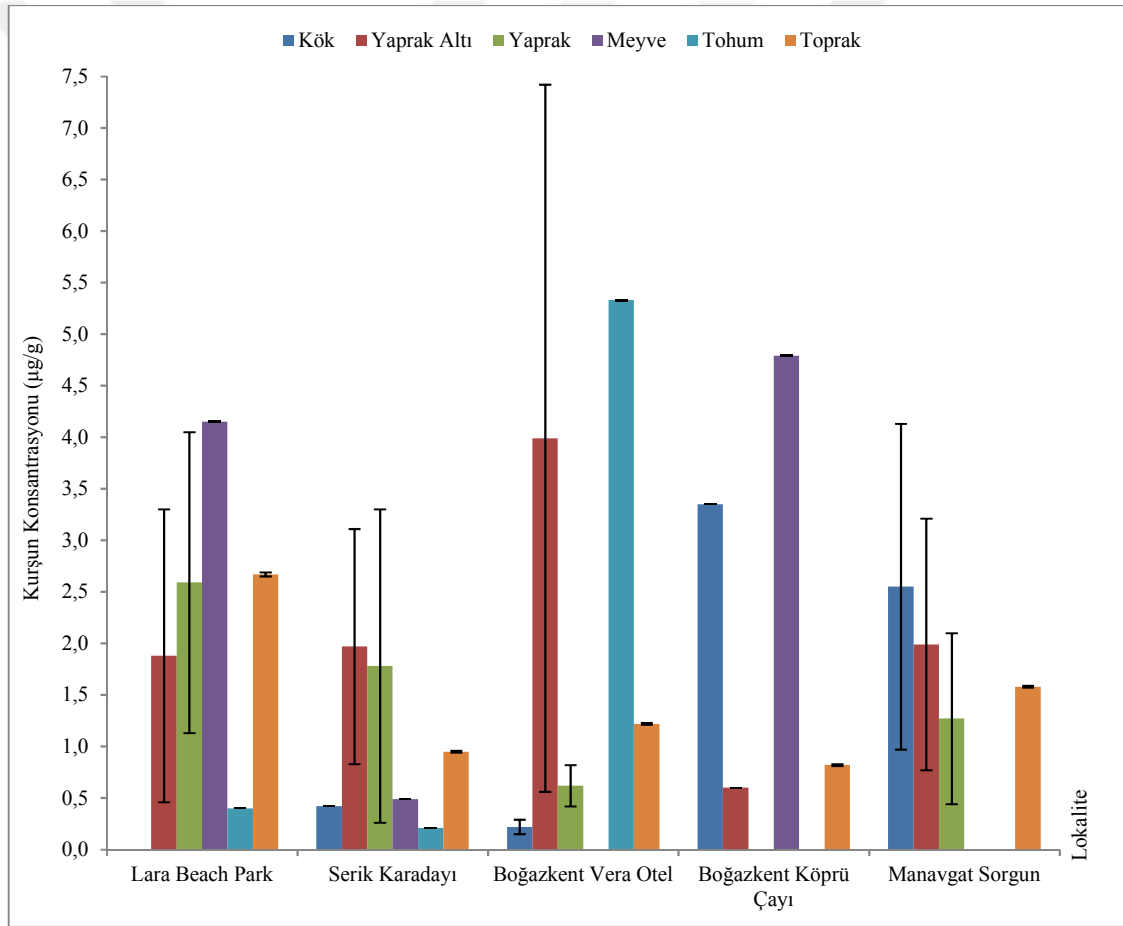
4.2.7. Pb değerleri

Kum zambağı bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Pb miktarı 0,15-7,42 µg/g'dır. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 0,40-5,51 µg/g, Serik Karadayı için 0,20-4,83 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 0,15-7,42 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 0,60-4,79 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 0,38-5,63 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Pb konsantrasyonu bitkiye ait kök kısmında 0,15-5,63 µg/g, yaprak altı kısmında 0,45-7,42 µg/g, yaprakta 0,20-5,51 µg/g, meyvede 0,49-4,79 µg/g, tohumda 0,21-5,33 µg/g olarak ölçülmüştür.

Bitkilerin örneklendiği lokalitelerdeki yetiştiği kumlara ait numunelerde yapılan analizler sonucunda Pb elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 0,27-3,06 µg/g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 2,21-3,06 µg/g, Serik Karadayı için 0,27-1,39 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 0,91-1,55 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 0,55-1,16 µg/g, Manavgat Sorgun için 0,68-2,79 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Pb konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.43. ve Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.43. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Pb konsantrasyonları ve standart hata değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Lokaliye	Kök (Pb)	Yaprak Altı (Pb)	Yaprak (Pb)	Meyve (Pb)	Tohum (Pb)	Toprak (Pb)
Lara Beach Park	-	1,88 $\pm$ 1,42	2,59 $\pm$ 1,46	4,15 $\pm$ 0,00	0,40 $\pm$ 0,00	2,67 $\pm$ 0,02
Serik Karadayı	0,42 $\pm$ 0,00	1,97 $\pm$ 1,14	1,78 $\pm$ 1,52	0,49 $\pm$ 0,00	0,21 $\pm$ 0,00	0,95 $\pm$ 0,01
Boğazkent Vera Otel	0,22 $\pm$ 0,07	3,99 $\pm$ 3,43	0,62 $\pm$ 0,20	-	5,33 $\pm$ 0,00	1,22 $\pm$ 0,01
Boğazkent Köprü Çayı	3,35 $\pm$ 0,00	0,60 $\pm$ 0,00	-	4,79 $\pm$ 0,00	-	0,82 $\pm$ 0,01
Manavgat Sorgun	2,55 $\pm$ 1,58	1,99 $\pm$ 1,22	1,27 $\pm$ 0,83	-	-	1,58 $\pm$ 0,01



Şekil 4.17. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Pb konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$)

Şekil 4.17.'de verilen ortalama Pb konsantrasyonu grafiğine bakıldığında en yüksek konsantrasyona Boğazkent Vera Otel lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen yaprak altı kısım örneklerinde ulaşılmıştır.

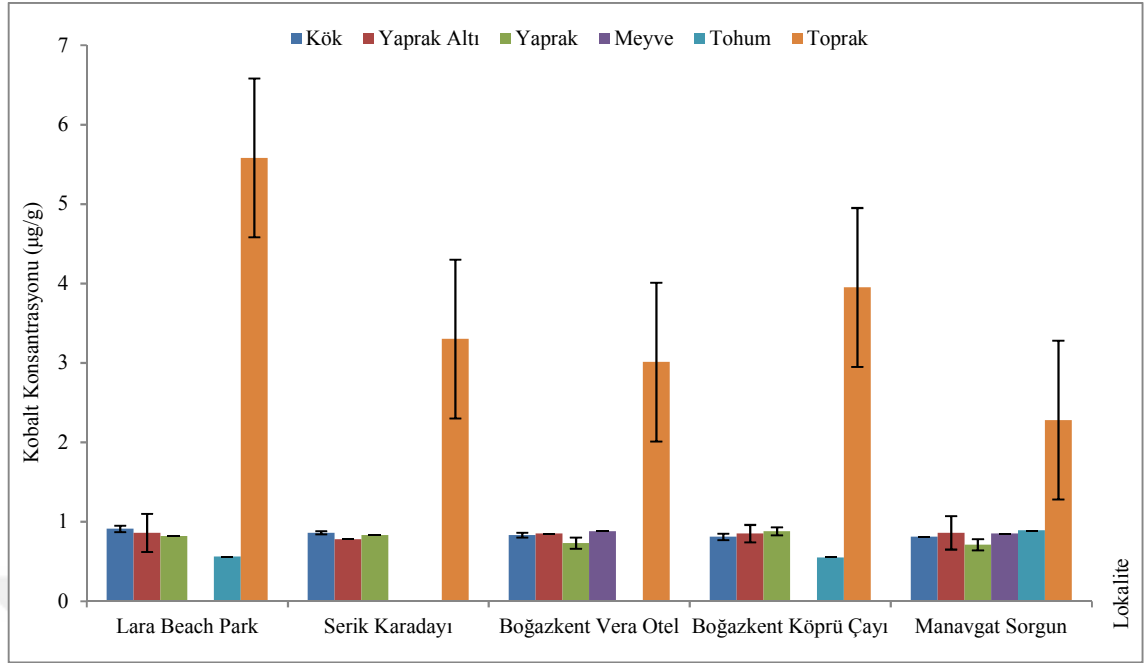
4.2.8. Co değerleri

Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Co miktarı 0,55-1,09 µg/g olarak ölçülmüştür. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 0,56-1,09 µg/g, Serik Karadayı için 0,78-0,88 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 0,66-0,88 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 0,55-0,98 µg/g, Manavgat Sorgun lokalitesi için ise 0,64-1,07 µg/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük-en yüksek Co konsantrasyon değeri bitkiye ait kök kısmında 0,77-0,96 µg/g, yaprak altı kısmında 0,62-1,09 µg/g, yaprakta 0,64-0,97 µg/g, meyvede 0,85-0,88 µg/g, tohumda 0,55-0,89 µg/g olarak ölçülmüştür.

Bitkilerin yetiştiği toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda Co elementinin ortalama birikimin en düşük-en yüksek değerleri 2,03-7,47 µg/g bulunmuştur. Bu değerler sırası ile; Lara Beach Park lokalitesi için 4,76-7,47 µg/g, Serik Karadayı için 2,66-3,84 µg/g, Boğazkent Vera Otel için 2,76-3,30 µg/g, Boğazkent Köprü Çayı için 3,54-4,43 µg/g, Manavgat Sorgun için 2,03-2,38 µg/g olarak ölçülmüştür. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Co konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g) Çizelge 4.44. ve Şekil 4.18.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.44. Farklı lokalitelerde yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Co konsantrasyonları ve standart hata değerleri (µg/g)

Lokalite	Kök (Co)	Yaprak Altı (Co)	Yaprak (Co)	Meyve (Co)	Tohum (Co)	Toprak (Co)
Lara Beach Park	0,91±0,04	0,86±0,24	0,82±0,00	-	0,56±0,00	5,58±0,02
Serik Karadayı	0,86±0,02	0,78±0,00	0,83±0,00	-	-	3,30±0,01
Boğazkent Vera Otel	0,83±0,03	0,85±0,00	0,73±0,07	0,88±0,00	-	3,01±0,01
Boğazkent Köprü Çayı	0,81±0,04	0,85±0,11	0,88±0,05	-	0,55±0,00	3,95±0,01
Manavgat Sorgun	0,81±0,00	0,86±0,21	0,71±0,07	0,85±0,00	0,89±0,00	2,28±0,01



Şekil 4.18. Kum zambağı organlarında ve yetiştikleri toprak örneklerindeki ortalama Co konsantrasyonları (µg/g)

Şekil 4.18.'de verilen ortalama Co konsantrasyonları grafiğine bakılarak toprak örneklerinden elde edilen değerlerin bitki örneklerinden çok daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. Toprak örnekleri arasında en yüksek ortalama yoğunluk ise Lara Beach Park lokalitesinden elde edilen örneklerde ölçülmüştür. Bitki organları arasında ise en yüksek ortalama konsantrasyon Lara Beach Park lokalitesinden İlkbahar döneminde örneklenen yaprak altı kısım örneklerinde bulunmuştur.

4.3. İstatiksel Değerlendirmeler

Bitki organlarında, yaşam alanları olan toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallerle ait konsantrasyonlar istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeler iki tür açısından mevsime bağlı, lokaliteye bağlı ve bitki kısmına bağlı olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.3.1. Zingit armudu mevsime bağlı değerlendirme

Zingit armudu bitkisinin belirlenen lokalitelerden toplanan örneklerinde yapılan analizler sonucu Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Co ağır metal birikimlerine bakılarak elde edilen verilere göre sonuçlar aşağıdaki gibi istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.45'te belirtilmiştir. Yapılan ANOVA istatistik hesaplamalarına göre yapılan analizler sonucu Zingit armudu bitkisine ait ağır metal ortalamalarının mevsime bağlı değerlendirmelerinde Fe, Zn, Cu, Cd ağır metal birikimleri açısından farklılıklar bulunmuştur. Yani bu bitki örneklerindeki ortalama ağır metal birikimi açısından mevsimsel olarak fark bulunmuştur. Bu farklılıklara göre bitkinin bu ağır metalleri biriktirdiği ve bazı mevsimlerde bu birikimin daha yoğun olduğu görülmüştür. Mn, Ni, Pb ve Co ağır metalleri için ise bir farklılık tespit edilmemiştir. Belirtilen bu ağır metallerin de birikimi olmaktadır fakat mevsimsel

olarak birikim açısından istatistiksel anlamda bir farklılık tespit edilmemiştir. ANOVA testi sonucunda anlamlı olan ağır metallerin analiz sonuçları birikim açısından var olan farklılıkların ortaya konması amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi yapılarak sonuçları her bir ağır metal için belirtilmiştir.

Çizelge 4.45. Zingit armudu bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Fe	Between Groups	1385908,968	3	461969,656	2,743	,047
	Within Groups	16169488,842	96	168432,175		
	Total	17555397,810	99			
Mn	Between Groups	878,736	3	292,912	1,678	,178
	Within Groups	14314,621	82	174,569		
	Total	15193,357	85			
Zn	Between Groups	21593,254	3	7197,751	9,310	,000
	Within Groups	62625,702	81	773,157		
	Total	84218,956	84			
Cu	Between Groups	62234,783	3	20744,928	4,013	,010
	Within Groups	408369,605	79	5169,236		
	Total	470604,388	82			
Cd	Between Groups	2,536	3	,845	8,110	,000
	Within Groups	5,732	55	,104		
	Total	8,268	58			
Ni	Between Groups	8,357	3	2,786	1,194	,319
	Within Groups	151,699	65	2,334		
	Total	160,056	68			
Pb	Between Groups	2,394	3	,798	,949	,424
	Within Groups	45,412	54	,841		
	Total	47,806	57			
Co	Between Groups	,439	3	,146	1,080	,372
	Within Groups	4,065	30	,136		
	Total	4,504	33			

(Df: Serbesiyet derecesi, F: ANOVA hesap değeri, Between Groups: Gruplar arası, Within Groups: Grup içi)

Fe birikimi bakımından: Yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucu Çizelge 4.46.'da belirtilmiştir. Bu test sonucuna göre Sonbahar-İlkbahar-Yaz (1. Grup) ayları kendi arasında birikim açısından benzer iken; Kış (2. Grup) dönemi bunlardan tamamen ayrılmaktadır. En yüksek birikim Kış döneminde, en az birikim ise Sonbahar döneminde görülmüştür.

Çizelge 4.46. Zingit armudu bitkisinde ortalama Fe ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Fe				
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	Sonbahar	36	224,3139	
	İlkbahar	27	261,4274	
	Yaz	27	282,6685	
	Kış	10		637,4600
	Sig.		,677	1,000

Zn birikimi bakımından: Belirtilen ağır metalin birikimi açısından yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucu Çizelge 4.47.'de belirtilmiştir. Test sonucunda Yaz-İlkbahar (1. Grup) mevsimleri kendi arasında birikim açısından benzer iken İlkbahar-Sonbahar (2. Grup) ve Sonbahar-Kış (3. Grup) kendi arasında benzemektedir. Benzer çıkan gruplar belirtilen dönemlerde bu ağır metal birimi açısından birbirleri ile ortak grup oluşturmuşlardır. Zn ağır metali en az Yaz, en fazla ise Kış döneminde birikim göstermiştir.

Çizelge 4.47. Zingit armudu bitkisinde ortalama Zn ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Zn					
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	
Duncan ^{a,b}	Yaz	22	19,2541		
	İlkbahar	19	36,3984	36,3984	
	Sonbahar	34		50,9035	50,9035
	Kış	10			68,3420
	Sig.		,071	,126	,067

Cu birikimi bakımından: Cu ağır metalinin mevsimsel açıdan istatistiki çalışmalarına bakıldığında ANOVA testi sonucunda anlamlı bir sonuç elde edilmiştir. Bu sonuçlar göz önüne alınarak karşılaştırma yapabilmek için Duncan testi yapılmış ve bu sayede mevsimler arasında birikim farklılığı ile ilgili yorumlanabilmiştir. Cu ağır metali için yapılan Duncan Karşılaştırma Testi sonucu Çizelge 4.48.'da belirtilmiştir. Test sonucunda Yaz-İlkbahar (1. Grup) kendi aralarında benzer iken; İlkbahar-Sonbahar-Kış (2. Grup) mevsimleri kendi arasında benzemektedir. Bu ağır metalin en fazla birikim gösterdiği dönem Kış iken; en az birikim gösterdiği dönem Yaz dönemi olmuştur.

Çizelge 4.48. Zingit armudu bitkisinde ortalama Cu ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Cu				
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	Yaz	20	7,6125	
	İlkbahar	19	42,0142	42,0142
	Sonbahar	34		67,2376
	Kış	10		88,7230
	Sig.		,164	,074

Cd birikimi bakımından: Yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucu Çizelge 4.49.'da belirtilmiştir. Bu test sonucuna göre Kış-Sonbahar-İlkbahar (1. Grup) ayları kendi arasında birikim açısından benzer iken; Yaz (2. Grup) dönemi bunlardan tamamen ayrılmaktadır. En yüksek birikim Yaz döneminde, en az birikim ise Kış döneminde görülmüştür.

Çizelge 4.49. Zingit armudu bitkisinde ortalama Cd ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Cd				
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	Kış	10	,3960	
	Sonbahar	25	,4144	
	İlkbahar	10	,4560	
	Yaz	14		,9050
	Sig.		,661	1,000

Zingit armudu bitkisine ait ortalama ağır metal birikiminin mevsimsel olarak farklarının değerlendirmeleri sonucunda Mn, Ni, Pb ve Co açısından yapılan ANOVA testinde istatistiksel bir farklılık görülmediğinden karşılaştırma yapılamamıştır. Yani bitkinin her mevsimde bu ağır metalleri benzer olarak biriktirdiğini göstermiştir.

4.3.2. Zingit armudu lokaliteye bağlı değerlendirme

Zingit armudu bitkisinin belirlenen 9 farklı lokaliteden toplanan örneklerinin yapılan analizler sonucu Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Co ağır metal birikimlerine bakılmış ve elde edilen verilere göre sonuçlar aşağıdaki gibi istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Bitkinin maruz kaldığı ağır metal birikimleri ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.50.'de belirtilmiştir. Yapılan ANOVA istatistik hesaplamalarına göre analizler sonucunda bitkinin ağır metal ortalamalarının lokaliteye bağlı olarak Fe ve Mn ağır metal birikimleri açısından farklılıklar oluşturduğu görülürken; Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co ağır metalleri için ise bir farklılık tespit edilmemiştir. Belirtilen bu ağır metallerin de birikimi olmaktadır fakat lokaliteler arasında birikim açısından istatistiksel anlamda bir farklılık bulunmamaktadır. İncelenen bu ağır metallerin analiz sonuçları bir de birikim bakımından var olan farklılıkların ortaya konması, hangi lokalitelerde daha

yoğun bir birikime neden olduğunu görme açısından Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabii tutularak sonuçları her bir ağır metal için ayrıca belirtilmiştir.

Çizelge 4.50. Zingit armudu bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının lokalitelere bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Fe	Between Groups	2688559,240	8	336069,905	2,057	,048
	Within Groups	14866838,570	91	163371,852		
	Total	17555397,810	99			
Mn	Between Groups	3032,094	8	379,012	2,400	,023
	Within Groups	12161,263	77	157,938		
	Total	15193,357	85			
Zn	Between Groups	1790,649	8	223,831	,206	,989
	Within Groups	82428,308	76	1084,583		
	Total	84218,956	84			
Cu	Between Groups	9427,261	8	1178,408	,189	,992
	Within Groups	461177,128	74	6232,123		
	Total	470604,388	82			
Cd	Between Groups	,990	8	,124	,851	,564
	Within Groups	7,278	50	,146		
	Total	8,268	58			
Ni	Between Groups	27,397	8	3,425	1,549	,160
	Within Groups	132,659	60	2,211		
	Total	160,056	68			
Pb	Between Groups	4,726	8	,591	,672	,714
	Within Groups	43,080	49	,879		
	Total	47,806	57			
Co	Between Groups	,488	8	,061	,380	,921
	Within Groups	4,016	25	,161		
	Total	4,504	33			

(Df: Serbesiyet derecesi, F: ANOVA hesap değeri, Between Groups: Gruplar arası, Within Groups: Grup içi)

Fe birikimi bakımından: Yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucu Çizelge 4.51.'de belirtilmiştir. Sonuç olarak; Belek Kavşağı, Serik Karadayı, Denizyaka sahil yolu, Denizyaka girişi, Kundu 2, Kundu 3, Kundu 1, Manavgat (1. Grup) lokaliteleri bu ağır metal birikimi açısından kendi arasında benzerlik gösterirken; Kundu 1, Manavgat ve Boğazkent girişi (2. Grup) lokaliteleri ise kendi arasında benzemektedir. Fe ağır metali birikimi en fazla Boğazkent girişi lokalitesinde, en az ise Belek Kavşağı lokalitesinde görülmüştür.

Çizelge 4.51. Zingit armudu bitkisinde ortalama Fe ağır metali birikiminin lokaliteye bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Fe				
Lokalite		N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^{a,b}	Belek Kavşağı	11	127,7436	
	Serik Karadayı	11	155,3827	
	Denizyaka Sahil Yolu	11	176,0700	
	Denizyaka Girişi	11	211,2973	
	Kundu 2	11	234,1618	
	Kundu 3	11	252,3345	
	Kundu 1	12	327,0358	327,0358
	Manavgat	11	466,3155	466,3155
	Boğazkent Girişi	11		669,0636
	Sig.		,096	,062

Mn birikimi bakımından: Bu ağır metal açısından yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Çizelge 4.52’de belirtilmiştir. Yapılan test sonucuna göre üç grup oluşmuş ve bunlar; Belek Kavşağı, Kundu 2, Serik Karadayı, Kundu 1, Kundu 3, Manavgat (1. Grup), Kundu 2, Serik Karadayı, Kundu 1, Kundu 3, Manavgat, Denizyaka Sahil Yolu, Denizyaka girişi (2. Grup) ve Kundu 3, Manavgat, Denizyaka sahil yolu, Denizyaka girişi, Boğazkent girişi (3. Grup) şeklinde ayrılmıştır. Yapılan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucuna göre Mn ağır metali birikimi en yüksek Boğazkent girişi lokalitesinde, en az ise Belek Kavşağı lokalitesinde görülmektedir.

Çizelge 4.52. Zingit armudu bitkisinde ortalama Mn ağır metali birikiminin lokaliteye bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Mn					
Lokalite		N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan ^{a,b}	Belek Kavşağı	10	16,0210		
	Kundu 2	10	19,5800	19,5800	
	Serik Karadayı	9	20,3378	20,3378	
	Kundu 1	11	21,9845	21,9845	
	Kundu 3	9	22,5444	22,5444	22,5444
	Manavgat	9	23,3400	23,3400	23,3400
	Denizyaka Sahil Yolu	11		30,2582	30,2582
	Denizyaka Girişi	8		31,6912	31,6912
	Boğazkent Girişi	9			35,1556
	Sig.		,277	,073	,053

Zingit armudu bitkisi ortalama ağır metal birikiminin lokalitelere bağlı olarak farklarının ortaya konması açısından yapılan ANOVA testinde Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co ağır metalleri açısından istatistiksel bir farklılık görülmemiştir. Bitkinin bu ağır metaller açısından tek grup oluşturması her lokalitede ağır metal kirliliğine maruz kaldığını fakat bu maruziyetin veya kirliliğin lokaliteye bağlı olarak birbirinden farklı olmadığını göstermektedir.

4.3.3. Zingit armudu kısma bağılı değerlendirme

Çalışmada araştırılan ağır metaller açısından olası biyoindikatör olarak incelenen bu bitki türüne ait kısım örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen ağır metal konsantrasyonlarında yapılmış olan istatistiksel çalışmalarda kısım örnekleri arasında anlamlı bir sonuç bulunamadığından, kısma bağılı değerlendirme yapılamamıştır.

4.3.4. Kum zambağı mevsime bağılı değerlendirme

Kum zambağı bitkisinin belirlenen lokalitelerden toplanan örneklerinde yapılan analizler sonucu Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Co ağır metal birikimlerine bakılmış ve elde edilen verilere göre sonuçlar aşağıdaki gibi istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Bitkinin maruz kaldığı ağır metal birikimleri ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.53.'te belirtilmiştir. Yapılan ANOVA testine göre ağır metal ortalamalarının mevsime bağılı değerlendirmelerinde Fe, Mn, Cd, Pb ve Co ağır metalleri birikimi bakımından farklılıklar bulunmuştur. Zn ve Cu ağır metalleri için ise bir farklılık tespit edilmemiştir. Belirtilen bu ağır metallerin de birikimi olmaktadır fakat mevsimsel olarak birikim açısından istatistiksel anlamda bir farklılık tespit edilmemiştir. Ni ağır metali için ise örneklerin dağılımı “normal dağılım” kurallarını sağlamadığından istatistiksel değerlendirme yapılamamıştır. İncelenen bu ağır metallerin analiz sonuçları bir de birikim açısından var olan farklılıkların ortaya konması amacı ile ve hangi dönemde daha yoğun bir birikimin olduğunu görme açısından Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi yapılarak sonuçları her bir ağır metal için belirtilmiştir. Ortalama ağır metal birikimi sonuçları her element için aşağıda ayrıca değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.53. Kum zambağı bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Fe	Between Groups	167555,845	3	55851,948	8,437	,000
	Within Groups	430280,592	65	6619,701		
	Total	597836,438	68			
Mn	Between Groups	1750,445	3	583,482	7,322	,000
	Within Groups	5259,110	66	79,683		
	Total	7009,555	69			
Zn	Between Groups	13489,365	3	4496,455	2,286	,087
	Within Groups	129821,002	66	1966,985		
	Total	143310,367	69			
Cu	Between Groups	182,932	3	60,977	,160	,923
	Within Groups	25104,446	66	380,370		
	Total	25287,378	69			
Cd	Between Groups	1,669	3	,556	4,186	,012
	Within Groups	4,784	36	,133		
	Total	6,453	39			
Ni	Between Groups	6,692	3	2,231	,972	,420
	Within Groups	64,259	28	2,295		
	Total	70,950	31			
Pb	Between Groups	64,451	3	21,484	8,113	,000
	Within Groups	79,444	30	2,648		
	Total	143,895	33			
Co	Between Groups	,132	3	,044	3,082	,042
	Within Groups	,429	30	,014		
	Total	,561	33			

(Df: Serbesiyet derecesi, F: ANOVA hesap değeri, Between Groups: Gruplar arası, Within Groups: Grup içi)

Fe birikimi bakımından: Yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda mevsimler kendi aralarındaki benzerlik ve farklılıklara göre 3 gruba ayrılmıştır. Çizelge 4.54'e göre; İlkbahar-Sonbahar (1. Grup) mevsimleri kendi arasında, Sonbahar-Kış (2. Grup) mevsimleri kendi arasında benzer iken Yaz (3. Grup) bunlardan tamamen farklı olarak ayrılmış ve üçüncü bir grup oluşturmuştur. Yani Fe ağır metali için Yaz mevsiminde ciddi bir birikim söz konusu iken; İlkbahar bu ağır metal açısından en az birikimin görüldüğü mevsim olmuştur.

Çizelge 4.54. Kum zambağı bitkisinde ortalama Fe ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Fe					
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	
Duncan ^{a,b}	İlkbahar	15	98,7820		
	Sonbahar	25	129,4492	129,4492	
	Kış	14		158,6896	
	Yaz	15			238,3109
	Sig.		,285	,308	1,000

Mn birikimi bakımından: Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.55.'te belirtilmiştir. Bu test sonucuna göre İlkbahar (1. Grup), Sonbahar-Yaz-Kış (2. Grup) mevsimlerinden oransal olarak farklılık gösterip ayrılmıştır. Sonuç olarak Mn ağır metali birikiminin en yoğun görüldüğü mevsim Kış dönemi iken; birikim yoğunluğunun en az görüldüğü dönem Yaz dönemi olmuştur.

Çizelge 4.55. Kum zambağı bitkisinde ortalama Mn ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Mn				
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	İlkbahar	15	9,4553	
	Sonbahar	25		17,2967
	Yaz	15		22,3759
	Kış	15		22,8743
	Sig.		1,000	,092

Cd birikimi bakımından: Duncan testi sonucuna göre Kış-İlkbahar-Sonbahar (1. Grup) kendi arasında benzer iken; Yaz (2. Grup) dönemi bu mevsimlerden belirgin şekilde ayrılmaktadır. Cd ağır metalinin her dönemde birikim gösterdiği fakat Yaz döneminde bu birikimin en fazla, Kış döneminde ise en az olduğu söylenebilmektedir. Yapılan test sonucu Çizelge 4.56.'da verilmiştir.

Çizelge 4.56. Kum zambağı bitkisinde ortalama Cd ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Cd				
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	Kış	14	,1871	
	İlkbahar	4	,1875	
	Sonbahar	13	,2431	
	Yaz	9		,6963
	Sig.		,777	1,000

Pb birikimi bakımından: Bu ağır metal açısından yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.57.'de belirtilmiştir. Test sonucuna göre İlkbahar-Kış-Yaz (1. Grup) bu ağır metal birikimi açısından kendi arasında benzer iken; Sonbahar (2. Grup) bunlardan farklıdır. Pb ağır metalinin dört dönemde de bu ağır metalin birikim gösterdiği fakat Sonbahar döneminde bu birikimin en fazla, İlkbahar döneminde ise en az olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 4.57. Kum zambağı bitkisinde ortalama Pb ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Pb				
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	İlkbahar	10	,6050	
	Kış	2	,8400	
	Yaz	7	,9876	
	Sonbahar	15		3,5303
	Sig.		,731	1,000

Co birikimi bakımından: Bu ağır metalin mevsimsel açıdan istatistik çalışmalarına bakıldığında ANOVA testi sonucunda anlamlı sonuç elde edilmiş ve mevsimler arası kıyaslama yapılabilmesi için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabii tutulmuştur. Test sonuçları Çizelge 4.58.'de belirtilmiştir. Duncan testi sonucuna göre Kış-Sonbahar-İlkbahar (1. Grup) kendi arasında benzer iken; İlkbahar-Yaz (2. Grup) bunlardan farklıdır ve kendi arasında benzerdir. Birikimin en yoğun olduğu dönem Yaz iken; en az olduğu dönem Kış dönemidir.

