

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI
ANA BİLİM DALI



KENT MERKEZLERİNDE YETİŞEN BAZI MEYVELERDE
AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ ORGAN BAZINDA
DEĞİŞİMİ

HÜLYA ÇOLAKOĞLU ANGAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. HAKAN ŞEVİK

ŞUBAT - 2024

KASTAMONU

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Hülya ÇOLAKOĞLU ANGAY

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KENT MERKEZLERİNDE YETİŞEN BAZI MEYVELERDE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ ORGAN BAZINDA DEĞİŞİMİ

HÜLYA ÇOLAKOĞLU ANGAY

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI ANA BİLİM
DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. HAKAN ŞEVİK

Dünya üzerindeki karasal ekosistemin önemli bir parçası olan toprak, insanların üzerinde yaşadığı sürekli kendini yenileyen en temel doğal kaynaktır. Toprak ağır metal kirliliği sadece madde değişimini ve enerji dönüşümünü etkilemekle kalmayıp aynı zamanda toprak kaynaklarının bozulmasına ve tükenmesine neden olur. Dolayısıyla ekosistemin bozulmasına neden olarak ciddi bir çevre sorunu haline gelmektedir. Bu nedenle toprak kaynaklarının rasyonel kullanımı ve toprağın korunması tüm dünyada ilgi görmektedir.

Ağır metaller doğada yıllarca kaybolmadan toksik etkilerini senelerce sürdürebilmektedir. Ağır metaller farklı türlerin farklı organlarında farklı düzeylerde birikmektedirler. Bundan dolayı her bir ağır metalin izlenmesi ve ağır metal kirliliğinin azaltılması için uygun tür ve organların ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da ağır metal kirliliğinin yüksek seviyelere ulaştığı kentsel alanlarda sıklıkla yetiştirilen *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa* türlerinin yaprak, dal, kabuk, tohum, odun ve meyvelerindeki Na, Ca, Al, Fe, Zn, P, As, B, Co, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr ve Mn konsantrasyonlarının değişimi incelenmiştir.

Çalışma sonucunda özellikle meyvelerdeki ağır metal kirliliğinin yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda ağır metal kirliliğinin yüksek seviyelere ulaştığı bölgelerde yetişen bitkilerin gıda olarak tüketilmesinin insan sağlığı açısından tehlikeli olduğunu ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELE: Bitki, Ağır Metal, Meyve.

Şubat 2024, 69 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

CHANGES OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS ON ORGAN BASIS IN SOME FRUITS GROWN IN URBAN CENTERS

HÜLYA ÇOLAKOĞLU ANGAY

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE AND NATURAL
PLANT RESOURCES

SUPERVISOR: PROF. DR. HAKAN ŞEVİK

Soil, which is an important part of the terrestrial ecosystem on Earth, is the most basic natural resource that constantly renews itself on which humans live. Soil heavy metal pollution not only affects matter exchange and energy conversion, but also causes degradation and depletion of soil resources. Therefore, it causes the ecosystem to deteriorate and becomes a serious environmental problem. For this reason, the rational use of soil resources and the protection of soil are of interest all over the world. Heavy metals can maintain their toxic effects for years without disappearing in nature for years.

Heavy metals can maintain their toxic effects for years without disappearing in nature for years. Heavy metals accumulate at different levels in different organs of different species. Therefore, it is necessary to monitor each heavy metal and determine the appropriate species and organs separately in order to reduce heavy metal pollution. In this study, the change in Na, Ca, Al, Fe, Zn, P, As, B, Co, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr and Mn concentrations in leaves, branches, bark, seeds, wood and fruits of *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus*, *Prunus avium* and *Tilia tomentosa* species, which are frequently grown in urban areas where heavy metal pollution reaches high levels, was investigated.

As a result of the study, it was observed that there were high levels of heavy metal pollution, especially in fruits. In this case, it has been revealed that the consumption of plants grown in regions where heavy metal pollution reaches high levels as food is dangerous for human health.

KEYWORDS: Plant, Heavy Metal, Fruit

February 2024, 69 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmamın fikir aşamasından yürütülmesine kadar geçen sürece yardımını ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Hakan ŞEVİK'e saygı ve içtenlikle teşekkürlerimi sunarım. Çalışma süresince moral ve desteğini esirgemeyen ailem ve değerli eşime teşekkür ederim. Çalışmamın benzer konulara ışık tutmasını, bilim dünyasına katkıda bulunmasını temenni ederim.

HÜLYA ÇOLAKOĞLU ANGAY

Kastamonu, 2024

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Çalışmada İncelenen Türler	6
2.1.1 <i>Prunus cerasifera</i> (Erik)	6
2.1.2 <i>Prunus cerasus</i> (Vişne).....	8
2.1.3 <i>Prunus avium</i> (Kiraz).....	9
2.1.4 <i>Tilia tomentosa</i> (Ihlamur)	10
2.2 Çalışmaya Konu Olan Elementler	11
2.2.1 Sodyum (Na).....	11
2.2.2 Kalsiyum (Ca).....	11
2.2.3 Alüminyum (Al)	12
2.2.4 Demir (Fe).....	13
2.2.5 Çinko (Zn).....	13
2.2.6 Fosfor (P)	14
2.2.7 Arsenik (As).....	15
2.2.8 Bor (B)	16
2.2.9 Kobalt (Co)	17
2.2.10 Bakır (Cu)	17
2.2.11 Kadmiyum (Cd)	18
2.2.12 Kurşun (Pb).....	19
2.2.13 Nikel (Ni).....	20
2.2.14 Krom (Cr)	21
2.2.15 Manganez (Mn).....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1 Materyal	23
3.2 Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi	23
3.3 İstatistikî Analizler.....	24
4. BULGULAR	25
4.1 Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	25
4.2 Ca (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	26
4.3 Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	27
4.4 Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	28
4.5 Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	29
4.6 P (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	30

4.7	As (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	31
4.8	B (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	32
4.9	Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	33
4.10	Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	34
4.11	Cd (ppb)Elementinin Organ Bazında Değişimi	35
4.12	Pb (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	36
4.13	Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	37
4.14	Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	38
4.15	Mn (ppm)Elementinin Organ Bazında Değişimi	39
5.	SONUÇ VE TARTIŞMA	41
6.	ÖNERİLER.....	46
	KAYNAKLAR	48
	ÖZGEÇMİŞ.....	69



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1 Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	26
Şekil 4.2 Ca (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	27
Şekil 4.3 Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	28
Şekil 4.4 Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	29
Şekil 4.5 Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	30
Şekil 4.6 P (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	31
Şekil 4.7 As (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	32
Şekil 4.8 B (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	33
Şekil 4.9 Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	34
Şekil 4.10 Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	35
Şekil 4.11 Cd (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	36
Şekil 4.12 Pb (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	37
Şekil 4.13 Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	38
Şekil 4.14 Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	39
Şekil 4.15 Mn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	40

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1 Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	25
Tablo 4.2 Ca (ppm) Elementini Organ Bazında Değişimi.....	26
Tablo 4.3 Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	27
Tablo 4.4 Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	28
Tablo 4.5 Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	29
Tablo 4.6 P (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi	30
Tablo 4.7 As (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	31
Tablo 4.8 B (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	32
Tablo 4.9 Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	33
Tablo 4.10 Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	34
Tablo 4.11 Cd (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	35
Tablo 4.12 Pb (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	36
Tablo 4.13 Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	37
Tablo 4.14 Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi	38
Tablo 4.15 Mn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	39

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Fotoğraf 2.1 <i>Prunus cerasifera</i> Meyveleri.....	7
Fotoğraf 2.2 <i>Prunus cerasus</i> Meyveleri.....	8
Fotoğraf 2.3 <i>Prunus avium</i> Meyveleri	9
Fotoğraf 2.4 <i>Tilia tomentosa</i> Yaprakları.....	10
Fotoğraf 3.1 ICP-OES cihazının genel görünümü	24



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrad
HNO ₃	: Nitrik Asit

Kısaltmalar

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
ATP	: Adenozin trifosfat
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
cm ³	: Santimetre Küp
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
F	: F değeri
Fe	: Demir
g	: Gram
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Argon Plazma-Optik Emisyon Spektrometre
M	: Metre
ml	: Mililitre
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
Ppb	: Milyarda bir
ppm	: Milyonda bir
PSI	: Pounds per square inch (basınç birimi)
SPSS	: Sosyal birimler için istatistik programı
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Dünya genelinde 1900'lü yıllarda %9 olan, 2000 yılında %47 seviyelerine yükselen kentsel alanlarda yaşayan nüfus oranının 2030 yılında %90 seviyelerine ulaşacağı tahmin edilmektedir (Elsunousi vd., 2021; Karacocuk vd., 2022). Nüfusun dünya üzerindeki dağılışını göçler, doğum ve ölüm etkilemektedir (Sahin, 2018).

Sanayi devrimi ile birlikte bedenen yapılması gereken faaliyetlerin makine gücüyle yapılması sonucu ve köyden kente göçlerinde artmasıyla kent nüfusunun yoğunluğunda artış gözlenmiştir. Bu artış endüstriyel faaliyetlere de ilgiyi artırmıştır. Bu ilgi çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir (İbret, 2009).

Kentsel alanlarda en önemli sorunların başında çevre kirliliği ve özellikle her yıl dünyada 7 milyondan fazla insanın ölmesine neden olan hava kirliliği gelmektedir (Ghoma vd., 2022; Jo vd., 2020). Hava kirliliği bileşenleri içinde insan sağlığını en çok tehdit eden unsur ağır metal kirliliğidir. Kentsel alanlarda birim alana düşen insan sayısının çok olması, bu insanların ihtiyaçlarını karşılamak için yapılan faaliyetler ve trafik yoğunluğu gibi etkenlere bağlı olarak havada ki bazı ağır metal konsantrasyonları büyük oranda artmakta ve insan sağlığını kötü yönde etkilemektedir (Arıcak vd., 2020; Cowan vd., 2021; Uzun Özel vd., 2020).

Ağır metaller yüksek atom ağırlıklı, metalik özellik gösteren, yoğunluğu 5 g/cm^3 'den daha fazla olan, elektriği ve sıvıyı ileten dayanıklı ve doğada sık rastlanan elementlerdir. Endüstri, tarım ve teknolojiye ağır metallerin kullanımının her geçen gün artması, hava, su, toprak ve besinlerde bu metallerin birikmesine neden olmaktadır (Özbolet ve Tuli, 2016).

Toprakta ağır metal fazlalığı ile birlikte, bitkiler gerek duyduğu besin elementlerini topraktan alamamakta, yani ağır metaller bitki besin elementi alımını engellemektedir. Ağır metale maruz kalmış bitkilerde, temel besin maddelerinin eksikliğinden dolayı kök ve gövde boyları daha kısa, yaprak sayısı daha az ve yaprak alanı daha küçük olmaktadır. Ağır metaller toksik etkisi sebebiyle çimlenmeyi, gelişmeyi, stoma hareketlerini, su alımını ve taşınmasını, transpirasyonu, protein

sentezini, bitki doku ve organlarını olumsuz etkileyerek bitki fizyolojisinin bozulmasına neden olurlar. Ağır metale maruz kalmış bitkilerin DNA yapısında mutasyona benzer yapılar meydana gelmektedir. Ağır metaller bitkide klorofil miktarını düşürerek fotosentezi de azaltmaktadırlar. Bu sebeple verim ve kalite düşüşü yaşanmaktadır (Yerli vd., 2020).

Küresel olarak, insan sağlığı ve çevre şu anda ağır metallerle kontamine olmuş gıdalardan dolayı yüksek risk altındadır. Ağır metaller doğal kontaminasyon veya insan faaliyetleri nedeniyle gıda zincirine girer. Ağır metaller insan vücudunda birikerek yavaş yavaş toksisiteye neden olmakta ve ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Uzun süreli maruz kalmada Parkinson, kas distrofisi, Alzheimer ve multipl skleroz ile sonuçlanabilecek ilerleyici nörolojik rahatsızlıklara ve kas dejenerasyonuna sebep olabilirler (Chen vd., 2021).

Bundan dolayı özellikle kentsel alanlarda yetişen ve gıda olarak tüketilen bitkilerin, gıda olarak tüketilen organlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenerek gerekli önlemlerin alınması, insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada da kent merkezlerinde yoğun olarak yetiştirilen ve çeşitli organları gıda olarak tüketilen *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa* bitkilerini çeşitli organlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının tür ve organ bazında değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ağır metal kirliliği küresel bir sorun haline gelmekte, çevreyi tahrip etmekte ve insan sağlığına ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Bu sorunun temel nedeninin altında yoğun nüfus, kentleşme sanayileşme ve arazi kullanımında değişiklikler yatmaktadır (Zhang vd., 2019).

Gıda kıtlığı birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Giderek artan dünya nüfusunun gıda talebi son 35 yılda iki katına çıkmıştır. Önümüzdeki 15 yıllık süreçte de iki katına çıkması muhtemeldir (Dölekoglu ve Yurdakul, 2004; Kaya, 2009; Kaya vd., 2019; Nowak vd., 2005). Ağır metaller, gıda güvenliği ve kalite güvencesinde hayati bir endişe kabul edildikleri için gıda arzının ana kirleticileridir (Wang vd., 2005).

Dünyada insanların kimyasal gübre ve zirai ilaç kullanımı toprak-bitki sisteminin ağır metallerle bozulmasına sebebiyet vermiştir (Robere de vd., 2019). Çevrede ki ağır metallerin ana kaynağı evsel, tarımsal, endüstriyel faaliyetlerdir. İlaç ve kozmetik sanayi, madencilik, dökümhaneler diğer metal bazlı endüstriyel faaliyetler kirlenmenin başlıca faktörleridir (Hawkins, 1997). Çevredeki ağır metal kirliliğinin diğer kaynakları ise metal işleme, kömür yakma, petrol yanması, nükleer enerji santralleri, yüksek gerilim hatları, plastik, kâğıt, ahşap ve tekstil fabrikaları gibi endüstriyel kaynaklardır (Adelekan ve Abegunde, 2011). Çevresel kirlenme aynı zamanda metal korozyonu, atmosferik birikim, metal iyonlarının toprakta erozyonu ve ağır metallerin nüfuz etmesi, tortunun yeniden çözünmeden kalması, metalin su kaynağından toprağa ve yeraltı suyuna karışması yoluyla gerçekleşebilir (Jamali vd., 2007). Ağır metallerin birikiminin doğal etkenleri de mevcuttur. Kayaların aşınması, erozyon ve volkanik aktiviteler örnek olarak verilebilir (Fulekar vd., 2009).

Gıda ürünlerinde ağır metal birikmesi ve bunun ardından gıda zincirine aktarılması dünya çapında önemli bir çevre sorunudur. Kirlenmiş bölgelerdeki bitkiler tarafından ağır metal alımı sadece sıcaklık, nem içeriği, organik madde, pH ve besin mevcudiyeti gibi toprak faktörlerine değil, aynı zamanda bitki türlerine de bağlıdır (Afonne ve Ifediba, 2020). Ağır metal birikiminin coğrafi bölgelere göre farklılık gösterdiği de

bilinmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde riskin fazla olduğu gözlemlenmiştir (Khalid vd., 2018). Gıda kalitesine ilişkin ulusal ve uluslararası düzenlemeler mevcuttur. Alınacak maksimum ağır metal oranını belirlemek amaçlanmıştır (Radwan ve Salama, 2006). Ağır metallerle kirlenmiş gıda ürünlerinin tüketiminden kaynaklanan riskin azaltılması büyük bir önceliktir. İyi tarım uygulamalarının benimsenmesi, yasa ve yönetmeliklerin uygulanması, gıda güvenliğini iyileştirmek, ağır metal oranını azaltmak için gerekli uygulamalardır (Ercilla Montserrat vd., 2018).

Yenilebilir çevre düzenlemelerine göre yol kenarında, parklarda bitkilerin büyüüp gelişebileceği her yerde bitki yetiştirmenin gıda kıtlığının önüne geçmede büyük öneme sahip olduğu öngörülmektedir (Kaya, 2009; Kaya vd., 2019; Nowak vd., 2005; Özel, 2019). Lakin kent merkezlerinde trafiğin yoğun olmasından kaynaklı egzoz gazı, araç tekerleklerinin yaydığı kirleticiler yüksek miktarda ağır metal içermektedir. Bu ağır metaller ayrışmadan doğada çok uzun süre kalarak biyolojik birikmeye sebebiyet vermektedirler (Çetin, 2017; Çetin vd., 2018a, b; Çetin vd., 2019a, b; Sevik vd., 2019; Türkyılmaz vd., 2018a, b).