Çizelge 4.58. Kum zambağı bitkisinde ortalama Co ağır metali birikiminin mevsime bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Co				
Mevsim	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	Kış	14	,7757	
	Sonbahar	12	,7967	
	İlkbahar	4	,9075	,9075
	Yaz	4		,9500
	Sig.		,077	,539

Kum zambağı bitkisinin ortalama ağır metal birikiminin mevsimsel olarak farklarının değerlendirilmeleri sonucunda Zn, Cu, Ni açısından istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda mevsimsel olarak aralarında farklılık olmadığından bitki her dönemde kirliliğe maruz kaldığı fakat bu maruziyetin mevsime bağlı olarak farklılık yaratmadığı görülmüştür.

4.3.5. Kum zambağı lokaliteye bağlı değerlendirme

5 farklı lokaliteden toplanan örneklerde yapılan analizler sonucu Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Co ağır metal birikimlerine bakılarak elde edilen veriler aşağıdaki gibi istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Bitkinin maruz kaldığı ağır metal birikimleri ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.59.'da belirtilmiştir. Yapılan ANOVA Testi sonucu bitki örneklerindeki ortalama ağır metal birikiminde lokaliteler arasında farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.59. Kum zambağı bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının lokaliteye bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Fe	Between Groups	38062,963	4	9515,741	1,088	,370
	Within Groups	559773,475	64	8746,461		
	Total	597836,438	68			
Mn	Between Groups	296,693	4	74,173	,718	,583
	Within Groups	6712,863	65	103,275		
	Total	7009,555	69			
Zn	Between Groups	14723,631	4	3680,908	1,861	,128
	Within Groups	128586,736	65	1978,257		
	Total	143310,367	69			
Cu	Between Groups	1281,732	4	320,433	,868	,488
	Within Groups	24005,646	65	369,318		
	Total	25287,378	69			
Cd	Between Groups	,321	4	,080	,458	,766
	Within Groups	6,132	35	,175		
	Total	6,453	39			
Ni	Between Groups	14,175	4	3,544	1,685	,182
	Within Groups	56,775	27	2,103		
	Total	70,950	31			
Pb	Between Groups	6,796	4	1,699	,359	,835
	Within Groups	137,098	29	4,728		
	Total	143,895	33			
Co	Between Groups	,003	4	,001	,034	,998
	Within Groups	,559	29	,019		
	Total	,561	33			

(Df: Serbesiyet derecesi, F: ANOVA hesap değeri, Between Groups: Gruplar arası, Within Groups: Grup içi)

4.3.6. Kum zambağı kısma bağlı değerlendirme

Çalışmada kullanılan bitkinin maruz kaldığı ağır metal birikimleri ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.60.'ta belirtilmiştir. Yapılan ANOVA istatistik hesaplamalarına göre bitki ağır metal ortalamalarının bitki kısımlarına bağlı değerlendirmelerinde Cu ağır metal birikimleri açısından farklılık bulunmuştur. Bu farklılıklara göre bitkinin bu ağır metali biriktirdiği ve bazı kısımlarında bu birikimin daha yoğun olduğu

görülmüştür. Fe, Mn, Zn, Cd, Ni, Pb ve Co ağır metalleri için ise bir farklılık tespit edilmemiştir. Belirtilen bu ağır metallerin de birikimi olabilmekte fakat bitkide kısım örneklerinde birikimi açısından istatistiksel anlamda farklılık bulunmamaktadır. ANOVA sonucunda anlamlı olan Cu ağır metali açısından organ örnekleri arasında kıyaslama yapılabilmesi için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi yapılarak sonucu aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.60. Kum zambağı bitkisine ait ortalama ağır metal birikimi farklılıklarının bitki kısmına bağlı olarak değerlendirilmesi, ANOVA Testi sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Fe	Between Groups	58112,144	4	14528,036	1,723	,156
	Within Groups	539724,294	64	8433,192		
	Total	597836,438	68			
Mn	Between Groups	603,391	4	150,848	1,531	,204
	Within Groups	6406,164	65	98,556		
	Total	7009,555	69			
Zn	Between Groups	7723,980	4	1930,995	,926	,455
	Within Groups	135586,386	65	2085,944		
	Total	143310,367	69			
Cu	Between Groups	3861,595	4	965,399	2,929	,027
	Within Groups	21425,783	65	329,627		
	Total	25287,378	69			
Cd	Between Groups	,685	4	,171	1,039	,401
	Within Groups	5,768	35	,165		
	Total	6,453	39			
Ni	Between Groups	11,411	4	2,853	1,294	,297
	Within Groups	59,539	27	2,205		
	Total	70,950	31			
Pb	Between Groups	6,418	4	1,605	,338	,850
	Within Groups	137,476	29	4,741		
	Total	143,895	33			
Co	Between Groups	,097	4	,024	1,511	,225
	Within Groups	,464	29	,016		
	Total	,561	33			

(Df: Serbesiyet derecesi, F: ANOVA hesap değeri, Between Groups: Gruplar arası, Within Groups: Grup içi)

Cu birikimi bakımından: Yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucu Çizelge 4.61.'de belirtilmiştir. Test sonucuna göre bitkinin meyve, yaprak, kök ve yaprak altı (1. Grup) kısmı bu ağır metal kirliliği ve birikimi açısından kendi arasında benzer iken; tohum (2. Grup) kısmı bunlardan farklılık göstermiştir. Bu birikimin en yoğun olarak görüldüğü bitki kısmı tohum iken; en az görüldüğü kısım ise meyve olmuştur.

Çizelge 4.61. Kum zambağı bitkisinde ortalama Cu ağır metali birikiminin bitki kısmına bağlı olarak değerlendirilmesi, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Cu				
	Kısım	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^{a,b}	Meyve	5	6,7600	
	Yaprak	20	11,5624	
	Kök	20	12,9715	
	Yaprak Altı	20	16,2710	
	Tohum	5		40,1840
	Sig.		,316	1,000

Kum zambağı bitkisinin ortalama ağır metal birikiminin bitki kısmına bağlı olarak farklarının değerlendirilmesi sonucunda Fe, Mn, Zn, Cd, Ni, Pb ve Co açısından istatistiksel bir farklılık görülmemiştir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda kısımlar aralarında bir farklılık olmadığını ortaya koyarken bitki kısımları ağır metal kirliliğine maruz kaldığı fakat bu maruziyetin kısma bağlı olarak bir fark oluşturmadığı görülmüştür.

5. TARTIŞMA

“Antalya İli Doğusunda Antropojenik Etkiler Nedeniyle Ağır Metal Birikiminin İki Model Organizma *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* ve *Pancratium maritimum* Üzerinde Araştırılması” adlı tez çalışması kapsamında Antalya’nın doğusunda belirlenen lokalitelerde yayılış gösteren ve kirliliğe maruz kaldığı düşünülen iki bitki türünün biyoindikatör potansiyellerinin belirlenmesi ve antropojenik etkilerin bölgede yarattığı kirlilik araştırılmıştır. Araştırmada Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co ağır metallerinin miktarları ve kirliliğe sebep olduğu düşünülen kaynaklar ortaya konulmuştur. Bir yıl süresince dört mevsim olacak şekilde toplanan Zingit armudu ve Kum zambağı bitkileri ile bunların yaşam alanlarındaki toprak örneklerinde yapılan analizler neticesinde insan faaliyetlerinin yoğun olduğu sahil kısımları, trafiğin yoğun olduğu yol kenarları, tarla kenarları ve yerleşim yerleri çevresinde ağır metal oranları fazla bulunmuş olup, insan aktivitesi ile ağır metal kirliliği arasında bir paralellik olduğu görülmüştür. Analizlerden elde edilen veriler örnekleme yapılan bitki organlarının tamamı yıkama işlemine tabii tutulduğundan dokulardaki ağır metal konsantrasyonlarını vermektedir.

Zingit armudu bitkisinin organlarında yapılan incelemeler sonucunda elde edilen ağır metal birikimi miktarı lokaliteye, bitki organına ve mevsime göre farklılık göstermektedir. Bitki organlarında yapılan analizler sonucunda elde edilen ağır metallerin ortalama konsantrasyon sonuçları kendi aralarında kıyaslandığında $Fe > Cu > Zn > Mn > Ni > Pb > Cd > Co$ şeklinde bulunmuştur. Bitkinin yetiştiği topraklardaki ortalama ağır metal konsantrasyonları kendi aralarında karşılaştırıldığında ise $Ni > Zn > Mn > Fe > Cu > Co > Pb > Cd$ şeklinde sıralanmıştır.

Kum zambağı bitkisine ait organların ortalama ağır metal konsantrasyonları kendi aralarında kıyaslandığında $Fe > Zn > Cu > Mn > Pb > Ni > Cd > Co$ şeklinde sıralanabilirken; yetiştikleri topraklardaki ortalama konsantrasyon değerleri ise $Ni > Zn > Cu > Co > Mn > Fe > Pb > Cd$ şeklinde bulunmuştur.

Her iki bitki türünde ortalama konsantrasyonu en yüksek bulunan ağır metal Fe iken; inceleme alanı her ne kadar farklı özelliklere sahip olsa da her iki bitkiye ait topraklarda ortalama konsantrasyonu en yüksek olan ağır metalin Ni olduğu tespit edilmiştir. Bu kirliliğin tarım ve ulaşım faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1. Çalışılan Biyoindikatör Bitkiler

Zingit armudu ve Kum zambağı bitkilerine ait organlarda tespit edilen Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co ağır metallerine ait konsantrasyonlar kendi arasında farklılık yaratmaktadır. Zingit armudu organları ile yetiştiği toprak arasında ve Kum zambağı organları ile yetiştiği toprak arasında yapılan incelemeler sonucunda bulunan ağır metallerin ortalama değerleri toksik kabul edilen sınırlar ve var olan eser element miktarları ile kıyaslandığında bazı değerlerin daha düşük, bazılarının daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisinde, bazılarının da kontaminasyon üst sınırından çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Aynı şehre ait farklı özellikteki habitatlardan örneklenen bitki türlerinin tek veya çok yıllık olması, genetik özellikleri, ağır metallerin bitkiye taşınma yöntemleri, iklimsel faktörler, toprak özellikleri, toprağın pH değeri ve organik madde miktarı vb. gibi durumlar ağır metallerin oransal farklılığında etkili

olabilmektedir. Kıyaslama yapılsa da her bitki türü için bu özellikler farklı ağır metal için tolerans sınırının olması, bitki morfolojisi, fizyolojisi vb. değişkenler açısından yarattığı etki ve ortaya çıkardığı sonuçlar farklılık gösterebilmektedir.

Araştırılan iki bitki türüne ait farklı organlarında farklı dönemlerde ve lokalitelerde ağır metallerin çeşidi bakımından farklı konsantrasyonlar elde edilmiştir. Her iki bitki türüne ait örneklerde bu ağır metallerin en yüksek konsantrasyona ulaştığı kısım örnekleri Çizelge 5.1.'de “*” ile belirtilmiştir.

Çizelge 5.1. Olası biyoindikatör olarak incelenen iki bitki türüne ait ağır metallerin en yüksek konsantrasyonun tespit edildiği kısım örnekleri

Ağır Metal	Zingit Armudu	Kum Zambağı
Fe	Kabuk*	Yaprak Altı
Mn	Kabuk*	Yaprak Altı
Zn	Tohum	Yaprak*
Cu	Tohum*	Tohum
Cd	Kabuk	Kök*
Ni	Kabuk*	Kök
Pb	Çiçek	Yaprak Altı*
Co	Kabuk*	Yaprak Altı

Zingit armudu ve Kum zambağı bitkilerine ait örneklerde tespit edilen ağır metallerin en düşük ve en yüksek konsantrasyonları Çizelge 5.3.'te verilmiştir.

Çizelge 5.3.'e göre Zingit armudunda tespit edilen Fe elementine ait en yüksek konsantrasyon Kum zambağında tespit edilenden 4 kat daha yüksektir. Bu da bize aynı bölgede araştırılan ve antropojenik etkilere bağlı olarak ortaya çıkan kirliliğin kendi arasında da farklılık gösterdiğini düşündürmektedir. Özellikle Zingit armudu bitkisinin Kum zambağından farklı olarak yol kenarlarında, tarla kenarlarında, mezarlık ve yerleşim yerlerine yakın alanlarda yayılım göstermesi, içerdiği ağır metal konsantrasyonundaki farklılığın nedeni olarak düşünülmüştür.

Mn ağır metali konsantrasyonu değerlerine bakıldığında bitkilerde paralel sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 5.3.'te Zingit armudunda tespit edilen en yüksek konsantrasyon Kum zambağında tespit edilenden daha yüksektir.

Çizelge 5.3.'te her iki bitkiye ait organlarda tespit edilen en yüksek Zn konsantrasyonu değerleri incelendiğinde; Kum zambağında ölçülen değer Zingit armudunda tespit edilenden 2,7 kat daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.3.'te Cu ağır metali konsantrasyon aralığına ait en düşük ve en yüksek değerlere bakıldığında Zingit armudunda ölçülen en yüksek değer Kum zambağında tespit edilen en yüksek konsantrasyondan yaklaşık 2 kat daha fazladır. Buna göre Zingit armudu bitkisine ait organların yıl boyunca bu ağır metale daha fazla maruz kaldığı veya bitki organlarında ölçülen bu yüksek değerlerin Kum zambağı bitki organlarına göre bünyesine alma miktarının daha fazla olduğu söylenebilir.

Cd normal şartlarda bitki bünyesinde bulunmayan bir ağır metaldir. Çizelge 5.3.'te verilen değerlere bakıldığında iki bitki türüne ait organlarda bu ağır metal açısından konsantrasyonlar paralellik göstermekte fakat Kum zambağında tespit edilen yoğunluk Zingit armudundan çok az daha yüksektir. Buna göre her iki bitki türü için de Cd ağır metali açısından kirliliğin toksik düzeylere ulaşmadığı fakat ortam kirliliğine bağlı olarak bitki organlarında bulunduğu söylenebilir.

Ni ağır metali toprakta bulunduğu zaman bitkiler tarafından kolaylıkla alınabilen bir ağır metaldir. Çalışmada her iki bitkide ölçülen değerler paralellik göstermekte iken Zingit armudunda tespit edilen yoğunluk az miktarda Kum zambağından yüksektir. Çizelge 5.3.'te verilen değerlere bakıldığında yüksek bir farklılık olmasa da Zingit armudu bitkisi diğer bitkiye oranla daha fazla Ni konsantrasyonuna sahiptir. Ağır metallerin canlı organizmalarda çok düşük değerleri bile etki miktarını değiştirebildiğinden bu fark önemli olabilmektedir.

Bitki örneklerine ait Pb ağır metali konsantrasyonları Çizelge 5.3.'te verilmiştir. Çalışmada kullanılan iki bitki türü arasında bu ağır metal açısından kıyaslama yapıldığında Kum zambağında tespit edilen en yüksek konsantrasyon Zingit armudunda tespit edilenden 1,4 kat daha yüksektir. Pb ağır metali açısından elde edilen bulgulara bakılarak iki bitki türünün de benzer oranda ağır metali bünyelerine aldıkları; fakat bu alınının veya maruziyetin Kum zambağında daha fazla olduğu görülmektedir.

Co ağır metali konsantrasyonu genel karşılaştırmada her iki bitki türü için de en düşük değerlere sahip ağır metal olarak tespit edilmiştir. Her iki bitki türünde paralel değerler elde edilse de Zingit armudunda tespit edilen en yüksek konsantrasyon Kum zambağında tespit edilenden 1,8 kat daha yüksektir.

5.2. Çalışılan Toprak Örnekleri

Çalışılan bitki türlerinin yaşam alanlarındaki toprak örneklerine ait ortalama ağır metal konsantrasyonlarının en düşük ve en yüksek değerleri Çizelge 5.2.'de belirtilmiştir. Buna göre her iki bitkiye ait toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait en yüksek ortalama konsantrasyonlara bakıldığında incelenen tüm ağır metaller açısından Zingit armudu bitkisinin yaşam alanındaki toprak örneklerinin Kum zambağının yaşam alanındaki toprak örneklerinden daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Zingit armudu bitkisine ait topraklarda elde edilen en yüksek ortalama değerler Kum zambağı toprak değerleri ile kıyaslandığında; Fe ağır metali 8,4 kat, Mn ağır metali 12,6 kat, Zn ağır metali 4 kat, Cu ağır metali 2,8 kat, Ni ağır metali 3 kat, Pb ağır metali yaklaşık 3 kat ve Co ağır metali 1,6 kat daha yüksek değere sahiptir. İki çalışma alanından örneklenen bitkilere ait toprak örneklerinde Cd ağır metali tespit edilebilir limitlerin altında kaldığından herhangi bir kıyaslama yapılamamıştır.

Çizelge 5.2. Çalışmada kullanılan bitkiler ve toprak analiz sonuçları ile literatürde bitki ve topraklardaki eser element miktarları (Kabata-Pendias 2010) ve toksik veya kontamine olarak kabul edilen sınır değerlerin (Ross 1994) ($\mu\text{g/g}$) karşılaştırılması

Ağır Metal	Toprakta Eser Element Miktarı ($\mu\text{g/g}$) (Kabata-Pendias 2010)	Toprakta Toksik Kabul Edilen Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$) (Ross 1994)	Bitkide Eser Element Miktarı ($\mu\text{g/g}$) (Kabata-Pendias 2010)	Kontamine Olmuş Bitkilerde Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$) (Ross 1994)	Zingit Armudu Toprak Örnekleri Ortalama Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$)	Kum Zambağı Toprak Örnekleri Ortalama Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$)	Zingit Armudu Organlarındaki Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$)	Kum Zambağı Organlarındaki Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$)
Fe	10000-50000	-	50-200	-	7,68-31,89	1,37-3,78	47,90-2006	31,20-509,10
Mn	300-1000	-	20-400	-	19,64-76,49	2,00-6,08	6,32-70,09	3,59-55,45
Zn	20-200	70-400	20-100	100-400	22,70-91,45	1,61-22,16	3,97-136,10	3,45-371,70
Cu	10-40	60-125	3-12	20-100	6,02-31,17	0,27-11,27	0,63-277,20	0,15-157,60
Cd	0,05-1,00	3-8	0,05-0,50	5-30	-	-	0,11-2,06	0,12-2,50
Ni	10-50	100	0,2-2,00	10-100	42,27-130,50	2,62-44,01	0,15-7,37	0,02-6,31
Pb	10-30	100-400	0,1-0,50	30-300	0,02-8,69	0,27-3,06	0,03-5,26	0,15-7,42
Co	1-10	-	0,02-0,50	-	0,04-12,30	2,03-7,47	0,12-1,97	0,55-1,09

Çalışmada Cd elementi toprak örneklerinde tespit edilebilir limitlerin altında kaldığından ($TE < 0,01$) “-” ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Antalya’da Antropojenik etkilere bağlı kirliliğin araştırılmasında kullanılan Zingit armudu ve Kum zambağı bitki organlarındaki ağır metal konsantrasyonları ve literatürde yer alan farklı bitki türlerine ait organlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları (µg/g)

Bitki Örnekleri	Kullanılan Bitki Kısım	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
Zingit Armudu	Kabuk	102,40-2006,00	12,59-70,09	6,31-115,60	0,63-250,80	0,18-2,06	0,26-7,37	0,03-1,25	0,12-1,97
	Yaprak	47,90-1909,00	12,52-63,70	3,97-45,79	2,62-29,89	0,11-0,55	0,15-5,40	0,08-3,56	0,73-1,68
	Çiçek	0,00-129,60	0,00-20,91	39,14-39,14	20,36-20,36	-	-	5,26-5,26	-
	Meyve	0,00-882,60	6,32-27,64	5,92-94,55	2,48-220,40	0,16-0,90	1,16-2,88	0,13-1,17	0,62-0,83
	Tohum	0,00-184,40	17,92-64,16	42,60-136,10	21,79-277,20	0,18-0,78	0,46-4,79	0,12-3,37	0,73-1,21
Kum Zambağı	Kök	40,94-407,20	3,59-44,04	3,45-89,82	1,92-34,84	0,16-2,50	0,28-6,31	0,15-5,63	0,77-0,96
	Yaprak Altı	40,27-509,10	5,81-55,45	11,32-90,59	3,24-33,54	0,15-0,25	0,06-2,85	0,45-7,42	0,62-1,09
	Yaprak	61,10-320,50	13,29-46,88	11,32-371,70	1,43-24,78	0,12-0,24	0,06-1,59	0,20-5,51	0,64-0,97
	Meyve	66,06-158,60	10,47-17,97	15,35-47,38	0,15-14,16	0,19-0,20	1,19-1,19	0,49-4,79	0,85-0,88
	Tohum	31,20-163,00	13,04-23,67	35,62-104,10	2,21-157,60	0,18-0,89	0,02-2,61	0,21-5,33	0,55-0,89
<i>Lavandula stoechas</i> subsp. <i>stoechas</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	1542,72	93,42	13,13	4,59	0,04	54,56	-	.
<i>Phlomis viscosa</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	93,85	14,40	14,34	5,65	0,04	3,57	0,24	.
<i>Pyracantha coccinea</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	138,64	14,29	16,98	5,16	0,07	5,18	-	.
<i>Olea europea</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	139,92	47,88	12,95	0,74	0,06	-	-	.
<i>Laurus nobilis</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	211,16	39,89	20,13	5,07	0,04	3,29	0,72	.
<i>Laurus nobilis</i> (Ergün vd. 2010)	Meyve	40,76	18,13	22,42	10,37	0,07	2,82	0,08	.
<i>Myrtus communis</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	575,60	26,01	14,58	4,13	0,18	-	-	.

Çizelgede “-” işareti ile belirtilen kısımlarda çalışmada kullanılan örneklerde bulunan konsantrasyonun tespit edilebilir sınırlar altında kaldığını, diğer çalışmalarda ise bu ağır metale ait konsantrasyonun belirtilmediğini temsil etmektedir.

Çizelge 5.4. Literatürde yer alan farklı bitki türlerine ait organlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları (µg/g)

Bitki Örnekleri	Kullanılan Bitki Kısmı	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
<i>Phoenix dactylifera</i> L. (Aksoy ve Öztürk 1996)	Yıkanmamış Yaprak	-	-	7,42-19,53	3,04-5,64	0,24-0,70	-	2,18-24,37	-
<i>Phoenix dactylifera</i> L. (Aksoy ve Öztürk 1996)	Yıkanmış Yaprak	-	-	7,07-14,19	2,85-4,25	0,23-0,48	-	1,96-16,14	-
<i>Nerium oleander</i> (Aksoy ve Öztürk 1997)	Yaprak	-	-	8-21	3-6	0,02-0,72	-	2,65-28	-
<i>Rosa canina</i> (Çilali 2012)	Yaprak	119,58-248,50	54,22-102,15	4,49-32,74	2,46-5,30	0,00	0,40-1,13	0,00	0,00
<i>Rosa canina</i> (Çilali 2012)	Meyve	41,83-67,77	16,48-33,41	5,66-10,94	2,05-14,22	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Robinia pseudo-acacia</i> (Çelik vd. 2005)	Yaprak	100,20-3087	-	-	5,28-20,81	0,32-3,70	-	15,11-206,20	-
<i>Salix fragilis</i> (Yavuzer ve Osma 2018)	Kabuk	586-1365	52,40-59,80	39,60-56,90	4,28-7,14	0,11-0,71	-	0,25-0,83	0,91-2,70
<i>Salix fragilis</i> (Yavuzer ve Osma 2018)	Yaprak	164-204	31,50-133	17,90-36,30	4,47-9,19	0,06-0,18	-	0,15-0,40	0,29-1,16
<i>Robinia pseudo-acacia</i> (Aksoy vd. 2000a)	Yaprak	-	-	21-242	8-29,12	0,05-3,39	-	15,98-177	-
<i>Malus communis</i> (Arık ve Yıldız 2010)	Bitki	150	26	16	6,20	0,11	1,20	2,50	0,10
<i>Quercus sp.</i> (Arık ve Yıldız 2010)	Bitki	267	297	47	7,50	0,86	2,50	2,90	0,16
<i>Platanus orientalis</i> (Arık ve Yıldız 2010)	Bitki	200	61	15	6,30	0,08	2,30	2,10	0,10
<i>Pyrus communis</i> (Arık ve Yıldız 2010)	Bitki	200	17	23	7,10	0,11	0,70	1,50	0,11
<i>Prunus armeniaca</i> L. (Dağ vd. 2016)	Meyve	100,71-180,23	128,75-156,63	52,66-63,21	54,56-64,50	4,93-4,97	3,51-6,49	0,12-0,70	1,87-2,23
<i>Rosa sp.</i> (Aslanhan 2012)	Yaprak	33,05-91,25	79,20-91,90	12,62-20,13	4,94-6,62	.	0,58-1,05	0,43-0,65	-
<i>Acer sp.</i> (Aslanhan 2012)	Yaprak	516,37-1875,94	950,98-1443,76	73,73-209,07	15,44-76,75	.	0,38-2,41	0,89-1,45	0,00-0,40
<i>Elaeagnus angustifolia</i> (Aslanhan 2012)	Yaprak	53,58-175,75	48,30-95,20	15,45-28,99	1,52-10,06	.	1,28-3,93	0,00-1,06	0,05-0,29

Çizelgede “-“ işareti ile belirtilen kısımlarda bu ağır metale ait konsantrasyonun belirtilmediğini temsil etmektedir.

5.3. Zingit Armudu

5.3.1. Fe ağır metali

Günümüzde ağır metal kirliliği, antropojenik etkilerin sebep olduğu değişimler, bitkilerin ağır metallerin temizlenebilirliğinde kullanımı, bitki türlerinin biyomonitör ve biyoidikatör olarak kullanımı gibi çok yönlü araştırmalar yapılmaktadır. Çizelge 5.3.'te çalışmada kullanılan bitkiye ait organ örneklerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında kendi içerisinde de Fe ağır metali konsantrasyonunun farklılık gösterdiği söylenebilmektedir. Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonların en yüksek değerleri baz alındığında birikim miktarı Kabuk>Yaprak>Meyve>Tohum>Çiçek şeklinde sıralanmaktadır. Buna göre Fe ağır metalinin bitki bünyesinde biriktiği ve özellikle kabuk ve yaprak kısmında muhafaza edildiği görülmektedir. Kabuk ve yaprak kısım örneklerinde en yüksek konsantrasyonların bulunması bitkinin çok yıllık olması sonucu özellikle uzun dönemler boyunca bu ağır metale maruz kaldığı, bitki bünyesinden ağır metaller atılamadığından özellikle kabuk gibi uzun süredir yer alan dokusunda ve metabolik faaliyetleri çok yüksek olan yaprak gibi kısımlarda biriktirdiği düşünülmektedir.

Çizelge 5.2.'de Ross'un vermiş olduğu farklı ağır metallerin bitkilerde kontaminasyon konsantrasyon aralığı arasında Fe ağır metali için değer belirtmediğinden kıyaslama yapılamamıştır (Ross 1994).

Özcan yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de baharat olarak kullanılan farklı bitki türlerinde bulunan ağır metal konsantrasyonlarını incelemiş ve bitki türlerine ait farklı organlarında tespit ettiği en yüksek Fe ağır metali konsantrasyonu *Lavandula officinalis* L. bitkisinde ölçmüştür. Çalışmada kullanılan Zingit armudunda tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon *L. officinalis* bitkisinde tespit edilen yoğunluktan 1,6 kat daha yüksektir (Özcan 2004).

Çelik ve arkadaşlarının Denizli ilindeki kirliliğin araştırılmasına yönelik yaptıkları çalışmada *Robinia pseudo-acacia* L. bitkisine ait yapraklarda tespit edilen Fe elementi konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yaprak örneklerinde tespit edilen değer bu çalışmadaki konsantrasyondan daha düşüktür. Armut yapraklarında daha düşük konsantrasyon elde edilmesi araştırma alanlarındaki farklılık, bitki türlerinin farklılığı vb. gibi nedenlerle oluşabileceği gibi Çelik vd. inceleme alanında bulunan sanayi de bu farklılığın ortaya çıkmasında etken olabileceğini göstermiştir. Alanda sanayi olmaması sebebi ile bu değer düşük çıkmıştır (Çelik vd. 2005).

Kabata-Pendias'ın Çizelge 5.2.'de belirtilen bitkilerdeki eser element değerleri ile karşılaştırıldığında çalışmada kullanılan Zingit armudunun farklı organ örneklerinde belirtilen aralıktan çok daha yüksek oranlara ulaşmıştır. Bitki organ örneklerinde tespit edilen en yüksek Fe konsantrasyonu Kabata-Pendias'ın belirtmiş oldukları en yüksek değerden 10 kat daha yüksektir. Bu sebeple inceleme ortamında demir ağır metaline bağlı oluşan kirliliğin olduğu ve bu ağır metalin bitki organlarında birikim gösterdiği söylenebilir. bu da bize alanda yoğun bir insan aktivitesi ve buna bağlı Fe kirliliği olduğunu göstermektedir (Kabata-Pendias 2010).

Ergün ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada farklı bitki türlerine ait yaprak örneklerindeki ağır metal değerleri Çizelge 5.3.'te gösterilmiştir. Yapmış oldukları bu çalışmada bitki türleri arasında en yüksek Fe ağır metali konsantrasyonu dikkate alındığında Zingit armudu bitkisine ait yaprak örneklerinde tespit edilen en yüksek konsantrasyon *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas* yapraklarından 1,2 kat, *P. viscosa* yaprağına ait örneklerden 20 kat, *P. coccinea* yaprağına ait örneklerden 14 kat, *O. europea* bitkisine ait yaprak örneklerinden 13,6 kat, *L. nobilis* bitkisine ait yapraklardan 9 kat, *M. communis* bitkisine ait yaprak örneklerinden ise 3,3 kat daha yüksek bulunmuştur. Bitki türlerine ait yaprak örneklerinde bu denli farklılığının oluşması inceleme alanında Fe ağır metalinin insan aktivitesinden dolayı yoğun bir şekilde bulunduğunu ve bitki yapraklarının bu ağır metale maruziyetinin fazla olduğu göstermektedir (Ergün vd. 2010).

Çizelge 5.3.'te *L. nobilis* bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen Fe ağır metali konsantrasyonu belirtilmiştir. Zingit armudu meyvesinde elde edilen bu ağır metale ait konsantrasyon *L. nobilis* meyvelerinden yaklaşık 22 kat daha yüksek yoğunluğa ulaşmıştır (Ergün vd. 2010).

Çilali'nin yapmış olduğu çalışmada elde edilen Fe ağır metale ait değerler Çizelge 5.4.'te verilmiştir. Yaprak örnekleri arasında yapılan kıyaslamada bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon değeri bakımından Zingit armudu bitkisi yapraklarında tespit edilen değer *Rosa canina* bitkisine ait yapraklardan 7,7 kat daha yüksek bulunmuştur. Meyve örneklerinde tespit edilen en yüksek değerler açısından ise Zingit armuduna ait meyveler *R. canina* bitkisine ait meyvelerden 13 kat daha fazla bu ağır metali içermektedir (Çilali 2012).

Aslanhan'ın yapmış olduğu çalışmada kullanılan bitki türlerine ait Fe ağır metali konsantrasyonları Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisi yapraklarında elde edilen Fe konsantrasyonu *Rosa sp.* yapraklarından 21 kat, *E. angustifolia* bitkisine ait yaprak örneklerinden ise yaklaşık 11 katı daha yüksek oranda bu ağır metal değerine sahiptir. *Acer sp.* bitkisi yaprakları ile ise paralel değerlere sahip olan Zingit armudu; en yüksek konsantrasyonu kabuk kısmında ihtiva etmesi sebebi ile bitki bünyesinde yoğun şekilde bu ağır metalin yer aldığını göstermektedir (Aslanhan 2012).

Zingit armudu bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen Fe elementine ait yoğunluk Dağ ve arkadaşlarının çalışmalarında kullandıkları *P. armeniaca* bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen Fe ağır metale ait en yüksek konsantrasyondan 5 kat daha yüksektir. Çizelge 5.4.'te çalışmalarda meyve örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait değerler belirtilmiştir (Dağ vd. 2016).

Yavuzer ve Osma'nın yapmış olduğu çalışmada bitki organ örneklerinde tespit edilen Fe konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon değerleri bakımından kıyaslandığında Zingit armudu bitkisine ait kabuk ve yaprak kısımlarında tespit edilen değer *S. fragilis* bitkisinde tespit edilenden çok daha yüksektir (Yavuzer ve Osma 2018).

Literatür taramalarında farklı alanlar, farklı bitki türleri ile yapılan çalışmalarla yapılan kıyaslamalar göz önüne alındığında Zingit armudu bitkisinde biriken Fe ağır metali miktarı genellikle çok yüksek oranlara ulaşmış ve diğer bitki türlerinden daha

yüksek oranda bulunmuştur. Çalışmada en yüksek Fe değeri Boğazkent girişi lokalitesinden İlkbahar döneminde örneklenen kabuk kısım örneklerinde bulunmuştur. Çalışmadaki diğer lokalitelere oranla en yüksek değerin bu alanda tespit edilmesinde özellikle bitkinin tarla kenarında yer alması ve tarlalarda fazla miktarda gübreleme yapılmasından kaynaklı toprakta pH ve asidite değişimine bağlı artan demir miktarından kaynaklanabileceği gibi; yol kenarında bulunması sonucu araçlardan kaynaklı da olabileceğini düşündürmüştür. Örneklenen bitkinin tarlayı sulama için kullanılan su kanalının önünde yer alması ve dibinden akan kirli atık suyun farklı alanlardan su ile taşınan bu ağır metali bünyesine alıp biriktirdiğinin göstergesidir. Kabuk kısım örneklerinde bu denli yüksek sonuç elde edilmesi ayrıca bitkinin çok yıllık olmasından kaynaklı olduğu gibi hem doğrudan hava ile gelebilecek olan kirliliğe açık olmasından hem de uzun süreç boyunca bitki yaşamında bu dokuya sahip olmasından kaynaklı olabilmektedir. Boğazkent girişi bölgesinde ısınma amaçlı yoğun miktarda fosil yakıt kullanılması da havaya verilen ağır metaller içerisinde bu elementin bitkiye geçişinde etkili olabileceğini düşündürmüştür. Veriler ışığında bitkinin bu ağır metal açısından kirlendiği, ortamdaki ağır metali bünyesine aldığı ve türün aynı zamanda ortamdaki Fe ağır metalinin biyoindikatörü olabileceğini göstermiştir.

5.3.2. Mn ağır metali

Bitki gelişimi için gerekli olan Mn, eser elementler içerisinde yer almakta ve birçok metabolik olayda görev almaktadır. Çalışmada kullanılan Zingit armudu bitki organlarına ait örneklerde tespit edilen Mn ağır metaline ait değerler Çizelge 5.3.'te belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan bitkiye ait organ örneklerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında kendi içerisinde de Mn değerlerine ait farklılıklar olduğu görülmektedir. Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonların en yüksek değerleri baz alındığında birikim miktarı Kabuk>Yaprak>Tohum>Meyve>Çiçek şeklinde sıralanabilir.

Çizelge 5.2.'de Ross'un bitkilerde farklı ağır metallere ait kontaminasyon değerlerini belirttiği çalışmasında Mn ağır metaline ait değer belirtmediğinden yapılan çalışma ile kıyaslanamamıştır (Ross 1994).

Kabata-Pendias'ın bitkilerdeki eser element miktarlarına ait vermiş olduğu değerler Çizelge 5.2.'de belirtilmiştir. Bu veriler ışığında bu çalışmada kullanılan bitki kısımlarına ait örneklerdeki Mn ağır metali değeri belirtilen sınırlar içerisinde yer alıp; ölçmüş oldukları en yüksek değer kadar fazla miktarda yoğunluğa sahip olmasa da paralellik göstermektedir (Kabata-Pendias 2010).

Ergün ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada farklı bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit edilen Mn ağır metaline ait en yüksek konsantrasyon değerleri Çizelge 5.3.'te belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan Zingit armudu yaprak örneklerinde tespit edilen Mn ağır metaline ait en yüksek konsantrasyon *P. viscosa* yapraklarından 4,4 kat, *P. coccinea* bitkisine ait yapraklardan 4,5 kat, *O. europea* yapraklarından 1,3 kat, *L. nobilis* yapraklarından 1,6 kat, *M. communis* yapraklarından ise 2,4 kat daha yüksek konsantrasyona sahip iken; *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas* yapraklarında tespit edilen konsantrasyondan ise daha düşüktür. Ayrıca Zingit armudu bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon değeri *L. nobilis* bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen en yüksek

değerden 1,5 kat daha fazla olarak bulunmuştur. Bitki türleri farklı olsa da Zingit armudunun farklı kısımlarında yüksek konsantrasyon tespit edilmesi ortamda bu ağır metal açısından bir kirliliğin olduğunun göstergesidir (Ergün vd. 2010).

Arık ve Yıldız'ın yapmış olduğu ağır metal kirliliğinin tespitine yönelik çalışmada farklı bitki türlerine ait kısım örneklerini incelenerek çalışmada kullanılan bazı bitki türlerinde tespit edilen ortalama değerler Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Bu veriler ışığında Zingit armudu bitkisine ait kısım örneklerinde tespit edilen Mn ağır metaline ait ortalama konsantrasyon *M. communis* bitkisi ile paralel yoğunluğa sahip iken; *P. communis* bitkisinde tespit edilen ortalama konsantrasyondan 1,4 kat daha yüksek yoğunlukta bulunmuştur. *Quercus sp.* ve *P. orientalis* bitkilerinden ise daha düşük yoğunluğa sahip olan Zingit armudu bitkisi, yakın akraba olduğu *P. communis* bitkisinden daha yüksek yoğunlukta bu elementi içermesi sebebi ile ortamda bulunan Mn ağır metalini bünyesine aldığını göstermektedir (Arık ve Yıldız 2010).

Aslanhan'ın farklı bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit edilen Mn ağır metaline ait en düşük ve en yüksek konsantrasyonlar Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan Zingit armuduna ait yapraklarda tespit edilen Mn konsantrasyonu, *Rosa sp.* ve *E. angustifolia* ile benzer yoğunlukta olmasına karşın bu bitki türlerinde tespit edilen kadar yüksek olmayıp; *Acer sp.* bitkisine ait yapraklarda tespit edilen değerden ise daha düşük yoğunlukta tespit edilmiştir (Aslanhan 2012).

Antalya'da seralarda yetişen domates bitkisine ait organlarda Demir ve Erdal'ın yapmış oldukları çalışmada Mn ağır metaline ait konsantrasyon değerlerini tespit etmişlerdir. Zingit armudu bitkisine ait organlarda tespit edilen konsantrasyon domates bitkisine ait organlarda ölçülen değerlerden daha yüksek yoğunluğa sahiptir. Yaprak örnekleri kendi arasından kıyaslandığında Zingit armudu yapraklarında tespit edilen en yüksek konsantrasyon domates bitkisi yapraklarında tespit edilen konsantrasyondan 1,5 kat daha yüksek olduğu yoğunluğa sahiptir. Zingit armudu meyve örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon değeri domatese ait meyvelerde tespit edilen yoğunluktan 6,6 kat daha yüksek orana ulaşmıştır. Antalya ilinde yapılan bu iki çalışma sonucunda araştırma alanında Mn ağır metaline ait kirliliğin olduğu, alanda incelenen bitki türünün bu ağır metale daha fazla veya daha uzun süre maruz kaldığı görülmüştür (Demir ve Erdal 2016).

Dağ ve çalışma arkadaşlarının *P. armeniaca* bitkisi meyvesinde tespit etmiş oldukları Mn ağır metali konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu meyvesinde tespit edilen konsantrasyonun daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür (Dağ vd. 2016).

Yavuzer ve Osma'nın yapmış oldukları çalışmada *S. fragilis* bitkisine ait kabuk ve yaprak örneklerinde tespit edilen Mn elementine ait en düşük ve en yüksek konsantrasyon değerleri Çizelge 5.4.'te verilmiştir. Buna göre, en yüksek konsantrasyon değerleri baz alındığında Zingit armuduna ait kabuk örneklerinde tespit edilen değer *S. fragilis*'e ait kabuk örneklerinden 1,2 kat yüksek değere sahip iken; yaprak örneklerinde tespit edilen değer *S. fragilis* bitkisine ait yapraklardan daha düşük değerde bulunmuştur (Yavuzer ve Osma 2018).

Yapılan benzer çalışmalarla kıyaslandığında Zingit armudu bitkisinde Mn konsantrasyonu kıyaslanan bitki türlerine ait çeşitli organ örneklerine oranla yüksek bulunmuştur. Çalışmada en yüksek Mn konsantrasyonu Boğazkent girişi lokalitesinden örneklenen bitkiye ait kabuk kısım örneklerinde tespit edilmiştir. Örnekleme dönemi kış olan bu kısım örnekleri bitkinin sürekli olan dokusu olan kabuğun uzun süreç içerisinde bu ağır metale maruz kaldığı ve özellikle bu yapısında biriktirdiğini göstermiştir. Kış döneminde yoğun artış görülmesi özellikle alanda ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların etken olduğunu, belirtilen lokalitenin hayvan otlatma alanı kenarında bulunması, bitkinin hemen ön kısmında içerisinde kirli su akan kanalın yer alması, tarla kenarı olması sebebi ile alanda kullanılan hayvansal ve kimyasal gübrelerin bu kirlilikte etkili olduğu düşünülmüştür.

5.3.3. Zn ağır metali

Bitki beslenmesinde yer alan Zn elementi belli konsantrasyonlarda bitki bünyesinde ve yaşam alanı olan toprakta bulunmaktadır. Bu elementin belli sınırların üzerinde bulunması durumunda ortamda ve canlılarda kirletici olarak kabul edilmektedir (Foy vd. 1978). Çizelge 5.3.'te verilen bitkiye ait organ örneklerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında kendi içerisinde de Zn ağır metali değerine ait farklılıklar olduğu görülmektedir. Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonların en yüksek değerleri baz alındığında birikim miktarı Tohum>Kabuk>Meyve>Yaprak>Çiçek şeklinde sıralanmıştır. Zingit armudu bitki organlarında Zn ağır metaline ait konsantrasyon sıralamasında Tohum kısmının en yüksek orana sahip olması bitkide olası mutasyonların oluşabileceğini düşünmemize sebep olmuştur. Ağır metaller canlı bünyesinden atılamayıp; aksine süreç içerisinde ortam koşulları ile birikmeye devam etmektedir. Bu sebeple bu bitki türünün yeni nesillerinin de bu ağır metal sebebi ile bünyelerinde sorunlar yarabileceğini düşündürmüştür.

Çizelge 5.2.'de Ross'un bitkilerde toksik olarak kabul edilen farklı ağır metallere ait konsantrasyon aralıkları belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon aralığı Ross'un belirttiği toksik sınırlar içerisinde yer almaktadır. Çalışmalarda kıyaslanan bu değerler arasında farklılıklar olsa da her ağır metal için farklılıklar yaratabilecek koşullar olduğunu unutmamak gerekir. Bitkinin türü, fizyolojisi, ağır metallere karşı metabolik tepkileri vb. gibi faktörler de bu kıyaslamaların yapılmasında önemli yere sahiptir. Çalışmalarda kullanılan ağır metallere ait bu referans aralıklarının genel değerlendirme yapılması açısından elverişli olduğu fakat daha doğru tespitler açısından bitkiye ait kısım örneklerinin bu ağır metal yoğunluğuna tolerasyon miktarını incelemekle mümkün olabilecektir (Ross 1994).

Antalya'da *Phoenix dactylifera* bitkisi ile yapılan çalışmaya ait Zn konsantrasyon değerleri Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yaprak örneklerinde tespit edilen ortalama Zn konsantrasyon değeri *P. dactylifera* bitkisine ait yıkanmamış yapraklardan 1,2 kat, yıkanmış yapraklardan ise 1,8 kat daha yüksek değerde tespit edilmiştir. Zingit armudu bitkisinin sadece yaprak kısımlarında değil; kabuk, tohum, meyve ve çiçek gibi kısımlarının da bu ağır metal kirliliğine daha fazla maruz kaldığı ve bitki kısım örneklerinde elde edilen ortalama konsantrasyonun *P. dactylifera* bitkisine ait organlarda bulunandan 2 kat daha yüksek Zn ağır metali yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda bitki türleri farklı olsa

da bir bölgedeki ağır metal kirliliğinin tespitine yönelik olduğundan ağır metal konsantrasyonları arasındaki farklılık veya benzerlikler çalışma alanları hakkında bilgi sahibi olmamızı ve bu ağır metal oranları arasındaki artış miktarını belirlememize yardımcı olmaktadır. Bu iki çalışmada da elde edilen verilere dayanarak Antalya’da kirliliğin Zn ağır metali açısından artış gösterdiği ve bu artışın taşıt trafiğinin artması, geçen süreçte insan yoğunluğunun bölgedeki artışı, tarla ve bahçelerde daha fazla pestisit kullanımı, bilinçsiz ve aşırı gübre kullanımı gibi nedenlerin bu kirlilikte etken olduğunu düşünmemize sebep olmuştur (Aksoy ve Öztürk 1996).

Antalya’da yapılan bir başka çalışmada ağır metal kirliliğinin tespitinde *N. oleander* bitkisi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkiye ait yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örneklerinde tespit edilen ortalama değerler Çizelge 5.4.’te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yaprakların tamamı yıkanmış olup tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonu *N. oleander* bitkisine ait yapraklardan daha yüksek konsantrasyona sahiptir. Bitkiye ait tüm kısım örneklerinde tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonu ise *N. oleander* bitkisinde tespit edilen en yüksek ortalama konsantrasyondan yaklaşık 4 kat daha yüksek yoğunlukta bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan bitki kısım örneklerinin tamamı ağır metal analizi öncesinde yıkanma işlemine tabii tutulduğundan ağır metal konsantrasyonunun yüksek oranda tespit edilmesi geçen süreçte bölgedeki kirlilik oranının arttığının göstergesidir (Aksoy ve Öztürk 1997).

Akgüç ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada *Pyracantha coccinea* Roem. bitkisine ait organlardaki ağır metal oranları tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan bitki örneklerine ait organlardaki Zn ağır metali konsantrasyonu *P. coccinea* bitkisine ait organlarda tespit edilen en yüksek değerden yaklaşık olarak 9 kat daha fazladır. Aradaki bu farka bakılarak inceleme alanının Zn ağır metale daha fazla maruz kaldığı ya da çalışmada incelenen Zingit armudunun bu ağır metali daha fazla absorbe ettiğini düşündürmektedir (Akgüç vd. 2008).

Çizelge 5.2.’de verilen Kabata-Pendias’ın bitkilerdeki eser element değerlerine bakıldığında; Zingit armudu bitkisinde tespit edilen Zn ağır metali konsantrasyonunun belirtilen limit değerleri aştığı görülmektedir (Kabata-Pendias 2010).

Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki türlerine ait farklı organlarda tespit etmiş oldukları ağır metallerle ait konsantrasyonlar Çizelge 5.3.’te belirtilmiştir. Zn ağır metale ait en yüksek değerler kıyaslandığında Zingit armudu bitkisinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon Ergün vd.’nin çalışmada kullanmış oldukları tüm bitkilere ait yaprak örneklerinden daha yüksek oranlara ulaşmıştır. Aynı zamanda Zingit armudu meyvelerinde tespit edilen Zn konsantrasyonu *L. nobilis* meyvesinden daha yüksek oranda bu ağır metali ihtiva etmektedir (Ergün vd. 2010).

Çizelge 5.4.’te Aslanhan’ın farklı bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit edilen Zn konsantrasyon aralığı belirtilmiştir. Zingit armudu yaprak örneklerinde tespit edilen Zn ağır metale ait en yüksek konsantrasyon baz alındığında *Rosa sp.* ve *E. angustifolia* bitki yapraklarında tespit edilen yoğunluktan 2 kat daha yüksek iken; *Acer sp.* bitkisine ait yapraklardan daha düşük yoğunlukta tespit edilmiştir. Familyaları aynı olan *Rosa sp.* ve Zingit armudu bitkilerine ait yaprak örnekleri arasında böyle bir farklılığın olması inceleme alanının Aslanhan’ın incelemiş olduğu alandan Zn ağır

metali açısından daha kirli olduğunu, bu bölgede çevreye farklı yöntemlerle bırakılan Zn ağır metali oranının belki de daha fazla olduğunu düşünmemize sebep olmuştur (Aslanhan 2012).

Antalya’da Demir ve Erdal’ın yapmış oldukları çalışmada domates bitkisine ait kısım örneklerine ait ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Zingit armudu bitkisine ait örneklerde tespit edilen en yüksek Zn değeri domates bitkisine ait kısım örneklerinde tespit edilen en yüksek konsantrasyondan 6 kat daha yüksek orana sahip iken; organ örnekleri arasında kıyaslama yapıldığında Zingit armudu yapraklarında tespit edilen konsantrasyon domates bitkisine ait yapraklarda tespit edilen yoğunluktan 2 kat daha yüksek oranda bulunmuştur. Antalya’da yapılan bu iki çalışma arasında bölgesel, zamansal ve bitki türleri arasındaki farklılıktan kaynaklanabilecek bu yoğunluk farkı aynı zamanda çalışmada kullanılan bitkinin daha fazla bu ağır metale maruz kaldığını veya organlarında bu ağır metali daha fazla absorbe ettiğini düşünmemize sebep olmuştur (Demir ve Erdal 2016).

Çizelge 5.4.’te *P. armeniaca* L. bitkisine ait meyvelerde ölçülen Zn ağır metali konsantrasyon aralığı belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan Zingit armudu bitkisine ait meyvelerde tespit edilen konsantrasyon bu değerden daha yüksek oranda tespit edilmiştir (Dağ 2016).

Çizelge 5.4.’te *S. fragilis* bitkisine ait kabuk ve yaprak kısımlarında tespit edilen Zn konsantrasyonuna ait değer aralığı belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait kabuk ve yaprak örneklerinde tespit edilen konsantrasyon aralığı bu değerlerden daha yüksektir (Yavuzer ve Osma 2018).

Çalışmada Zn ağır metale ait en yüksek konsantrasyon değeri Manavgat lokalitesinden Sonbahar döneminde toplanan tohum örneklerinde tespit edilmiştir. Yapılmış olan benzer çalışmalarla kıyaslandığında bitkiye ait kabuk ve yaprak gibi kısımlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonun da yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek yoğunluğun Manavgat lokalitesinde örneklenen bitkide tespit edilmesinde çalışılan bitkinin karayolu kenarında yer alması sebebi ile sürekli olarak taşıt trafiğine ve yoğun insan popülasyonuna maruz kalmasının etkili olduğu düşünülmüştür. Alanda ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlar ve buna bağlı oluşan hava kirliliği, örneklenen bitkinin hemen sınırından tarla başlaması ve alanda kullanılan kimyasal ve hayvansal gübreler, sulama gibi nedenler de ortaya çıkan yüksek Zn konsantrasyonunda etken olduğunu düşündürmüştür.

5.3.4. Cu ağır metali

Bitki gelişiminde mutlak gerekli besin elementleri arasında yer alan Cu elementinin Zingit armudu bitkisine ait kısım örneklerinden elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 5.3.’te verilmiştir. Çalışmada kullanılan bitkiye ait organ örneklerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında kendi içerisinde de bu ağır metalin konsantrasyonda farklılıklar olduğu görülmektedir. Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonların en yüksek değerleri baz alındığında birikim miktarları Tohum>Kabuk>Meyve>Yaprak>Çiçek şeklinde sıralanabilir. Bitki organlarında oluşan bu farklılıklar sonucunda Cu ağır metalinin en fazla tohum ve bitkiye ait kabuk kısmında biriktiği görülmektedir.

Ross'a göre kontamine olmuş bitkilerde Cu ağır metali konsantrasyonu aralığı Çizelge 5.2.'de belirtilmiştir. Elde edilen bu verilere bakıldığında çalışmada kullanılan bitkiye ait organ örneklerinde Cu ağır metali konsantrasyonunun kontaminasyon sınırlarını aştığını söylemek mümkündür. Ross'un belirmiş olduğu en yüksek kontaminasyon sınırından 2,8 kat daha fazla oranda Cu ağır metali bitki bünyesinde bulunmaktadır (Ross 1994).

Antalya ilinde ağır metal kirliliğinde olası biyomonitör olarak *P. dactylifera* bitkisine ait yaprak örneklerinde çalışılmıştır. Bitkiye ait yapraklarda tespit edilen ortalama konsantrasyonlar Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Çalışmada Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda tespit edilen ortalama Cu konsantrasyonu *P. dactylifera* bitkisine ait yıkanmış ve yıkanmamış yapraklardan daha yüksek orana sahiptir (Aksoy ve Öztürk 1996).

Aksoy ve Öztürk'ün kirliliğin biyomonitörü olarak incelemiş oldukları *Nerium oleander* bitkisine ait yapraklarda tespit edilen ortalama Cu konsantrasyon oranları Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan Zingit armudu yapraklarında tespit edilen bu ağır metale ait ortalama konsantrasyon *N. oleander* bitkisi yapraklarında tespit edilen ortalama konsantrasyondan 2 kat daha yüksek orana sahiptir. Aynı ilde yapılan iki çalışmada farklı bitki türlerine ait organlarda yapılan bu analizler sonucunda Zingit armudu bitkisine ait yaprak örneklerinin *N. oleander* bitki yapraklarına oranla daha fazla Cu ağır metali biriktirdiği, süreç içerisinde Antalya'nın gelişmesi ile bölgede kirliliğin arttığını söylemek mümkündür (Aksoy ve Öztürk 1997).

Çizelge 5.2.'de verilen Kabata-Pendias'ın bitkilerde eser element değerleri belirtilmiş olup; Zingit armudu bitkisinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon verilen aralıktan çok daha yüksek yoğunluğa sahiptir (Kabata-Pendias 2010).

Ergün vd. yapmış oldukları çalışmada kullanılan bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit edilen Cu konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.3.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yaprak örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon, Ergün ve çalışma arkadaşlarının tespit edilmiş olan en yüksek konsantrasyondan 5 kat daha yüksektir. Ayrıca çalışmada kullanılan yaprak örnekleri değil; meyve örneklerinde de tespit edilen Cu konsantrasyonu *L. nobilis* meyvelerinde tespit edilen konsantrasyon aralığından çok daha yüksek bulunmuştur. Çalışma alanları farklı olsa da Akdeniz bölgesinde yapılan bu iki çalışma sonucunda Zingit armudu bitkisinin Cu metali açısından yüksek konsantrasyon içermesi araştırılan alanda kirlilik göstergesi olarak düşünülmüştür (Ergün vd. 2010).

Arık ve Yıldız'ın Kütahya ilinde yapmış olduğu ağır metal kirliliğinin tespitine yönelik çalışmada farklı bitki türlerinde tespit edilen ortalama konsantrasyonlar Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisinde tespit edilen ortalama Cu konsantrasyonu; *M. communis* bitkisinden 8 kat, *Quercus sp.* bitkisinden 6,6 kat, *P. orientalis* bitkisinden yaklaşık 8 kat, *P. communis* bitkisinden ise 7 kat daha yüksek oranda bu ağır metali bünyesinde bulundurmaktadır. Bu veriler ışığında çalışmada kullanılan bitkinin kısım örneklerinde biriken Cu ağır metali konsantrasyonunun Arık ve Yıldız'ın çalışmalarında kullandıkları tüm bitki türlerine ait kısım örneklerinde tespit edilen Cu ağır metali konsantrasyonundan çok daha yüksek oranda bulunmuştur. Antalya'da araştırma alanında bakır ağır metali açısından bu denli kat farklılığının oluşması

kirliliğin olduğunun göstergesi iken; araştırılan bitkinin de bu ağır metali bünyesinde biriktirdiğini göstermektedir (Arık ve Yaldız 2010).

Farklı bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit edilmiş olan Cu ağır metaline ait konsantrasyon değerleri Çizelge 5.4.'te verilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon *Rosa sp.* ve *E. angustifolia* bitki yapraklarında tespit edilen yoğunluktan yüksek iken; *Acer sp.* bitkisinden daha düşük yoğunluğa sahiptir (Aslanhan 2012).

Dağ ve çalışma arkadaşlarının *Prunus armeniaca* L. bitkisine ait meyve örneklerinde tespit etmiş oldukları Cu ağır metaline ait konsantrasyon Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu meyvesinde tespit edilen Cu konsantrasyonu *P. armeniaca* bitkisine ait meyvelerden 3,4 kat daha yüksek konsantrasyona sahiptir. Bitki gelişimi açısından önemli bir yere sahip olan Cu elementinin yüksek düzeylerde bulunması bitkinin yaşamı için olumsuzluklar yaratmakta ve toksik etkiye sebep olabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan bitkiye ait meyve örneklerinde 3,4 kat daha yoğun olan bu ağır metal sadece bu bitki türü veya gelecekte oluşturacağı yeni bireyler açısından değil; tohumları, meyvesi, yaprağı vs. kısımları ile beslenen diğer canlılar açısından da toksik etkiye sebep olabileceğini düşündürmüştür (Dağ vd. 2016).

Çizelge 5.4.'te *S. fragilis* bitkisine ait kabuk ve meyve kısımlarında tespit edilen Cu konsantrasyonu belirtilmiştir. Zingit armuduna ait kabuk örneklerinde tespit edilen konsantrasyon *S. fragilis* bitkisine ait kabuk örneklerinde tespit edilen yoğunluktan 35 kat, yaprak örnekleri kendi arasında kıyaslandığında ise 3,2 kat daha yüksek yoğunlukta bulunmuştur. Yüksek oranda bu ağır metal yoğunluğu bitkisinin *S. fragilis*'ten daha fazla bu ağır metale maruz kaldığını göstermektedir (Yavuzer ve Osma 2018).

Çalışmada en yüksek Cu konsantrasyonu Manavgat lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen tohum örneklerinde bulunmuştur. Manavgat lokalitesi insan faaliyetine sürekli maruz kalan bir alan olup, bölgede ısınma amaçlı fosil yakıt kullanımı ve buna bağlı havaya karışan Cu elementinin sebep olduğu düşünülmüştür. Ayrıca tarım alanlarının örneklenen bitkinin sınırında yer alması bu tarım alanlarında kullanılan kimyasal ve hayvansal gübrelerden kaynaklı olabileceğini düşündürmüştür. Tohum örneklerinde yüksek oranda bu ağır metale rastlanılmasına gübrelemenin etken olduğu düşünülürken; kabuk kısmında yüksek oranların tespit edilmesi uzun süreçlerde bu ağır metale bitkinin maruz kaldığını ve kabuk kısımlarının bitkinin odunsu dokusu olup uzun süredir bitki yaşamında yer alması sebebiyle bu kısımda biriktirdiğini düşünmemize sebep olmuştur. Normalde belirli miktara kadar bitki beslenmesinde önemli yere sahip olan bu elementin diğer çalışmalarla kıyaslandığında bu denli yüksek oranda tespit edilmesi çalışmada kullanılan bitkinin bu ağır metal açısından biyoindikatör olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

5.3.5. Cd ağır metali

Cd ağır metali doğada bulunabilen fakat canlı yaşamı için gerekli olmayıp çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sebep olabilen bir ağır metaldir (Kahvecioğlu vd. 2001). Çalışmada kullanılan bitkiye ait organ örneklerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3.'te belirtilmiştir. Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonların en yüksek değerleri baz alındığında birikim miktarları

Kabuk>Meyve>Tohum>Yaprak>Çiçek şeklinde sıralanabilir. Bitkiye ait kısım örneklerinde tespit edilen Cd ağır metali konsantrasyon çizelgesinde bitkiye ait çiçek örnekleri olmadığından “-” ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.2.’de Ross’un kontamine olmuş bitkilerde Cd ağır metali konsantrasyonu aralığı belirtilmiştir. Elde edilen bu verilere bakıldığında çalışmada kullanılan bitkiye ait kısım örneklerinde Cd ağır metali konsantrasyonunun verilmiş olan kontaminasyon sınırlarının altında kalıp, daha düşük yoğunluğa sahip olduğu söylenebilir (Ross 1994).