Meyve ve sebzelerle birlikte tahıllar, kökler ve yumrular insan tüketimi için en önemli bitki besin kaynakları olmaya devam etmektedir ve bunların ağır metaller ile kontaminasyonu şu anda dünyanın farklı yerlerinde incelenmektedir (Afonne ve Ifediba, 2020). Sebze ve meyvelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının, ağır toprak konsantrasyonları ve toprak pH'sın da azalma ile doğrusal olarak arttığı bulunmuştur (Yang vd., 2018). Kirli topraklardan toplanan bitki besin örneklerinin bu toksik metalleri biriktirdiği tespit edildiğinden, toprağın kirlenmesi gıdalardaki ağır metal içeriğini doğrudan etkiler (Emurotu, 2017).

Ağır metaller vücut sistemine yiyecek, hava ve su yoluyla girme yeteneğine sahiptir. Biyolojik olarak parçalanma özelliğine sahip değildir (Jarup, 2003). Meyveler sağlığın korunması çeşitli hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için gerekli ve faydalıdır (Mello, 2003). Meyvelerin tüketilmeden önce yeterince yıkanması büyük bir önem arz etmektedir. Çünkü bu uygulama yüzey kirleticileri olarak mevcut olabilecek yüksek miktarda ağır metalin uzaklaştırılmasını sağlayacaktır (Amer vd., 2019).

Ağır metaller toprakta uzun vadeli birikerek, ekosistemi bozmakla beraber canlılar için ciddi tehditler oluşturmaktadır (Kumar vd., 2019). Ağır metallerin vücuttaki birikim oranı belli bir seviyenin üzerine çıktığında başta insanlar olmak üzere tüm canlılarda tehlike arz etmektedir (Gebeyehu ve Bayissa, 2020). Ağır metaller solunum, sindirim ve ciltle teması yoluyla insan vücuduna girebilmektedir (Rajaganapathy vd., 2011). Ağır metallerin insan vücuduna girmesinin çeşitli yolları vardır. Ağır metallerle kirlenmiş topraklarda yetişen bitkileri yiyerek, ağır metal kirliliği olan toprağın kazara doğrudan yutulması ya da kirlenmiş toprağın tozunun solunması şeklinde gerçekleşmektedir (Essien ve Hanson, 2014). Bazı ağır metaller insan vücudu tarafından eser miktarda alınsa bile toksik etkileri oldukça zararlı olabilmektedir (Jarup, 2003). Kirlenmiş toprakta yetiştirilen, kirli suyla sulanan, yüksek dozda inorganik gübreye maruz kalmış toprakta yetiştirilen meyvelerden beslenen insanların vücutlarında ağır metal birikimi oldukça yüksektir (Li vd., 2018). Yol kenarları, fabrika ve diğer endüstriyel ortamlar ağır metaller açısından zengindir. Bu ortamda yetişen meyveler yenmemelidir. Çünkü mineral bileşimleri yetişme ortamına, toprağa ve suya göre değişmektedir (Ivey ve Elman, 1986).

Ağır metaller, canlılarda çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonların sürdürülmesi için çok küçük miktarlarda vazgeçilmezlerdir, ancak belirtilen güvenli eşik seviyelerini aştıklarında zararlı etkiler oluşturabilirler (Jaishankar vd., 2014). Hücresel düzeyde, toksik metal zehirlenmesi, oksidatif fosforilasyon ve ATP sentezi üzerinde zararlı etkileri olabilir (Yan vd., 2017). Ağır metaller, insan kemik matrisinde ve yağ dokularında birikme eğilimine sahiptirler, bunun sonucunda merkezi sinir sisteminde rahatsızlıklara sebebiyet vermektedirler (İslam vd., 2017). İnsanların karaciğerinde ve böbreklerinde kronik ağır metal birikimi nedeniyle biyolojik sistemlerin bozulmasına neden olarak dolaşım, boşaltım, sinir ve iskelet sisteminde ciddi hastalıklara yol açabilmektedirler (Satarug vd., 2010).

Ağır metaller doğada her yerde bulunurlar ancak konsantrasyonları farklı bölgelerde değişiklik göstermektedir (Jarup, 2003). Ağır metaller bitki bünyelerine stomalar ve kökler vasıtasıyla girmektedir (Salt vd., 1995). Ağır metal alımı çoğunlukla kökler vasıtasıyla olur (Swartjes vd., 2007). Ağır metallerin alımı kök özelliklerine bağlıdır. Çünkü kökler ağır metal stresine ve kirlenmiş topraklara doğrudan maruz kalan ilk ve

en önemli organdır (Hossain vd., 2012). Kirlenmiş topraklarda yetişen bitkilerde büyük miktarda ağır metal bulunur, bu ağır metaller bitkinin büyümesini, enzimlerin aktivitesini ve bitki verimini etkileyebilmektedir (Zang vd., 2008). Bir kirleticinin varlığı diğer kirleticilerin aktivitesini artırabilmekte veya baskılayabilmektedir (Cao vd., 2009). Yapılan çalışmalar ışığında farklı ağır metallerin farklı bitkiler tarafından daha yoğun tutulduğu tespit edilmiştir (Erdem, 2018; Şevik vd., 2019; Türkyılmaz vd., 2018c). Buna ek olarak ağır metallerin aynı bitkinin farklı organları tarafından daha fazla absorbe edildiği tespit edilmiştir (Akarsu, 2019; Moss, 2018; Pınar, 2019; Salih, 2018). Bitkiye nüfuz eden ağır metallerin birikim derecesi organ bazında değişiklik göstermektedir (Mombo vd., 2015; Schreck vd., 2012; Shahid vd., 2017). Ağır metallerin bitkiye zararları ise kök gelişiminde gerileme ve fotosentez azalması şeklinde kendini göstermektedir (Zeng vd., 2012).

Ağır metal kirliliği ciddi çevresel tehditler oluşturmaktadır. Uzun vadeli birikim, yaygınlık ve geri döndürülemezlik özelliklerine sahiptir (Ali vd., 2013; Stylianou vd., 2020). Ekosistem üzerindeki etkilerini minimum seviyelere indirmek için ağır metallerle kirlenmiş alanların temizlenmesi gerekmektedir. Toprak iyileştirme yöntemleri temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak üçe ayrılmaktadır (Sarwar vd., 2017; Wei vd., 2020). Genel olarak fiziksel ve kimyasal yöntemler yüksek maliyetlidir ve ikincil bir kirlilik oluşturma olasılığına sahiptir (Salas-Moreno ve Morrugo- Negrete, 2017; Xin vd., 2020).

2.1 Çalışmada İncelenen Türler

2.1.1 *Prunus cerasifera* (Erik)

Eriklerin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de ticari önemi çok yüksektir. *Prunus cerasifera* Türkiye’ de yetişen erik türleri arasındadır (Davis, 1972).

Eriğin anavatanı Türkiye’nin de içinde bulunduğu Kafkasya ve Hazar çevresinden tüm dünyaya yayıldığı bilinmektedir. Erik Türkiye’de çeşitli eko-coğrafik bölgelerde yetişmektedir (Özbek, 1978).

Anadolu bazı erik türlerinin gen merkezi olması ve eriğin dünyaya dağılımında bir köprü vazifesi görmesiyle büyük bir öneme sahiptir (Schobinger,1988).

Prunus cerasifera, *Rosaceae* (Gülgiller) familyasının çok yıllık bir meyve bitkisidir. Ağaç 3-10 m yüksekliğe ulaşır, bazen dikenli veya dikensiz, çok dallı, odunsu bir çalıdır. Ekilmemiş alanlarda iyi yetişir. Hastalıklara, kuraklığa ve dona karşı dayanıklıdır. Yetişkin bir ağacın verimi 300 kg'a kadardır (Putkaradze vd., 2021).

Meyvelerin rengi sarı, kırmızı ve mor bazen de siyaha yakın olabilir (Joubert, 2013).

Erik türlerinin antioksidan içeriğinden dolayı insana birçok faydasının olduğu bilinmektedir (Kim vd., 2003).

Prunus cerasifera meyvelerinin genellikle lif ve antioksidan açısından zengin olduğu ve besin kaynağı açısından önemli bir rol oynadığı iyi bilinmektedir (Bandeira Reidel vd., 2017). Ancak hasat sonrası meyvenin direnci düşüktür (Priyankavd., 2021). *Prunus cerasifera* bitkisinin genel görünümü Fotoğraf 2.1'de verilmiştir.



Fotoğraf 2.1 *Prunus cerasifera* Meyveleri (URL-1, 2023)

2.1.2 *Prunus cerasus* (Vişne)

Prunus cerasus, *Rosaceae* (Gülgiller) familyasındandır. Tadı ekşi bir meyve türüdür. Anavatanı Anadolu ve Balkanlardır. Meyve ağağlarının boyu 5-7 m'yi bulmakta ve 4 yaşına geldiğinde meyve vermeye başlamaktadır (Kaftanoğlu, 2013).

4-5 yaşından 50 yaşına kadar mevsimi geldiğinde verim elde edilir. Yaşıyla orantılı olarak meyve bolluğu da fazla olmaktadır (URL-2, 2023).

Kiraz ağağlarına nazaran vişne ağağları soğuğa daha dayanıklıdır. Kumlu, killi veya kireçli topraklar yetiştirme ortamı açısından çok uygundur (URL-2, 2023).

Prunus cerasus sağlık açısından faydalı bileşikler içerir, kendine özgü tadıyla birçok insan tarafından sevilerek tüketilmektedir (Horuz. vd., 2017; Sumic vd., 2013).

Vişne göz sağlığına faydalıdır. A ve C vitamini açısından zengindir. Sinir sistemine iyi gelir. Dolaşım sistemi için faydalıdır. Kanser hücrelerinin büyümesini geriletir. Kolesterolü düzenler. Lif içeriğinden dolayı bağırsaklar için faydalıdır. Unutkanlığa iyi gelir (URL-2, 2023). *Prunus cerasus* bitkisinin genel görünümü Fotoğraf 2.2'de verilmiştir.



Fotoğraf 2.2 *Prunus cerasus* Meyveleri (URL-3, 2023)

2.1.3 *Prunus avium* (Kiraz)

Prunus avium Kuzey Akdeniz kıyıları, Güney Kafkasya, Hazar denizi ve Kuzeydoğu Anadolu’ da yetişmektedir (URL-4, 2023). Yabani kiraz Avrupa, Kuzey Afrika, Batı Asya ve Türkiye’ de doğal olarak bulunan bir ağaç türüdür (Russell, 2003).

Prunus avium, *Rosaceae* (Gülgiller) familyasına ait bir meyve türüdür. Meyveler işlenmeden tüketilebildiği gibi meyve suyu, reçel ve alkollü içecek olarak işlenerek de tüketilebilmektedir (Narwirska-Olszanska vd., 2017).

Prunus avium ılıman iklim seven bitkilerdendir (Crisosto vd., 2003).

Prunus avium kan basıncını düşürür. Vücut kitle indeksini kontrol eder, diyabet ve Alzheimer hastalığının önlenmesine yardımcı olur (Kent vd., 2016; Wu vd., 2014). *Prunus avium* bitkisinin genel görünümü Fotoğraf 2.3’de verilmiştir.



Fotoğraf 2.3 *Prunus avium* Meyveleri (URL-5, 2023)

2.1.4 *Tilia tomentosa* (Ihlamur)

Tilia tomentosa Güneydoğu Avrupa'dan gelmektedir. Ancak Avrupa ve Kuzey Amerika'da kendi doğal yayılım alanının dışında geniş çapta ekilmektedir (Madel, 1997; Pigott, 2012). Ülkemizde de Batı Karadeniz, Marmara çevresi, Doğu Karadeniz kesimlerinde yetişmektedir (Tamtürk, 2013).

Tilia tomentosa *Tiliaceae* (Ihlamurgiller) familyasına ait bir bitki türüdür (Saleh, 2018).

Tilia tomentosa sıcak iklim seven bir ağaç türüdür. Boyları yüksek seviyelere kadar ulaşmaktadır (Batır, 2019). Çiçeklerinin arılar için oldukça çekici olduğu bilinmektedir (Jablonski vd., 2000).

Tilia tomentosa dolaşımı düzenler, kansızlığa iyi gelir, İdrar söktürücüdür, sinirleri yumuşatır, gribe iyi gelir, balgam söktürücü ateş düşürücüdür. Kabızlığa fayda eder, baş ağrısını geçirir (Tamtürk, 2013). *Tilia tomentosa* bitkisinin genel görünümü Fotoğraf 2.4'de verilmiştir.



Fotoğraf 2.4 *Tilia tomentosa* Yaprakları (URL-6, 2023)

2.2 Çalışmaya Konu Olan Elementler

2.2.1 Sodyum (Na)

Yerkabuğunda yüksek konsantrasyonlarda ihtiva eden sodyum bitkiler tarafından Na^+ şeklinde alınmaktadır. Yetiştiricilik yapılan alanlarda sodyum içeriği %0,1-1 arasında değişiklik göstermektedir (Kacar ve Katkat, 2015). Sodyum hücre içindeki enzim aktivitesine etki ederek kış ve ilkbahar erken donlarına karşı bitkiyi korumaktadır (Okur, 2020). Fazlalığında toprağın yapısını değiştirerek hava ve su geçirgenliğini azaltarak toprak strüktürünü bozmaktadır. Toprak strüktürü bozulan alanda yetişen bitkilerin kök gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir (Kacar, 2012). Kök ve toprak üstü organların gelişiminde yavaşlamaya, çimlenme hızında düşüşe neden olmaktadır (Yerkin ve Temizel, 2018). Köklerde sodyum miktarının artmasıyla osmotik stres oluşmakta ve kullanılabilir su miktarı azalmaktadır. Buna fizyolojik kuraklık denilmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011; Dheebakaran vd., 2009). Bitkilerde tuzun neden olduğu zararlara genellikle sodyum sebep olmaktadır. Sodyumun fazlalığı magnezyum, kalsiyum ve potasyumun alımını da düşürmektedir (Güneş vd., 2007).

Yetişkin bir insan yaşamını sağlıklı bir şekilde idame ettirebilmesi için günlük 1500 mg sodyuma gereksinim duymaktadır (Bozkurt ve Koç, 2022). Aşırı sodyum tüketimi kalp hastalığı, kalp yetmezliği ve felç gibi hastalıklar için tehlike arz etmektedir (Muñoz vd., 2020). Tansiyon yüksekliğine sebep olmaktadır (Ganfinkle, 2017). Aşırı tüketimi kardiyovasküler hastalıkların dışında böbrek hastalıklarına, mide kanserine, kemiklerde mineral kaybına ve obeziteye neden olmaktadır (Sharif vd., 2018).

2.2.2 Kalsiyum (Ca)

Toprakta bulunan kalsiyum kaynakları kalsiyum içeren mineraller, kalkerli anamateryal ve organik maddelerdir (Çepel, 1988). Kalsiyum yerkabuğunda en fazla bulunan besin elementlerinden biri olup bitkiler tarafından Ca^{+2} formunda alınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2015). Kalsiyum bitkilerde fizyolojik olayları düzenleyen makro besin elementidir (Correia vd., 2020). Kalsiyum hücre bölünmesi ve membranların direncinde etkili bir faktördür (Fageria vd., 1997). Stomaların düzenli çalışmasında etkili olmaktadır (Kacar, 2012). Kalsiyumun odun borusunda

hareketin kısıtlı olması ve soymuk borusunda iletilmemesi sebebiyle meyveye ulaşmada ciddi sorunlar teşkil etmektedir. Bu sebepten ötürü suyun yokluğunda kalsiyum eksikliği görülmektedir (Michailidis vd., 2021). Meyvelerde hasat sonrası raf ömrünün artırılmasında önemlidir (Ağlar vd., 2020). Kalsiyum ağır metallerin toksik etkilerin azaltılmasında etkili olmaktadır (Kacar, 2012).