Antalya’da *Phoenix dactylifera* bitkisi ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 5.4.’te belirtilmiştir. Zingit armudu yapraklarında tespit edilen ortalama Cd konsantrasyonu *P. dactylifera* bitkisine yaprak örneklerinden daha düşük konsantrasyona sahiptir (Aksoy ve Öztürk 1996).

Antalya ilinde ağır metal kirliliğine yönelik olan benzer bir çalışma Aksoy ve Öztürk tarafından *Nerium oleander* bitkisi kullanılarak yapılmış olup, konsantrasyon değerleri Çizelge 5.4.’te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda tespit edilen ortalama Cd değeri *N. oleander* bitkisine ait yapraklardan daha düşük yoğunluğa sahiptir (Aksoy ve Öztürk 1997).

Robinia pseudo-acacia bitkisi ile yapılmış olan çalışmada tespit edilen Cd konsantrasyonu Çizelge 5.4.’te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisinde tespit edilen ortalama Cd konsantrasyonu bu değer aralığından daha düşük yoğunlukta tespit edilmiştir (Aksoy vd. 2000a).

Akgüç ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada *Pyracantha coccinea* Roem. bitkisine ait organlardaki ağır metal kirliliğine ait konsantrasyonları incelemişlerdir. Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda ve bitki kısmında tespit edilen ortalama Cd konsantrasyonu *P. coccinea* bitkisinde tespit edilenden daha yüksek orana sahiptir. Çalışmada kullanılan tüm bitki kısımları yıkanma işlemine tabii tutulduğundan yüksek oranın tespit edilmesi ortamda Cd konsantrasyonuna dair fikir vermekte ve bitkide biriktiğini göstermektedir (Akgüç vd. 2008).

Çizelge 5.2.’de Kabata-Pendias’ın belirtmiş olduğu bitkilerde Cd eser elementine ait değer aralığına bakıldığında Zingit armudu bitkisi kısımlarında tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyonun 4 kat daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Bu da çalışma alanındaki bitkide bu ağır metal konsantrasyonun sınır değerleri aştığının göstergesidir (Kabata-Pendias 2010).

Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki türlerine ait kısım örneklerinde tespit edilen Cd konsantrasyon değerleri Çizelge 5.3.’te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yaprak örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon belirtilen tüm bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit edilen yoğunluktan kat be kat yüksek orana ulaşmıştır. Ayrıca Zingit armudu meyvelerinde tespit edilen yoğunluğun *L. nobilis* bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen yoğunluktan yüksek olması, sadece bitkiye ait yaprak örneklerinin değil meyve, kabuk gibi kısımlarında da bu ağır metalin biriktiğinin göstergesidir. Ergün vd. çalışmalarında kullandıkları bitki türlerine ait yaprak örneklerinden yaklaşık 10 kat daha yüksek yoğunluğa sahip olması ortamın

kirlendiğinin ve bu ağır metale maruziyetin bir göstergesidir. Bitki türleri arasında çok yüksek oranlarda bir farklılık olmasa bile Cd ağır metali normalde bitki bünyesinde bulunması halinde toksik etkiye sebep olan ve ortam kirliliği hakkında bilgi veren bir ağır metal olduğundan çok küçük bir farklılık bile bitki ve diğer canlılar açısından fark yaratabilmektedir (Ergün vd. 2010).

Arık ve Yıldız'ın farklı bitki türlerinde tespit etmiş oldukları ortalama Cd konsantrasyonları Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan Zingit armudu bitkisinde tespit edilen ortalama Cd konsantrasyonuna ait değer *M. communis*, *P. orientalis*, *P. communis* bitkilerinden daha yüksek orana sahip iken; *Quercus sp.* bitkisinden daha düşük oranda bu ağır metali ihtiva etmektedir. Farklı bitki türleri olmalarının yanı sıra *P. communis* araştırılan bitki ile yakın akraba olup, iki bitki arasında kat farklılığının bulunması inceleme alanının Arık ve Yıldız'ın araştırma alanına nazaran Cd ağır metali açısından kirlendiğini veya maruziyetinin daha fazla olduğunu belirtmek için önemli bir kriterdir (Arık ve Yıldız 2010).

Dağ ve çalışma arkadaşlarının *P. armeniaca* L. bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen Cd konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu meyvelerinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonun daha düşük yoğunlukta olduğu söylenebilmektedir (Dağ 2016).

Salix fragilis bitkisine ait Cd konsantrasyon değerleri Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon *S. fragilis*'e ait kabuklarda tespit edilen en yüksek konsantrasyondan 2,9 kat, yaprak örnekleri ise *S. fragilis* yapraklarından 3 kat daha fazla oranda bu ağır metali içermektedir (Yavuzer ve Osma 2018).

Çalışmalar arasında yapılan kıyaslamalarda normalde bitki için gerekli olmayan bu ağır metalin bitki kısımlarında özellikle bazı bitki türlerine göre daha yüksek yoğunlukta bu elementi bünyesinde ihtiva ettiği görülmektedir. Toksisiteye sebep olabilecek bu elementin özellikle çalışmada bitkinin kabuk kısmında yoğunlaşması önem arz etmektedir. Doğrudan dış ortamla temas halinde olan kabuk, aynı zamanda bitkinin dışarıdan gelen etkenlere ilk siper ettiği kısımdır. Örneklerin tamamının yıkanma işlemine tabii tutulması sonucu yapılan analizler bizlere bitkinin Cd elementini en yoğun olarak kabuk kısmında depoladığını düşündürmüştür. Manavgat lokalitesinden Yaz döneminde elde edilen bu en yüksek oran, yaz aylarında bölgede taşıt trafiğinin artmasına bağlı oluşan bir kirliliğin sebep olduğunu düşündürmüştür. Ayrıca dönemsel artışın yanı sıra bitkinin uzun yıllardır bu alanda yaşamını sürdürmesi ve kabuk kısmının da bitkinin odunsu dokusu olması sebebiyle kış veya sonbahar aylarında kullanılan fosil yakıtların, bitkinin şehre olan yakınlığının da bu yoğunlukta etken olabileceği düşünülmüştür. Yol kenarına atılan plastik çöpler, atılan sigara izmaritleri, tarım arazisi sınırında yer almasından kaynaklı tarlalarda kullanılan gübreler ve pestisitler, tarımda kullanılan araçlar ve bunların yapısında bulunan alaşımlar ve alanın kazılması gibi nedenlerle yayılabilecek bu ağır metalin bitki için kirlletici olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü kadmiyum bitkiler tarafından oldukça hızlı bir şekilde alınabilen ve ortamda yayılım hızı yüksek olan bir ağır metal özelliği taşımaktadır.

5.3.6. Ni ağır metali

Nikel elementi bitkilerde normal büyüme gelişme için gerekli olan mikro elementler içerisinde yer almaktadır. Bu ağır metale bitkinin fizyolojik ihtiyacına göre miktarı değişkenlik gösterse de çok düşük miktarları da yeterli olmaktadır. Bu ağır metalin belli limitlerin üzerine çıkması toksik etkiye sebep olmaktadır (Foy vd. 1978; Yıldız 2003). Çalışmada kullanılan bitki organ örneklerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında kendi içerisinde birikim miktarı Kabuk>Yaprak>Tohum>Meyve>Çiçek şeklinde sıralanmaktadır. Bitkiye ait kısım örneklerinde tespit edilen Ni ağır metali konsantrasyon çizelgesinde bitkiye ait çiçek örnekleri olmadığından “-“ ile gösterilmiş ve ağır metal analizi yapılamamıştır.

Çizelge 5.2.’de Ross’un Ni için kontaminasyon değer aralığı belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisinde tespit edilen bu elemente ait yoğunluk kontaminasyon sınırlarının altında yer almaktadır (Ross 1994).

Tok’a göre bitkilerdeki normal Ni ağır metali seviyesi 0,10-5,00 µg/g arasında bulunmalıdır. Belirtilen aralığın üzerinde bulunması durumunda toksik etkiye sebep olabilmekte ve bitkilerde birikimi sonucu bitkinin türü, ağır metale maruz kalma süresi, bitkinin fizyolojik tepkileri açısından farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan bitkiye ait organlarda tespit edilen Ni konsantrasyonuna ait en düşük-en yüksek konsantrasyon değeri Tok’un belirtmiş olduğu bu değer aralığından daha yüksektir (Tok 1997).

Bitkilerde eser element miktarı değerleri Çizelge 5.2.’de belirtilmiş olup; Zingit armudu bitki kısımlarında tespit edilen bu ağır metale ait yoğunluk belirtilen aralıktan çok daha yüksek orana ulaşmıştır. Belirtilen en yüksek konsantrasyondan 3,6 kat daha fazla yoğunluğa ulaşması bitkinin ortamdan bu ağır metali bünyesine aldığını düşündürmüştür (Kabata-Pendias 2010).

Çizelge 5.3.’te Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki türlerinde tespit etmiş oldukları ağır metal konsantrasyonları belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda tepsit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon değeri *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas* bitkisine ait yapraklardan daha düşük oranda bu ağır metali içerirken diğer bitki türlerine ait yapraklardan daha yüksek oranda bu ağır metali içermektedir. Ayrıca Zingit armudu meyvelerinde tespit edilen Ni konsantrasyonu *L. nobilis* bitkisine ait meyvelerde tespit edilen konsantrasyonla paralel yoğunlukta bulunmuştur (Ergün vd. 2010).

Çevresel kirleticilerin sebep olduğu ağır metal kirliliğine ait birikiminin farklı bitki türlerinde konsantrasyonlarını araştıran Aslanhan’ın çalışmasında elde etmiş olduğu değerler Çizelge 5.4.’te verilmiştir. Zingit armudu yapraklarında tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon değeri *Rosa sp.* bitkisine ait yapraklardan 5 kat, *Acer sp.*’ye ait yapraklardan 2,2 kat, *E. angustifolia* yapraklarından yaklaşık 1,4 kat daha yüksek oranda bu ağır metali içermektedir. Çalışmalarda kullanılan farklı bitki türlerine ait yapraklar arasındaki bu konsantrasyon farklılığına bağlı olarak Zingit armudu bitkisine ait yaprakların bu ağır metal kirliliğini aynı familyada yer alan *Rosa sp.* bitkisinden 5 kat yüksek konsantrasyonda bulundurması çalışmadaki bitkinin bu ağır metal açısından daha kirli olduğunu göstermiştir (Aslanhan 2012).

Rosa canina ile yapılan çalışmada tespit edilen Ni konsantrasyon değerleri Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu yapraklarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonun *R. canina* yapraklarında tespit edilen yoğunluktan 4,8 kat daha fazla orana sahip olduğu söylenebilir. Çalışmada örneklerin toplandığı alanının *R. canina* bitkisinden daha fazla oranda Ni ağır metali konsantrasyonuna sahip olması, bu ağır metalin inceleme alanında yüksek miktarda bulunduğunu ve bitkinin maruziyetinin göstergesidir (Çilali 2012).

Çizelge 5.4.'te *P. armeniaca* L. bitkisine ait meyvelerde tespit edilen Ni ağır metali konsantrasyon değerleri ile Zingit armudu meyvelerinde tespit edilen yoğunluk kıyaslandığında çalışmada kullanılan bitkiye ait meyvelerin daha düşük oranda bu ağır metali içerdiği söylenebilir (Dağ vd. 2016).

Çalışmada en yüksek Ni konsantrasyonu Boğazkent girişi lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen bitkiye ait kabuk kısımlarında tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarla kıyaslamaların yanı sıra kendi içerisinde kıyaslandığı zaman böyle bir sonucun elde edilmesinde örneklenen bitkinin yol kenarında bulunması ve sürekli taşıt trafiğine maruz kalması olarak düşünülmüştür. Alanda bitkinin hemen yanında bulunan sulama kanalı, hayvanların otlatıldığı alanın dibinde yer alması, gübre ve hayvan dışkılarının bitkinin bulunduğu ortama karışmasında büyük paya sahiptir. Yaz döneminde en yüksek orana ulaşması hayvan sayısının ve bu canlıların beslendiği bitkilerin bahar döneminde ortamdaki artışına bağlı olarak alana gelen bireylerin daha fazla bu alandan faydalanması sonucu dışkılarının bulaşmasından kaynaklanabileceği gibi; bitkinin hemen önünde yer alan kirli su akan kanalın taşıyabileceği Ni ağır metalinin yüksek orana ulaşmasında etkili olabileceğini düşünülmüştür.

5.3.7. Pb ağır metali

Doğada bulunan Pb elementi uzun süreçler boyunca insan hayatında büyük bir yere sahip olmasına rağmen; canlılar açısından mutlak gerekli olmayan ve canlı bünyesinde bulunması halinde kirliliğin belirteci olan ağır metallere biridir (Foy vd. 1978; Kahvecioğlu vd. 2001). Çalışmada olası biyoindikatör olarak incelenen bitkiye ait organ örneklerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında kendi içerisinde de bu ağır metalin konsantrasyonuna ait farklılıklar olduğu görülmektedir. Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonların en yüksek değerleri baz alındığında birikim miktarları Çiçek>Yaprak>Tohum>Kabuk>Meyve şeklinde sıralanabilir.

Çizelge 5.2.'de Ross'un belirtmiş olduğu Pb konsantrasyonuna bakıldığında Zingit armudu bitki kısımlarında tespit edilen yoğunluk kontaminasyon sınırları altında yer almaktadır (Ross 1994).

Çizelge 5.4.'te *Phoenix dactylifera* bitkisine ait yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyon aralığı belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda tespit edilen bu ağır metale ait ortalama konsantrasyon belirtilen değerler kadar yüksek olmayıp, daha düşük yoğunlukta bulunmuştur. Antalya ilinde yapılan iki çalışma örneği arasında zamansal fark olması ve bitki türlerine ait yaprak örneklerinde biriken Pb ağır metali açısından farklılığın bulunması özellikle araçların Pb kirliliğinde büyük bir yere sahip olması sebebi ile benzin içerisinde bu ağır

metalin kullanımının azaltılmış olmasının etken olduğunu düşünmemize sebep olmuştur (Aksoy ve Öztürk 1996).

Antalya ilinde kirliliğin biyomonitörü olarak *Nerium oleander* bitkisinin kullanılabilirliğini incelemek için yapılan çalışma sonucunda elde edilen ortalama Pb konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu yapraklarında tespit edilen ortalama Pb konsantrasyonu, *N. oleander* bitki yapraklarından daha düşük yoğunluğa sahiptir (Aksoy ve Öztürk 1997).

Çizelge 5.2.'de Kabata-Pendias'ın bitkilerde Pb elementine ait konsantrasyon aralığı belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisinde tespit edilen Pb konsantrasyonu bu aralığı aşmış bulunup; belirtilen en yüksek değerden 10,5 kat daha fazla bu ağır metali bünyesinde bulundurmaktadır (Kabata-Pendias 2010).

Çizelge 5.3.'te Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit etmiş oldukları ağır metallere ait konsantrasyon değerleri verilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda tespit edilen Pb konsantrasyonu *P. viscosa* bitkisinde biriken Pb konsantrasyonundan yaklaşık 15 kat, *L. nobilis* bitkisinde biriken konsantrasyondan ise yaklaşık 5 kat daha yüksek orana sahiptir. Sonuçlar arasında yoğunluk farkının olması araştırma alanında trafik yoğunluğuna bağlı taşıtlardan kaynaklanan kirliliğin fazla olduğunu düşünmemize sebep olmuştur. Ayrıca incelenen bitki türünün tarla kenarlarında yayılış göstermesi ve bazı pestisitlerin yapısına katılan Pb ağır metalinin bu yoğunluk farkında etkili olabileceğini düşündürmüştür (Ergün vd. 2010).

Çizelge 5.4.'te Arık ve Yıldız'ın farklı bitki türlerinde tespit etmiş oldukları ortalama Pb konsantrasyonları belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisinde tespit edilen ortalama Pb konsantrasyonu belirtilen tüm bitkilerden daha düşük yoğunlukta bulunmuştur. Araştırma alanının Arık ve Yıldız'ın inceleme alanı kadar Pb açısından kirli olmadığını düşünmemize sebep olmuştur (Arık ve Yıldız 2010).

Aslanhan'ın farklı bitki türlerine ait yaprak örneklerinde tespit edilen Pb konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armuduna ait yapraklarda tespit edilen Pb konsantrasyonu *Rosa sp.* bitkisine ait yapraklardan 5,5 kat, *Acer sp.* bitkisine ait yapraklardan 2,4 kat, *E. angustifolia* bitkisine ait yapraklardan 3,4 kat daha yüksek orana sahiptir. Bitki türlerine ait yapraklar arasında farklılığın oluşması araştırılan alanda yer alan bitkinin bu ağır metale daha fazla oranda veya daha uzun süre maruz kaldığını düşünmemize sebep olmuştur (Aslanhan 2012).

Çizelge 5.4.'te *P. armeniaca* L. bitkisine ait meyve örneklerinde tespit edilen Pb ağır metaline ait en düşük-en yüksek konsantrasyon aralığı belirtilmiştir. Zingit armudu meyvesinde tespit edilen Pb konsantrasyonu *P. armeniaca* meyvelerinden daha yüksek oranda bu ağır metali içerdiği söylenebilir. Bitkilere ait meyveler arasında 1,7 kat yüksek yoğunluğun bulunması sadece Zingit armudu bitkisini değil bu bitkinin meyveleri ile beslenen canlıların da Pb elementinin aktarılması sonucu olumsuz sonuçlar oluşturabileceğini düşündürmüştür (Dağ 2016).

Salix fragilis bitkisine ait kabuk ve yaprak kısımlarında tespit edilen Pb konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait kabuklarda tespit edilen Pb konsantrasyonu *S. fragilis* bitkisine ait kabuk örneklerinden 1,5 kat daha yüksek iken; yaprak örneklerinde bu oran yaklaşık 9 kat daha yüksektir. Çalışmalarda ağır metal konsantrasyonları arasında farklılıkların oluşması, çevre şartlarının, bitki türlerine ait adaptasyonların, toprak ve bitkilerin yaşadıkları ortamdaki su kalitesinin ve antropojenik etki miktarlarının farklılıklarının bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır (Yavuzer ve Osma 2018).

Çalışmada hem bitki örneklerine ait kısımlar arasında hem de örneklendiği lokaliteler arasında farklılığın bulunduğu söylenebilir. En yüksek Pb konsantrasyonu Denizyaka sahil yolu lokalitesinden İlkbahar döneminde örneklenen çiçek örneklerinde tespit edilmiştir. Bu alanda oluşan kirliliğe bölgede sera ısıtma ve bölgedeki halkın ısınma amacı ile kullanılan fosil yakıtların, bölgede havaların ısınmasına bağlı olarak piknik yapılması ve alanda kullanılmış oldukları kömür, plastik atıklar, metal veya ambalaj atıkları vb. maddelerin ortamda bırakılmasının etkisi olduğu düşünülmektedir. Bitkinin yol ve tarla kenarında bulunması da taşıtlardan, alanda yapılan sulama işlemleri, kazılma ve delinmesi, gübreleme gibi faaliyetlerin artan Pb konsantrasyonunda etkili olabileceğini düşündürmüştür. Çiçek kısımlarında yüksek oranın tespit edilmesi bahar dönemi ile birlikte hem kış döneminde beri artık hava kirliliğinden kaynaklı olan Pb'nin toprağa, suya veya direkt bitkiye geçmesi ve yayılması, havaların ısınmasına bağlı insan faaliyetlerinin o bölgede hareketlilik kazanmasının etken olabileceğini düşünmemize sebep olmuştur.

5.3.8. Co ağır metali

Yıldız'a göre Co ağır metali bitki ve hayvanlar için gerekli olup; belli limitlerin üzerine çıkması durumunda kirletici olmaktadır. Bitki besin elementleri içerisinde yer alan Co ağır metali belirli düzeylerin üzerine çıkması durumunda toksik etkiye sebep olabilmektedir. Canlılarda oluşan bu toksik etki canlının türüne, ağır metale maruz kalma süresine, ağır metalin miktarına ve özellikle bitkilerin fizyolojik tepkilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonların en yüksek değerleri baz alındığında birikim miktarları Kabuk>Yaprak>Tohum>Meyve>Çiçek şeklinde sıralanabilir. Bitkiye ait kısımlarında tespit edilen Co ağır metali konsantrasyonu çizelgesinde bitkiye ait çiçek örnekleri olmadığından “-” ile gösterilmiş ve ağır metal analizi yapılamamıştır.

Ross kontamine olmuş bitkilerde Co ağır metale ait konsantrasyon aralığı belirtmediğinden kıyaslama yapılamamıştır (Ross 1994).

Çizelge 5.2.'de Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu eser element miktarları ile kıyaslandığında çalışmada kullanılan bitkide tespit edilen Co ağır metali konsantrasyonu daha yüksek orana sahiptir (Kabata-Pendias 2010).

Arık ve Yıldız'ın farklı bitki türlerinde tespit etmiş oldukları ortalama Co konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait kısımlarında tespit edilen ortalama Co konsantrasyonu kullanılan bitki örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyonlarla kıyaslandığında; *M. communis*'ten 9 kat, *Quercus sp.*'den 5,9 kat, *P. orientalis*'ten 9 kat, *P. communis*'ten ise 8,5 kat daha

yüksek oranda bu ağır metali bünyesinde bulundurmaktadır. Yapılan karşılaştırma sonuçlarında Co ağır metalinin yüksek konsantrasyonlara ulaşması bitki kısımlarında bu ağır metalin biriktiğini göstermektedir. Ayrıca çalışma alanının Arık ve Yıldız'ın çalışma alanından Co açısından daha kirli olduğunu söylemek mümkündür (Arık ve Yıldız 2010).

Çizelge 5.4.'te Aslanhan'ın farklı bitki türlerinde tespit edilmiş olan Co konsantrasyonuna ait değer aralığı verilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait yapraklarda tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon değeri belirtilen bitki yapraklarında tespit edilen yoğunluktan daha yüksektir. Bitki yapraklarında bu farklılığın bulunmasında türler arası farklılığın olması, alanlar arasındaki insan faaliyetlerinin miktarı ve bitkinin bu ağır metale daha fazla maruz kaldığından kaynaklı olabileceğini göstermiştir (Aslanhan 2012).

Prunus armeniaca bitkisine ait meyve örneklerinde farklı ağır metal konsantrasyonlarına ait Co konsantrasyon aralığı Çizelge 5.4.'te verilmiştir. Zingit armudu meyvelerinde tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon değerinin daha düşük yoğunlukta olduğu görülmüştür (Dağ vd. 2016).

Yavuzer ve Osma yapmış oldukları çalışmada *Salix fragilis* bitkisine ait kısım örneklerinde tespit edilen Co konsantrasyonu Çizelge 5.4.'te belirtilmiştir. Zingit armudu bitkisine ait kabuk kısmında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyon *S. fragilis*'e ait kabuk örneklerinden daha düşük yoğunluğa sahip iken; yaprak örneklerinde tespit edilen Co konsantrasyonu *S. fragilis* bitkisine ait yapraklardan daha yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Bitki türlerinin farklılığı kısım örneklerinde biriken ağır metal konsantrasyonuna etki etmektedir fakat çalışmada örneklenen lokalite sayısı, örneklenen bitkiye ait organların sayısı, örneklem miktarı da bu farklılıkların oluşmasında etkili olabileceğini düşünmemize sebep olmuştur (Yavuzer ve Osma 2018).

Çalışmada bitki kısım örneklerinde tespit edilen konsantrasyon değerleri ağır metallere bağlı kirliliklere açıklama getiren diğer çalışmalarla kıyaslanmıştır. Çalışmaya konu olan alanda incelenen bitki türünün en yüksek Co ağır metalinin tespit edildiği yer Boğazkent girişi lokalitesi iken; en yüksek değer Kış döneminde örneklenen bitkinin kabuk kısım örneklerinde ölçülmüştür. Bitkinin yaşayış alanındaki toprak Fe gibi bazı elementler açısından zengin olması sebebi ile Co içeriğinin de bu yoğunluğun oluşmasında etken olabileceğini düşündürmesinin yanı sıra bitkinin yaşayış alanına atılan plastik ve metal atışıklardan oluşan çöp gibi Co içeren maddelerin de etkisi olduğunu düşündürmüştür. Alan otlayan hayvanlar ve bunların taşıyabileceği kirliliği yanı sıra, insan faaliyetine sürekli olarak maruz kalmakta ve dolayısıyla alana atılan çöpler ve önünden geçen atık su kanalının da bu ağır metal konsantrasyonunda etkili olabileceğini düşündürmüştür.

Çizelge 5.5. Literatürde yer alan farklı bitki türlerine ait organlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları (µg/g)

Bitki Örnekleri	Kullanılan Bitki Kısım	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Co
<i>Pancratium maritimum</i> (Çelik vd. 2005)	Bitki	24	-	-	30,51	2,55	36,66	2,25	-
<i>Glycyrrhiza glabra</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	1406,68	47,70	22,99	11,97	0,04	15,63	0,36	-
<i>Helichrysum sanguineum</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	189,64	46,32	35,48	11,28	0,11	19,71	-	-
<i>Salvia tomentosa</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	214,64	18,93	29,08	5,96	0,04	7,35	-	-
<i>Hypericum perforatum</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	263,03	18,44	47,30	13,73	0,17	4,06	-	-
<i>Hypericum hircinum</i> L. (Ergün vd. 2010)	Yaprak	333,21	26,60	52,49	9,34	-	19,91	-	-
<i>Colutea cilicia</i> (Ergün vd. 2010)	Yaprak	398,97	244,188	39,20	14,45	0,16	16,31	-	-
<i>Tulbaghia violacea</i> (Street vd. 2010)	Yaprak	55,70-119,00	17,90-32,10	12,80-48,50	0,85-5,70	-	-	-	-
<i>Tulbaghia violacea</i> (Street vd. 2010)	Soğan	23,70-144,00	10,80-21,80	12,60-35,30	3,06-14,20	-	-	-	-
<i>Allium cepa</i> L. (Atabay vd. 2011)	Bitki	0,05-0,67	-	0,38-0,93	0,26-0,41	0,06-0,09	0,07-0,23	0,13-0,58	0,08-0,43
<i>Hyacinthus orientalis</i> (Gülser vd. 2016)	Soğan	29,60-36,00	8,40-12,80	21,70-32,30	2,10-3,20	-	-	-	-
<i>Hyacinthus orientalis</i> (Gülser vd. 2016)	Yaprak	59,90-129,90	13,90-18,00	33,30-50,10	6,80-13,80	-	-	-	-
<i>Allium sativum</i> (Matloob 2016)	Bitki	35,11	11,92	26,39	5,73	0,07	0,90	0,25	0,06
<i>Allium cepa</i> (Matloob 2016)	Bitki	45,64	16,43	16,89	7,76	0,02	1,58	0,48	0,09
<i>Narcissus poeticus</i> L. (Çığ vd. 2017)	Soğan	14,70-27,40	8,70-10,30	18,90-21,00	5,40-7,60	-	-	-	-
<i>Narcissus poeticus</i> L. (Çığ vd. 2017)	Yaprak	56,50-66,60	30,10-48,80	28,70-41,00	11,00-41,30	-	-	-	-

5.4. Kum Zambağı

Çalışmada olası biyoindikatör olarak araştırılan bitkilerden biri olan Kum zambağı bitkisi organlarında tespit edilen ağır metallere ait konsantrasyonlar, bitkilerde bulunabilen miktarlar ve bitkilerde kontaminasyon sınırı olarak kabul edilen değerler ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamaların yanı sıra, daha önce yapılmış benzer çalışmalarla ve farklı türden, yakın veya uzak akraba olan bitki örneklerinde tespit edilen konsantrasyonlarla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Kum zambağı bitkisinde ağır metal birikiminin tespitine yönelik bir çalışma daha önce bu denli kapsamlı yapılmadığından çalışmada kullanılan bitki organ örneklerinde tespit edilen değerler bir ilk niteliğini taşımaktadır.

5.4.1. Fe ağır metali

Kum zambağı bitkisi organ örneklerinde tespit edilen Fe ağır metali konsantrasyonlarına ait en düşük ve en yüksek değerler Çizelge 5.3'te verilmiştir. Demir elementi bitkilerde büyüme gelişmede, metabolik yollarda görev alan ve belli sınırlar içerisinde bulunabilen bir element olup, belli limitlerin üzerinde bulunması bitkiler açısından toksik etkiye sebep olabilmekte ve aynı zamanda bitki organlarında bulunma miktarına bağlı olarak ortamın kirliliği hakkında bilgi verebilmektedir (Foy vd. 1978). Bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek değerler baz alındığında Yaprak Altı>Kök>Yaprak>Tohum>Meyve şeklinde sıralanmıştır.

Calochortus cinsine ait farklı türlerin yaprak organ örneklerinde ağır metallere ait konsantrasyonları Fiedler tarafından çalışılmıştır. Kum zambağı yaprak örneklerinde tespit edilen ortalama Fe konsantrasyonu *C. albus* bitkisine ait yapraklarda tespit edilen değerle paralellik gösterip az da olsa yüksek konsantrasyonda bulunurken; diğer bitki yapraklarında tespit edilen değerden daha düşük bulunmuştur. Kök yapısı açısından benzerliklerin olduğu bu farklı bitki türlerine ait örneklerde tespit edilen Fe ağır metaline ait değerlerde antropojenik etkiler, iklimsel faktörler, bölgeye düşen yağış miktarı vb. etmenler etkili olabilmektedir (Fiedler 1985).

Ross'un Çizelge 5.2.'de kontamine olmuş bitkilerde bulunan farklı ağır metal konsantrasyonları arasında Fe elementine ait değer belirtmediğinden bu ağır metal açısından kıyaslama yapılamamıştır (Ross 1994).

Çelik ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada *P. maritimum* bitkisine ait örneklerde ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan Kum zambağı bitkisinde tespit edilen ortalama Fe konsantrasyonu, Çelik ve arkadaşlarının tespit etmiş oldukları değerden 6,3 kat daha yüksek bulunmuştur. Farklı araştırma alanlarında yapılan bu iki çalışmada aynı bitki türüne ait örneklerde yoğunluk farkının oluşması insan faaliyetlerinin bölgeler arası farklılığı, incelenen alanda otellerin yoğun olarak yer alması gibi faktörlerin etken olacağı düşünülmüştür (Çelik vd. 2005).

Ergün ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada farklı bitki organlarında tespit edilen Fe konsantrasyonları Çizelge 5.3. ve Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Kum zambağı yaprak organlarında tespit edilen en yüksek Fe değeri *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*, *Glycyrrhiza glabra*, *Hypericum hircinum*, *Colutea cilicia* bitki yapraklarında tespit edilen değerlerden daha düşük, diğer bitkilere ait yapraklardan ise daha yüksek

değere sahiptir. Ayrıca Kum zambağı yaprak altı organlarında tespit edilen Fe değeri *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas* ve *Glycyrrhiza glabra* bitki yapraklarından daha düşük yoğunluğa sahip iken; diğer bitki türlerinden daha yüksek oranda bulunmuştur. Her iki çalışmada incelenen bitki organları arasında farklılığın oluşması inceleme alanının Fe ağır metali açısından kirlendiğini göstermesinin yanı sıra incelenen bitkiye ait yaprak ve yaprak altı kısım örnekleri arasında da farklılık olduğunu göstermiştir. Kum zambağı Fe ağır metalini bünyesine aldığını ve biriktirdiğini; özellikle kök organına doğru olan yaprak altı kısımlarında birikim oranının daha yüksek olduğu söylenebilir (Ergün vd. 2010).

Kabata-Pendias'ın yapmış olduğu çalışma ile bitkilerde Fe elementi konsantrasyon aralığı Çizelge 5.2.'de belirtilmiştir. Kum zambağı bitkisi organlarında tespit edilen Fe değeri belirtilen aralıktan daha yüksek bulunmuştur (Kabata-Pendias 2010).

Street ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada *Tulbaghia violacea* organlarında tespit edilen ortalama Fe konsantrasyon aralığı Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Kum zambağı yaprak, yaprak altı ve kök organlarında tespit edilen bu ağır metale ait değerler daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu farklılığın ortaya çıkmasında araştırma alanında insan faaliyetinin yüksek olması etken olarak düşünülmüştür (Street vd. 2010).

Atabay ve çalışma arkadaşlarının *Allium cepa* L. bitkisinde tespit etmiş oldukları Fe konsantrasyonu Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Kum zambağı bitkisinde tespit edilen değer *A. cepa* L. bitkisinde belirtilen değerden daha yüksek bulunmuştur. yüksek konsantrasyon farklılığı Kum zambağının yaşam alanında bu ağır metale maruz kaldığını ve bu elementi bünyesine aldığını göstermiştir (Atabay vd. 2011).

Kameshwari ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada *Urginea indica* bitkisini kullanarak farklı ağır metal konsantrasyonlarını belirlemiştir. Kum zambağı bitkisi organ örneklerinde tespit edilen Fe değeri *U. indica* bitkisinden 2,2 kat yüksek oranda bulunmuştur (Kameshwari vd. 2012).

Çizelge 5.5.'te Gülser ve çalışma arkadaşları tarafından değişen Pb konsantrasyonunun *Hyacinthus orientalis* bitkisinde mikro element içeriklerinin değişimine yönelik yaptığı çalışma verilmiştir. Kum zambağı soğan organlarında tespit edilen Fe değeri *H. orientalis* soğanlarında tespit edilen değerden 11 kat, yaprak örneklerinde tespit edilen değer ise *H. orientalis* yapraklarında tespit edilen değerden 2,5 kat daha yüksek bulunmuştur. Her iki çalışmada ağır metallere ait değerlerin birbirinden farklı tespit edilmesinin yanı sıra, bitkinin ağır metal stresine maruz bırakılması veya ortamda kirliliğin saptanması sadece tek bir ağır metal açısından farklılık yaratmakla kalmayıp; bitkinin bünyesinde bulunabilen bazı elementlerin konsantrasyonunun değişimine ve normal gelişimde bitkide bulunmaması gereken elementlerin de miktarına etki edebilmektedir (Gülser vd. 2016).

Matloob'un farklı bitki organlarında ağır metallerin miktarının tespitine yönelik yaptığı çalışmada elde edilen bazı değerler Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Kum zambağı bitkisinde tespit edilen ortalama Fe değeri, *Allium sativum* bitkisinde tespit edilen değerden 5 kat, *Allium cepa* bitkisinde tespit edilenden ise yaklaşık 4 kat daha yüksek bulunmuştur (Matloob 2016).

Narcissus poeticus L. organlarında tespit edilen ağır metallere ait değerler Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Kum zambağı kök örneklerinde tespit edilen Fe konsantrasyonu *N. poeticus* L. soğanlarında tespit edilen değerden 14,8, yaprak örnekleri ise *N. poeticus* yaprak organlarında tespit edilen değerden 4,8 kat daha yüksek oranda bulunmuştur. Çalışmada incelenen örnekler arasında farklılığın oluşmasında bölgede Fe elementine bağlı kirliliğin Çığ ve arkadaşlarının araştırma alanından daha yüksek oranda olduğu söylenebilir (Çığ vd. 2017).

Çalışmada en yüksek Fe elementi değeri Lara Beach Park lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen yaprak altı organlarında tespit edilmiştir. Çalışmada lokaliteler ve organlar arasında oluşan farklılıkta temel sebep olarak antropojenik etkiler olduğu düşünülmüştür. Lara Beach Park lokalitesi insan faaliyetinin yoğun olduğu, turizm faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştirildiği bir alan özelliği taşımaktadır. Ayrıca günü birlik piknik faaliyetleri ve taşıt trafiğine yakın bir bölgede bulunması da kirlilikte etken olarak düşünülmüştür. Artan Fe konsantrasyonunda belirtilen bu etmenler ile alana bırakılan çöpler, atılan metal kutular ve bunların aşınmasına bağlı bu ağır metalin yayılımında büyük yere sahip olduğu düşünülmüştür. Yaprak altı organları bitkinin soğanı ile yaprak organları arasındaki geçiş bölgesi olduğundan özellikle Sonbahar döneminde yağışın bol miktarda olması ve bu ağır metalin taşınmasında etkisinin olduğunu; Sonbahar döneminde alana düşen yağış miktarının artışı ve havaya salınan CO₂ gazının artışına bağlı olarak toprak pH'ındaki düşüşün de Fe elementinin bitkiye taşınmasında etkili olduğunu düşünmemize sebep olmuştur.

5.4.2. Mn ağır metali

Çalışmada olası biyoindikatör olarak incelenen bitkiye ait organ örneklerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında kendi içerisinde de Mn ağır metali değerlerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Çizelge 5.3.'e göre bitki organlarında tespit edilen bu ağır metale ait birikim miktarları Yaprak Altı>Yaprak>Kök>Tohum>Meyve şeklinde sıralanmaktadır. Soğanlı kök organı ile yaprak kısımları arasında yer alan yaprak altı kısım organlarında en yüksek değer elde edilmesinde bu kısımların kök ile yaprak arasında geçiş bölgesi olması ve toprak ile sınır oluşturmasının etkili olduğu düşünülmüştür.

Fiedler'in yapmış olduğu çalışmada *Calochortus* cinsinde yer alan farklı türden bitki organlarında ortalama Mn konsantrasyonları tespit edilmiştir. Kum zambağı kök organlarında tespit edilen ortalama Mn konsantrasyonu Fiedler'in incelemiş olduğu tüm bitki soğanlarından daha yüksek değerde bulunmuştur. Kum zambağı yapraklarında tespit edilen ortalama Mn konsantrasyonu *C. albus* yaprakları ile paralel yoğunlukta fakat *C. obispoensis*, *C. pulchellus*, *C. striatus* ve *C. tiburonensis* bitki yaprak organlarında tespit edilen değerden daha düşük bulunmuştur (Fiedler 1985).

Çizelge 5.3.'te verilen farklı ağır metallere ait konsantrasyon değerleri ve bazı öncü çalışmalara ait değerler arasında Ross'un belirtmiş olduğu bitkilerde kontaminasyon değerleri arasında Mn ağır metaline ait değer olmadığından bu ağır metal açısından kıyaslama yapılamamıştır (Ross 1994).

Çelik ve arkadaşlarının *P. maritimum* ile yapmış olduğu çalışmaya ait değerler Çizelge 5.5.'te belirtilmiş olup; bu değerler arasında Mn elementine ait değer bulunmadığından kıyaslama yapılamamıştır (Çelik vd. 2005).

Bitkilerde eser element değerleri Kabata-Pendias tarafından çalışılmış olup, elde edilen değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir. Çalışmada incelenen Kum zambacı bitkisinde tespit edilen Mn değeri belirtilen değer aralığından daha düşük bulunmuştur (Kabata-Pendias 2010).

Tulbaghia violacea bitki organlarında yapılan çalışma sonucu elde edilen ortalama Mn değerleri Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Çalışmalar sonucunda tespit edilen Mn ağır metale ait en yüksek ortalama konsantrasyon değerleri dikkate alındığında Kum zambacı organlarında tespit edilen değerler daha düşük bulunmuştur (Street vd. 2010).

Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitkilere ait yaprak organlarında tespit edilen Mn konsantrasyonları Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Kum zambacı yaprak organlarında tespit edilen değer *G. glabra* ve *C. cilicia* yapraklarında tespit edilen değerden daha düşük bulunmuştur. Çizelge 5.5.'te verilen diğer bitki yapraklarından ise daha yüksek oranda bu ağır metali içerdiği söylenebilir (Ergün vd. 2010).

Belabed ve çalışma arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada farklı bitki türlerine ait kısım örneklerindeki Mn konsantrasyonları belirlenmiştir. Kum zambacı bitki organlarında tespit edilen Mn konsantrasyonu *A. officinalis* bitkisinde tespit edilen değerden yaklaşık 1,5 kat; *M. sylvestris* bitkisinde tespit edilenden 1,8 kat daha yüksek konsantrasyona sahiptir. Bu kıyaslamaya göre çalışmada kullanılan bitkinin Mn içeriğinin daha yoğun olduğu ve bu elementi bünyesine daha fazla aldığını göstermektedir (Belabed vd. 2014).

Matloob'un farklı baharat bitkilerinde tespit etmiş olduğu ortalama Mn konsantrasyonları Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Kum zambacı organlarında tespit edilen ortalama Mn konsantrasyonu *A. sativum* bitkisinden 1,5 kat yüksek iken; *A. cepa* bitkisi ile paralel değerde bulunmuştur. Bu ağır metalin bitkiye ait organlarda yüksek bulunması bölgede yalnızca Mn ağır metalinden kaynaklı kirliliğin değil; farklı ağır metallerin konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kısımlarında oluşan konsantrasyon farklılığına etki ettiğini düşünmemize sebep olmuştur (Matloob 2016).

Gülser ve arkadaşlarının *Hyacinthus orientalis* bitki organlarında tespit edilen Mn elementi değerleri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Çizelgede verilen değerlere göre Kum zambacı kök organ örneklerinde tespit edilen değer *H. orientalis* bitkisine ait soğan örneklerinden 3,4 kat daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür. Kum zambacı yaprak organlarında tespit edilen Mn konsantrasyonu ise *H. orientalis* yapraklarında tespit edilen değerden 2,6 kat daha yüksek bulunmuştur (Gülser vd. 2016).

Çığ ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada *Narcissus poeticus* L. organlarında farklı ağır metallerin yoğunluğu tespit edilmiştir. Çizelge 5.5.'te verilen değerlere bakıldığında Kum zambacı kök organlarında tespit edilen Mn değeri *N. poeticus* kök organlarından 4,3 kat daha yüksek bulunmuştur. Kum zambacı yaprak

organlarında tespit edilen Mn değeri ise *N. poeticus* yaprakları ile paralellik gösterdiği görülmüştür (Çığ vd. 2017).

Çalışmada araştırılan alanlar arasında en yüksek Mn konsantrasyonu Serik Karadayı lokalitesinden örneklenen bitkinin yaprak altı organ örneklerinde bulunmuştur. Artan Mn konsantrasyonunda bu alanın Acısu'dan gelen su ile beslenmesi ve bu çayın kenarlarında yer alan tarlalarda yapılan gübreleme çalışmaları sonucunda suya karışarak araştırılan alana taşındığını düşünmemize sebep olmuştur. Örneklenen bitkinin turizm alanında bulunması ve yerleşim yerlerinin yakın bölgede bulunması nedeniyle fosil yakıtların tüketimi de bu sonucun ortaya çıkabileceğini düşündürmüştür. Alanda yer alan otellerin atık suları ve lağım suları sebebi ile de bölgede olası Mn kirliliğinin oluşabileceği bitki organlarında tespit edilen Mn konsantrasyonuna etki edebileceği düşünülmüştür. En yüksek oranın Kış döneminde örneklenen bitki organlarında tespit edilmesi, bitkinin metabolik faaliyetlerinin hızlı olduğu İlkbahar ve Yaz dönemlerinde bu ağır metale antropojenik etkilerin bu dönemdeki artışı sebebiyle olduğunu düşündürmüştür.

5.4.3. Zn ağır metali

Kirliliğin araştırılmasında olası biyoindikatör olarak incelenen Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen Zn değerleri Çizelge 5.3.'te belirtilmiştir. Çizelgeye göre bitki organlarında tespit edilen birikim miktarları Yaprak>Tohum>Yaprak Altı>Kök>Meyve şeklinde sıralanmaktadır. Bitki organları içerisinde en yüksek değer yaprak örneklerinde tespit edilmiş olup, diğer organlarla arasında 4 kat yüksek oranının bulunması bitkinin bu elementi daha çok yaprak organında biriktirdiğini göstermiştir.

Calochortus cinsinde yer alan bazı bitki organlarında Fiedler tarafından yapılan çalışmada farklı ağır metallere ait konsantrasyonlar belirlenmiştir. Kum zambağı yaprak organ örneklerinde tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonu *C. albus*, *C. pulchellus* ve *C. striatus* yapraklarında tespit edilen değerden daha düşük iken; *C. obispoensis* ve *C. tiburonensis* yaprak organlarından daha yüksek değerde bulunmuştur. Kum zambağı soğan organlarında tespit edilen ortalama Zn değeri ise *C. striatus* soğanlarından daha düşük, *C. obispoensis* ile paralel değerde bulunurken; diğer türlere ait soğanlardan yüksek yoğunluğa ulaştığı söylenebilir (Fiedler 1985).

Ross farklı ağır metallere ait değerleri kontamine olmuş bitkilerde tespit etmiş olup, Zn ağır metali konsantrasyonu aralığı Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen Zn değeri, kontaminasyon sınırları içerisinde yer alıp üst limiti aşmamaktadır (Ross 1994).

Kabata-Pendias'ın bitkilerde Zn konsantrasyonuna ait değerler Çizelge 5.2.'de belirtilmiş olup; çalışmada kullanılan bitki organlarında tespit edilen değer belirtilen değerden 3,7 kat daha yüksek bulunmuştur. Yüksek oranda bulunan bu ağır metalin bitki açısından kirliliğe sebep olduğu ve organlarında birikim gösterdiği söylenebilir (Kabata-Pendias 2010).

Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki türlerinde tespit edilen Zn değerleri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Çalışmada kirliliğin olası biyoindikatörü olarak incelenen Kum zambağı yaprak organ örneklerinde tespit edilen Zn konsantrasyonu Ergün vd.'nin

çalışmasında kullanılan yaprak organlarından daha yüksek değerde bulunmuştur (Ergün vd. 2010).

Street ve arkadaşlarının *Tulbaghia violacea* bitki organları ile yapmış oldukları çalışmada tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonları Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Kum zambağı kök ve yaprak organ örneklerinde tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonu *T. violacea* bitkisine ait soğan ve yaprak örneklerinden daha yüksek oranda bu ağır metali bünyesinde bulundurmaktadır (Street vd. 2010).

Demir ve Özdemir'in ortamdaki bazı ağır metallerin miktarının tespitine yönelik yapmış oldukları çalışmada *P. maritimum* üzerinde de inceleme yapılmıştır. Kum zambağı organlarında tespit edilen Zn konsantrasyonu, Demir ve Özdemir'in çalışmalarında kullanmış oldukları *P. maritimum* bitkisinde tespit edilen değerden 5,2 kat yüksek bulunmuştur. Çalışma alanında Zn açısından kirliliğin söz konusu olduğu ve bu alanın Demir ve Özdemir'in araştırmış olduğu alandan daha kirli olduğu söylenebilir (Demir ve Özdemir 2013).

Matloob'un farklı bitki türleri ile yapmış olduğu çalışmada elde edilen ortalama Zn konsantrasyonu Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Tespit edilen Zn ağır metallerine ait ortalama konsantrasyonlara bakıldığında; Kum zambağı bitkisi soğan örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait ortalama konsantrasyonun *A. sativum* bitkisine ait soğanlardan 1,5 kat, *A. cepa* bitkisine ait soğan örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyondan ise yaklaşık 2,4 kat daha yüksek değerde bulunmuştur (Matloob 2016).

Hyacinthus orientalis bitkisinde Gülser ve çalışma arkadaşlarının yaptıkları çalışmada elde edilen Zn değerleri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Verilen değer aralığına göre Kum zambağı soğan organ örneklerinde tespit edilen Zn konsantrasyonu *H. orientalis* soğan organlarından 2,8 kat, Kum zambağı yaprak organlarında tespit edilen değer ise *H. orientalis* yaprak organ örneklerinden 7,4 kat daha yüksek bulunmuştur. Özellikle iki çalışmada kullanılan yaprak organ örnekleri arasında 7,4 kat yoğunluk farkının bulunması inceleme alanında bu ağır metale ait kirliliğin Gülser ve çalışma arkadaşlarının araştırma alanından daha yüksek olduğu söylenebilir (Gülser vd. 2016).

Çığ ve arkadaşlarının *Narcissus poeticus* L. bitki organlarında tespit etmiş oldukları Zn konsantrasyonu Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Kum zambağı kök organ örneklerinde tespit edilen Zn konsantrasyonu *N. poeticus* soğan organlarında tespit edilen değerden 4,2 kat, yaprak organ örneklerinde tespit edilen değer ise *N. poeticus* yapraklarından 9 kat daha fazla bu ağır metali bünyesinde bulundurmaktadır (Çığ vd. 2017).

Literatürde yer alan benzer çalışmalarla yapılan kıyaslamaların yanı sıra, bitkinin örneklediği lokaliteler arasında da farklılık olduğu görülmektedir. En yüksek Zn değeri Manavgat Sorgun lokalitesinden elde edilen bitki yaprak organlarında tespit edilmiştir. Bu alanda günü birlik piknik faaliyetleri yoğun olarak yapılmakta dolayısı ile insan aktivitesinin yoğunluğundan kaynaklı Zn kirliliğinin oluştuğunu söylemek mümkündür. İnsanların alana bıraktığı çöpler, mangal sonucu oluşan hava kirliliği ve alana bırakılan kül ve çöpler, bölgeye bırakılan kirli sular da etken olarak düşünülmüştür. Manavgat ırmağından gelen suyun çevresinde yer alan tarlalarda

yapılan gübreleme işlemi ve sulamanın artan Zn konsantrasyonunda etkisi olduğunu düşündürürken; Yaz döneminde en yüksek yoğunluğun saptanması artan insan faaliyetiyle paralel olarak kirliliğin arttığını düşünmemize sebep olmuştur.

5.4.4. Cu ağır metali

Çizelge 5.3.'e göre Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen sonuçlara bakıldığında organlar arasında Cu ağır metali konsantrasyonuna ait farklılıklar olduğu görülmektedir. Bitki organlarında tespit edilen birikim miktarları Tohum>Kök>Yaprak Altı>Yaprak>Meyve şeklinde sıralanmaktadır.

Fiedler yapmış olduğu çalışmada *Calochortus* cinsine ait farklı türlerden bitki organlarında ağır metal konsantrasyonlarını tespit etmiştir. Çalışmada kullanılan Kum zambağı bitkisine ait kısım örneklerinde tespit edilen Cu ağır metaline ait ortalama konsantrasyon değerlerinin Fiedler'in çalışmada incelemiş olduğu *Calochortus* türlerine ait soğan ve yaprak organlarında tespit edilen yoğunluktan daha düşük olduğu söylenebilir (Fiedler 1985).

Ross'un yapmış olduğu çalışmada kontamine olmuş bitkilerde Cu ağır metali konsantrasyon aralığı Çizelge 5.2.'de belirtilmiştir. Çizelge 5.2.'ye göre, Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen Cu konsantrasyonunun kontaminasyon sınırlarını aştığı söylenebilir. Özellikle bu ağır metale ait en yüksek değerin tohum örneklerinde tespit edilmesi, popülasyonun devamlılığı açısından probleme neden olabileceğini düşünmemize sebep olmuştur (Ross 1994).

Pancratium maritimum bitkisinde yapılan ağır metal analizleri sonucunda elde edilen ortalama Cu değeri Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Kum zambağı bitki organlarında tespit edilen ortalama konsantrasyonun Çelik ve arkadaşlarının *P. maritimum*'da tespit ettikleri ortalama değerden daha düşük olduğu söylenebilir. Fakat Kum zambağı tohum örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait ortalama konsantrasyonun ise Çelik vd. incelemiş oldukları tüm bitkide tespit edilen konsantrasyondan ise daha yüksek orana sahip olduğu söylenebilir. Bitkiye ait tohum kısmında yüksek konsantrasyonun bulunması bitkinin bu ağır metali bu organlarda biriktirdiğini düşünmemize sebep olmuştur (Çelik vd. 2005).

Kabata-Pendias'ın bitkilerde yapmış oldukları incelemeler sonucunda eser element miktarlarına değer aralıkları Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyonun Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu en yüksek Cu ağır metaline ait konsantrasyondan 13 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Konsantrasyon farklılığı bitkinin türüne, fizyolojik, morfolojik vb. özelliklerine dayanabilmekte iken; 13 kat daha yüksek orana sahip olan bitkinin bu ağır metal açısından ortamda kirliliği belirttiğini düşündürmüştür (Kabata-Pendias 2010).

Street ve çalışma arkadaşları *Tulbaghia violacea* bitki organlarında Cu elementi miktarını belirlemeye yönelik çalışma yapmışlardır. Çizelge 5.5.'te verilen ortalama değere göre; Kum zambağı yaprak organı örneklerinde tespit edilen ortalama Cu konsantrasyonu *T. violacea* bitki yapraklarından 2 kat yüksek değere sahip iken,

çalışmada kullanılan bitki kök organlarında tespit edilen ortalama Cu konsantrasyonu *T. violacea* soğan organlarından daha düşük değerde bulunmuştur (Street vd. 2010).

Çizelge 5.5.'te Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki türlerinde tespit edilen Cu elementine ait değerler belirtilmiştir. Çalışmada Kum zambağı yaprak organ örneklerinde tespit edilen Cu değeri Ergün vd.'nin çalışmasında kullanılan yaprak organlarından daha yüksek miktarda bu ağır metali biriktirmiştir (Ergün vd. 2010).

Atabay ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada *A. cepa* L. bitkisinde tespit edilen Cu konsantrasyonu Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre; Kum zambağı organlarında tespit edilen Cu değeri *A. cepa* L. organlarında tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur (Atabay vd. 2011).

Demir ve Özdemir'in farklı bitki türlerinde ağır metal oranlarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada tespit edilen Cu konsantrasyonu, Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen değerden daha düşük yoğunluktadır. Çalışmada olası biyoindikatör olarak incelenen Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen Cu değeri Demir ve Özdemir'in çalışmalarında tespit edilen en yüksek değerden 9 kat daha fazla orana sahiptir. Dolayısı ile araştırma alanının bu ağır metal açısından daha yoğun maruz kaldığı ve bunun sonucunda da konsantrasyon farklılığının oluştuğu düşünülmüştür (Demir ve Özdemir 2013).

Çizelge 5.5.'te Matloob'un yapmış olduğu çalışmada bazı bitkilerde tespit edilen ortalama Cu değerleri belirtilmiştir. Kum zambağı bitki organlarında tespit edilen ortalama Cu değeri; *A. sativum* bitki organlarından 2,6 kat, *A. cepa* organ örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyondan ise 1,9 kat yüksek konsantrasyonda bulunmuştur (Matloob 2016).

Gülser ve çalışma arkadaşları *Hyacinthus orientalis* bitki organlarında ağır metal oranlarını tespit etmiş olup; bu değerler Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında Cu ağır metale ait ölçülen en yüksek konsantrasyonlar dikkate alındığında Kum zambağı kök organlarında tespit edilen bu ağır metale ait konsantrasyonun *H. orientalis* bitkisine ait soğan örneklerinden yaklaşık 11 kat, yaprak örneklerinde tespit edilen konsantrasyonun ise *H. orientalis* bitkisine ait yapraklardan 1,8 kat daha fazla bu ağır metali bünyesinde biriktirdiği söylenebilir (Gülser vd. 2016).

Narcissus poeticus L. organlarında tespit edilen Cu değerleri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Çalışmada olası biyoindikatör olarak incelenen Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen en yüksek Cu değerleri dikkate alındığında, kök organlarında ölçülen konsantrasyon *N. poeticus* soğanlarında tespit edilen konsantrasyondan yaklaşık 4,6 kat yüksek iken; Kum zambağı yaprak örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait değer *N. poeticus* yaprak organlarından düşük olduğu söylenebilir (Çığ vd. 2017).

Çalışmada en yüksek Cu değeri Lara Beach Park lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen tohum organ örneklerinde tespit edilmiştir. Bu alanın şehre olan yakınlığı ve sürekli insan faaliyetine açık olması sebebi ile bölgede fosil yakıt tüketimi sonucunda Sonbahar döneminde artış göstermesinin olası sebebi olarak düşünülmüştür. Araştırılan bölgeye yakın mesafede bulunan su arıtma tesisinin bulunması, örneklenen bitkinin otellere yakın mesafede bulunması, turizm yoluna mesafesinin yakın olması

gibi etmenlerin de etkili olabileceği düşünülmüştür. Tohum organlarında en yüksek konsantrasyonun elde edilmesinde bitkinin Sonbahar döneminde tohumları oluşturması, tohumun bir sonraki nesli oluşturması sebebi ile metabolik faaliyetlerinin yavaşlatmaya başlayan bitkinin tohumda gerekli maddeleri depolamaya çalışması sebebi ile ortama zaten ulaşmış olan bu ağır metali tohum organlarında depoladığını düşündürmüştür.

5.4.5. Cd ağır metali

Kadmiyum ağır metali, bitki beslenmesinde yer almayan ve bitki bünyesinde bulunması halinde toksik etkiye sebep olan elementlerden biridir. Çalışmada olası biyoindikatör olarak incelenen Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen Cd değerleri Çizelge 5.3.'te belirtilmiştir. Bitki organlarında tespit edilen birikim miktarları Kök>Tohum>Yaprak Altı>Yaprak>Meyve şeklinde sıralanabilir.

Çizelge 5.2.'de Ross'un yapmış olduğu çalışmaya göre kontamine olmuş bitkilerde Cd ağır metali konsantrasyonu aralığı belirtilmiştir. Kum zambağı bitki organlarında tespit edilen değer Ross'un belirtmiş olduğu değer aralığından daha düşük bulunmuştur. Bitki organlarında bulunan Cd konsantrasyonunun kontaminasyon sınırlarının altında kaldığı görülmektedir (Ross 1994).

Çelik ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada *P. maritimum* bitki organlarında ortalama Cd konsantrasyonunu tespit etmişlerdir. Kum zambağı organ örneklerinde bulunan ortalama değer Çelik vd.'nin tespit etmiş oldukları konsantrasyondan daha düşük bulunmuştur. Aynı tür bitki üzerinde yapılan iki çalışmada oluşan farklılıkta araştırma alanları ve bu alanlardaki insan faaliyetlerinin ortaya çıkardığı farklılığın etkili olabileceği düşünülmüştür (Çelik vd. 2005).

Kabata-Pendias'ın bitkilerde yapmış oldukları incelemeler sonucunda bitkilerde eser element miktarlarına ait konsantrasyon aralıkları belirlenmiştir. Çizelge 5.2.'de verilen değerlere göre; Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen Cd konsantrasyonu Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu değerden 5 kat yüksek orana sahiptir. Kadmiyum ağır metalinin tek başına bitki bünyesinde bulunması kirliliğin göstergesi olarak kabul edilirken, Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu en yüksek değerden 5 kat daha fazla orana sahip olması bitkinin maruziyetinin göstergesi olarak kabul edilebilir (Kabata-Pendias 2010).

Farklı bitkilere ait yaprak organlarında Ergün ve çalışma arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmalar sonucunda elde edilen Cd değerleri verilmiştir. Çizelge 5.5.'e göre; Kum zambağı yaprak organ örneklerinde tespit edilen Cd konsantrasyonu, belirtilen tüm bitki yaprak organlarından daha yüksek değerde bulunmuştur. bitki yapraklarında oluşan bu farklılık sonucunda Kum zambağı bitkisinin Cd elementini bünyesinde biriktirdiği söylenebilir (Ergün vd. 2010).

T. violacea bitki organlarında yapılan çalışmalarda farklı konsantrasyonlarda Cd uygulaması sonucu bitki organlarında çalışılan diğer ağır metal oranlarının da artış gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan Kum zambağı bitki organlarında da yapılan analizler sonucunda bu ağır metalin tespit edilmesi sadece Cd açısından değil, farklı ağır metallerin de bitki organlarındaki konsantrasyonuna etki edebileceğini göstermiştir (Street vd. 2010).

Allium cepa L. bitki organlarında tespit edilen Cd konsantrasyonu Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Bu veriler ışığında; Kum zambacı organlarında tespit edilen Cd konsantrasyonunun *A. cepa* bitkisinde tespit edilen değerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Arada farklılığın oluşmasında iklimsel faktörler, bitkiler arası farklılıklar ve ağır metale maruz kalma miktarının etken olabileceği düşünülmüştür (Atabay vd. 2011).