Kalsiyum eksikliğinde kök ve gövdede gelişim geriliği görülerek, mantar hastalıklarına karşı duyarlı hale gelmektedir (Kacar ve Katkat, 2015). Kalsiyumun noksan olduğu topraklarda yetişen bitkilerden az ürün elde edilir ve protein oranının eser miktarda olduğu gözlenmektedir. Kök ve sürgünlerde gelişim geriliği olmaktadır. Genç yapraklarda şekil bozukluğu görülerek doku ölümleri şeklinde kendini göstermektedir (Bolat ve Kara, 2017).

Kalsiyum insanlarda sinir sisteminin etkin bir şekilde çalışmasında, kas hareketlerinde, kanın pıhtılaşmasında, kemik ve diş sağlığında önemli olan bir elementtir. Eksikliğinde kemik erimesi, saç ve tırnaklarda kırılma, dişlerde çürüme, kas ağrısı, kramp ve hipertansiyon görülmektedir. Fazlalığında ise kireçlenme ve böbrek taşı oluşumu görülmektedir (Şahin, 2021).

2.2.3 Alüminyum (Al)

Alüminyum dünyada bulunan üçüncü en yaygın elementtir. Yerkabuğundaki miktarı %8 olan alüminyum bitkiler tarafından Al^{3+} formunda alınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2015; Okur, 2020). Bitki köklerinde hücre duvarının ve plazmanın morfolojisini bozarak kuraklık stresine yol açarak su alımını azaltır (Tomas vd., 2006). Alüminyum sadece bitkilerin morfolojisini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda sitotoksositeye neden olur (Campos ve Viccini, 2003).

Alüminyum insan vücuduna yiyeceklerle, içme suyuyla, mutfak eşyaları ve alüminyum içeren ilaçlar vasıtasıyla girmektedir (Nampoothiri vd., 2015). Alüminyum toksisitesi kusma, ağız ve ciltte yaralar, mide bulantısı, deri döküntüleri ve ishal şeklinde kendini gösterir (Clayton, 1989). Beynin farklı bölgelerinde değişikliğe neden olarak Alzheimer hastalığının başlamasına neden olabilir (Campbell, 2002). DSÖ'nün 1997'de yayınladığı rapora göre alüminyuma maruz kalan insanlarda Alzheimer

hastalığının endişe verici derecede arttığı gözlemlenmiştir. Alüminyumun sinir sistemi üzerine olumsuz etkisi çok yüksektir. Hafıza kayıplarına, koordinasyon ve denge eksikliklerine neden olmaktadır (Krewski vd., 2007).

2.2.4 Demir (Fe)

Demir yer kabuğunda %5 oranında bulunmakta ve bitkiler tarafından Fe^{2+} ve Fe^{3+} formunda alınmaktadır. Bitkiye yararlı olan demir miktarı ise toprakta %0,02-10 arasında değişmektedir. Genellikle %3,8 oranında bulunmaktadır (Kacar ve Katkat 2015). Demir bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından gerekli bir elementtir fakat az miktarda gereksinim duyulmaktadır (Özbek vd., 2001). Fotosentez, azot fiksasyonu, elektron aktarılması, klorofil ve protein sentezinde demir önemli bir elementtir. Eksikliğinde klorofil oluşumu azalır (Kacar, 2012). Genç yapraklarda damarlar arasında görülen sararmalar demir eksikliğinin belirtisidir. Bazen kahverengi doku ölümü şeklinde de kendini göstermektedir. Şiddetli durumlarda damarlarda sarı renge dönmektedir (Aktaş ve Ateş, 1998). Demir noksanlığı magnezyum noksanlığı ile karıştırılmaktadır. Demir noksanlığı genç yapraklarda görülürken magnezyum noksanlığı yaşlı yapraklarda kendini göstermektedir (Kacar ve Katkat, 2010).

Demir insana enerji verir, bağışıklık sistemini güçlendirir. Beyin sağlığı açısından önemlidir. Kasların güçlü olmasını sağlamaktadır. Uyku kalitesini artırmaktadır (Sahin 2021). Demir eksikliğinde vücutta kansızlık meydana geldiği bilinmektedir. Demir solunum sistemi açısından önemli olduğu için hemoglobin taşınımında bir aksaklık yaşanması durumunda oksijen translaşyonunda yavaşlama olduğu bilinmektedir. Eksikliği sonucu halsizlik, yorgunluk, baş dönmesi, saçlarda ve tırnaklarda kırılma, dökülme görülmektedir (Sahin, 2021).

2.2.5 Çinko (Zn)

Çinko toprakta silikat minerallerinde, oksitler şeklinde; kil minerallerinde tutulmuş olarak veya organik maddelerde bulunmaktadır (Kantarıcı, 2000). Yer kabuğunda yaklaşık 80 mg kg^{-1} miktarında bulunup, bitkiler tarafından Zn^{2+} formunda alınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2015). Çinko bitkide büyüme hormonlarının üretimi

için gerekli olan bir elementtir (Bosgelmez vd., 2001). Membranların bütünlüğünü sağlayarak bitkiyi fungal etkenlerden korumaktadır (Sparrow ve Graham, 1988).

Çinko noksanlığı kireçli ve bazik topraklarda görülmektedir (Gadrier ve Miller, 2008). Noksanlığında kök ve gövde arasındaki mesafeler kısalarak bodurlaşmaya sebebiyet vermektedir. Zamanla yapraklar daralarak rozetleşme başlamaktadır (Okur, 2020). Büyüme hormonları hasar görmekte, yaprakların damarları arasında sararmalar meydana gelmektedir. Yapraklar seyrekleşmekte, sürgünler zarar görerek tomurcuk sayısı azalmaktadır (Bosgelmez vd., 2001; Kacar ve Katkat, 2010; Plaster, 1992). Çinko toksisitesinde kökler olumsuz etkilenerek fosfor ve demirin alımı yavaşlamaktadır (Kacar ve Katkat, 2015; Okur, 2020). Çok nadirde olsa bitkilerde çinko zehirlenmesi meydana gelmektedir. Maden yataklarına yakın alanlarda yetişen bitkilerde görülmektedir. Kök ve yaprak gelişiminde çok büyük gerileme görülmektedir (Bosgelmez vd., 2001; Kacar ve Katkat, 2010).

İnsanlarda çinko büyüme ve gelişmede etkilidir. Yaraların iyileşmesini sağlamakta, vücuttaki iltihabı gidermektedir. Üreme fonksiyonların gelişimi için gerekli olmaktadır. Eksikliğinde çocuklarda büyüme ve gelişmede gerileme, yetişkinlerde bağışıklık sisteminde yavaşlama, üreme sisteminde sıkıntılar, halsizlik, dikkat eksikliği, saç dökülmesi ve daha birçok hastalık görülmektedir (Sahin, 2021).

2.2.6 Fosfor (P)

Toprakta bulunan fosforun kaynağı apatit mineralleridir (Çepel, 1996). Fosfor toprakta 0,3 ile 3 mg kg⁻¹ oranında bulunup, bitkiler tarafından H₂PO₄⁺ ve HPO₄²⁻ formunda alınmaktadır. Bitki gelişiminin ilk safhalarında fosforun önemi artmaktadır (Kacar, 2012). Fosfor ülkemizde en çok eksikliği görülen bitki besin elementidir. Bitkinin hayati olaylarında gerekli olan makro besin elementlerinden biridir. Bitkinin büyümesinde, enerjinin taşınmasında, enzimatik reaksiyonların gerçekleşmesinde etkili olmaktadır (Brady ve Weil, 1999). Potasyumun bitkiler tarafından etkin bir şekilde alınmasını düzenleyerek, bitkiyi hastalıklara karşı korumaktadır. Köklerden suyun alınmasını sağlayarak suyun gerekli şekilde kullanılmasında yardımcı olmaktadır (McCauley vd., 2009).

Bitkilerde fosfor fazlalığı çok rastlanan bir durum olmamaktadır. Fazla olması durumunda çinko, demir, kalsiyum, bakır, bor ve mangan gibi elementlerin alınımında eksiklikler meydana gelmektedir (Aktaş ve Ateş, 1998). Noksanlığında ise yaprak ve gövde boyu küçülmektedir. Yaprak sayısı azalarak bitki narin bir görünüm elde etmektedir (Kacar, 2012).

İnsan vücudunda kemik ve dişlerde bulunan fosfor, kalsiyumdan sonra vücutta en çok bulunan mineraldir. Hücredeki DNA ve RNA'nın yapısında bulunmaktadır. Fosfor kemiklerin ve dişlerin güçlü olmasını sağlamaktadır. Hücrelerdeki enerjisel olayları düzenlemektedir. Fosforun düzgün bir şekilde fayda sağlayabilmesi için kalsiyum ve D vitaminine ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Eksikliğinde kemik ve dişlerde ağrı, kaslarda zayıflık, halsizlik ve kalp hastalığı görülmektedir (Sahin, 2021).

2.2.7 Arsenik (As)

Arsenik yeryüzünde serbest veya diğer metallere bağlı şekilde bulunan bir element olup endüstriyel faaliyetlerde çok kullanılan bir kirletici metaldir (Rağbetli, 2009).

Arsenik bileşikleri suda kolayca çözündüğünden insanların arseniğe maruz kalmasının ana nedenlerinden biri içme sularıdır (Flora, 2015). Arsenik insan vücuduna gıda, hava ve içme suyu vasıtasıyla girmektedir (Borak ve Hasgood, 2007). Arsenik vücutta birikme eğilimi gösterir. Vücudun akciğer, dalak, böbrekler ve karaciğer gibi organlarında birikir. Fakat cilt, tırnak, saç arseniğin daha uzun süre biriktiği yerlerdir (Thomas, 2007). İnsanlarda zehirlenmeye sebebiyet verdiğiinden önemli bir risk faktörüdür (Kumari vd. 2017). Arsenik gebe kadınlarda doğumun gecikmesine neden olur (Vahter, 2009). IARC tarafından insanlar için kansorejen olarak kabul edilmiştir. Arseniğe maruz kalma sonucunda en kötü sağlık problemi akciğer kanseri olarak kendini göstermektedir (Arain vd., 2009).

Arsenik bileşikleri bitkilerde ise köklerde birikerek nitrojen asimilasyonu ile ilgili enzimlerle reaksiyona girerek nitrat ve nitrit verimliliğini azaltır (Jha ve Dubay, 2004).

2.2.8 Bor (B)

Bor mikro elementler içinde ametal olan tek elementtir. Bor toprakta boratlar halinde veya organik maddeye bağlı halde bulunmaktadır (Demirtas, 2005). Toprakta 20 ile 200 mg kg⁻¹ arasında değişen miktarda bulunan bor bitkiler tarafından BO₃³⁻ ve B₄O₇²⁻ formlarında alınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2015).

Türkiye, dünyadaki bor rezervlerinin %72'sine sahiptir. (Buluttekin, 2008). Ülkemizde sulama sularını en çok kirleten elementin bor olduğu bilinmektedir (Bilici Başkan ve Atalay, 2014).

Asitli ve kumlu topraklarda, yağışın çok olduğu ve sulamanın sık yapıldığı alanlarda bor topraktan yıkanmaktadır (Reid ve Fitzpatrick, 2009). Yıkanmanın çok olduğu alanlarda organik madde miktarı da azsa noksanlığı çok ciddi boyutlara ulaşmaktadır (Chen vd., 2009). Bor elementinin bitkilerdeki noksanlığı genel olarak gelişim geriliği şeklinde kendini göstermektedir. Bitkilerin su alım düzenini bozmaktadır. Yapraklarda karbonhidrat birikmesine sebep olmaktadır. Bor zararı karakteristik olarak uç yapraklarda, olgun yaprakların damar aralarında sararmalar ve doku ölümleri şeklinde kendini göstermektedir (Demirtas, 2005). Hücre duvarı ve membran stabilitesi bozulmaktadır. Köklerin büyümesinde artış meydana gelmektedir. Çiçeklenmede azalmaya ve çiçeklerde erken dökülmeye sebep olmaktadır. Baklagillerin köklerinde nodul oluşumunda azalma görülmektedir (Günes vd., 2017). Bitkilerde bor eksikliği kadar fazlalığı da tehlike arz etmektedir. Borun bitkiler için faydalı ve zararlı miktarı arasında çok dar bir sınır vardır. Fazlalığında yaşlı yapraklarda ve köklerde ölümler meydana gelmektedir (Demirtas, 2005). Toksisitesinde yapraklarda doku ölümleri görülmekte ve vaktinden önce dökülme meydana gelmektedir (Cicek vd., 2022).

DSÖ verilerine göre alınması gereken bor miktarının yaklaşık olarak 1,2 mg'ı besin maddeleri ile 0,2-0,6 mg'ı ise içme suyuyla insan vücuduna alınmaktadır (Sarı ve Soysal, 2021). Borun insan vücudunda kemik gelişimi, hormon ve mineral metabolizmasının düzenlenmesi, bağışıklık sisteminin düzenli çalışması ve yaraların iyileşmesinde olumlu etkileri mevcuttur (Abdik vd., 2019). Borun bazı kanser türlerine

karşı koruyucu olduğu yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. Yeterli bor alınının prostat kanserine karşı koruduğu bilinmektedir (Sahin, 2021).

2.2.9 Kobalt (Co)

Kobalt, saf, parlak ve kırılgandır. Demir ve nikel benzeyen bir metaldir (Seven vd., 2018). Doğada yaygın bir şekilde bulunmaktadır ve litosfer katmanının %0,001'ini oluşturmaktadır. Kobaltın saf olarak kullanım alanı çok dardır. Bu yüzden endüstriyel faaliyetlerde alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Roket üretim faaliyetlerinde ve elektronik cihazların bataryalarında bulunmaktadır (Okudan, 2009). Topraktaki oranı 1-70 mg kg⁻¹ oranında değişen kobalt bitkiler tarafından Co³⁺ formunda alınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2015). Bitkiler için mutlak gerekli değildir. Fakat toprak mikroorganizmaları için gereklidir (Günes vd., 2007). Kobalt insanlar, hayvanlar ve prokaryotlar için gereklidir. Fakat bitkiler için önemi tam anlamıyla bilinmemektedir (Khan ve Khan, 2010). Ancak düşük dozda bitkiye verilen kobalt, verimi yükselttiği görülmüştür (Jayakumar vd., 2008). Yüksek miktarda kobalta maruz kalan bitkilerde toksik etki göstererek fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonlara müdahalede bulunarak verimi düşürmektedir (Yerli vd., 2020).

Kobalt insan vücudunda yaklaşık olarak 1,1 mg kg⁻¹ oranındadır. Çoğunlukla kasların, kemiklerin ve dokuların yapısında bulunmaktadır. B vitamininin yapısında %4 oranında bulunmaktadır. Fazlalığında akciğer ve kalpte sıkıntılara yol açmakta, kan şekeri ve kolesterolü yükseltmekte, kanser ve kısırlık gibi hastalıklara neden olmaktadır (Adiloğlu ve Sağlam, 2015). Doğada partikül halinde bulunan kobalt vücuda fazla alındıktan sonra kobalt zehirlenmesi meydana gelmektedir. Uzun süreli maruziyet sonucunda bronşite ve alerjik reaksiyona sebebiyet vermektedir (Seven vd., 2018).

2.2.10 Bakır (Cu)

Yerkabuğundaki miktarı 1-50 mg kg⁻¹ civarında olan bakır bitkiler tarafından Cu⁺ ve Cu²⁺ formunda alınmaktadır (Kacar ve Katkat 2015). Bakır bitkiye yararlı olan temel 8 mikro besin elementlerinden biridir (Nazir vd., 2019). Birçok proteinin yapısında bulunur. Hücre duvarı metabolizmasında, fotosentetik olaylarda, mitokondriyal

solunum yapmada görev almaktadır (Nazir vd., 2019; Zhang vd., 2019a). Klorofil üretimi, protein sentezi ve solunum için gerekli olan bir elementtir (Bosgelmez vd., 2001). Bakır elementi oksidasyon ve redüksiyon tepkimelerinde gerekli olan enzimlerin yapısında bulunmaktadır (Adalı vd., 2019).

Mikro besin elementi olduğu için fazlalık durumunda bitkilerde toksik etkilere neden olmaktadır. Fazlalık durumunda büyüme ve gelişmede gerileme görülmektedir. Kök büyümesi ve yaprak genişlemesini azaltmaktadır (Lillo vd., 2019; Zhang vd., 2019). Eksikliği durumunda ise yapraklarda sararma ve renk değişikliği görülmektedir. Büyüme ve gelişmede azalma olmaktadır (Kafkasyalı, 2021).

Bakır bütün canlılar için gerekli olan bir besin elementidir. Fakat fazlalığı bitkilerde ve hayvanlarda toksik etkilere neden olmaktadır. İnsanlarda kronik bakır zehirlenmesi pek rastlanan bir durum olmamaktadır (Sönmez vd., 2006). İnsanlarda bakır eksikliğinde epilepsi, MS hastalığı, deri ve saçlarda renk açılmaları görülmektedir. Fazlaca alınan bakır toksik etki yaratıp damar, karaciğer ve böbrek hastalıklarına sebep olabilmektedir (Güneş, 2014). Depresyon, distoni, psikolojik ataklar, uyku sorunları ve titreme gibi çeşitli nörolojik sıkıntılara sebep olmaktadır (Czlonkowska vd., 2008).

2.2.11 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyumun aşırı birikimine endüstriyel faaliyetler, inorganik gübreler, kanalizasyon atıkları ve atmosferik depozitler neden olmaktadır (Asri ve Sönmez, 2007). Kadmiyum toprakta, havada ve yiyeceklerde bulunan bir metaldir. Sigara, batarya, boya maddeleri gibi endüstriyel malzemeler kadmiyum içermektedir (URL-7, 2023).

Bitkilerde kadmiyum konsantrasyonu stomaların sistematik olarak açılıp kapanmasını engelleyerek su dengesini bozar, toksisite hücre zarının geçirgenliğine zarar verir (Kovalchuk vd., 2001). Kadmiyum aynı zamanda klorofil ve protein içeriğini azaltır. Absisik asit ve prolin miktarını artırarak bitkinin gelişimini geciktirir (Zengin ve Muzuroğlu, 2006).

Kadmiyum yutma ve soluma ile insan vücuduna girerek sonsuza kadar vücutta kalmaktadır (Castagretto vd., 2002). Sigara içenlerde kadmiyumun vücuda girişinin

ana nedeni sigaradır. İçmeyenlerde ise yiyeceklerle birlikte girer (Adams vd., 2011). Kadmiyum gıdalarda ve doğal sularda esansiyel olmayan bir element olup özellikle böbreklerde ve karaciğerde birikmeye sebebiyet vermektedir (Divrikli vd., 2006). Kadmiyum en yüksek kansorejenlerden biridir. Anemi, amfizem, osteoporoz, böbrek hasarı, anozmi, kronik rinit, prostat ve pankreas kanserine neden olmaktadır (Shimada vd., 2008). Kandaki yüksek Cd düzeyi kemik mineral yoğunluğunu azaltabilir; bu konuda kadınlar daha hassastır (Peng vd., 2017). Kadmiyuma uzun süreli hücre maruziyetinde, normal hücrenin kötü huylu hücreye dönüşümüne, ayrıca etkileşimde bulunan DNA'nın bağlanma kapasitesinin azalmasına, hücresel biyosentezin bozulmasına neden olmakta ve oksidatif hasar sonucunda hücrenin ölümüne neden olmaktadır (Ravindran ve Chakrabarty, 2017). Vücutta Pb ve Cd'nin birikmesi iskelet hasarına, kansere, üreme yetersizliğine, beyin hasarına böbrek fonksiyonlarının bozulmasına ve zehirlenmeye neden olabilmektedir (Adegbola vd., 2015). Gıdalardaki aşırı Pb ve Cd içeriği karsinogenez, terotagenez ve multajenezin yanı sıra çeşitli hastalıklarla ilişkilidir (Stenland ve Boffetta, 2000).

2.2.12 Kurşun (Pb)

Kurşun doğada fazlaca bulunan endüstriyel faaliyetlerin yüksek olduğu toplumlarda maruziyet oranının yüksek seviyelere çıktığı bilinmektedir (Yapıcı vd., 2002).

Kurşun bitkiler için en toksik metallere biridir (Uzu vd., 2010). Kurşunun toksik etkisinin boyutu bitkinin türüne, maruz kalma süresine, kurşunun dozuna ve etkilediği organa bağlıdır (Singh vd., 2010). Bitkiler için esansiyel olmayan bir elementtir ve emildikten sonra özellikle yapraklar ve köklerin çeşitli kısımlarında birikir (Varalakshmi ve Ganeshamurthy, 2012).

Kurşun insan vücuduna hem soluma yoluyla hem de gıda yoluyla girmektedir (Nekeety vd., 2009). Kurşun hücrelerdeki antioksidanların azalması yoluyla toksisiteye neden olmaktadır (Erçal vd., 2001). Çoğunlukla kemiklerde ve yumuşak dokularda depolanmaktadır (Hambach vd., 2013). Araçlarda fren aşınmasından ve kurşunlu benzinin uzun yıllar kullanımından dolayı kurşun birikimi oldukça fazladır (Zhou vd., 2016). Yüksek miktarda vücuda kurşun alımı yorgunluk, uykusuzluk, iştah

kaybı, baş dönmesi, hipertansiyon, karın ağrısı ve boşaltım sisteminde bozukluğa neden olabileceği bilinmektedir (Jaishankar vd., 2014). Erkeklerde sperm sayısında azlığa ve hareketsizliğe neden olmaktadır (Wirth ve Mijal, 2010). Hamile kadınlarda anne karnında bulunan fazla kurşun plasentaya geçerek bebekte düşük IQ seviyesine ve nörolojik anomalilere neden olabilmektedir (Cunninghom, 2004).

2.2.13 Nikel (Ni)

Toprakta 0,2-450 mg kg⁻¹ arasında bulunan nikel, bitkiler tarafından Ni²⁺ formunda alınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2015). Nikel elementi bitkinin büyüme ve gelişmesi için belli bir miktarda da olsa gereklidir (Bolat ve Kara, 2017). Yüksek miktarda nikel bulunan topraklarda yetişen bitkilerde ise nikel toksisitesi görülebilmektedir. Bu nedenle kalsiyum ve potasyum içeren gübrelerin kullanımı toprağın toksik etkisini azaltmaktadır (Kaçar ve Katkat, 2010; Kantarcı, 2000). Nikelin fazlalığı çeşitli fizyolojik değişikliklere, nekroz ve kloroz gibi çeşitli semptomlara neden olmaktadır (Pandey ve Sharma, 2002). Kök büyüme geriliği yaygın görülen semptomlardandır (Alam vd., 2007).

Fosil yakıt yakma, araç emisyonları, madencilik, eritme, elektrokaplama gibi insan faaliyetleri nikelin çevreye salınımını artırmaktadır (Salt vd., 2000). Metal kirleticiler listesinde 23'üncü sırada yer almaktadır. İnsan sağlığı açısından büyük endişeleri bulunmaktadır (Duda-Chadok ve Blaszczyk, 2008).

Nikel gıda maddeleri ile birlikte solunum ve ciltle teması yoluyla insan vücuduna girmektedir (Kasprzak vd., 2003). 2008 yılında nikel alerjiye neden olan madde olarak adlandırılmıştır. Bunun neden olduğu alerji sıklığı her geçen gün giderek artmaktadır (Gillette, 2008). Nikelin ana biriktirici organları beyin, akciğer, karaciğer, kemikler, böbrekler ve endokrin bezleridir (Morris ve Cronin, 2005). Nikel ciltte döküntüye ve alerjik reaksiyonlara neden olmaktadır. Kadınlar erkeklere göre daha hassastır (Szczepanick, 2004).

2.2.14 Krom (Cr)

Topraktaki mikroorganizmalar için oldukça zehirli olup endüstride sık kullanılan bir ağır metaldir (Apte vd., 2006). Yoğun kroma maruz kalan topraktaki mikroorganizmaların enzim aktivitesi düşmektedir (Dotaniye vd., 2017).

Krom suda Cr (III) ve Cr (VI) formlarında bulunmaktadır (Paiva vd., 2009). İki formu da bitkiler tarafından alınmaktadır (Vajpayee vd., 2000). Krom bitki bünyesine girdikten sonra büyümede azalmaya, sararmaya, membran hasarlarına, antioksidant aktivitesinde değişikliklere neden olmaktadır (Dazy vd., 2008; Ganesh vd., 2008). Krom fotosentez hızını azaltmaktadır (Clijsters ve Assche, 1985). Bitkilerde krom toksisitesinin bazı yaygın belirtileri, yoğun mor renk oluşumu, kloroz, nekroz şeklinde kendini göstermektedir (Samantaray vd., 1998).

Krom IARC tarafından birinci sınıf kansorejen olarak derecelenmektedir (URL-9, 2023). Kromun toksisiteye neden olduğu organlar deri ve akciğerlerdir. Boşaltım sistemi ve solunum sistemi organlarına da hasarı büyüktür (Costa, 1997). Bazı kişiler krom bileşiklerine karşı aşırı duyarlıdır. Bu tür kişilerde ciddi alerjilere neden olur. Kromun içme suyuyla yutulması midede tümöre kazara veya kasıtlı olarak yüksek dozda krom alınması kardiyovasküler sistemde, sindirim, boşaltım ve solunum organlarında ciddi komplikasyonlara neden olur (Rehman vd., 2021). Krom ile kontamine olmuş yiyeceklerin aşırı tüketimi mide rahatsızlığına, deri döküntülerine, akciğer kanserine, karaciğer ve böbrek hasarına sebep olabilmektedir (Ghani, 2011).

2.2.15 Manganez (Mn)

Manganez (Mn), toprak su ve kayalarda doğal olarak bulunan gri-beyaz renkte, sert ve kırılgan yapıda olan yer kabuğunun 0.1'ini oluşturan bir elementtir (URL-8, 2023). Manganez çelik, pil, kibrit, havai fişek yapımında, seramik ve cam sanayisinde zirai ilaç, inorganik gübre ve hayvan yemi üretiminde kullanılmaktadır (Azcona-Cruz vd., 2000).

Manganez, geniş bir varlığa sahiptir gerektiğinde tüm canlılar için eşit derecede önemlidir. Normal yaşam için gerekli bir besin maddesi olarak kabul edilir (Michalke

ve Fernsebner, 2014). İnsan vücudunda kemiklerin ve beynin gelişimi, cinsiyet uyumu, protein metabolizması gibi birçok rolü vardır. Vücuda gıda, su ve hava yoluyla girmektedir (Dobson vd., 2004). Ancak aşırı varlığı çeşitli gelişimlere neden olmaktadır. Hafıza bozuklukları, uyku bozuklukları, sinir hastalıkları, nörolojik komplikasyonlar gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Sankar vd., 2014). Sinir sistemi ve solunum sistemine zarar vererek yorgunluğa, halsizliğe, halüsinasyon görmeye, hafıza kayıplarına, bronşite ve akciğer embolisine sebep olmaktadır (Çetin ve Çobanoğlu, 2019). Manganezin aşırı varlığı vücuttaki demire müdahale ederek seviyesini düşürmektedir. Sonuç olarak anemi, nörotransmitter metabolizmasında bozukluklar meydana gelmektedir (Garcia vd., 2006). Aşırı mangan kalp fonksiyonlarında gecikmeye neden olarak kolesterol seviyesini değiştirmektedir (Jiang ve Zheng, 2005).

Mangana maruz kalma durumunda zarar görüp, görülmeceğinde birçok faktör etkilidir. Bu faktörler ağır metalin dozu, maruz kalma süresi ve nasıl temas edildiği ile ilgilidir. Ayrıca maruz kalınan diğer kimyasallar, yaş, cinsiyet, aile özellikleri, yaşam tarzı ve sağlık durumu göz önünde bulundurulmalıdır (URL-8, 2023).

Mangan bitkiler tarafından Mn^{2+} formunda alınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2015). Manganezin aşırı varlığında bitkiye zararı ise, bitki taşıma sistemi aracılığıyla kökten sürgün ve yapraklara kolay ve hızlı bir şekilde taşınır. Mn toksisitesinin yaygın belirtileri yapraklarda ve yaprak saplarında kahverengi lekeler, sararma ve nekrozdur (Führs vd., 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışma Ankara ili Keçiören ilçesinde yoğun olarak yetiştirilen ve hem peyzaj amaçlı kullanılan hem de gıda olarak tüketilen odunsu yapıdaki türlerden *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa* üzerinde yürütülmüştür. Bugüne kadar gıda olarak tüketilen çeşitli bitkiler üzerinde ağır metal birikimi konusunda çalışmalar yapılmış olmakla birlikte bu çalışmalar genellikle ya tek yıllık bitkiler ya da bir vejetasyon boyunca ağır metal kirliliğine maruz kalan bitkiler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmaya konu edilen bitkilerin meyveleri ise çiçeklenmeden itibaren sadece birkaç ay içerisinde olgunlaşmakta ve gıda olarak tüketilmekte, dolayısıyla meyveler havadaki ağır metal kirliliğine kısa süre maruz kalmaktadır. Çalışmaya konu bitkiler bu sebeple seçilmiştir. Çalışmanın ana amacı, çalışmaya konu olan türlerde ağır metal konsantrasyonunun organ bazında değişiminin incelenmesidir. Çalışma kapsamında kent merkezinde trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yol kenarında yetişen ağaçlardan meyvelerin olgunlaştığı haziran ayı sonunda, üzerinde meyve bulunan dallar kesilerek numuneler alınmıştır. Alınan dal örnekleri laboratuvarda yaprak, dal, kabuk, odun, tohum ve meyve şeklinde organlarına ayrılmış ve elde edilen örnekler 15 gün oda kurusu haline gelene kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen örnekler etüvde 50°C’de 7 gün boyunca her gün karıştırılarak kurutulmuştur.

3.2 Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Kurutulan örnekler öğütülerek toz haline getirilmiş ve 0,5 g tartılarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuştur. Üzerine 10 mL %65’lik HNO₃ ilave edilen örnekler mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180°C’de 20 dakika yakılmıştır. Tüpler işlemler tamamlandıktan sonra mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmış, soğuyan örnekler üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler filtre kağıdından süzildükten sonra ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur. Söz konusu yöntem bitkilerde ağır metallerin belirlenmesinde çok sayıda çalışmada kullanılan bir yöntemdir (Çetin vd., 2020; Sevik

vd., 2019). Ağır metal analizlerinin yapıldığı ICP-OES cihazının genel görünümü Fotoğraf 3.1’de verilmiştir.



Fotoğraf 3.1 ICP-OES cihazının genel görünümü (Ozel, 2019)

3.3 İstatistiki Analizler

Elde edilen veriler düzenlenerek SPSS paket programı yardımıyla Varyans analizi uygulanarak istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde ($P < 0,05$) anlamlı farklılıklar bulunan faktörler için Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır. Verilerin daha kolay anlaşılması için Excel programı vasıtasıyla grafikler oluşturulmuştur.