Demir ve Özdemir yapmış oldukları çalışmada *P. maritimum* bitki organlarında yapılan analizler sonucunda Cd ağır metaline ait değer belirtmediğinden çalışma ile kıyaslama yapılamamıştır (Demir ve Özdemir 2013).

Belabed ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada farklı bitkilere ait organ örneklerinde Cd konsantrasyonları belirlenmiştir. Kum zambacı organ örneklerinde tespit edilen Cd, *A. officinalis* bitkisinde tespit edilen en yüksek konsantrasyondan yaklaşık 18 kat daha yüksek iken; *M. sylvestris* bitkilerinde tespit edilen yoğunluktan daha düşük bulunmuştur. Antalya ilinde yapılan çalışmada incelenen bitki örneklerinde tespit edilen Cd ağır metali konsantrasyonunun Belabed vd. çöplük ve çevresinden örneklediği *A. officinalis* bitkisinden 18 kat daha yüksek konsantrasyona sahip olması bitkinin bu ağır metal açısından kirlendiğini göstermektedir (Belabed vd. 2014).

Matloob'un farklı bitki türlerinde yapmış olduğu çalışma sonucunda bazı bitki türlerine ait ortalama değerler Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında; Kum zambacı organ örneklerinde belirlenen ortalama Cd değeri *A. sativum* bitkisinde tespit edilen değerden 4,6 kat, *A. cepa* bitkisinde tespit edilen değerden ise 16 kat daha yüksek bulunmuştur (Matloob 2016).

Çalışmada araştırılan alanda en yüksek Cd konsantrasyonu Lara Beach Park lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen bitkinin kök organlarında tespit edilmiştir. Bitkiler için gerekli olmayan Cd, ortamda yayılım hızı yüksek olan bir ağır metaldir. Lara Beach Park lokalitesinde tespit edilmesinde; bölgenin turizm faaliyetlerine çok yakın mesafede yer alması, otoyola olan yakınlığı sebebi ile sürekli olarak taşıt trafiğine maruz kalması sebebi ile ortaya çıktığı düşünülmüştür. Yaz döneminde en yüksek değere ulaşması da bölgede hem turizm faaliyetlerinin artışı hem de artan insan nüfusu ve taşıt trafiğinin sonucu olduğunu düşündürmüştür. Suda çözünme yeteneği yüksek olan bu elementin yakın mesafede bulunan su arıtma tesisi, oteller, bölgenin çevresinde yer alan tarım alanları nedeniyle çevreye bırakılan kirli sularla taşınabileceğini ve tarım alanlarında kullanılan gübrelerin de yağış sonucu toprak altı sularına katılması gibi etmenlerle bitkiye taşındığını düşünmemize sebep olmuştur. Bitkinin çok yıllık kök kısmı sürekli olarak toprak altında yer alması ve canlılığını sürdürmesi sebebi ile bu ağır metale uzun süredir maruz kaldığını göstermektedir.

5.4.6. Ni ağır metali

Bitki beslenmesinde eser elementler içerisinde yer alan Ni elementi belli limitlerin üzerine çıktığında toksik etkiye sebep olmaktadır. Kum zambacı organ örneklerinde tespit edilen Ni elementine ait değer aralığı Çizelge 5.3.'te verilmiştir. Bitki organlarında tespit edilen birikim miktarları Kök>Yaprak Altı>Tohum>Yaprak>Meyve şeklinde sıralanmaktadır. Kök organları ile bitki organ

örnekleri arasında yüksek farklılığın bulunması, bitkinin bu ağır metali kök organında biriktirdiğini göstermektedir.

Ross'un yapmış olduğu çalışmaya göre kontamine olmuş bitkilerde Ni ağır metali konsantrasyonu aralığı Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Çalışmada incelenen bitkiye ait organ örneklerinde yapılan analizler sonucu elde edilen bu verilere bakıldığında Ni ağır metali değerinin Ross'un belirtmiş olduğu kontaminasyon sınırının altında kaldığı görülmektedir (Ross 1994).

Çelik ve çalışma arkadaşlarının *Panocratium maritimum* ile yapmış oldukları çalışmada tespit edilen ortalama Ni konsantrasyonunun, çalışmada incelenen Kum zambacı organ örneklerinde tespit edilen ortalama değerden daha yüksek olduğu söylenebilir. Aynı bitki türünde yapılan her iki çalışmada farklı yoğunlukların tespit edilmesi; ortamın Çelik ve arkadaşlarının inceleme alanı kadar Ni kirliliğine maruz kalmadığını göstermektedir (Çelik vd. 2005).

Kabata-Pendias'ın bitkilerde yapmış oldukları incelemeler sonucunda bitkilerde eser element miktarlarına ait konsantrasyon aralıkları Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Kum zambacı organ örneklerinde tespit edilen Ni değeri Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu en yüksek Ni değerinden 3,1 kat daha yüksek bulunmuştur (Kabata-Pendias 2010).

Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki yaprak organlarında tespit edilen Ni değerleri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Çizelge 5.5.'te verilen değerlere göre; Kum zambacı yaprak organ örneklerinde tespit edilen Ni değeri Ergün vd.'nin incelemiş oldukları bitki yaprak organlarından daha düşük miktarda bu ağır metali içermektedir (Ergün vd. 2010).

Allium cepa L. bitkisinde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen Ni değerleri Çizelge 5.5.'te belirtilmiş olup; Kum zambacı bitkisinde tespit edilen Ni değerinin *A. cepa* bitkisinde tespit edilenden daha yüksek olduğu görülmektedir (Atabay vd. 2011).

Demir ve Özdemir ortamda belirtgen bitki olarak kullanılabilecek türler üzerinde ağır metallere ait konsantrasyonları incelediği çalışmada *P. maritimum* bitkisine ait örnekler de kullanılmıştır. Yapılan çalışmada Ni ağır metali incelenmediğinden kıyaslama yapılamamıştır (Demir ve Özdemir 2013).

Belabed ve arkadaşları farklı bitki organlarında ağır metal konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada Ni konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Kum zambacı organ örneklerinde tespit edilen Ni ağır metaline ait en yüksek değer Belabed vd. çalışmalarında kullanmış oldukları *A. officinalis* bitkisinde tespit edilen değerden yüksek iken; *M. sylvestris* bitki organlarında tespit edilen yoğunluktan daha düşük konsantrasyona sahiptir. Farklı alanlardaki kirliliğin boyutunu araştırmaya ve ortamda bulunan bitkilerin bu ağır metaller bakımından bünyelerinde meydana gelen değişimleri değerlendirmeye yönelik yapılan her iki çalışmada kullanılan Kum zambacı bitkisi ile *A. officinalis* bitkisinin kök yapısı birbirine benzemektedir. İncelenen bu iki bitki türü arasında yüksek oranda farkın bulunması Kum zambacı bitkisinin Ni ağır metalini daha fazla bünyesine aldığı göstermekte ve biyoindikatör veya biyomonitör olarak kullanılabilirliğine dair fikir oluşturmıştır (Belabed vd. 2014).

Çizelge 5.5.'te Matloob'un çalışmasında kullanmış olduğu bazı bitki türlerinde tespit edilen Ni değerleri belirtilmiştir. Aynı familyada yer alan bitki örneklerinin kullanıldığı her iki çalışmada bitki organ örneklerinde tespit edilen Ni ağır metale ait ortalama konsantrasyonlara bakıldığında; Kum zambacı soğan örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyonun *A. sativum* bitkisine ait soğanlarda tespit edilen değerden 2,5 kat, *A. cepa* soğan örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyondan ise 1,4 kat daha yüksek oranda bu ağır metali bünyesinde bulundurduğu söylenebilir (Matloob 2016).

Çığ ve arkadaşları Ni konsantrasyonundaki değişimin *Narcissus poeticus* L. organlarında makro ve mikro besin içeriği değişimini tespit etmeye yönelik yaptıkları çalışmada soğan ve yaprak organlarında değişen Ni konsantrasyonlarına bağlı olarak farklı elementlerin miktarlarını belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda artan Ni konsantrasyonunun genel olarak bitkide makro besin içeriğini azaltırken, mikro besin içeriğinin arttığı kaydedilmiştir. Kum zambacı bitki organlarında tespit edilen Ni değerinin daha önce yapılan çalışmalarla kıyaslandığında bazı organlarında yüksek konsantrasyona sahip olması, bitki için gerekli olan makro besin içeriğine ve belli sınırlar içerisinde bulunması gereken mikro besin miktarına etki edebileceğini; mikro besinlerin toksik etkilerinin Ni ağır metali artışına bağlı olarak daha fazla ortaya çıkabileceğini düşünmemize sebep olmuştur (Çığ vd. 2017).

Antalya'nın doğusunda yapılan çalışmada en yüksek Ni değeri Lara Beach Park lokalitesinden Yaz döneminde örneklenen bitkinin kök organ örneklerinde tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarla yapılan kıyaslamalarda bazı organların daha yüksek değerde bulunması alanda antropojenik etkilerin varlığının göstergesidir. Araştırma alanına yakın mesafede ayrıca kamp alanları, oteller, su arıtma tesisi bulunması fosil yakıt kullanımı sonucunda da ortama Ni elementinin dahil olabileceğini düşünmemize sebep olmuştur. Çok yıllık köke sahip olan Kum zambacı bitkisi toprak altında sürekli metabolik aktivite gösterip yaşamına devam etmekte dolayısıyla ortama atılan çöpler ve metal kutulardan çözünen Ni elementine maruz kalabilmektedir. Alanın hem denize hem de işletmelere yakın olması bir bölgeden diğerine su ile taşınabileceğini ve bitki organlarında bu elementin artışında etkili olduğunu düşünmemize neden olmuştur.

5.4.7. Pb ağır metali

Bitki gelişiminde bulunmayan, bitki organlarında çok az miktarda bulunması durumunda kirletici olarak kabul edilen kurşun ağır metale ait Kum zambacı organlarında ölçülen değerler Çizelge 5.3.'te verilmiştir. Bitki organlarında tespit edilen birikim miktarları Yaprak Altı>Kök>Yaprak>Tohum>Meyve şeklinde sıralanmaktadır.

Bitkilerde kontaminasyon sınırı olarak kabul edilen değerler Çizelge 5.2.'de belirtilmiştir. Çalışmada incelenen bitki organ örneklerinde yapılan analizler sonucu elde edilen değerlere bakıldığında Pb ağır metalinin Ross'un belirtmiş olduğu kontaminasyon sınırının altında kaldığı görülmektedir (Ross 1994).

Çelik ve çalışma arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada *Pancratium maritimum* bitki organlarında tespit edilen ortalama Pb değeri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Kum zambacı organlarında tespit edilen ortalama Pb konsantrasyonunun

Çelik vd. tespit etmiş oldukları değer ile paralellik gösterdiği fakat daha düşük konsantrasyonda olduğu söylenebilir (Çelik vd. 2005).

Kabata-Pendias'ın bitkilerde tespit ettikleri Pb değeri Çizelge 5.2.'de belirtilmiştir. Çizelge 5.2.'de verilen değer aralığına göre; Kum zambağı organ örneklerinde ölçülen değer Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu değerden çok yüksek bulunmuştur. Eser element değerlerini aşan bu element, Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu değere göre olası kirliliğin işaretidir (Kabata-Pendias 2010).

Ergün ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki yaprak organlarında tespit edilen Pb konsantrasyonu Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Çizelgede “-” ile gösterilen kısımlarda çalışmada değer belirtilmemiş olup; *G. glabra* bitki yapraklarında tespit edilen Pb değeri Kum zambağı yapraklarında tespit edilenden daha düşük yoğunluğa sahiptir (Ergün vd. 2010).

Atabay vd. çalışmalarında *Allium cepa* L. bitkisine tespit edilen Pb değeri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Kum zambağı organlarından tespit edilen Pb değeri *A. cepa* L. organlarında tespit edilen değerden 13 kat daha yüksek bulunmuştur. İki bitki arasında bu denli farklılığın bulunması bitkinin Pb ağır metale maruz kaldığı, alanın otellere ve yola olan yakınlığından kaynaklandığını düşünmemize sebep olmuştur (Atabay vd. 2011).

Demir ve Özdemir tarafından yapılan çalışmada Pb ağır metali açısından belirtgen bitki tespit edilememiş ve *P. maritimum*'da tespit edilen değer belirtilmediğinden bu ağır metal açısından kıyaslama yapılamamıştır (Demir ve Özdemir 2013).

Belabed ve çalışma arkadaşlarının farklı bitki organlarında yapmış oldukları çalışmada Pb konsantrasyonları belirlenmiştir. Kum zambağı organ örneklerinde tespit edilen Pb değeri *A. officinalis* ve *M. sylvestris* bitkilerinde tespit edilen değerden daha düşük bulunmuştur. Antalya ilinde yapılan bu çalışmada Kum zambağı organ örneklerinin toplandığı lokalitelerin bitkinin doğal yayılış alanı olan kumul alanlar, kıyı kesimleri iken; Belabed vd. çalışmada kullandıkları bitki örneklerinin çöplük kenarında yayılış gösteren türler olması sebebi ile bitkiler arasında yoğunluk farkının oluşmasında etkili olabileceğini düşünmemize sebep olmuştur (Belabed vd. 2014).

Gülser ve çalışma arkadaşları farklı Pb konsantrasyonlarının etkilerini, bitki içeriğindeki değişimleri inceleme amacı ile *Hyacinthus orientalis* L. bitki organlarını kullanmıştır. Yapmış oldukları çalışmada bitkiye ait yaprak ve soğan kısım örneklerinde farklı konsantrasyonda Pb uygulaması yapılması sonucu bitki kısımlarında bazı ağır metallerin toksik etkisinin arttığını ve bazı mikro element miktarlarının ise azaldığını gözlemlemişlerdir. Çalışmada kullanılan Kum zambağı bitki organ örneklerinde tespit edilen Pb ağır metali değerinin bazı öncü çalışmalarla kıyaslanması sonucu yüksek olduğu görülürken; bu ağır metalin tek başına toksisite yaratmakla kalmayıp bitkide diğer elementlerin içeriğine de etki edebileceğini düşündürmüştür. Ağır metallerin yüksek konsantrasyona ulaşması sadece kendi toksisitesi açısından değil; bitki için gerekli olan mikro ve makro besin elementlerin miktarına etki edebileceğinin göstergesi olmuştur. Bu sebeple Kum zambağı bitkisinin de bu ağır metal konsantrasyonunun

yüksekliğine bağlı olarak büyüme gelişmesinde, metabolik olaylarının değişmesinde etkili olabileceğini düşündürmüştür (Gülser vd. 2016).

Matloob'un farklı bitki türlerinde ağır metal içeriğinin belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada tespit edilen ortalama Pb değeri Çizelge 5.5.'te verilmiştir. Kum zambacı bitki organlarında tespit edilen ortalama Pb değeri *A. sativum* ve *A. cepa* bitkilerinde tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur (Matloob 2016).

Çalışmada kurşun ağır metaline ait en yüksek değer Boğazkent Vera Otel lokalitesinden Sonbahar döneminde örneklenen yaprak altı organ örneklerinde tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış çalışmalarla kıyaslanmasının yanı sıra kendi içerisinde de Pb elementi açısından lokalite ve organ örnekleri arasında farklılık bulunmuştur. Araştırma alanı oteller bölgesinde yer almakta ve çevresinde çok sayıda otel bulundurmaktadır. Aynı zamanda yola yakın mesafede bulunması hem taşıt trafiğine maruz kalmasına, hem de bölgedeki oteller sebebi ile fosil yakıtlardan havaya yayılan Pb elementine maruz kalmasına neden olmuştur. Otellerden bırakılan kirli sular ve bu su ile taşınması, otellerde yapılan kireçleme gibi etmenlerin de olası kirlilik sebebi olduğu düşünülmüştür. Sonbahar döneminde artış göstermesi havaya yayılan bu ağır metalin yağışlarla toprağa karışması ve bitkinin doğan kısmı ile toprak arasında geçiş bölgesi olan yaprak altı organlarında biriktirmesine sebep olduğu düşünülmüştür.

5.4.8. Co ağır metali

Kum zambacı organ örneklerinde tespit edilen Co ağır metali değerleri Çizelge 5.3.'te belirtilmiştir. Çizelge 5.3.'e göre bitki organlarında tespit edilen birikim miktarları Yaprak Altı>Yaprak>Kök>Tohum>Meyve şeklinde sıralanmaktadır.

Çizelge 5.2.'de bitkilerde ağır metallerin toksik miktarını belirleme amacı ile Ross'un yapmış olduğu çalışmada farklı elementlerin konsantrasyonu belirtilmiş olup Co ağır metali konsantrasyonuna ait değer verilmediğinden çalışma ile kıyaslama yapılamamıştır (Ross 1994).

Çelik ve çalışma arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada *P. maritimum* bitki organlarında ağır metal oranlarını belirlemişlerdir. Çalışmalarında Co elementine ait değer belirtilmediğinden kıyaslama yapılamamıştır (Çelik vd. 2005).

Çizelge 5.2.'de Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu Co değeri verilmiştir. Kum zambacı organlarında tespit edilen Co değeri, Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu değerden yaklaşık 2,2 kat fazla bulunmuştur (Kabata-Pendias 2010).

Atabay ve arkadaşlarının *Allium cepa* L. bitkisinde yapmış oldukları çalışmada ağır metal konsantrasyonları Çizelge 5.5.'te belirtilmiştir. Elde edilen verilere bakılarak bitki türlerine ait örneklerde tespit edilen en yüksek Co ağır metali konsantrasyonu baz alındığında Kum zambacı bitkisine ait kısım örneklerinde tespit edilen konsantrasyonun *A. cepa* bitkisinde tespit edilen bu ağır metale ait değerden 2,5 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. Endüstriyel kirliliğin mesafeye bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlara ait yoğunluklarındaki değişimin araştırıldığı Atabay vd. yapmış olduğu çalışmada kullanılan bitki örneklerinde en yüksek konsantrasyon değeri ile Kum zambacı bitki

organ örnekleri arasında 2,5 kat yoğunluk farkının bulunması araştırılan bölgedeki kirliliğin daha yoğun olduğunun göstergesidir (Atabay vd. 2011).

Demir ve Özdemir çalışmalarında *P. maritimum* bitkisinde Co ağır metali açısından değer belirtmediğinden, aynı tür olan ve çalışmada kullanılan olası biyoindikatör bitki ile kıyaslama yapılamamıştır (Demir ve Özdemir 2013).

Belabed ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada farklı bitki türlerinde Co konsantrasyonu belirlenmiştir. Kum zambağı bitki organ örneklerinde tespit edilen bu ağır metale ait en yüksek konsantrasyon değeri Belabed vd. çalışmalarında kullanmış oldukları *A. officinalis* ve *M. sylvestris* bitkilerinde tespit edilen yoğunluktan daha düşük konsantrasyona sahiptir (Belabed vd. 2014).

Çizelge 5.5.'te Matloob'un bazı bitki türlerinde tespit etmiş oldukları Co ağır metali değerleri belirtilmiştir. Aynı familyada yer alan bitki örneklerinin kullanıldığı bu iki çalışmada bitki organlarında tespit edilen Co ağır metaline ait ortalama konsantrasyonlara bakıldığında; Kum zambağı soğan örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyonun *A. sativum* soğanlarda tespit edilen ortalama konsantrasyondan 14,2 kat, *A. cepa* soğan örneklerinde tespit edilen ortalama konsantrasyondan ise 9,4 kat daha yüksek oranda bu ağır metali biriktirdiği söylenebilir (Matloob 2016).

Çalışmada en yüksek Co değeri Lara Beach Park lokalitesinden İlkbahar döneminde örneklenen bitkinin yaprak altı organ örneklerinde tespit edilmiştir. Araştırılan bu alanda yoğun insan faaliyeti sonucu ortama atılan plastik, cam ve metal atıkların bu kirlilikte olası sebep olarak düşünülmüştür. Günü birlik piknik faaliyetine açık olan bu alan insan sirkülasyonunun yoğun olması sebebi ile kirliliğe açık haldedir. Turizm faaliyet alanı olması sebebi ile de yine antropojenik etkilere sürekli olarak maruz kaldığını gösterirken, sadece alana bırakılan veya kumullar arasına gömülen çöpler tarafından değil aynı zamanda metal veya plastik atıklardaki boya maddelerinin de çözünüp toprağa karışması ile bitkiye taşınabileceğini düşünmemize sebep olmuştur.

5.5. Toprak

Bitkilerin yaşam alanları olan toprak örneklerinde ağır metallerin bulunduğu aralık veya toksik etkiye sebep olacak sınır değerler; bu elementlerin miktarına, çözünübilirliğine, taşınma, birikim yöntemine ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Her elementin farklı kimyasal yapısı olması dolayısıyla bu elementlerin hayvanlar, bitkiler ve diğer organizmalar açısından gerekliliği, toksisitesi ve sebep olduğu metabolik etki değişkendir. Ağır metallerin canlılar üzerindeki etkisi tek yönlü veya kısa süreli düşünülmemelidir. Yani tek başlarına değil birlikte etkileşim halinde olmaları da gösterdikleri etkileri artırabilir. Örneğin Cu ve Ni ağır metalinin yüksek dozlara çıkması Zn ağır metalinin zehir etkisini artırmaktadır. Ayrıca ağır metaller de kendi içerisinde toksisite yönünden değişkenlik gösterebilmektedir. Ortamdaki topraktan bitkiler tarafından çok rahatça alınıp besin piramidine katılan Ni elementinin etkisi diğer bir eser element olan Zn ağır metalinin toksik etkisinden 8 kat daha fazla olabilmektedir. Besin zincirine katılması sonucunda diğer canlılara aktarılan bu ağır metal özellikle insan ve diğer hayvanlar açısından toksik, kanserojen etkiye sebep olmaktadır (Vural 1993; Tok 1997; Yıldız 2001).

Çalışmada olası biyoindikatör olarak incelenen Zingit armudu bitkisinin yetiştği toprak örneklerinde tespit ortalama konsantrasyonlar Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonlarının kendi arasında farklılık yarattığı söylenebilir. Toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait değerler Ni>Zn>Mn>Fe>Cu>Co>Pb>Cd şeklinde sıralanmaktadır. Cd ağır metali ise tespit edilebilir sınırların altında kaldığından Çizelge 5.2.'de “-” ile gösterilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO)'nun belirlediği toprakta bulunabilecek ağır metal sınır değerleri ile Zingit armudu bitkisinin yetiştği toprak örneklerine ait ortalama ağır metal konsantrasyonlarına bakıldığında Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Co ağır metallerinin belirtilen sınırlar içerisinde yer aldığı görülmektedir. Bu çalışmadaki toprak örneklerinden elde edilen Ni ağır metaline ait ortalama konsantrasyonunun WHO/FAO'nun belirtmiş olduğu en yüksek Ni değerinden 2,6 kat fazla olduğu söylenebilir. Araştırma alanında tespit edilen ağır metallere ait konsantrasyonlardan çoğunluğu normal sınırlar içerisinde yer alırken; Ni ağır metaline ait ortalama konsantrasyonun WHO/FAO'nun belirtmiş olduğu değerden 2,6 kat yüksek bulunması sınır limitini aşp, toksik etkili olabileceğini göstermektedir (WHO/FAO 2003).

Çizelge 5.6. Zingit armudu ve Kum zambağı bitkilerinin yetiştği topraklardaki ortalama ağır metal konsantrasyonları ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO)'nun belirlediği toprakta bulunabilecek ağır metal değerleri ile Türkiye topraklarındaki ağır metal konsantrasyonları sınır değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)

Ağır Metal	Zingit Armudu Toprak Örneklerinin Ortalama Konsantrasyon Aralığı (µg/g)	Kum Zambağı Toprak Örneklerinin Ortalama Konsantrasyon Aralığı (µg/g)	Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO) (µg/g)	Türkiye Topraklardaki Ağır Metal Konsantrasyonu Sınır Değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) (µg/g)
Fe	7,68-31,89	1,37-3,78	50000	-
Mn	19,64-76,49	2,00-6,08	2000	-
Zn	22,70-91,45	1,61-22,16	300	300
Cu	6,02-31,17	0,27-11,27	100	140
Cd	-	-	3	3
Ni	42,27-130,50	2,62-44,01	50	75
Pb	0,02-8,69	0,27-3,06	100	300
Co	0,04-12,30	2,03-7,47	50	20

Çizelge 5.2.'de Ross'un toprak örneklerinde farklı ağır metaller açısından toksik sınırları belirtilmiştir. Yapmış olduğu çalışmada Fe, Mn ve Co ağır metalleri açısından sınır değer belirtmediğinden kıyaslama yapılamamıştır. Diğer ağır metaller açısından

Ross'un tespit etmiş olduğu değerler ile Zingit armudu bitkisinin yetiştiği toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait ortalama konsantrasyonlara bakıldığında; Zn, Cu ve Pb ağır metallerinin toksik sınırlar altında kaldığı söylenebilir. Zingit armudu bitkisi toprak örneklerinde tespit edilen ortalama Ni konsantrasyonunun toksik sınırlardan yüksek ve Ross'un belirtmiş olduğu Ni değerinden 1,3 kat daha fazla yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür. İncelenen toprak örneklerinde Cd ağır metali tespit edilebilir sınırlar altında kaldığından karşılaştırma yapılamamıştır (Ross 1994).

Aksoy ve Öztürk'ün yapmış olduğu çalışmada bitki örneklerinin yanı sıra toprak örneklerinde de ağır metal değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında Zingit armudu bitkisinin yetiştiği toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait ortalama değerlerinin Zn ve Cu ağır metalleri açısından benzer fakat biraz daha düşük konsantrasyona sahip olduğu söylenebilir. Toprak örneklerinde tespit edilen Pb ağır metalinin Aksoy ve Öztürk'ün çalışmalarında tespit edilen miktardan daha düşük konsantrasyona sahip olduğu görülürken; Cd ağır metali tespit edilebilir sınırlar altında kaldığından açısından kıyaslama yapılamamıştır (Aksoy ve Öztürk 1996).

Antalya ilinde *N. oleander* bitkisi ile yapılan çalışmada toprak örneklerinde ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen bu veriler toprak örneklerinde tespit edilen ortalama Pb, Cd, Zn ve Cu değerleri açısından Aksoy ve Öztürk'ün çalışmalarında tespit etmiş oldukları değerlerden daha düşük bulunmuştur (Aksoy ve Öztürk 1997).

Yüksek yapılı bitkiler için Ni esansiyel element olarak kabul edilmesine rağmen belirli limitlerin üzerine çıktığında toksik etki göstermektedir. Toprakta Ni ağır metali bulunuyorsa bitki bunu kolaylıkla alabilmektedir ve çalışmada araştırma alanındaki toprak örneklerinde elde edilen Ni ağır metali ortalama değeri incelenen diğer ağır metaller arasında en yüksek konsantrasyona ulaşmıştır. Elde edilen bu verilere dayanarak toprak örneklerinde tespit edilen konsantrasyonun Yıldız'ın belirtmiş olduğu yoğunluktan 1,3 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Bu sebeple bu ağır metalin toksik sınırlara ulaştığı ve burada bulunan sadece incelenen biyoindikatör bitki açısından değil; ortamda yer alan diğer canlılar açısından da toksisiteye sebep olabileceği çıkarımında bulunulabilir (Yıldız 2001).

Çalışmada kullanılan Zingit armudu bitki örneklerinin yetiştikleri topraklardaki ortalama Pb ağır metali konsantrasyonu Ece (2001)'nin belirtmiş olduğu sınırlar içerisinde yer almaktadır (Ece 2001).

Çizelge 5.2.'de Kabata-Pendias'ın topraklarda ağır metal miktarının tespit edilen değerleri belirtilmiştir. Çizelge 5.2.'ye göre topraktaki eser element miktarları ile karşılaştırıldığında; Fe, Mn, Pb ağır metallerine ait ortalama değerlerin kontaminasyon değerleri altında kaldığı, Zn ağır metaline ait ortalama konsantrasyonun ise Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu değerler ile paralel yoğunluğa sahip ve bu değerden biraz daha düşük olduğu belirtilebilir. Co ağır metali konsantrasyonu Kabata-Pendias'ın tespit etmiş olduğu sınırı aştığı görülmekte iken; Ni ağır metali konsantrasyonunun Zingit armudu bitkilerinin yaşadıkları topraklarda tespit edilen miktarı belirtilen Ni değerinden 2 kat daha yüksek bulunmuştur (Kabata-Pendias 2010).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen Türkiye topraklarında bulunabilecek ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri ile Zingit armudu bitkisinin yetiştiği toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait ortalama değerler Çizelge 5.6.'da belirtilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı toprakta bulunabilecek ağır metallere ait sınır değerler içerisinde Fe ve Mn ağır metallerine ait konsantrasyon değeri belirtmediğinden kıyaslama yapılamamıştır. Diğer ağır metaller açısından bakıldığında ise çalışmada incelenen toprak örneklerinde tespit edilen Zn, Cu, Pb ve Co ağır metallerine ait ortalama konsantrasyonların verilen sınır değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Çalışmada toprak örneklerinde tespit edilen Ni değeri Türkiye topraklarında Ni ağır metaline ait kabul edilebilir sınır değerinden 1,7 kat daha yüksek yoğunluğa sahiptir (Anonim 9).

Yavuzer ve Osma çalışmalarında incelemiş oldukları bitkilere ait toprak örneklerinde ağır metal oranlarını belirlemişlerdir. Zingit armudu toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait ortalama değerler *S. fragilis* bitkisinin yetiştiği topraklardaki en düşük-en yüksek konsantrasyonlar ile kıyaslandığında; Fe ve Mn ağır metallerine ait konsantrasyonların daha düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada Cd elementi tespit edilebilir sınırlar altında kaldığından kıyaslama yapılamamıştır. Çalışmada kullanılan toprak örneklerinde tespit edilen ortalama en yüksek konsantrasyon Yavuzer ve Osma'nın çalışmasında toprak örneklerinde tespit etmiş oldukları en yüksek konsantrasyondan Cu ağır metali bakımından 2,3 kat, Zn ağır metali açısından 5,7 kat, Pb ağır metali bakımından 2 kat yüksek yoğunluğa sahiptir. Her iki çalışmada tespit edilen Co ağır metali konsantrasyonuna ait değerlerin paralellik gösterdiği ve bu çalışmada tespit edilen yoğunluğun biraz daha yüksek olduğu görülmüştür (Yavuzer ve Osma 2018).