4. BULGULAR

4.1 Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

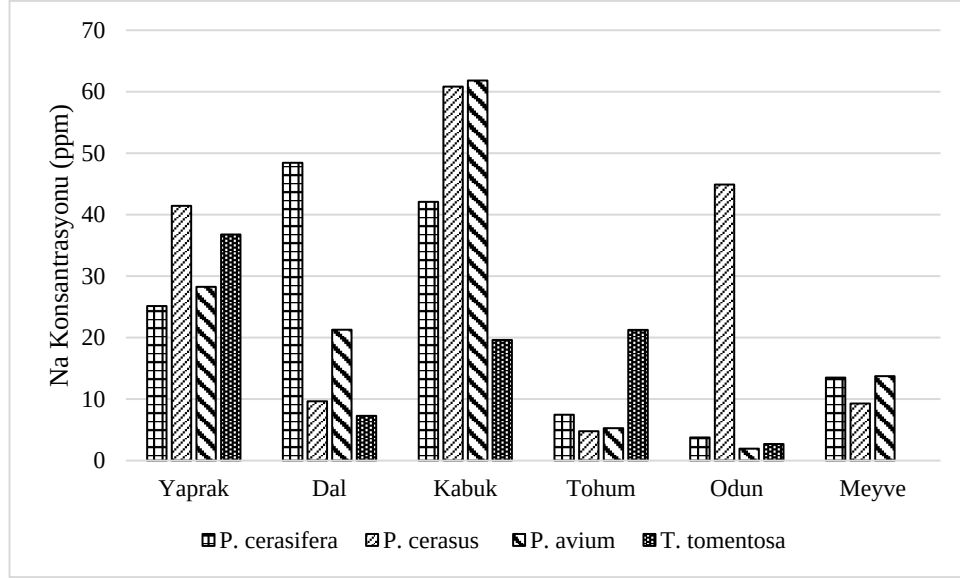
Na konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus Cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	172,55 ^{Da}	123,59 ^{Aa}	167,38 ^{Cb}	146,33 ^{Bb}	1237,50 ^{***}
Dal	302,51 ^{Bd}	165,68 ^{Ab}	832,97 ^{Cf}	1119,61 ^{Dd}	25210,64 ^{***}
Kabuk	319,84 ^{De}	230,69 ^{Be}	248,35 ^{Cd}	204,32 ^{Ac}	1832,28 ^{***}
Tohum	204,74 ^{Cb}	201,29 ^{Cd}	144,13 ^{Ba}	138,90 ^{Ab}	736,27 ^{***}
Odun	218,95 ^{Cc}	176,86 ^{Bc}	322,72 ^{De}	112,63 ^{Aa}	8881,85 ^{***}
Meyve	471,79 ^{Bf}	919,98 ^{Cf}	239,70 ^{Ac}		8135,54 ^{***}
F Değ.	6871,82 ^{***}	13549,05 ^{***}	34081,29 ^{***}	31281,21 ^{***}	

Tablolardaki büyük harfler yatay, küçük harfler dikey değerlerin Duncan testi sonucu yer aldığı homojen grubu göstermektedir. Ayrıca ns: $p>0,05$; *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ***: $p<0,001$

Varyans analizi sonucunda Na konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera* ve *Prunus cerasus*’da en düşük değerler yaprakta gözlemlenirken, *Prunus avium*’da tohumda, *Tilia tomentosa*’da odunda gözlemlenmiştir. *Prunus cerasifera* ve *Prunus cerasus*’da en yüksek değer meyvede gözlemlenirken, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*’da en yüksek değer dallarda gözlemlenmiştir. Na konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

4.2 Ca (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

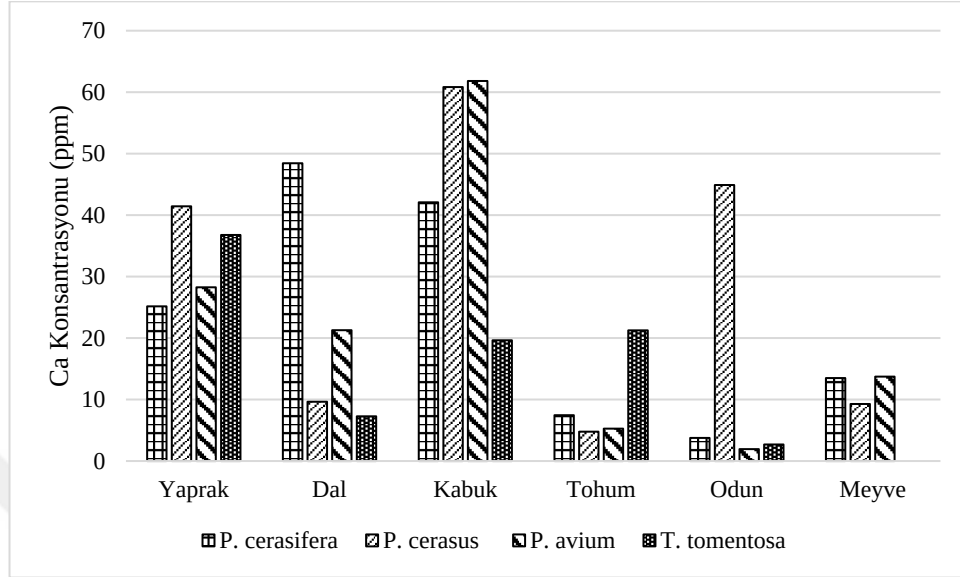
Ca konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Ca (ppm) Elementini Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	2859,76 ^{Ac}	2884,76 ^{Cd}	2890,43 ^{De}	2860,77 ^{Bb}	4358,37 ^{***}
Dal	2898,31 ^{Bd}	2905,74 ^{De}	2874,62 ^{Ad}	2899,35 ^{Cd}	2866,06 ^{***}
Kabuk	2864,22 ^{Cc}	2882,26 ^{Dd}	2862,52 ^{Bc}	2861,75 ^{Ab}	3215,69 ^{***}
Tohum	1641,70 ^{Ca}	759,82 ^{Aa}	872,03 ^{Ba}	2889,51 ^{Dc}	25938,93 ^{***}
Odun	2926,49 ^{De}	2860,80 ^{Bc}	1505,52 ^{Ab}	2774,80 ^{Ca}	19189,02 ^{***}
Meyve	2838,21 ^{Bb}	2529,60 ^{Ab}	2859,58 ^{Cc}		1276,23 ^{***}
F Değeri	10403,53 ^{***}	53734,62 ^{***}	97739,04 ^{***}	251,95 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Ca konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus* ve *Prunus avium*’da en düşük değer tohumda gözlemlenirken, *Tilia tomentosa*’da odunda gözlemlenmiştir. *Tilia tomentosa* ve *Prunus cerasus*’da en yüksek değerler dallarda gözlemlenirken,

Prunus cerasifera'da odunda *Prunus avium*'da yaprakta gözlemlenmiştir. Ca (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 Ca (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

4.3 Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

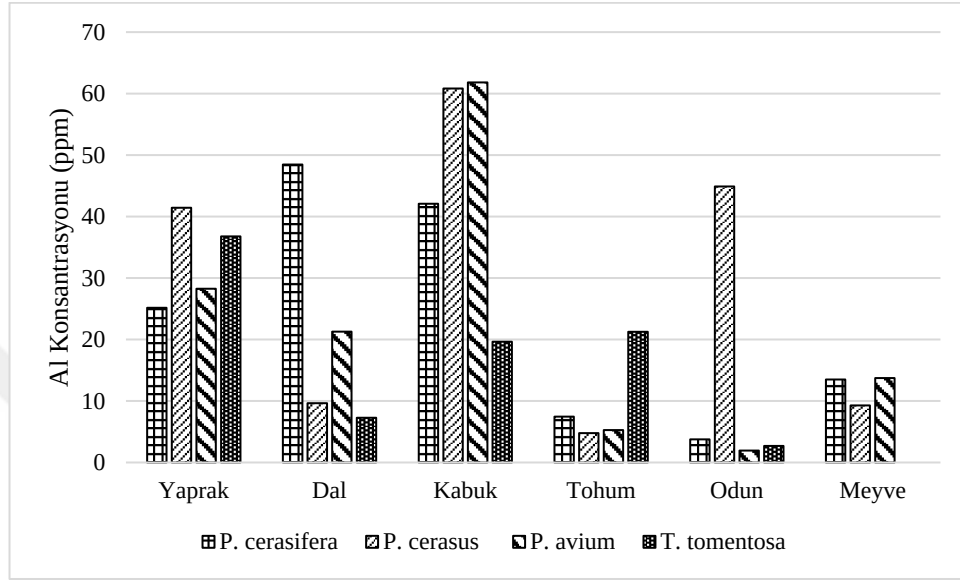
Al konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	91,76 ^{Ce}	64,50 ^{Bd}	61,14 ^{Ad}	117,08 ^{Dd}	109600,13***
Dal	26,63 ^{Ac}	47,23 ^{Bc}	74,19 ^{Ce}	130,07 ^{De}	127678,16***
Kabuk	112,00 ^{Cf}	238,71 ^{Df}	84,62 ^{Bf}	71,64 ^{Ac}	77210,92***
Tohum	22,23 ^{Cb}	10,02 ^{Aa}	11,06 ^{Bb}	28,03 ^{Db}	6368,05***
Odun	13,40 ^{Ba}	180,40 ^{Ce}	8,05 ^{Aa}	7,73 ^{Aa}	478566,82***
Meyve	50,65 ^{Cd}	28,68 ^{Ab}	36,59 ^{Bc}		5360,26***
F Değeri	100870,88***	154434,44***	59980,23***	416286,70***	

Varyans analizi sonucunda Al konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da en

düşük değer odunda gözlemlenmiştir, *Prunus cerasus*'da tohumda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus* ve *Prunus avium*'da kabukta gözlemlenirken, *Tilia tomentosa*'da dalda gözlemlenmiştir. Al (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3 Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

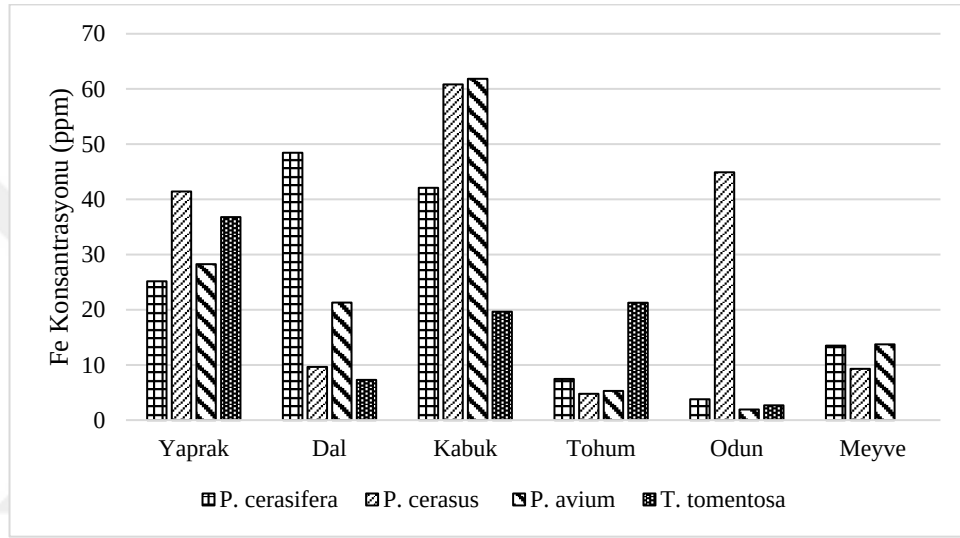
4.4 Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Fe konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4 Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	Prunus cerasifera	Prunus cerasus	Prunus avium	Tilia tomentosa	F Değeri
Yaprak	100,94 ^{Cd}	68,90 ^{Ac}	71,67 ^{Bd}	138,69 ^{Dd}	7296,75 ^{***}
Dal	31,21 ^{Bb}	20,12 ^{Ab}	54,54 ^{Cc}	162,53 ^{De}	239557,01 ^{***}
Kabuk	124,84 ^{Cf}	203,58 ^{De}	75,29 ^{Be}	70,68 ^{Ac}	19579,61 ^{***}
Tohum	44,35 ^{Cc}	13,64 ^{Aa}	17,98 ^{Ab}	37,51 ^{Bb}	54,23 ^{***}
Odun	8,68 ^{Aa}	226,02 ^{Df}	12,01 ^{Ba}	17,89 ^{Ca}	743154,88 ^{***}
Meyve	112,71 ^{Ce}	96,93 ^{Bd}	88,55 ^{Af}		3413,71 ^{***}
F Değeri	935,03 ^{***}	25182,68 ^{***}	30638,54 ^{***}	26549,89 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Fe konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da en düşük değer odunda gözlemlenirken *Prunus cerasus*'da tohumda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera*'da kabukta, *Prunus cerasus*'da odunda, *Prunus avium*'da meyvede ve *Tilia tomentosa*'da dalda gözlemlenmiştir. Fe (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4 Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

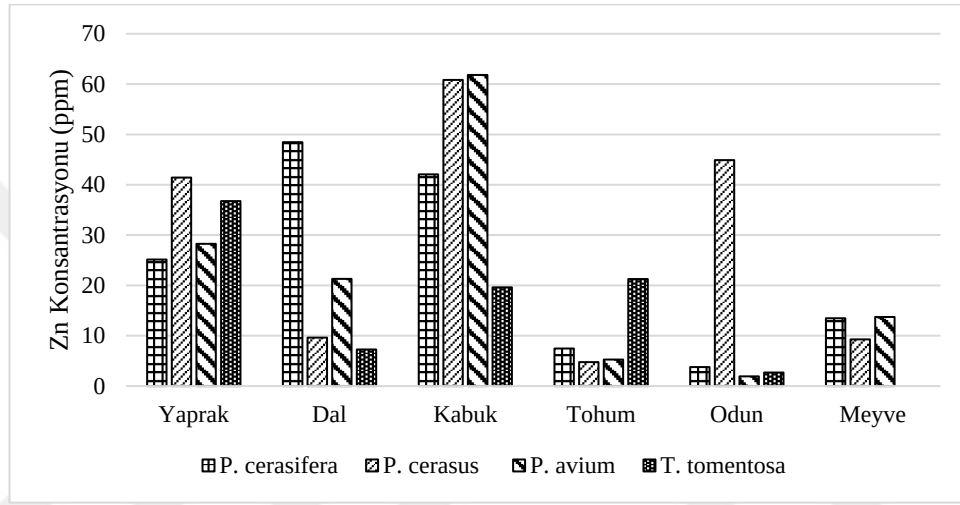
4.5 Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Zn konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	16,70 ^{Ce}	12,75 ^{Ad}	15,25 ^{Bd}	25,21 ^{Dd}	16677,66***
Dal	15,46 ^{Cd}	7,19 ^{Ab}	40,96 ^{Df}	14,36 ^{Bb}	107787,43***
Kabuk	45,92 ^{Af}	35,61 ^{Af}	23,27 ^{Be}	37,21 ^{Ce}	5676,00***
Tohum	8,50 ^{Ca}	2,41 ^{Aa}	6,24 ^{Ba}	21,19 ^{Dc}	13101,72***
Odun	14,95 ^{Cc}	22,38 ^{De}	8,20 ^{Bb}	4,22 ^{Aa}	4682,06***
Meyve	11,41 ^{Cb}	8,89 ^{Ac}	11,09 ^{Bc}		1254,75***
F Değeri	37669,26***	16107,33***	32731,18***	18985,37***	

Varyans analizi sonucunda Zn konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus* ve *Prunus avium*'da en düşük değer tohumda gözlemlenirken, *Tilia tomentosa*'da odunda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus* ve *Tilia tomentosa*'da kabukta gözlemlenirken *Prunus avium*'da dalda gözlemlenmiştir. Zn (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5 Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

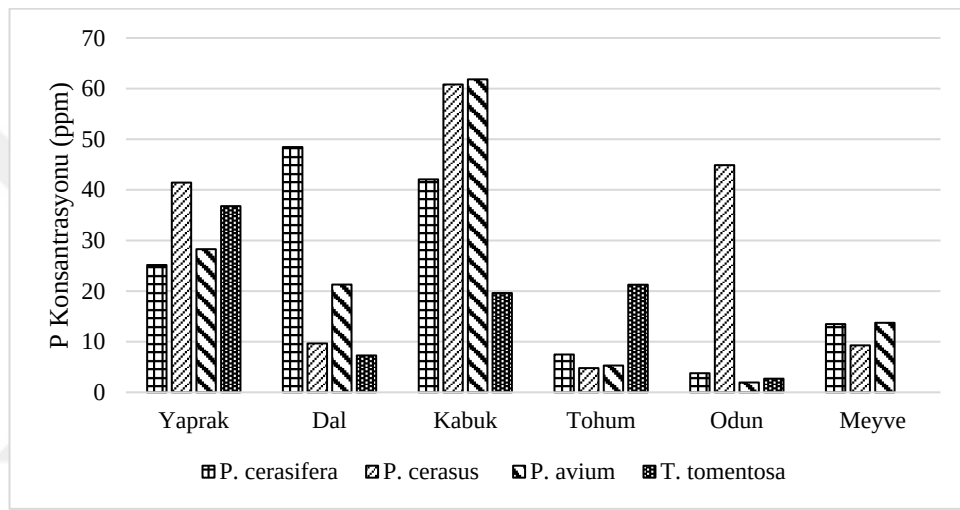
4.6 P (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

P konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 P (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	1155,49 ^{Ac}	1492,95 ^{Bd}	1874,32 ^{Cd}	2478,42 ^{Dd}	75677,85 ^{***}
Dal	1288,98 ^{Be}	1673,38 ^{Ce}	1964,33 ^{De}	859,88 ^{Ab}	53795,36 ^{***}
Kabuk	887,67 ^{Ca}	606,05 ^{Aa}	691,10 ^{Bb}	1477,73 ^{Dc}	21116,55 ^{***}
Tohum	1341,92 ^{Bf}	806,01 ^{Ab}	1417,27 ^{Cc}	2823,67 ^{De}	33411,87 ^{***}
Odun	915,94 ^{Cb}	3239,93 ^{Df}	473,01 ^{Ba}	438,56 ^{Aa}	251662,86 ^{***}
Meyve	1248,64 ^{Ad}	1283,21 ^{Bc}	2439,98 ^{Cf}		55338,29 ^{***}
F Değeri	4839,34 ^{***}	50775,82 ^{***}	293415,71 ^{***}	121831,14 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda P konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera* ve *Prunus cerasus*'da en düşük değer kabukta gözlemlenirken *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da en düşük değer odunda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera* ve *Tilia tomentosa*'da tohumda gözlemlenirken *Prunus cerasus*'da odunda *Prunus avium*'da meyvede gözlemlenmiştir. P (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 P (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

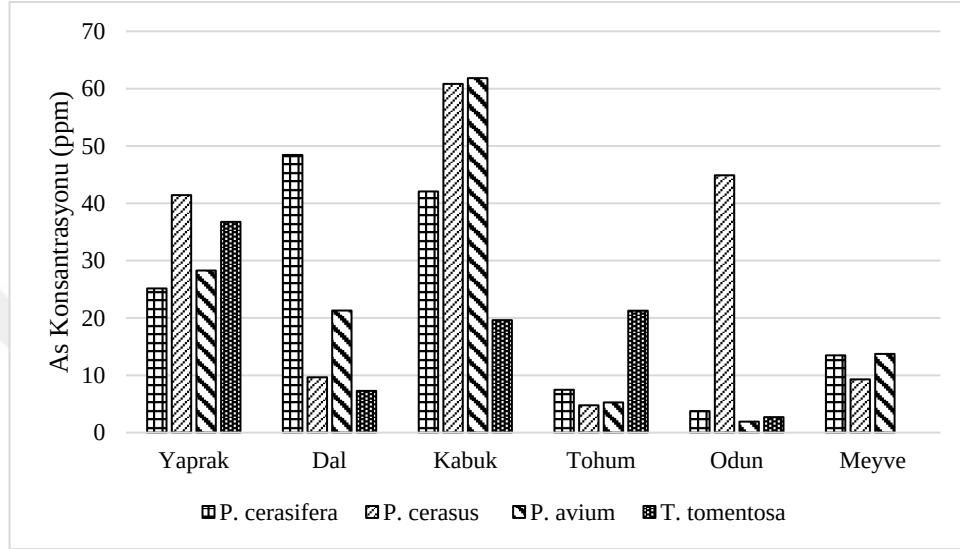
4.7 As (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

As konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7 As (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	1,25 ^{bc}	1,31 ^b	1,31 ^c	1,31	0,66 ^{ns}
Dal	1,37 ^{Bd}	1,22 ^{Aab}	1,22 ^{Aab}	1,22 ^A	6,25 [*]
Kabuk	1,34 ^{cd}	1,25 ^b	1,25 ^{bc}	1,28	2,00 ^{ns}
Tohum	1,13 ^a	1,22 ^{ab}	1,13 ^a	1,19	1,28 ^{ns}
Odun	1,16 ^{Aab}	1,43 ^{Bc}	1,13 ^{Aa}	1,13 ^A	18,86 ^{**}
Meyve	1,13 ^a	1,13 ^a	1,13 ^a		0 ^{ns}
F Değeri	12,66 ^{***}	9,82 ^{**}	7,88 ^{**}	2,59 ^{ns}	

İstatistiki olarak anlamlı düzeyde fark yoktur ($P>0,05$). Varyans analizi sonucunda yaprak, kabuk ve tohumda As konsantrasyonlarının tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir. *Tilia tomentosa*'da As konsantrasyonunun organ bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeyde değildir. As (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7 As (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

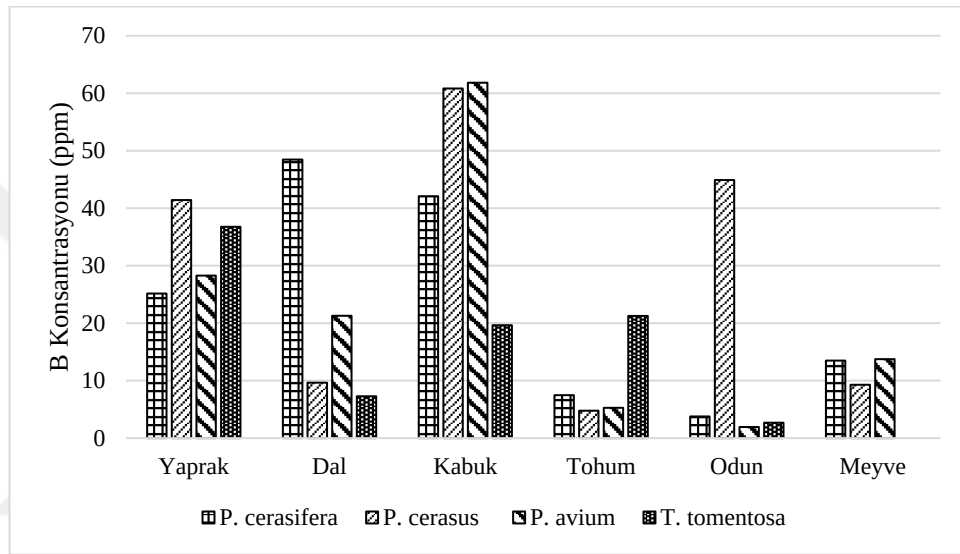
4.8 B (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

B konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 B (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	37,63 ^{Be}	51,84 ^{Cd}	51,60 ^{Cd}	26,75 ^{Ac}	25107,51***
Dal	17,51 ^{Cb}	16,23 ^{Ba}	22,56 ^{Db}	15,93 ^{Ab}	3830,07***
Kabuk	32,28 ^{Dc}	28,36 ^{Bc}	25,92 ^{Ac}	29,40 ^{Ce}	700,80***
Tohum	34,54 ^{Dd}	19,41 ^{Ab}	22,80 ^{Bb}	28,45 ^{Cd}	3109,75***
Odun	16,94 ^{Ba}	99,61 ^{Cf}	13,88 ^{Aa}	14,30 ^{Aa}	17443,57***
Meyve	37,87 ^{Ae}	72,29 ^{Be}	123,62 ^{Ce}		142478,51***
F Değeri	11624,41***	14643,61***	220774,79***	7492,66***	

Varyans analizi sonucunda B konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da en düşük değerler odunda gözlenirken *Prunus cerasus*'da dalda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera* ve *Prunus avium*'da meyvede gözlemlenirken *Prunus cerasus*'da odunda *Tilia tomentosa*'da kabukta gözlemlenmiştir. B (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 B (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

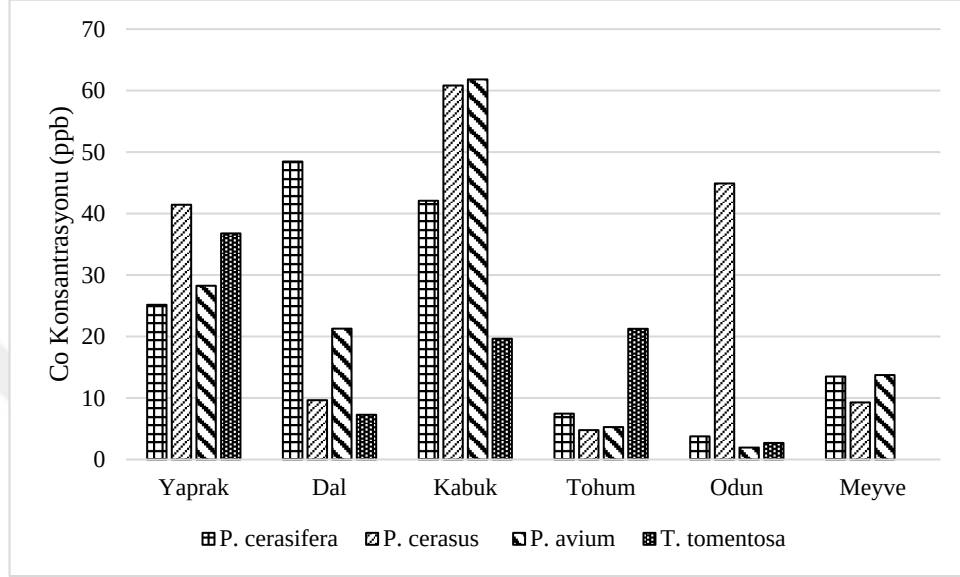
4.9 Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Co konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9 Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	90,75 ^B	84,47 ^B	72,49 ^A	126,06 ^d	55,00 ^{***}
Dal	BLA	BLA	BLA	115,96 ^d	183,99 ^{***}
Kabuk	BLA	BLA	BLA	42,86 ^b	26,07 ^{**}
Tohum	BLA	BLA	BLA	98,06 ^c	104,26 ^{**}
Odun	BLA	BLA	BLA	30,41 ^a	11946,02 ^{***}
Meyve	69,35 ^C	43,51 ^A	63,55 ^B		131,07 ^{***}
F Değeri	15,68 ^{***}	234,84 ^{***}	29,62 ^{**}	182,60 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Co elementinin *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus* ve *Prunus avium*' da yaprak ve meyve dışındaki organlarındaki konsantrasyonları belirlenebilir limitlerin altında kalmıştır. Co (ppb) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9 Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

4.10 Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

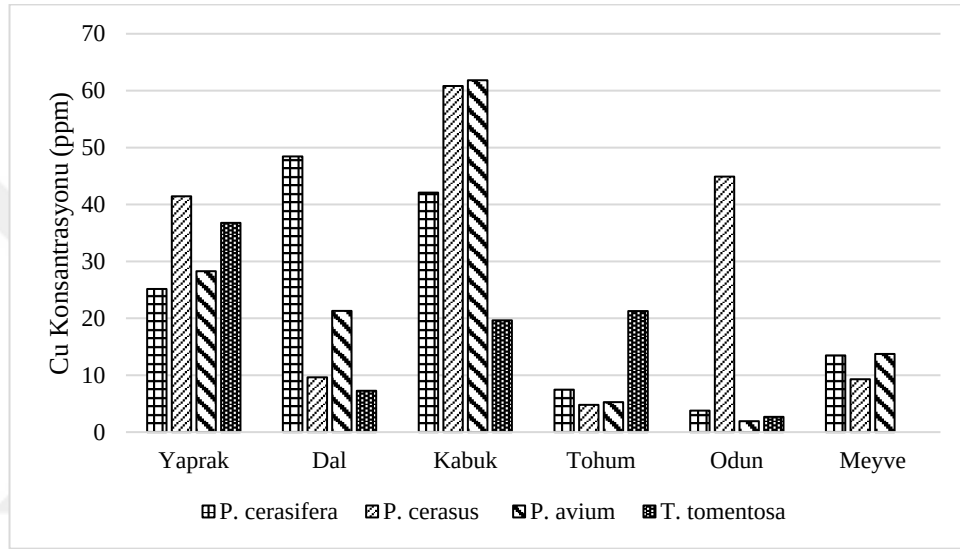
Cu konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	8,91 ^{A_c}	9,62 ^{B_e}	11,00 ^{D_d}	10,13 ^{C_d}	600,99 ^{***}
Dal	3,47 ^{A_a}	5,88 ^{B_a}	18,40 ^{D_f}	11,55 ^{C_e}	20964,49 ^{***}
Kabuk	14,70 ^{D_f}	6,95 ^{B_b}	5,68 ^{A_a}	7,47 ^{C_c}	16396,42 ^{***}
Tohum	10,72 ^{C_e}	8,67 ^{B_c}	11,13 ^{D_e}	4,85 ^{A_b}	4188,68 ^{***}
Odun	3,87 ^{A_b}	9,12 ^{C_d}	8,06 ^{B_b}	3,90 ^{A_a}	9517,55 ^{***}
Meyve	9,47 ^{A_d}	9,70 ^{B_e}	9,73 ^{B_c}		5,10 ^{ns}
F Değeri	7565,32 ^{***}	1508,21 ^{***}	15604,30 ^{***}	5904,34 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Cu konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. Bütün

organlarda tür bazında incelediğimizde ise yaprak, dal, kabuk, tohum ve odunda %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu meyvelerde ise anlamsız olduğu görülmektedir. *Prunus cerasifera* ve *Prunus cerasus*'da en düşük değer dallarda *Prunus avium*'da kabukta *Tilia tomentosa*'da odunda görülmektedir. En yüksek değerler ise *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da dallarda *Prunus cerasifera*'da kabukta *Prunus cerasus*'da meyvede görülmektedir. Cu (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

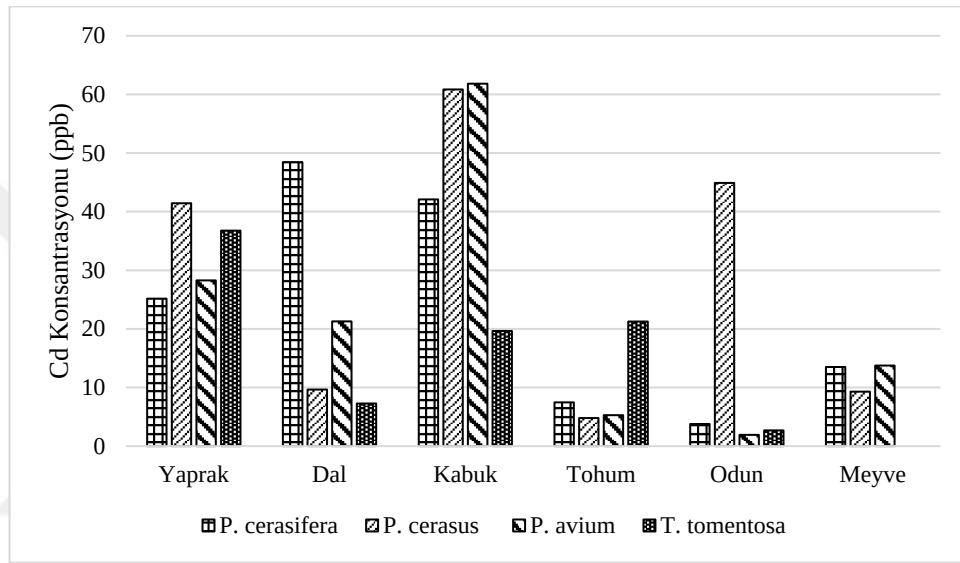
4.11 Cd (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Cd konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11 Cd (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	68,96 ^{Cc}	64,97 ^{Bc}	52,02 ^{Ab}	89,29 ^{Dc}	249,56 ^{***}
Dal	94,70 ^{Cd}	32,01 ^{Aa}	78,26 ^{Be}	114,88 ^{Dd}	537,88 ^{***}
Kabuk	64,47 ^{Dbc}	56,59 ^{Cb}	35,10 ^{Aa}	41,08 ^{Ba}	67,46 ^{***}
Tohum	62,24 ^{Ab}	63,31 ^{Ac}	62,57 ^{Ad}	86,91 ^{Bc}	136,29 ^{***}
Odun	55,52 ^{Aa}	100,23 ^{Cd}	56,39 ^{Abc}	68,78 ^{Bb}	227,19 ^{***}
Meyve	65,00 ^{Bbc}	59,21 ^{Ab}	61,14 ^{ABcd}		5,86 [*]
F Değeri	79,53 ^{***}	528,43 ^{***}	81,55 ^{***}	590,97 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Cd konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da en düşük değer kabuklarda gözlemlenirken *Prunus cerasifera*'da odunda *Prunus cerasus*'da dalda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da dallarda *Prunus cerasus*'da odunda gözlemlenmiştir. Cd (ppb) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Cd (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