Zingit armudu toprak örneklerinde tespit edilen ortalama en yüksek ağır metal değerleri ve tespit edildiği lokaliteler şu şekilde sıralanabilir; Fe ağır metali için Boğazkent girişi, Mn ağır metali için Denizyaka girişi, Zn ağır metali için Denizyaka sahil yolu, Cu ağır metali için Serik Karadayı, Ni ağır metali için Serik Karadayı, Pb ağır metali için Denizyaka girişi, Co ağır metali için Serik Karadayı lokalitesinden elde edilen örneklerde ölçülmüş ve Cd elementi tespit edilebilir sınırlar altında kaldığından lokaliteler arasında değerlendirme yapılamamıştır. Çalışmada kullanılan bitkiye ait toprak örneklerinin farklı ağır metal oranlarına sahip olmasının yanı sıra lokaliteler arasında da bu ağır metal konsantrasyonları arasında farklılığın olduğu söylenebilir. Benzer çalışmalarla yapılan kıyaslamalar sonucunda ortamda Ni elementine bağlı kirliliğin olduğu söylenebilir. Ortalama en yüksek Ni değeri Serik Karadayı lokalitesinde ölçülmüş olup; bu alanda yoğun tarım faaliyetinin olması, bölgede yapılan gübreleme ve pestisit kullanımı, aşırı sulama, otoyola yakın mesafede olması ve bölgeye bırakılan atık suların etken olduğu düşünülmüştür.

Çalışmada olası biyoindikatör olarak incelenen Kum zambağı bitkisinin yetiştiği toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait ortalama konsantrasyonlar Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Bu çalışmada 8 farklı ağır metal konsantrasyonu hem bitkiye ait kısım örneklerinde hem de bu bitkinin yetiştiği kumda 5 farklı lokaliteden 1 yıl boyunca 4 dönemde örnekleme yapılarak incelenmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonlarının kendi arasında farklılık yarattığı söylenebilir. Toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait

değerler $Ni > Zn > Cu > Co > Mn > Fe > Pb > Cd$ şeklinde sıralanmaktadır. Cd ağır metali ise tespit edilebilir sınırların altında kaldığından Çizelge 5.2.'de “-” ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.2.'de Ross'un toprak örneklerinde farklı ağır metallerin toksik kabul edilen sınırlarını belirtilmiştir. Elde edilen konsantrasyon değerlerine bakıldığında Kum zambacı bitkisinin yetiştiği toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metallere ait konsantrasyonlardan Zn, Cu, Ni ve Pb ağır metallerine ait yoğunluklar toksik sınırların altında kalırken; Ross'un çalışmasında Fe, Mn ve Co ağır metallerine ait konsantrasyon belirtilmediğinden kıyaslama yapılamamıştır (Ross 1994).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO)'nun belirlediği toprakta bulunabilecek ağır metal sınır değerleri Çizelge 5.6.'da belirtilmiş olup çalışmada kullanılan Kum zambacı toprak örneklerine ait ortalama değerler kıyaslandığında; Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Co ağır metallerinin verilen sınırlar içerisinde yer aldığı görülmektedir. Çalışmadaki toprak örneklerinden elde edilen Ni ağır metaline ait ortalama konsantrasyonunun WHO/FAO'nun belirtmiş olduğu konsantrasyon ile paralel ve biraz daha düşük olduğu görülmektedir. Kum zambacı toprak örneklerinde Cd elementi tespit edilebilir limitlerin altında kaldığından kıyaslama yapılamamıştır (WHO/FAO 2003).

Çelik ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada farklı bitki türlerinin yanı sıra toprak örneklerinde de ağır metal oranları tespit edilmiştir. Çalışmada Kum zambacı toprak örneklerinde tespit edilen Cu ve Fe ağır metallerine ait konsantrasyonlar Çelik vd.'nin tespit etmiş olduğu değerden daha düşük iken; Pb ağır metali her iki çalışmada da paralel konsantrasyona sahiptir. Toprak örneklerinde ortalama Ni değeri Çelik vd.'nin tespit etmiş oldukları Ni konsantrasyonundan 1,2 kat daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle çalışma alanında Ni ağır metaline bağlı kirliliğin olduğu söylenebilir (Çelik vd. 2005).

Çizelge 5.2.'de Kabata-Pendias yapmış oldukları çalışmada topraktaki eser element miktarları belirtilmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen ağır metal konsantrasyonları ile Kum zambacı toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait ortalama konsantrasyonlar kıyaslandığında; Fe, Mn, Zn, Cu, Pb ağır metallerinin Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu değerden düşük olduğu görülmüştür. Ni ve Co ağır metallerine ait ortalama konsantrasyonların ise Kabata-Pendias'ın belirtmiş olduğu değerler ile paralel olduğu söylenebilir (Kabata-Pendias 2010).

Demir ve Özdemir yaptıkları çalışmada farklı bitki türleri ile yaşam alanlarındaki toprak örneklerinde ağır metal değerlerini belirlemişlerdir. Antalya ilinde yapılan çalışmada aynı tür bitkiye ait yaşam alanlarındaki toprak örneklerinde tespit edilen ortalama Zn değeri Demir ve Özdemir'in çalışmasında tespit edilen yoğunluktan daha düşük bulunmuştur (Demir ve Özdemir 2013).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen Türkiye topraklarında bulunabilecek ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri ile Kum zambacı bitkisinin yetiştiği toprak örneklerinde tespit edilen ağır metallere ait ortalama konsantrasyon değerleri Çizelge 5.6.'da belirtilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı toprakta bulunabilecek ağır metallere ait sınır değerler içerisinde Fe ve Mn ağır metallerine ait konsantrasyon değeri belirtmediğinden kıyaslama yapılamamıştır. Çalışmada incelenen

diğer ağır metaller açısından bakıldığında ise toprak örneklerinde tespit edilen Zn, Cu, Pb, Co ve Ni ağır metallerine ait ortalama değerlerin verilen sınır değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değerler arasında Cd ağır metali tespit edilebilir sınırlar altında kaldığından kıyaslama yapılamamıştır (Anonim 9).

Kum zambağı toprak örneklerinde tespit edilen ortalama en yüksek ağır metal değerleri ve tespit edildiği lokaliteler şu şekilde sıralanabilir; Fe ağır metali için Boğazkent Köprü Çayı, Mn ağır metali Boğazkent Köprü Çayı, Zn ağır metali için Lara Beach Park, Cu ağır metali için Lara Beach Park, Ni ağır metali için Lara Beach Park, Pb ağır metali için Lara Beach Park, Co ağır metali için Lara Beach Park lokalitesinde ölçülürken; Cd ağır metali konsantrasyonu toprak örneklerinde tespit edilebilir sınırlar altında kaldığından kıyaslama yapılamamıştır. İnceleme alanında toprak örnekleri arasında ağır metaller açısından oluşan bu farklılıkta en yüksek konsantrasyonların özellikle Lara Beach Park ve Boğazkent Köprü Çayı lokalitesinden alınan toprak örneklerinde ölçüldüğü söylenebilir. Bu alanların yoğun insan aktivitesi ile kirlendiği söylenebilirken, özellikle otellerin yakın mesafede olması, su kanalları ile kirli suyun bitkinin yaşam alanına taşınması, ırmak boyunca yer alan tarlalarda yapılan gübreleme faaliyetleri ve pestisit kullanımı, alana bırakılan çöplerin sonucunda ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Her iki bitkinin yaşam alanı olan toprak örneklerinde yüksek Ni değerinin tespiti evsel atık gibi görülse de yakın çevrelerinde bulunan bazı tesisler ve oteller sebebi ile ortaya çıktığını düşündürmüştür. Neredeyse fabrika boyutunda kirlilik üreten bu işletmelerin, çevreye olan etkisini artan Ni ve daha birçok ağır metal konsantrasyonundaki değişim göstermektedir. Oteller atıklarını denize 500 m mesafeden derin deşarj yöntemiyle ya da direkt olarak kanalizasyon aracılığı ile bıraktıklarından, çevrede Ni konsantrasyonunun artışında etkili olduğu düşünülmüştür.

Çalışmada yapılan analizler sonucunda elde edilen ağır metallere ait konsantrasyonlara ait değerler Kabata-Pendias referans değerleri ile kıyaslandığında Zingit armudu bitkisine ait organ örneklerinde tespit edilen Fe, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Co ağır metalleri sınır değerlerden yüksek yoğunluğa sahip iken; Mn ağır metali daha düşük konsantrasyonda tespit edilmiştir.

Kum zambağı bitkisine ait kısım örneklerinde tespit edilen ağır metal değerleri Kabata-Pendias'ın referans alınan değerleri ile kıyaslandığında Fe, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb ve Co ağır metalleri belirtilen sınırlardan daha yüksek konsantrasyonlara sahip iken; Mn ağır metalinin belirtilen aralıkta fakat daha düşük yoğunlukta olduğu görülmüştür.

Yalnızca bitki türlerine ait örnekler değil bir bütün halinde olduklarından yaşam alanlarındaki toprak örnekleri de çalışmaya dahil edilip bu örnekler üzerinde inceleme yapılmıştır. Zingit armudu bitkilerinin yaşam alanlarındaki toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen metal konsantrasyonlarına ait ortalama değerler Kabata-Pendias'ın değerleri ile karşılaştırıldığında Fe, Mn, Pb belirtilen değerlerden düşük yoğunluğa sahip iken, Zn ağır metalinin belirtilen değer aralığında yer aldığı ve paralel konsantrasyona sahip olduğu, Co ağır metalinin ise belirtilen sınır değerlerden daha yüksek yoğunlukta olduğu söylenebilir. Ni ağır metaline ait ortalama konsantrasyonun ise belirtilen değerden çok yüksek olduğu görülmüştür. Cd ağır metali toprak

örneklerinde tespit edilebilir sınırların altında kaldığından kıyaslama yapılamamıştır. Bu sonuçlara bakılarak toprakta örneklerinde Co ve Ni ağır metaline bağlı kirliliğin olduğu söylenebilir.

Kum zambağı bitkilerinin örneklediği lokalitelerden bitkilerin yaşam alanlarındaki toprak örnekleri Kabata-Pendias'ın değerleri ile kıyaslandığında; Fe, Mn, Zn, Cu ve Pb ağır metallerinin belirtilen sınırlardan daha düşük olduğundan bu ağır metaller açısından kirlilik söz konusu değildir. Analizi yapılan Ni ve Co ağır metalleri ise belirtilen değerler ile paralellik göstermektedir. Toprak örneklerinde Cd ağır metali tespit edilebilir sınırlar altında kaldığından kıyaslama yapılamamıştır.

Yapılan incelemeler ağır metallerin bitki türlerinde birikim göstermesinin yanı sıra bitki organlarında da ağır metal yoğunluklarının fark yarattığını söylemek mümkündür. Çalışılan bitkilerden elde edilen kısım örneklerinde oluşan farklılıklar sonraki çalışmalarda bu bitkilerin ağır metal incelemesi yapılırken bitkinin belki de tamamından örnek alınması yerine sadece belli kısım örneklerinin alınarak analiz edilip, ağır metallerin değişimi açısından yorum yapma imkanı sağlayabilecektir.

Zingit armudu bitkisi organ örnekleri ve yaşadıkları ortamdaki toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonları arasında kıyaslama yapıldığında ağır metallerin topraktan bitkiye geçişi arasında da farklılık olduğu görülmüştür. Fe ağır metaline ait ortalama konsantrasyonlara bakıldığında bitki kısımlarında toprakta var olan konsantrasyondan 19 kat daha yoğun içeriğe sahip olduğu bulunmuştur. Aynı şekilde Cu ağır metali de toprakta konsantrasyon olarak daha düşük iken; bitki organlarında daha yüksek yoğunluğa ulaşmıştır. Cd ağır metali toprakta tespit edilebilir sınırlar altında kalırken bitki organlarında bu ağır metal konsantrasyonunun tespit edilmesi bitkinin topraktan Cd ağır metalini aldığı ve bünyesinde biriktirdiğinin göstergesidir. Belirtilen bu ağır metaller açısından incelenen bitkinin biyoindikatör olarak kullanılabileceği söylenebilir. Çalışmada analizi yapılan Mn, Zn, Ni, Pb ve Co ağır metallerinin ise tespit edilen değerin toprak örneklerinde bitki organlarına göre daha yüksek olduğu; bitkinin bu ağır metalleri de bünyesine aldığı ve bazılarının toksik sınıra ulaştığı söylenebilirken, bitki tarafından Fe, Cu ve Cd ağır metalleri gibi yüksek oranda absorbe edilmemiştir.

Kum zambağı bitki organ örneklerinde yapılan incelemelerin yanı sıra yaşam alanlarındaki toprak örnekleri de analiz edilerek ortalama ağır metal konsantrasyonları arasında kıyaslama yapılmıştır. Toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonları ile bitki organlarında tespit edilen ortalama ağır metal değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Araştırılan Fe, Mn, Zn, Cu ve Pb ağır metallerine ait ortalama değerlerin bitki organlarında toprak örneklerinden daha fazla yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür. Fe ağır metali bakımından toprak ile bitki organları arasında 66 kat yüksek yoğunluğun bulunması bitkinin bu ağır metali topraktan çok fazla bünyesine aldığı ve biriktirdiğini göstermektedir. Çalışmada Cd ağır metaline ait yapılan incelemeler sonucunda toprak örneklerinde bu ağır metal tespit edilebilir sınırların altında kalırken; bitkide bu ağır metalin birikime sebep olduğu görülmüştür. Belirtilen bu ağır metaller açısından bitkinin biyoindikatör olarak kullanılabileceğini belirtmek mümkün iken; Ni ve Co ağır metalleri toprak örneklerinde yoğun konsantrasyona sahip iken; bitki organlarında bu denli yüksek yoğunlukta ölçülmemiştir. Bitkinin belki de bu ağır metaller açısından geliştirmiş olduğu tolerasyon

mekanizmasından dolayı yaşam alanında yüksek konsantrasyonda bulunmasına rağmen Ni ve Co ağır metalleri bitki organlarında daha düşük konsantrasyonda bulunmasının sebebi olarak düşünülmüştür.



6. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara dayanarak Antalya ilinde Antropojenik etkiler sonucu ağır metal kirliliğinin olduğu ve özellikle bazı ağır metaller açısından kirliliğin yoğun bir şekilde olduğu tespit edilmiştir. Kentleşmenin artışı ve yoğun insan baskısı popülasyonların dar olan yayılış alanlarının daha da azalmasına ve bu alanlarda yaşamlarını sürdürmeye çalışan Zingit armudu ve Kum zambağı bitki türlerinin kirliliğe maruz kaldığını göstermektedir. Bitki çeşitliliğinde önemli yere sahip olan bu iki türün bireylerinin korunması açısından kirliliğe maruziyetin azaltılması amaçlanmalıdır. Bölgede şehirleşme, taşıt trafiği, artan araç sayısı, tarlalarda araç kullanımının artması, çevreye bırakılan çöpler ile birlikte ağır metal kirliliğinin sadece bitkileri ve çevreyi değil insan sağlığını da olumsuz yönde etkileyebileceğini ve gerekli önlemlerin alınması açısından önemli olduğunu göstermiştir.

Araştırma alanında Kum zambağının yayılış alanlarının sahil kenarı kumul alanlarda yer alması ve bitkinin maruz kaldığı kirlilik açısından alanda yer alan otellerin atık suların boşaltılması sırasında gerekli özeni göstermelidir. Ayrıca kumulların insan faaliyeti için düzenlenmesi, kumulların araçlar yardımıyla düzleştirilmesi ve bitkilerden arındırılıp turizm açısından görsellik kazandırılması sırasında bitki tahrip edilebilmekte ve gelecek nesilleri açısından tehlike oluşturabilmektedir. Ayrıca bu alanlardan bazılarının günübirlik piknik faaliyetlerine açık alanlar olması nedeniyle alanda bazı dönemlerde yoğun insan faaliyeti gerçekleşmektedir. Bu dönemlerde alana bırakılan çöplerin çevreye zarar verdiği, yapılan piknik faaliyetleri sonucunda oluşan kül, kömür gibi maddelerin kumullara gömülmesi veya atılması konusunda titizlik gösterilmesi gerekmektedir.

Zingit armudu bitkisinin daralan yaşam alanı tarla kenarları sınırları olduğundan tarlalarda yapılan aşırı sulama azaltılmalıdır. Tarlalarda yapılan gübreleme ve pestisit uygulamaları sonucunda ağır metaller toprağa ve suya karışmakta, yağışlar veya sızma yoluyla bitkiye ulaşabilmektedir. Kirliliğin azaltılması açısından gübrelemenin uygun zamanda ve uygun miktarda yapılması gerekmektedir. Bölge halkı gübre ve pestisit kullanımı açısından bilinçlendirilmeli ve bu ürünlerin azaltılması amaçlandırılmalıdır. Bölge halkı tarım faaliyetlerini yoğun olarak gerçekleştirdiğinden organik tarım konusunda teşvik edilmelidir. Ayrıca araştırma alanında yer alan su kanallarına atılan atıklar azaltılmalı, suya bırakılan çöplerin, kanalizasyon sularının veya evsel atık suların girişi engellenmelidir.

Akarsular, nehirler ve göllerin yer aldığı araştırma alanında bölge halkı tarafından veya bu kaynakların geçtiği alanlardan suya bırakılan atıklar konusunda çalışmalar yapılmalı ve kirliliğin önüne geçilmelidir. Çevrede yer alan bu sular temiz su olup insanlar tarafından kullanılan, tarlaların sulandığı veya hayvanların beslendiği kaynak olması sebebi ile sadece araştırılan bitkiler açısından değil, bu alanlarda yer alan diğer canlılar açısından da tehlike oluşturabileceği düşünülmüştür. Su kaynaklarının dikkatli ve temiz kullanılması hususunda gerekli önlemler alınmalı ve denetimler ilgili merciler tarafından gerçekleştirilmelidir.

Evlerde, otellerde, seralarda kullanılan yakıtların kalitesine özen gösterilmeli ve fosil yakıt kullanımı azaltılmalıdır. Bu alanlarda ısınma amaçlı kullanılan bu yöntem yerine alternatif temiz enerji üretim yöntemleri desteklenmelidir.

Bölgede yer alan sularda, toprak örneklerinde periyodik olarak kalite analizi yapılmalı, deşarj suları bırakılan alanlar tespit edilip denetlenmeli ve kirlilik oluşumu önlenmelidir.

Yapılan çalışmaya benzer çalışmalar bölgede ve ülkemizin farklı alanlarında belirli periyotlarla yapılarak kirlilik boyutları, süreç içerisindeki değişimleri takip edilmelidir. Ayrıca bitkilerde bu konsantrasyonlara bağlı olarak ortaya çıkabilecek kromozom bozulmaları, mutasyonlar ve fizyolojik değişimler de farklı bir araştırma konusudur. Fazlaca biriken ağır metaller süreç içerisinde birikmeye devam edebileceği gibi hücresel ve genom düzeylerinde de bitki türleri açısından farklılık oluşturabilecek önemli bir alandır.



7. KAYNAKLAR

- Ağcasulu, Ö. 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 54 s.
- Akgüç, N., Özyiğit, İ. İ. and 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. and Öztürk, M. 1996. *Phoenix dactylifera* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Turkey, *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 14 (3): 605-614.
- Aksoy, A. 1997. Kayseri-Kırşehir Karayolu Kenarında Yetişen Bitkilerde Ağır Metal Kirlenmesi, Biyologlar Derneği III. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Programı, Kırşehir.
- Aksoy, A. and Öztürk, M. A. 1997. *Nerium oleander* L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. *The Science of the Total Environment*, 205: 145–150.
- Aksoy, A. and Sahin. U. 1999. *Elaeagnus angustifolia* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. University of Erciyes, *Turkish Journal of Botany*, 23: 83–87.
- Aksoy, A., Sahin, U. and Duman, F. 2000a. *Robinia pseudoacacia* L. as a Possible Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Kayseri. *Turkish Journal of Botany*, 24: 279-284.
- Aksoy, A., Celik, M., Oztürk, M. and Tülü, M. 2000b. Roadside plants as possible indicators of heavy metal pollution in Turkey. *Chemia I Inzynieria Ekologiczna*, 7: 1152-1162.
- Aksoy, A. and Demirezen, D. 2006. *Fraxinus excelsior* as a biomonitor of heavy metal pollution. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15:1, 27-33.
- Aksoy, A. 2008. Chicory (*Cichorium inthybus* L.): possible biomonitor of metal pollution. *Pakistan Journal of Botany*, 40(2): 791–797.
- Aksoy, A., Osma, E. and Leblebici, Z. 2012. Spreading pellitory (*Parietaria judaica* L.): a possible biomonitor of heavy metal pollution. *Pakistan Journal of Botany*, 44:123–127.
- Aksoy, M. 2011. Beslenme Biyokimyası. Hatiboğlu Yayınları: 126, 3.Baskı, Ankara, 680 s.
- Algan, G. 2002. Konya Yöresi Sütlerinde Bazı Ağır Metallerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 55 s.
- Anonim 1: WHO (World Health Organization), International Programme on Chemical Safety (IPCS), “Inorganic Lead”, Environmental Health Criteria 165, Geneva. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc165.htm> [Son erişim tarihi: 01.08.2017].

- Anonim 2: Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyon Bakır- Pirit Çalışma Grubu Raporu, Ankara. <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik638.pdf> [Son erişim tarihi: 05.04.2016].
- Anonim 3: European Environment and Health Committee (EEHC), UN Protocol on Heavy Metals. [https://www.google.com/search?q=European+Environment+and+Health+Committee+\(EEHC\)%2CUN+Protocol+on+Heavy+Metals.&rlz=1C1IHCB_trTR803TR803&oq=European+Environment+and+Health+Committee+\(EEHC\)%2CUN+Protocol+on+Heavy+Metals.&aqs=chrome..69i57.1444j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=European+Environment+and+Health+Committee+(EEHC)%2CUN+Protocol+on+Heavy+Metals.&rlz=1C1IHCB_trTR803TR803&oq=European+Environment+and+Health+Committee+(EEHC)%2CUN+Protocol+on+Heavy+Metals.&aqs=chrome..69i57.1444j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8) [Son erişim tarihi: 22.08.2017].
- Anonim 4: Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri. <http://www.doktorre.net/forum/arsiv-konu-18053.0-agir-metallerin-insan-sagligina-etkiler.html> [Son erişim tarihi: 22.08.2017].
- Anonim 5: Kurşun (Pb). <http://www.kimyakulubu.com/kursun-pb/> [Son erişim tarihi: 25.08.2017].
- Anonim 6: Antalya İklimi. <https://www.iklim.gen.tr/antalya-iklimi.html> [Son erişim tarihi: 15.09.2017].
- Anonim 7: Resmigazete. Doğal çiçek soğanları ihracat tablosu, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/01/20160117-2.htm> [Son erişim tarihi: 01.09.2017].
- Anonim 8: Kum zambağını koparmanın cezası 48 bin lira. <https://www.aksam.com.tr/yasam/kum-zambagini-koparmanin-cezasi-48-bin-lira/haber-760160> [Son erişim tarihi: 10.09.2018].
- Anonim 9: Toprak Ağır Metal Değerleri. <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/12/20011210.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/12/20011210.htm> [Son erişim tarihi: 05.10.2017].
- Anonim 10: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Resmi İstatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler/istatistik.aspx?m=ANTALYA> [Son erişim tarihi: 08.01.2019].
- Arık, F. and Yaldız, T. 2010. Heavy Metal Determination and Pollution of the Soil and Plants of Southeast Tavşanlı (Kütahya, Turkey). *Clean – Soil, Air, Water*, 38 (11): 1017-1030.
- Aslanhan, E. 2012. Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler. Yüksek Lisans Tezi, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, 106 s.
- Asri, F. Ö. ve Sönmez, S. 2006. Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Derim*, 23 (2): 36- 45.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., ve Çıtak, S. 2007. Kadmiyum çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*, 24 (2): 32–39.
- Atabay, S., ve Yaren, F. B. 1995. Küreselleşme-yerelleşme sürecine uyum ve ekolojik bölge planlama kavramı. *Yeni Türkiye*, 5: 272-278.

- Atabay, M., Kekillioğlu, A. and Arslan, M. 2011. Heavy metal accumulations of *Allium cepa* L. as a bioindicator for air pollution in Ereğli, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6(30): 6432-6439.
- Avcı, M. 2005. Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *Coğrafya Dergisi*, 13: 27-55.
- Ayoğlu, F. 2016. Kurşun maruziyeti <http://docplayer.biz.tr/5609485-Kursun-maruziyeti-dr-ferruh-ayoglu.html> (erişim tarihi 30.04.2016).
- Badora, A. 2002. Bioaccumulation of Al, Mn, Zn and Cd in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Against a Background of Unconventional Binding Agents, *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(2): 109-116.
- Bakar, C. ve Baba, A. 2009. Metaller ve insan sağlığı: Yirminci yüzyıldan bugüne ve geleceğe miras kalan çevre sağlığı sorunu. 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 162-85.
- Bakırcıoğlu, D. 2009. Toprakta Makro ve Mikro Element Tayini. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 148 s.
- Baş, L. ve Demet, Ö. 1992. Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 5(4): 42-46.
- Bayçu, G. and Önal, M. 1993. An Investigation of The Levels of Cadmium and Lead in The Soils and in The Leaves of Selected Specimens of *Ailanthus altissima* Found Growing Beside a Freeway in İstanbul, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Dergisi*, 56: 21-34.
- Bayçu, G., Erüz, E., Caner, H. and Gönençgil, B. 1999a. Heavy Metal Stress and Peroxidases: I. Peroxidase Activity and Chlorophyll Content in Response to Cadmium and Lead in *Pinus pinea* L., *Plant Peroxidase Newsletter*, 12: 13-21.
- Bayçu, G., Erüz, E., Caner, H. and Gönençgil, B. 1999b. Heavy Metal Stress and Peroxidases: II. Peroxidase Activity and Chlorophyll Content in Response to Cadmium and Lead in *Cedrus libani*. *Plant Peroxidase Newsletter*, 12: 23-29.
- Bayçu, G., Tolunay, D., Özden, H. and Günebakan, S. 2006. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of deciduous trees in İstanbul. *Environmental Pollution*, 143(3): 545-54.
- Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., Taylor, G. 1998. Urban Woodlands: Their Role in Reducing The Effects of Particulate Pollution. *Environmental Pollution*, 99: 347-360.
- Belabed, S., Lotmani, B. and Romane, A. 2014. Assessment of metal pollution in soil and in vegetation near the wild garbage dumps at Mostaganem region. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5(5): 1551-1556.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M. and Tomaro, M. L. 2005. Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17: 21-34.
- Bereket, G. ve Yücel, E. 1990. Eskişehir'de Trafik Orijinli Ağır Metal Kirliliği, *Doğa Türk Kimya Dergisi*, 14(4): 266-271.
- Beyazıt, N. ve Peker, İ. 1998. Atıksularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri, Atlı, V., Belenli İ. (Eds), Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildirileri, ss. 209-215, 22-24 Haziran, Kayseri.

- Bingöl, M. Ü. 1992. Ankara Cadde Ağaçlarından *Aesculus hippocastanum* L.'da Kurşun (Pb) Birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 62 s.
- 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 Universty Journal of Forestry Faculty*, 8(1): 93-96.
- Bolat, İ., ve Kara, Ö. 2017. Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 218-228.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Paslı, N., Savaşçı, S. ve Kaynaş, S. 2000. Ekoloji I. ISVAK yayınları No: 6, 38-404.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Paslı, N., Savaşçı, S. ve Kaynaş, S. 2001. Ekoloji II Toprak, ISVAK yayınları No: 6, 460-707.
- Brekken, A. and Steinnes, E. 2004. Seasonal concentrations of cadmium and zinc in native pasture plants: consequences for grazing animals. *The Sience of the Total Environment*, 326(1-3): 181-195.
- Burtis, C. A., Ashwood R. E. 2002. Fundamentals Of Clinical Chemistry. Environment Protection & Heritage Council, 5th Edition, 652-659.
- Calzoni, G. L., Antognoni, F., Pari, E., Fonti, P., Gnes A. and Speranza A. 2007. Active Biomonitoring of Heavy Metal Pollution Using *Rosa rugosa* Plants. *Environmental Pollution*, 149(2): 239-245.
- Castilla, J. C. 2000. Roles of Experimental Marine Ecology in Coastal Management and Conservation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250(1-2): 3-21.
- Corsolini, S. 2008. Industrial Contaminants in Antarctic Biota. *Journal of Chromatography A*, 3: 598-612.
- Çağlarırnak, N., Hepçimen, A. Z. 2010. Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*, 8(2): 31-35.
- Çatak, E., Güler Ç., Süleyman T. ve Orhan B., 2000. Bazı Domates ve Tütün Genotiplerinde Kadmiyum Etkilerini İnceleyen İstatistiksel Bir Çalışma. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1).
- Çavuşoğlu, K. 2002. İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) Yapraklarında Kurşun (Pb) Yoğunluğunun Araştırılması. *Balıkesir 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. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1-3.
- Çelik, A., Kaska, Y., Bağ, H., Aureggi, M., Semiz, G., Kartal, A. and Elçi, L. 2005. Heavy metal monitoring around the nesting environment of gren sea turtles in Turkey. *Water, Air& Soil Pollution*, 169: 67-79.
- Çepel, N. 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. Tema Vakfı Yayınları, No:14, İstanbul, 101 s.
- Çevre Kanunu. 1983. Resmi Gazete, 11.08.1983, Sayı:18132, Ankara.