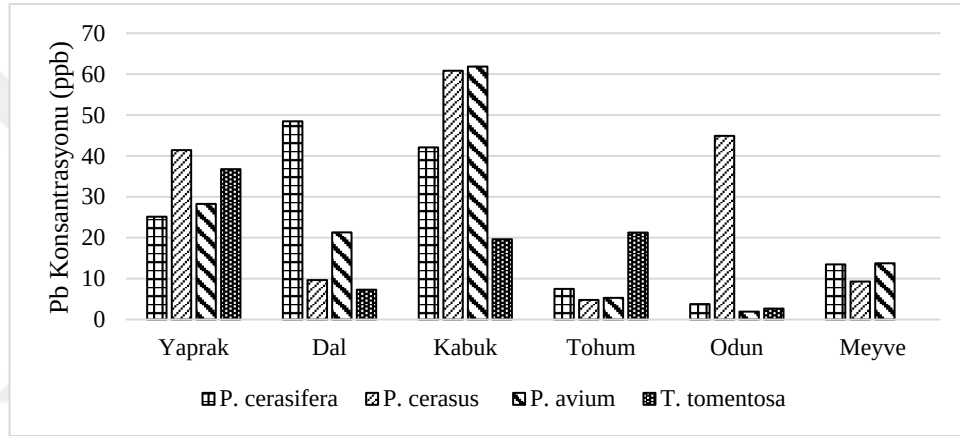
4.12 Pb (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Pb konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12 Pb (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	836,99 ^{Bd}	801,11 ^{Bc}	630,10 ^{Ad}	11117,11 ^{Cc}	132,63 ^{***}
Dal	282,98 ^{Ba}	203,97 ^{Aa}	862,70 ^{Ce}	1095,56 ^{Dc}	476,72 ^{***}
Kabuk	848,22 ^{Dd}	731,40 ^{Cc}	321,17 ^{Aa}	511,50 ^{Ba}	54,52 ^{***}
Tohum	585,25 ^{Bbc}	461,15 ^{Ab}	537,75 ^{Bc}	950,27 ^{Cb}	164,62 ^{***}
Odun	601,36 ^{Bc}	1449,64 ^{Cd}	432,79 ^{Ab}	478,03 ^{Aa}	506,33 ^{***}
Meyve	513,34 ^{Bb}	428,09 ^{Ab}	542,65 ^{Bc}		8,93 [*]
F Değeri	70,72 ^{***}	319,91 ^{***}	116,38 ^{***}	264,61 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Pb konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera* ve *Prunus cerasus*’da en düşük değer dallarda gözlemlenirken *Prunus avium*’da kabukta, *Tilia tomentosa*’da odunda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera*’da kabukta *Prunus cerasus*’da odunda, *Prunus avium*’da dalda ve *Tilia tomentosa*’da yaprakta gözlemlenmiştir. Ayrıca *Tilia tomentosa*’nın yapraklarındaki Pb konsantrasyonunun oldukça yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Pb (ppb) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 Pb (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

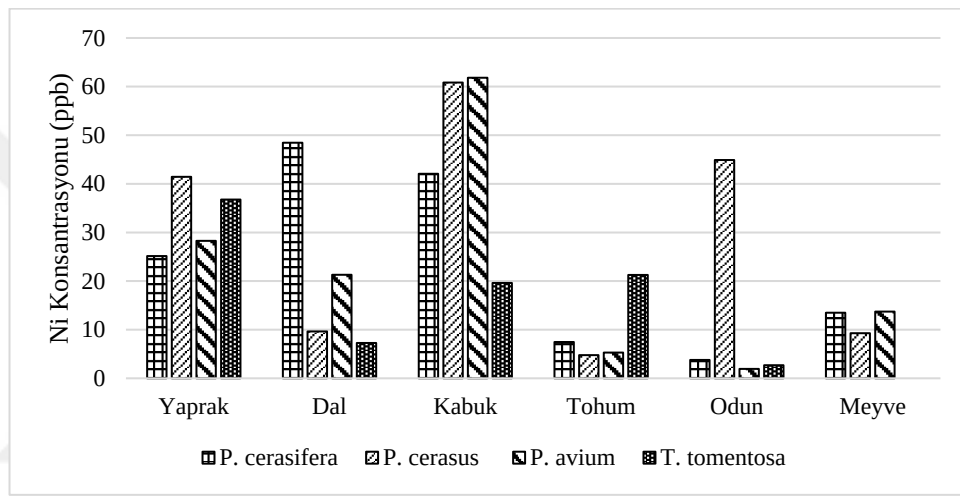
4.13 Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Ni konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	557,78 ^{Ac}	1488,49 ^{Ce}	1942,60 ^{De}	676,20 ^{Bbc}	4151,83 ^{***}
Dal	216,90 ^{Aa}	295,85 ^{Ba}	1266,66 ^{Dd}	682,57 ^{Cc}	11246,22 ^{***}
Kabuk	652,66 ^{Ad}	1445,12 ^{Dd}	1111,97 ^{Bc}	1236,07 ^{Cd}	641,09 ^{***}
Tohum	753,07 ^{Ce}	477,97 ^{Ab}	628,32 ^{Bb}	618,72 ^{Ba}	832,91 ^{***}
Odun	494,59 ^{Bb}	2254,23 ^{Df}	457,73 ^{Aa}	666,63 ^{Cb}	10654,57 ^{***}
Meyve	1361,86 ^{Cf}	870,16 ^{Ac}	1119,04 ^{Bc}		3355,42 ^{***}
F Değeri	3425,95 ^{***}	8177,70 ^{***}	1896,61 ^{***}	4103,81 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Ni konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera* ve *Prunus cerasus*'da en düşük değerler dallarda gözlemlenirken *Prunus avium*'da odunda *Tilia tomentosa*'da tohumda gözlemlenmektedir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasifera*'da meyvede *Prunus cerasus*'da odunda *Prunus avium*'da yaprakta *Tilia tomentosa*'da kabukta gözlemlenmiştir. Ni (ppb) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13 Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

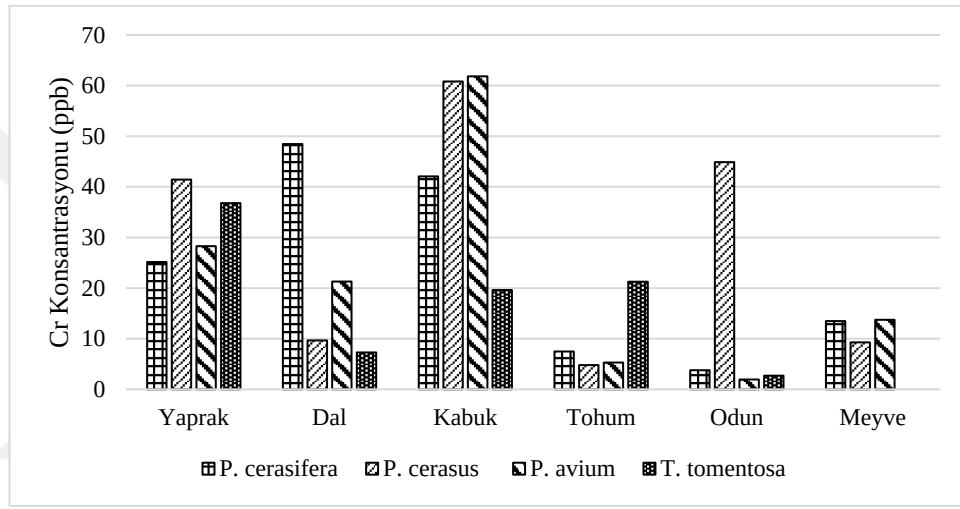
4.14 Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Cr konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14 Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	656,59 ^{Bb}	446,91 ^{Ad}	436,77 ^{Ad}	818,68 ^{Cc}	1262,66 ^{***}
Dal	344,77 ^{Aa}	423,72 ^{Bc}	550,71 ^{Ce}	1394,95 ^{Dd}	39244,61 ^{***}
Kabuk	793,20 ^{Cc}	934,75 ^{De}	406,16 ^{Ac}	521,28 ^{Bb}	147,88 ^{***}
Tohum	345,40 ^{Ca}	332,44 ^{Bb}	314,21 ^{Ab}	393,52 ^{Da}	76,24 ^{***}
Odun	344,92 ^{Aa}	1042,35 ^{Df}	609,86 ^{Cf}	513,34 ^{Bb}	10946,66 ^{***}
Meyve	376,52 ^{Ca}	221,42 ^{Aa}	297,72 ^{Ba}		2169,18 ^{***}
F Değeri	145,74 ^{***}	7712,83 ^{***}	1832,05 ^{***}	9764,18 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Cr konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasus* ve *Prunus avium*'da en düşük değerler meyvelerde gözlemlenirken *Prunus cerasifera*'da dalda *Tilia tomentosa*'da tohumda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasus* ve *Prunus avium*'da odunda gözlemlenirken *Prunus cerasifera*'da kabukta *Tilia tomentosa*'da dalda gözlemlenmektedir. Cr (ppb) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14 Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi

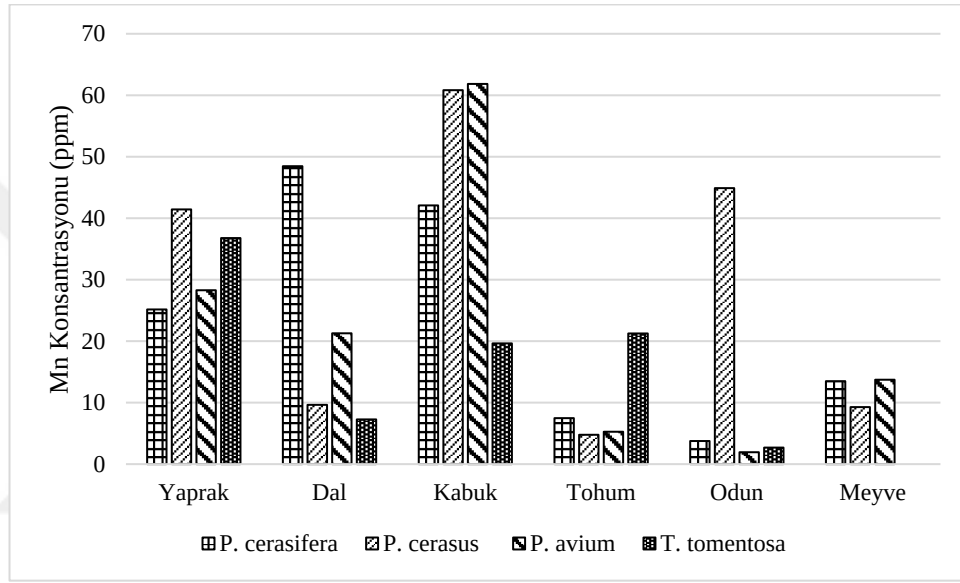
4.15 Mn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Mn konsantrasyonlarının organlar ve tür bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15 Mn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Organ	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Tilia tomentosa</i>	F Değeri
Yaprak	25,15 ^{Ad}	41,43 ^{Dd}	28,27 ^{Be}	36,77 ^{Ce}	19578,46***
Dal	48,45 ^{Df}	9,64 ^{Bc}	21,29 ^{Cd}	7,28 ^{Ab}	138349,65***
Kabuk	42,08 ^{Be}	60,83 ^{Cf}	61,83 ^{Df}	19,63 ^{Ac}	9163,06***
Tohum	7,47 ^{Cb}	4,78 ^{Aa}	5,28 ^{Bb}	21,26 ^{Dd}	243215,71***
Odun	3,77 ^{Ca}	44,89 ^{De}	1,93 ^{Aa}	2,69 ^{Ba}	157002,52***
Meyve	13,49 ^{Bc}	9,28 ^{Ab}	13,73 ^{Cc}		35264,52***
F Değeri	16760,53***	45413,68***	419407***	244046,95***	

Varyans analizi sonucunda Mn konsantrasyonunun bütün türlerde organ bazında ve bütün organlarda tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. *Prunus cerasifera*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da en düşük değerler odunda gözlemlenirken *Prunus cerasus*'da tohumda gözlemlenmiştir. En yüksek değerler ise *Prunus cerasus* ve *Prunus avium*'da kabukta, *Prunus cerasifera*'da dalda *Tilia tomentosa*'da yaprakta gözlemlenmektedir. Mn (ppm) konsantrasyonunun organ bazında değişimi Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.15 Mn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bitkisel gıdaların ağır metallere kirlenmesi insan sağlığı için risk oluşturmakta ve küresel olarak gıda güvenliğini baltalamaktadır. Bu tehdide katkıda bulunan önemli bir faktör çevre kirliliğidir. Ağır metal kirliliğini azaltmak ve riski kontrol altına almak için iyi tarım uygulamalarını benimsemek büyük bir önem teşkil etmektedir (Afonne ve Ifediba, 2020). Bitki besinlerinin kurşun, arsenik, kadmiyum ve cıva gibi öncelikli ağır metaller tarafından kontaminasyonu, ağır metal maruziyetinin ana yollarından biri olarak kabul edilmiştir ve şu anda sürekli artan nüfus için sağlıklı beslenmenin sağlanmasında göz korkutucu bir zorluk teşkil etmektedir. Nüfus artması ve sanayileşmede ki artış dünyanın farklı bölgelerinde arazi kullanımında kaçınılmaz bir değişikliğe neden olmaktadır. Bu dinamikler yeterli miktarda, gıda üretmek için sınırlı coğrafi alanların tarımsal verimliliğini artırmaya yönelik sürekli çabaları zorunlu kılmaktadır (Rai vd., 2019).

Yenilebilir çevre düzenlemelerine göre yol kenarında, parklarda bitkilerin büyüüp gelişebileceği her yerde bitki yetiştirmenin gıda kıtlığının önüne geçmede büyük öneme sahip olduğu öngörülmektedir (Kaya, 2009; Kaya vd., 2019; Nowak vd., 2005; Özel, 2019). Lakin kent merkezlerinde trafiğin yoğun olmasından kaynaklı egzoz gazı, araç tekerleklerinin yaydığı kirleticiler yüksek miktarda ağır metal içermektedir. Bu ağır metaller ayrışmadan doğada çok uzun süre kalarak biyolojik birikmeye sebebiyet vermektedirler (Çetin, 2017; Çetin vd., 2018a, b; Çetin vd., 2019a, b; Türkyılmaz vd., 2018a, b).

Çalışma kapsamında 15 adet elementin dört adet bitki türünde organ bazındaki değişimi incelenmiştir. Çalışmaya konu olan elementlerden Na, Ca, Al, Fe, Zn, P, B, Co, Cd, Pb, Ni, Cr ve Mn'in tür ve organ bazındaki değişimleri istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. As konsantrasyonlarının tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir. *Tilia tomentosa*'da As konsantrasyonunun organ bazındaki değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeyde değildir. Aynı zamanda meyvelerdeki Cu konsantrasyonunun tür bazında değişimi de anlamlı değildir.

Tablolar incelendiğinde Ca, P, Pb, Ni, ve Cr elementlerinin değerlerinin yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. *Prunus cerasifera*'da en yüksek değerler çoğunlukla kabukta gözlemlenmiştir. En düşük değerler ise odunda görülmektedir. *Prunus cerasus*'da en yüksek değerler odunda gözlemlenirken en düşük değerler dallarda gözlemlenmiştir. *Prunus avium*'da en yüksek değerler dallarda gözlemlenirken en düşük değerler odunda gözlemlenmiştir. *Tilia tomentosa*'da ise en yüksek değerler dallarda gözlemlenirken en düşük değerler çoğunlukla odunda gözlemlenmiştir. *Tilia tomentosa* yapraklarında biriken Pb konsantrasyonunun aşırı derecede yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Bunun sebebi kent merkezlerinde ki yoğun trafikten dolayı Pb salınımı ciddi boyutlara ulaşmasıyla birlikte çalışmaya konu türler içerisinde yaprakları en büyük ve dolayısıyla yüzey alanı en geniş tür *Tilia tomentosa* olmasının yanı sıra yaprak alt yüzeyinin tüylerle kaplı olmasıyla daha fazla Pb birikimi söz konusu olmuştur. Bitki organlarında ağır metal birikiminin özellikle bitki organının yapısı, organın morfolojisi, yüzey alanı, yüzey dokusu ve büyüklüğüne bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Arıcak vd., 2019; Isınkaralar, 2022a, b). Ağır metallerin bitki bünyesine toprak üstü kısımlarından girişlerinde en etkili faktörlerden birisi de ağır metale maruz kalma süresidir (Cesur vd., 2020). Ağır metal konsantrasyonlarının yüksek düzeyde olduğu alanlarda havadaki partikül maddeler ağır metaller ile kontamine olmakta (Türkyılmaz vd., 2019), bu partikül maddeler de yüzey alanı pürüzlü olan organlarda daha rahat tutunabilmekte (Savas vd., 2021) ve böylece organın ağır metale maruz kalma süresini artırmaktadır. *Tilia tomentosa* yapraklarında ağır metal konsantrasyonlarının yüksek düzeyde olması, yaprağın tüylü yapıda olması ve partikül maddelerin bu yapraklarda daha rahat tutunabilmesi ile açıklanabilmektedir.