- Çığ, A., Gülser, F., Gökkaya, T. H., Başdoğan, G. 2017. Effects of Nickel Contamination on Nutrient Contents of Daffodil (*Narcissus poeticus* L. c.v. Ice Folies). *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(2): 99-102.
- Çilali, E. 2012. Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (*Rosa canina*) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 56 s.
- Dağ, B., Tarakçı, Z. and Demirkol, M. 2016. Effect of some total phenolic, antioxidants, physico-chemical properties, mineral and heavy metal concent of apricots drying types. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6- 2/2: 238-250.
- De Jonghe, W. R. A. and Adams F. C., 1982. Biochemical cycling of organic lead compounds. *Ecotoxicology*, 561-593.
- De Castro, O., Brullo, S., Colombo, P., Jury, S., Luca, P., Maio, A. 2012. Phylogenetic and biogeographical inferences for *Pancratium* (Amaryllidaceae), with an emphasis on the Mediterranean species based on plastid sequence data. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 170: 12–28.
- Dede, M. O., Ayten, M. A. ve Yazar, K. H. 2004. Kıyı alanları planlamasında mevcut planlama sistemi üzerine bir değerlendirme. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, 4-7 Mayıs 2004. Türkiye Kıyıları 04 Konferansı Bildiriler Kitabı, Sayfa: 251-258, Adana.
- Demir, E. ve Özdemir, Z. 2013. Kazanlı - Mersin Bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37: 119-140.
- Demir, G. ve Erdal, İ. 2016. Antalya yöresinde domates yetiştirilen seralarda bor düzeylerinin bazı toprak, yaprak ve meyve analiz sonuçlarıyla değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(2): 42-48.
- Demirezen, D. and Aksoy, A. 2006. Heavy Metal Levels in Vegetables in Turkey Is Within Safe Limits for Cu, Zn, Ni and Exceeded For Cd and Pb. *Journal of Food Quality*, 1-4.
- Denkhaus, E. and Salnikow, K. 2002. Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. *Critical Reviews In Oncology Hematology*, 42(1): 35-56.
- Dermience, M., Lognay, G., Mathieu, F., Goyens, P. 2015. Effects of thirty elements on bone metabolism. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 32: 86–106.
- Di Maio, A. and De Castro, O. 2013. Development and characterization of 21 microsatellite markers for *Pancratium maritimum* L. (Amaryllidaceae). *Conservation Genetic Resources*, 5(4): 911-914.
- Doğan, E., Burak, Z. S. ve Akkaya, M. A. 2005. Türkiye Kıyıları, Kavramsal Tanımlama-Planlama-Kullanım, İstanbul Beta Yayınevi, 975-295-495-2.
- Duman, H. 2007. Türkiye Florasını Koruma Çalışmaları, Hedef 8; Zingit. TEMA, Bağbahçe, Çevre Bahçe Çiçek Dergisi, Sayı:14.

- Ece, A., Çağlarırnak, N., Camcı Çetin, S. 2001. Çevre kirliliğinin sebep oldu ağır metal kontaminasyonunun sebzelerde (Cd ve Pb) belirlenmesi. Ulusal Çevre ve Ekoloji Sempozyumu, 429-434, Bodrum.
- Eisikowitch, D. and Galil, J. 1971. Effect of wind on the pollination of *Pancratiun maritimum* L. (Amaryllidaceae) by Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). *Journal of Animal Ecology*, 40(3): 673-678.
- Elik, A. ve Akçay, M. 2000. Sivas Kenti'nde Ağır Metal Kirliliğinin Yerel ve Zamansal Değişimi. *Turkish Journal Engineering Environment Science*, 24:15-24.
- Epstein, E. 2005. Land Application of sewage sludge and biosolids. Chapter 3 and Chapter 4.
- Erdoğan, Ö. and Erbilir, F. 2007. Heavy Metal and Trace Elements in Various Fish Samples from Sir Dam Lake, Kahramanmaraş, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 130: 373-379.
- Ergün, N., Yolcu, H., Karanlık, S. ve Dikkaya, E. 2010. Amanoslar'da (Hatay) yetişen bazı bitki türlerinde ağır metal birikimi ve mineral içerik üzerine bir çalışma. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3:121-127.
- Eroğlu, A. ve Aksoy, N. 2003. Jeotermal Suların Kimyasal Analizi, in Toksoy, M.(ed.), Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı MMO Yay. No: 328-4:149-183.
- Eskier, U. 2017. Kobalt Nedir, Özellikleri Nelerdir, Nerelerde Kullanılır? <https://www.makaleler.com/kobalt-nedir-ozellikleri-nelerdir-nerelerde-kullanilir> [Son erişim tarihi: 18.09.2017].
- FAO/WHO. 2003. Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179. Codex Alimentarius commission.
- Farooq, M., Anwar, F. and Rashid, U. 2008. Appraisal of Heavy Metal Contents in Different Vegetables Grown in the Vicinity of an Industrial Area. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5): 2099-2106.
- Fiedler, P. L. 1985. Heavy metal accumulation and the nature of edaphic endemism in the genus *Calochortus* (Liliaceae). *American Journal of Botany*, 72: 1712-1718.
- Flora, S. J. S. 2002. Lead Exposure, Health Effects, Prevention and Treatment. *Journal of Environmental Biology*, 23(1): 25-41.
- Foy, C. D., Chaney, R. L. and White, M. C. 1978. Physiology of Metal Toxicity in Plants. *Annual Review Plant Physiology*, 29: 511.
- Gök, A. 2010. İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) Çeliklerinin Kambiyum Faaliyeti Üzerinde Kurşun Stresine Karşı İndol-3-Asetik Asit, Gibberellik Asit Ve 6-Furfurilaminopurin Karışımlarının Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 61 s.

- Gökceoğlu, M., Sarı, M., Sümbül, H., Çıplak, B., Öz, M., Erdoğan, A., Güçlü, S., Yazıcı, Ö. 2004. Belek Özel Çevre Koruma Bölgesi Biyolojik Zenginliğinin Tespiti ve Yönetim Planının Hazırlanması. Akdeniz Üniv. Biyolojik Çeşitlilik Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi (Ak-Biyom) ve T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, 76 s., Ankara.
- Gökceoğlu, M., Işık, K., Sümbül, H., Ünal, O., Göktürk, R. 2008. Belek Özel Çevre Koruma Bölgesi'nde Yayılış Gösteren Serik Armudu (*Pyrus serikensis*) Türünün Biyolojik Çeşitlilik Yönünden Korunması ve İzlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Biyolojik Çeşitlilik Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi (Ak-Biyom) ve T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, 52 s., Ankara.
- Grassi, F., Cazzaniga, E., Minuto, L., Peccenini, S., Barberis, G., Basso, B. 2005. Evaluation of biodiversity and conservation strategies in *Pancratium maritimum* L. for the Northern Tyrrhenian Sea. *Biodiversity and Conservation*, 14: 2159–2169.
- Guevara, S. R., Bubach, D., Vigliano, P., Lippolt, G., Arribere, M. 2004. Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina. *Biological Trace Element Research*, 102: 245-263.
- Güler, Ç., Çobanoğlu Z. 1997. Kimyasallar ve Çevre. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:50: 9-24.
- Gülkal, Ö. 2004. Kıyılarının korunmasında özel çevre koruma bölgelerinin rolü; Patara örneği. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, 4-7 Mayıs 2004, Türkiye Kıyıları 04 Konferansı Bildiriler Kitabı, Sayfa: 101-110, Adana.
- Gülser, F., Çiğ, A., Gökkaya, T. H. 2016. Effects of Lead Contamination on Nutrient Contents of Hyacinth (*Hyacinthus orientalis* L. c.v. Blue Star). *Journal International Environmental Application & Science*, 11(2): 213-215.
- Gümüş, C. 2015. Kum zambağı (*Pancratium maritimum* L.) bitkisinde yapılan araştırmalar üzerinde bir inceleme. *Derim*, 32(1) : 89 – 105.
- Güner, A., Duman, H. 1994. Critics on *Pyrus boissieriana* Buhse subsp. *crenulata* Browicz. *Karaca Arboretum*, 2(4): 165-170.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A. 2002. Bitki Besleme ve Gübreleme. ISBN: 975-482-516-5, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö. ve Çobanoğlu, D. 2004. Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cd^{+2}) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2): 177-182.
- Güzel, N., Gülüt, K. Y. ve Büyük, G. 2004. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 246, Ders Kitapları Yayın No: A-80, Adana.
- Hakerlerler, H., Anaç, D., Okur, B., Saatçi, N. 1994. Gümöldür ve Balçova'daki Satsuma mandarin bahçelerinde ağır metal kirliliğinin araştırılması. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Proje No: 92-ZRF-47, Bornova-İzmir.

- Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G. 1995. Yol Kenarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi. *Turkish Journal Of Engineering And Environmental Sciences*, 19 (6): 423-432.
- Hussain, A., Nabila, A., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z. I., Ahmad, K., Mansha, M. and Mirzaei, F. 2013. Effects Of Diverse Doses Of Lead (Pb) On Different Growth Attributes Of *Zea mays* L. *Agricultural Sciences*, 4(5): 262-265.
- Jing, J., Zhang, F., Rengel, Z., and Shen, J. 2012. Localized fertilization with P plus N elicits an ammonium-dependent enhancement of maize root growth and nutrient uptake. *Field Crops Research*, 133:176-185.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants, CRC Pres. LLC (Third Ed.) Boca Raton, Florida, 1-403.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A. B. 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer, Verlag, Berlin, 1-519.
- Kabata-Pendias, A. 2010. Trace elements in soils and plants. 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press. USA. 548 p.
- Kabir, M., Iqbal, M. Z., Shafiq, M. and Farooqi, Z. R. 2010. Effects Of Lead On Seedling Growth Of *Thespesia populnea* L., *Plant, Soil and Environment*, 56(4): 194-199.
- Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı, No: 3, Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat, A. V. 1998, Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:127, Vipaş Yayınları, 595 s., Bursa.
- Kacar, B. ve Katkat, A. V. 2007. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. No: 1119. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 576 s., Ankara.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri, 892. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 892 s., Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat, V. 2010. Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, 678 s. Kızılay-Ankara.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., ve Timur S. 2001. Metallerin Çevresel Etkileri-I. (https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf)
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A. ve Timur S. 2003. Metallerin Çevresel Etkileri – I. (erişim adresi: www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf)
- Kameshwari, M. N. S., Lakshman, A. B., Paramasivam, G. 2012. Biosystematics studies on medicinal plant *Urginea indica* Kunth. Liliaceae: A review. *International Journal of Pharmacy and Life Sciences*, 3(1): 1394-1406.
- Karaca, A., Tugay, O. C., Kızılkaya, R., Haktanır, K. 1996. Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı. Tarım- Çevre İlişkileri Sempozyumu Bildiri Kitabı, sf. 111-120, Mersin.

- Karademir, M. ve Toker, M. C. 1995. Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim ve bitkilerde egzoz gazlarından gelen kurşun birikimi. II.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, sf. 699-711. Ankara.
- Karakaş, Ö. 2013. Bazı Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Kanola Bitkisi Kullanılarak Bitkisel Arıtım (Fitoremediasyon) Tekniği ile Islahı. Yüksek Lisans Tezi Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Tekirdağ, 61s.
- Karaoğlu, C. 2010. Soğanlı bitkiler ve in vitro hızlı çoğaltım. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2): 24-29.
- Karpuzcu, M. 1999. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 143-152.
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S. 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II. İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, *Metalurji Dergisi*, 137: 46-531.
- Keleş, T. C. 2007. Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, 74 s.
- Kılınç, M. ve Kutbay, H.G. 2008. "Bitki Ekolojisi", Palme Yayıncılık Geliştirilmiş 2. Baskı. Ankara.
- Kıran, Y. ve Şahin, A. 2005. Kurşunun Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) Tohumlarının Çimlenmesi, Kök Gelişimi Ve Kök Ucu Hücreleri Üzerindeki Mitotik Etkileri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(1): 17-25.
- Korkmaz, E., Çelikel, F. G. 2013. Türkiye Kıyılarında Doğal Yayılış Gösteren Kum Zambağının Korunması ve Kültüre Alınması Üzerine Yapılan Araştırmalar. V. Süs Bitkileri Kongresi. 6-9 Mayıs, s: 855-859, Yalova.
- Krogmeier, M. J., Mccarty, G. W., Shogren, D. R. and Bremner, J. M. 1991. Effect of nickel deficiency in soybeans on the phototoxicity of foliar applied urea. *Plant and Soil*, 135: 283-286.
- Lauck, T., Clark, C. W., Mangel, M., Munro, G. R. 1998. Implementing the Precautionary Principle in Fisheries Management Through Marine Reserves. *Ecological Applications*, 8(1): 72-78.
- Leitner, D., Klepsch, S., Ptashnyk, M., Marchant, A., Kirk, G. J. D., Schnepf, A. and Roose, T. 2010. A dynamic model of nutrient uptake by root hairs. *New Phytologist*, 185(3): 792-802.
- Lundin, C. G. and Linden, O. 1993. Coastal Ecosystems: Attempts to Manage Threatened Resource. *A Journal of the Human Environment*, 22(7); 468-473.
- Lytle, C. M., Smith, B. N., McKinnon, C. Z. 1995. Manganese Accumulation Along Utah Roadways: A Possible Indication of Motor Vehicle Exhaust Pollution. *Science of The Total Environment*, Volume 162(2-3): 105-109.
- Markert, B. 1993. (Ed.):Plants As Biomonitors: Indicators For Heavy Metals in The Terrestrial Environment, Vch, Weinheim, Fr Germany, s. 640.

- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition in higher plants. Wd Ltd. The Greystone Press, Antrim, Northern Ireland.
- Marschner, H. 2008. Mineral Nutrition of Higher Plants. Digital Print. Academic Press., pp. 889.
- Massa, N., Andreucci, F., Poli, M., Aceto, M., Barbato, R., Berta, G. 2010. Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 73, Issue 8: 1988–1997.
- Matloob, H. M. 2016. Using Stripping Voltammetry to Determine Heavy Metals in Cooking Spices Used in Iraq. *Polish Journal of Environmental Studies*, No.25(5): 2057-2070.
- McDowell, L. R. 1992. Minerals in Animals and Human Nutrition. *Academic Press*, New York, p. 224-245.
- Meerow, A. W., Guy, C. L., Li, Q. B. and Clayton, J. R. 2002. Phylogeny of the tribe Hymenocallideae (Amaryllidaceae) based on morphology and molecular characters. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 89 (3): 400–413.
- Memon, A. R., Aktopraklıgöl, D., Demür, A., Vertı, A. 2001. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants. TÜBİTAK, Marmara Research Center, Institute for Genetic Engineering and Biotechnology, *Turkish Journal of Botany*, 25: 111-121.
- Mengel, K., Kirkby, E. A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers, p. 849.
- Metali, F., Salim, K. A., and Burslem, D. F. R. P. 2012. Evidence of foliar aluminium accumulation in local, regional and global datasets of wild plants. *New Phytologist*, 193(3): 637-649.
- Muhtar, F. ve Şener, B. 1997. Türkiyeden ihraç edilen bazı Amaryllidaceae Familyası bitkilerinin likörün yönünden değerlendirilmesi. XI. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, 22-24 Mayıs 1996, Bildiri Kitabı: 384-388, Ankara.
- Munzuroğlu, Ö. ve Gür, N. 2000. Ağır Metallerin Elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Biology*, (24): 677-684.
- Munzuroğlu, O. and Geçkil, H. 2002. Effects of Metals on Seed Germination, Root Elongation and Coleoptile and Hypocotyl Growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. *Environmental Contamination and Toxicology*, 43: 203-213.
- Nicholas, D. and Thomas, W. D. 1954. Some effects of heavy metals on plants grown in soil culture Part II. The effect of nickel on fertilizer and soil phosphate uptake and Fe and status of tomato. *Plant and Soil*, 5-182.
- Nikopoulos, D., Alexopoulos, A. A. 2008. In vitro propagation of an endangered medicinal plant: *Pancreaticum maritimum* L. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(2): 393-398.
- Nowak, B. and Chmielnicka, J. 2000. Relationship of Lead and Cadmium to Essential Elements in Hair, Teeth and Nails of Environmentally Exposed People. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46: 265-274.

- Nriagu, J. O. 1979. Global Metal Pollution. Poisoning the Biosphere? *Environment*, 32(7): 7-33.
- Ojovan, M. I. and Lee, W. E. 2005. Heavy Metals. In Eds Ojovan, M., Lee, W.E. An introduction to nuclear waste immobilisation: Newnes, 34-41.
- Orbea, A., Fahimi, H. D. and Cajaraville, M. P. 2000. Immunolocalization of Four Antioxidant Enzymes in Digestive Glands of Molluscs and Crustaceans and Fish Liver. *Histochemistry Cell Biology*, 114(5): 393-404.
- Önder, S. and Dursun, Ş. 2006. Air borne heavy metal pollution of *Cedrus libani* (A. Rich.) in the city centre of Konya (Turkey). *Atmospheric Environment*, 40: 1122-1133.
- Özcan, M. 2004. Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey. *Food Chemistry*, 84: 437-440.
- Özden, H. and Bayçu., G. 2004. Cadmium exposure and changes in some physiological parameters of *Quercus robur* ssp. *robur* L. (Common Oak) and *Acer negundo* L. (Box Elder) seedlings. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(3): 268-273.
- Özeren, A. G. 2015. "Serik Armudunun (*Pyrus serikensis* Güner& H. Duman) Bazı Morfolojik Özellikleri İle Yaprak Uçucu Bileşenlerinin Belirlenmesi" Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Özhatay, N., Byfield, A. ve Atay, S. 2003. Türkiye'nin Önemli Bitki Alanı, Doğal Hayatı Koruma Vakfı yayını, Mas Matbaacılık, İstanbul.
- Özkul, C. 2008. İzmit Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 2: 1-9.
- Öztürk, M. ve Seçmen, Ö. 1992. Bitki Ekolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi, No. 141, İzmir.
- Özyiğit, İ. İ. and Akıncı, Ş. 2009. Effects Of Some Stress Factors (Aluminum, Cadmium And Drought) On Stomata Of Roman Nettle (*Urtica Pilulifera* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37 (1): 108-115.
- Özyiğit, I. I., Doğan, I., Demir, G., Eskin, B., Keskin, M. and Yalçın, I. E. 2013. Distribution of some elements in *Veronica scutellata* L. from Bolu-Turkey. *Soil-plant interactions*, 42(10): 1403-1407.
- Pak, O. 2011. Kırklareli İlinde Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, s. 67.
- Petrova, S. 2011. Biomonitoring study of air pollution with *Betula pendula* Roth. Plovdiv, Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 3(1): 1-10.
- Piomelli, S. 2002. Childhood lead poisoning. *Pediatric Clinics of North America*. 49:1285-304.
- Pohl, C., Croot, P. L., Hennings, U., Daberkow, T., Budeus, G. and Loeff, M. R. 2011. Synoptic transects on the distribution of trace elements (Hg, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Mn, Fe, and Al) in surface waters of the Northern- and Southern East Atlantic. *Journal of Marine Systems*, 84: 28-41.

- Raven, J. A., Evans, M. C. W. and Korb, R. E. 1999. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O₂- evolving organisms. *Photosynthesis Research*, 60:111-49.
- Ray, G. C. and Grassle, J. F. 1991. Marine Biological Diversity. *Bioscience*, 41: 453-457.
- Rether, A. 2002. Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstofffunktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen. Doktora Tezi, Münih Teknik Üniversitesi, Almanya.
- Rico, C. M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J. R. and GardeaTorresdey, J. L. 2011. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (8): 3485-3498.
- Ross, S. M. 1994. Sources and Forms of Potentially Toxic Metals in Soil-Plant Systems, In: S.M. Ross, Editor, Toxic Metals in Soil-Plant Systems, Chichester: John Wiley. 3-25.
- Rout, G. and Das, P. 2003. Effect of Metal Toxicity on Plant Growth and Metabolism: I. Zinc. *Agronomie, EDP Sciences*, 23 (1): 3-11.
- Safina, C. 1995. The World's Imperiled Fish. *Scientific American*, 273(5): 46-53.
- Sağlam, N. ve Cihangir, N. 1995. Ağır metallerin Biyolojik Süreçlerle Biyosorbsiyonu Çalışmaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11: 157-161.
- Sanaa, A., Boulila, A., Bejaoui, A., Boussaid, M., Fadhel, N. B. 2012. Variation of the chemical composition of floral volatiles in the endangered Tunisian *Pancratium maritimum* L. populations (Amaryllidaceae). *Industrial Crops and Products*, 40: 312-317.
- Sarı, T. 2009. Edirne ili ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 62 s.
- Satarug, S. and Moore, M. R. 2004. Adverse Health Effects of Chronic Exposure to Low- Level Cadmium in Foodstuffs and Cigarette Smoke. *Environmental Health Perspectives*, 112(10): 1099-1103.
- Saygıdeğer, S. 1995. *Lycopersicum esculentum* L. bitkisinin çimlenmesi ve gelişimi üzerine kurşunun etkileri. 2. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. S. 588-597. Ankara.
- Schmidt, J. P. 1997. Understanding phytotoxicity threshold for trace elements in land applied sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, 26: 4-10.
- Sebens, K. P. 1994. Biodiversity of Coral Reefs: What Are We Losing and Why? *Integrative and Comparative Biology*, 34; 115-133.
- Sesli, A. F. 2006. Sayısal Fotogrametri ile Kıyı Alanlarındaki Değişimin İzlenmesi. *Jeodezi, Jeoinformasyon, ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(95):11-17, Trabzon.
- Sesli, M. 2002. Soma ilçesinde Yol Kenarında Yetişen Tütünlerde Kurşun Miktarlarının Araştırılması, Celal Bayar Üniversitesi, No:11.

- Sharma, P. and Dubey, R. S. 2005. Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1): 35- 52.
- Sossé, B. A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L. M., Epron, D. and Badot, P. M. 2004. Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science*, (166):1213-1218.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. ve Aras, M. S. 2008. Sular Bilgisi. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi, Nobel Basımevi, 64, 201. Ankara.
- Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N. K. ve Kaya, H. 2006. Toprakta Yapılan Bakır Uygulamalarının Toprak pH'sı Ve Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 150-158.
- Street, R. A., Kulkarni, M. G., Stirk, W. A., Southway, C., Van Staden, J. 2010. Effect of cadmium on growth and micronutrient distribution in wild garlic (*Tulbaghia violacea*). *South African Journal of Botany*, 76: 332–336.
- Stresty, T. V. S. and Madhava Rao, K. V. 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea. *Environmental and Experimental Botany*, 41: 3-13.
- Suchanek, T. H. 1994. Temperature Coastal Marine Communities: Biodiversity and Threats. *American Zoologist*, 34: 100-114.
- Suzuki, K., Yabuki, T. and Ono, Y. 2009. Roadside leaves as bioindicators of heavy metal pollution in traffic areas of Okayama, Japan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149: 133-141.
- Şafak, N. 2011. Karalâhana (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Ve Pazı (*Beta vulgaris* var. *cicla*)'da Kurşun Ve Çinko Stresinin Araştırılması.Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 75 s.
- Şahan, Y. ve Başoğlu, F. 2003. Ağır metal iyonlarının insan sağlığına etkisi. *Dünya Gıda*, 8(3): 70–76.
- Taylor, D. J. C., Page, D. C. and Geldenhuys, P. 1988. Iron and steel in South Africa. *Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 88(3): 73-95.
- Tektaş, M. 2016. Kurşun Stresi Altındaki Pepino (*Solanum muricatum* Ait.) Fidelerinin Bazı Anatomik ve Fizyolojik Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman, 69 s.
- Tok, H. H. 1997. Çevre Kirliliği. Anadolu Matbaa Ambalaj San. Tic. Ltd. Şti., sf. 266-283, İstanbul.
- Topbaş, M. T., Brohi, A. R. ve Karaman, M. R. 1998. Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları. 340 s., Ankara.
- Tuna, A. L. ve Girgin, A. L. 2005. Mısırdaki (*Zea mays* L.) Gelişme Mineral Beslenme ve ağır metal içeriği üzerine termik santral uçucu küllerin etkisi. *Ekoloji Dergisi*, 14,57: 7-15.
- Tunçok, Y. 2008. İçme suyunda ağır metaller ve insan sağlığına etkileri. http://izmir.kalder.org/Yesim_Tuncok.pdf. DEÜTF Farmakoloji Anabilim Dalı Klinik Toksikoloji B.D. İlaç ve Zehir Danışma Merkezi, İzmir.

- Tuteja, N., Gill, S. and Tuteja, R. 2011. Plant responses to abiotic stresses: shedding light on salt, drought, cold, and heavy metal stress. *Omics and Plant Stress Tolerance*, Bentham Science Publisher, USA, 39-64.
- Türkan, İ. 1986. İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) Kirlenmesinin Araştırılması. *Doğa. Türk Biyoloji Dergisi*, 10: 116-120.
- Uğurlu-Aydın, Z. and Dönmez, A. A. 2015. Taxonomic and nomenclatural contributions to *Pyrus* L. (Rosaceae) from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 39: 841-849.
- Van Assche, F. V. and Clijsters, H. 1990. Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell & Environment*, 13: 95-206.
- Vanlı, Ö. ve Yazgan, M. 2006. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. Türkiye 3. Organik Tarım Sempozyumu, Yalova.
- Vanli, Ö. ve Yazgan, M. 2008. Ağır metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde fitoremediasyon tekniği.
- Verma, S. and Dubey, R. S. 2003. Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Science*, 164:645-655.
- Veselov, D., Kudoyarova, G., Symonyan, M. and Veselov, S. 2003. Effect of Cadmium on ion uptake, transpiration and cytokinin content in wheat seedlings. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, Special Issue, 353- 359.
- Vural, H. 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Ekoloji* 8, 3-8.
- Waalkes, M. P. 2000. Cadmium Carcinogenesis In Review. *Journal of Inorganic Chemistry*, 79:241-244.
- Waalkes, M. P. 2003. Cadmium Carcinogenesis, *Mutation Research*, 533:107-120.
- Walkenhorst, A., Hagemeyer, J., Beckle, S. H. 1993. Passive Monitoring of Airborne Pollutants, Particularly Trace Metals, with Tree Bark. Markert, B., editor, *Plants as Biomonitors*, VCH., 523-538.
- Walker, B. H. 1992. Biodiversity and Ecological Redundancy. *Conservation Biology*. 6(1): 18-23.
- Wilson, E. O. 1992. The Diversity of Life, Biodiversity and Conservation 2, The Penguin Press, London, ISBN 0-713-99094-5.
- Xu, X., Li, Y., Wang, Y., and Wang, Y. 2011. Assessment of toxic interactions of heavy metals in multi-component mixtures using sea urchin embryo-larval bioassay. *Toxicology in Vitro*, 25 (1): 294-300.
- Yaltırık, F. ve Efe, A. 1996. Otsu Bitkiler Sistematigi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları:10, Ders Kitabı, 518 s., İstanbul.
- Yaltırık, F. ve Efe, A. 1998. Otsu Bitkiler Sistematigi Ders Kitabı, (II. Baskı) İ.Ü. Yayın No: 3940, Orman Fakültesi Yayın No: 10, 518 s.

- Yasar, U., Özyiğit, I. I., Yalcin, I. E., Dogan, I., Demir, G. 2012. Determination of Some Heavy Metals and Mineral Nutrients of Bay Tree (*Laurus nobilis* L.) In Bartın City, Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 44: 81-89.
- Yavuzer, H., Osma, E. 2018. *Salix fragilis* L. (Gevrek Söğüt)'in Ağır Metal Kirlenmesinde Biomonitor Olarak Değerlendirilmesi, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C- Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 7(2): 122–129.
- 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.
- Yıldız, K., Sipahioğlu, Ş. ve Yılmaz, M. 2000. Çevre Bilimi. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, 92-116.
- Yıldız, N. 2001. Toprak Kirleticisi Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (2): 207-213, Erzurum.
- Yıldız, N. 2003. Toprak Kirleticisi Ağır Metaller ve Toprak Bitki İlişkileri. I. Ulusal Çevre Sempozyumu. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Erzurum.
- Yılmaz, K., Akinci, I. E. and Akinci, S. 2009. Effect Of Lead Accumulation On Growth and Mineral Composition Of Eggplant Seedlings (*Solanum melongena*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37(3): 189 – 199.
- Yücel, E., Doğan, F. ve Öztürk, M. 1995. Porsuk Çayında Ağır Metal Kirlilik Düzeyleri ve Halk Sağlığı İlişkisi. *Ege Üniversitesi Çevre Merkezi, Ekoloji Çevre Dergisi*, 17: 29-32.
- Zencirkıran, M. 2002. Geofitler, Uludağ Rotary Derneği Yayınları, No:1, Bursa, 105s.
- Zengin, F. K. and Munzuroğlu, Ö. 2004. Effects of Lead (Pb⁺²) and Copper (Cu⁺²) on The Growth of Root, Shoot and Leaf of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seedlings, Gazi University, *Journal of Science*, 17(3): 1-10.
- Zengin, K. F ve Munzuroğlu, Ö. 2005. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Klorofil Ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni⁺², Co⁺², Cr⁺³, Zn⁺²) Etkileri. *Fırat Üniversitesi ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1): 164-172.
- Zielinski, J. 2000. *Pyrus* L. in: Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K. H. C. (eds.). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. 11: 115.

ÖZGEÇMİŞ

Leyla TUTAR

tutarleyla@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2014-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2008-2013	Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Biyoloji Öğretmeni 2017-2019	Etiket Eğitim Kurumları
Biyoloji Öğretmeni 2016-2017	Ekol Özel Öğretim Kursu
Biyoloji Öğretmeni 2014-2017	Nuray Özer Etüt ve Eğitim Merkezi
Biyoloji Öğretmeni 2013-2014	Sınav Eğitim Kurumları

ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1) Tutar L., Ünal O., “Antalya İli Doğusunda *Pancratium maritimum* Üzerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, 1 st International Congress on Plant Biology, Konya Türkiye. 10-12 Mayıs 2018, pp.251-251, (Poster).
- 2) Tutar L., Ünal O., “Antalya İli Doğusunda *Pyrus cordata* subsp. *boissieriana* Üzerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, 1 st International Congress on Plant Biology, Konya Türkiye. 10-12 Mayıs 2018, pp.251-251, (Poster).