Ancak diğer elementlerde çoğunlukla *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa*'da en yüksek değerlerin dallarda olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise her iki türde yapraklarını ilkbaharda oluşturup son baharda dökmektedir. Dallar ise her mevsim ağır metale maruz kalmaktadır. Bu sebepten ötürü yapraklarda biriken ağır metal dallarda biriken ağır metal konsantrasyonundan daha az olduğu bilinmektedir. *Prunus cerasifera* ve *Prunus cerasus*'da en yüksek değerler genellikle kabukta ve odunda gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise bitkinin biyolojisi ile alakalıdır. *Prunus cerasifera* ve *Tilia tomentosa*

tohumlarında P konsantrasyonlarının yüksek seviyelerde görülmesinin sebebi de tohumun havayla bir bağlantısı olmadığı için bitkinin biyolojisi ile alakalıdır.

Çalışma sonucunda her türde, her bir ağır metal konsantrasyonunun organ bazında değişiminin önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda bitkilerde ağır metal konsantrasyonunun değişimini etkileyen en önemli faktörün bitki türü olduğu belirtilmiştir (Fang vd., 2021; Khan vd., 2021b). Her bir türün farklı organlarında ağır metal konsantrasyonlarının farklı düzeyde olduğu, bu durumun bitki genetik ve morfolojik yapısı ile çevre şartlarının karşılıklı etkileşiminden kaynaklandığı belirtilmektedir (Çetin ve Jawed, 2022). Bundan dolayı hem ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesi, hem de havadaki ağır metal kirliliğinin azaltılması için hangi ağır metalin, hangi tür ve organlarında daha yüksek düzeyde tutulduğunun ayrı ayrı belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Türkyılmaz vd., 2020).

Ağır metallerin bitki bünyesine girişi temel olarak topraktan kökler, havadan yapraklar veya gövde bölümlerinden doğrudan olmak üzere üç yolla gerçekleşmektedir (Cobanoğlu vd., 2023; Key vd., 2023; Koc vd., 2023). Ancak ağır metallerin bitki bünyesine girişini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de bitki habitusudur (Erdem vd., 2024). Bundan dolayı bitki habitusunu etkileyen bütün faktörler dolaylı olarak da olsa bitki bünyesine ağır metal girişini etkilemektedir (Erdem vd., 2023a, b; Kuzmina vd., 2023). Bitkilerin bütün fenotipik karakterleri genetik yapı (Kurz vd., 2023; Hrivnak vd., 2023) ile çevre koşullarının (Tandogan vd., 2023; Yigit vd., 2023; Zeren Cetin vd., 2023) karşılıklı etkileşimi altında şekillenir. Bundan dolayı çevre koşulları ve özellikle de iklim parametreleri bitki gelişimini önemli ölçüde etkilemekte (Cetin vd., 2023; Çobanoğlu vd., 2023; Dogan vd., 2023; Isinkaralar vd., 2024) bu durum bitkilerin ağır metal biriktirme kabiliyetini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple hem ağır metal kaynakları ve ağır metallerin kaynağından ayrıldıktan sonraki davranışları yani hareket ve birikimleri (Isinkaralar vd., 2023; Istanbulu vd., 2023) hem de bitkilerin ağır metal alımı ve biriktirmeleri (Ghoma vd., 2023; Sulhan vd., 2023) konusunda halen önemli bilgi eksiklikleri bulunmaktadır.

Çalışma sonucunda en yüksek konsantrasyonlar Na'da *Tilia tomentosa* dalları, Ca'da *Prunus cerasifera* odunları, Al'da *Prunus cerasus* kabukları, Fe'de *Prunus cerasus*

odunları, Zn'da *Prunus avium* dalları, P'da *Prunus cerasus* odunları, As'de *Prunus cerasus* odunları, B'da *Prunus avium* meyveleri, Co'da *Tilia tomentosa* yaprakları, Cu'da *Prunus avium* dalları, Cd'da *Tilia tomentosa* dalları, Pb'da *Tilia tomentosa* dalları, Ni'de *Prunus cerasus* odunları, Cr'da *Tilia tomentosa* dalları ve Mn'da *Prunus avium* kabuklarında elde edilmiştir. Ancak dal ve kabuklarda yüzey yapısının pürüzlü olması ve bundan dolayı ağır metaller ile kontamine olmuş partikül maddelerin bu yüzeylere yapışması sonucunda bu organlarda ağır metal konsantrasyonlarının genellikle yüksek olduğu belirtilmekte (Koc, 2021), bundan dolayı da kabukların ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitör olarak kullanılmaması önerilmektedir (Savas vd., 2021). Meyvelerin olgunlaşana kadar geçen kısa zaman diliminde bünyelerinde biriken ağır metal konsantrasyonun çok yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Meyvelerin bu kadar çok ağır metale maruz kalması oldukça tehlikelidir. Gıda olarak tüketiminden dolayı insan sağlığı açısından yüksek miktarda risk oluşturmaktadır.

Yenilebilir gıdalarda ağır metal konsantrasyonlarının sınırları konusunda henüz yeterli düzeyde standart bulunmamaktadır. Hindistan standartlarına göre gıdalardaki ağır metal üst limitleri Cd için 0,01 mg/L, Fe için 0,03 mg/L, As, Cr ve Cu için 0,05 mg/L, Pb ve Mn için mg/L ve Zn için 5,0 mg/L olarak belirlenmiş, Ni için ise hiç olmaması gerektiği belirtilmiştir (Nagajyoti vd., 2010). Kanada ve Çin standartlarına göre bitkilerde Cu, Fe, Mn, Ni, Zn ve Co'nun hiç olmaması gerekmektedir. Cr Kanada standartlarına göre 2,0 mg/kg'a kadar bulunabilirken Çin standartlarına göre bulunmamalıdır. Kanada standartlarına göre bitkilerde üst sınırlar As için 5,0 mg/kg, Cd için 0,3 mg/kg, Hg için 0,2 mg/kg ve Pb için 10,0 mg/kg olarak belirlenirken Çin standartlarına göre As için 2,0 mg/kg, Cd için 1,0 mg/kg, Hg için 0,5 mg/kg ve Pb için 10,0 mg/kg olarak belirlenmiştir (Gjorgieva Ackova, 2018). Meyvelerde elde edilen bazı konsantrasyonların bu değerlerden oldukça yüksek olması tehlikenin boyutunu gözler önüne sermektedir. Çalışma sonuçları havadaki ağır metal kirliliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Havadaki ağır metaller yerçekimi etkisi ile bir süre sonra toprak yüzeyine inmektedir (Cetin vd., 2022a,b). Topraktaki metal konsantrasyonları insan aktiviteleri ya da toprağın jeolojik orjinine bağlı olarak 1 mg/kg (ppm)'den 100.000 mg/kg'a kadar değişen oranlardadır. Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn gibi bazı ağır metallerin fazla konsantrasyonları doğal su ve karasal ekosistemlerin bozulmasına sebep olur. Topraklarda ekstrakte edilebilir ağır metal konsantrasyonları:

Cd için 1 mg/kg, Co ve Se için 10 mg/kg, Cu için 0,1 mg/kg, V için 0,5-1 mg/kg, Ni için 100 mg/kg in üzerinde olduğu durumlarda toksik etkiler ortaya çıkabilmektedir (Okcu vd., 2009). Dolayısıyla havadaki ağır metal kirliliği bütün ekosistemi doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen önemli bir tehdit unsurudur.



6. ÖNERİLER

Çalışma sonucunda *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus*, *Prunus avium* ve *Tilia tomentosa* ağaçları ele alınmıştır. Bu ağaçların meyve kısımlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının çok yüksek olduğu ve sağlık açısından oldukça tehlikeli sınırlara ulaştığı tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan meyveler erken dönemde olgunlaşan ve birkaç aylık süre içerisinde yenilebilecek seviyeye ulaşan meyvelerdir. Oysa meyvelerin birçoğu sonbaharda olgunlaşmaktadır. Bu çalışmadaki meyvelerin aksine çok daha uzun süre havadaki ağır metal kirliliğine maruz kalmaktadır. Bu çalışma kapsamı da dahil havadaki ağır metal kirliliğine üç ay süre maruz kalan türlerde bu kadar yüksek çıkan ağır metal kirliliğinin diğer meyvelerde çok daha yüksek seviyelerde çıkacağı muhakkaktır. Bundan dolayı hava kirliliğinin yüksek seviyelerde olduğu endüstriyel alanlar, kent merkezleri, yol kenarları gibi yerlerde üretilen meyvelerin tüketiminde dikkatli olunmalı, kontrolleri yapılmalı, kirliliği çok yüksek düzeyde bünyesinde bulunduran meyvelerin tüketiminin önlenmesi sağlanmalıdır.

Çalışma kapsamında dört adet çeşitli organları kullanılan bitki kullanılmıştır. Son yıllarda gıda ihtiyacının artması dolayısıyla çatı bahçeleri, yenilebilir peyzaj uygulamaları, kentsel alanlara bahçe ziraati, balkonlarda ürün yetiştirme gibi uygulamalar sıklıkla gündeme gelmekte ve uygulanmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapraklarda elde edilen değerlerin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu tarz uygulamalarda özellikle sebze yetiştirilirken bu sebzelerin kendi organları tüketildiği için ağır metal bulundurma riski çok daha yüksektir. Dolayısıyla daha ucuz gıda ürünü elde etme pahasına insan sağlığı açısından çok büyük tehdit oluşturan bitkilerin tüketilmesi söz konusu olacaktır. Bu tarz uygulamalar yapılırken dikkatli olunması önerilmektedir.

En önemli ağır metal kaynakları sanayi, madencilik faaliyeti alanları ve trafik olarak bilinmektedir. Bu kaynakların etrafındaki tarım alanları ve meyve yetiştirilen alanlar ciddi ağır metal kirliliği riski taşımaktadır. Bundan dolayı bu alanlarda mümkün olduğu kadar tarımsal faaliyetlerin yapılmaması, tarımsal faaliyet yapılacaksa kirlilik

kaynağı ile tarımsal faaliyetin yapıldığı alanlar arasına bariyerler oluşturularak kirliliğinin mümkün olduğu kadar izole edilmesi sağlanmalıdır.

Çalışma sonucunda en yüksek değerler genellikle dal ve kabuklarda elde edilmiştir. Bu durum bu organlardaki ağır metal kirliliğini, ağır metallerle kontamine partikül maddelerden kaynaklandığını göstermektedir. Benzer şekilde meyvelerin etrafı da ağır metallerle kontamine olmuştur. Dolayısıyla bu alanlarda yetiştirilen meyvelerin tüketilmeden önce mutlaka yıkanması gerekir. Meyve suyu, marmelat vb. yapımında kullanılacak ise yıkama işlemine ayrıca özen gösterilmesi hatta mümkünse bu tarz ürünlerin tüketilmemesi veya tüketimden önce ağır metal içeriklerinin analiz edilmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdik, E. A., Abdik, H., Taslı, P. N., Deniz, A. A. H., & Sahin, F. (2019). Suppressive role of boron on adipogenic differentiation and fat deposition in human mesenchymal stem cells. *Biological Trace Element Research*, 188 (2), 384-392. doi: 10.1007/s12011-018-1428-5.
- Adalı, A., Yirün, A., Kocer Gumusel, B. & Erkekoğlu, P. (2019). The possible effects of chemical agents on the development of Alzheimer's disease. *Journal of Literature Pharmacy Sciences*, 8 (3), 214-224. doi: 10.5336/pharmsci.2019-65605.
- Adams, S. V., Newcomb, P. A., Shafer, M. M., Atkinson, C., Bowles, E. J., Newton, K. M. & Lampe, J. W. (2011). Sources of cadmium exposure among healthy premenopausal women. *The Science of The Total Environment*, 409 (9), 1632–1637. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.01.037.
- Addis, W., & Abebaw, A., (2017). Determination of heavy metal concentration in soils used for cultivation of *Allium sativum* L. (garlic) in East Gojjam Zone, Amhara Region. *Ethiopia Cogent Chemistry*, 3 (1). doi: 10.1080/23312009.2017.1419422.
- Adegbola, R. A., Adekanmbi, A. I., Abiona, D. L. & Atere, A. A. (2015). Evaluation of some heavy metal contaminants in biscuits, fruit drinks, concentrates, candy, milk products and carbonated drinks sold in Ibadan, Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (3), 1691–1696.
- Adelekan, B. A. & Abegunde, K. D. (2011). Heavy metals contamination of soil and groundwater at automobile mechanic villages in Ibadan, Nigeria. *International Journal of the Physical Sciences*, 6 (5), 1045-1058.
- Adiloğlu, S. & Sağlam, T. M. (2015). Karayolu kenarlarındaki tarım arazilerindeki topraklarda ekstrakte edilebilir kobalt (Co) içerikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 15, 24-29. doi: 10.5578/fmbd.9981.
- Afonne, O. J. & Ifediba, E. C. (2020). Heavy metals risks in plant foods – need to step up precautionary measures. *Current Opinion in Toxicology*, 22, 1-6.
- Ağlar, E., Long, L. E., Saraçoğlu, O. & Yıldız, K. (2017). Kirazda olgunluk aşamasını, kalsiyum, soğuk ve nem uygulamalarının hasat sonrası kalite kayıpları üzerine etkileri. *Meyve Bilimi*, 2, 114-118.
- Akarsu, H. (2019). Yıllık halkalar yardımıyla atmosferdeki ağır metal birikiminin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Aktaş, M. & Ateş, A. (1998). Bitkilerde beslenme bozuklukları nedenleri tanınmaları. Ankara: Nurol Matbaacılık A.Ş.

- Alam, M. M., Hayat, S., Ali, B. & Ahmad, A. (2007). Effect of 28-homobrassinolide treatment on nickel toxicity in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 45 (1), 139–142. doi: 10.1007/s11099-007-0022-4
- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. *Chemosphere*, 91 (7), 869–881. doi: 10.1016/j.chemosfer.2013.01.075.
- Amer, M. M., Sabry, B. A., Marrez, D. A., Hathout, A. S. & Fouzy, A. S. M. (2019). Exposure assessment of heavy metal residues in some Egyptian fruits. *Toxicology Reports*, 6, 538–543. doi: 10.1016/j.toxrep.2019.06.007.
- Apte, A. D., Tare, V. & Bose, P. (2006). Extent of oxidation of Cr (III) to Cr (VI) under various conditions pertaining to natural environment. *Journal of Hazardous Materials*, 128 (2-3), 164-174.
- Arain, M. B., Kazi, T. G., Baig, J. A., Jamali, M. K., Afridi, H. I., Jalbani, N., Sarfraz, R. A., Shah, A. Q., Niaz, A. (2009). The correlation of arsenic levels in drinking water with the biological samples of skin disorders. *Science of Total Environment*, 407 (3), 1019-1026.
- Arıcak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H. & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 6723-6734.
- Arıcak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H. & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (2), 1051-1057. doi: 10.15244/pjoes/109244.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S. & Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*, 24 (1), 32-39.
- Azcona- Cruz, M. I., Rothenberg, S. J., Schnaas, L., Zamaro-Munoz, J. S. & Romero-Placeres, M. (2000). Lead-glazed ceramic ware and blood lead levels of children in the city of Oaxaca, Mexico. *Archives of Environmental Health*, 55 (3), 217-222. doi: 10.1080/00039890009603409.
- Bandeira Reidel, R. V., Cioni, P. L. & Pistelli, L. (2017). Volatile emission of different plant parts and fruit development from Italian cherry plums (*Prunus cerasifera* and *P. Cerasifera* ‘Pissardii’). *Biochemical Systematics and Ecology*, 75, 10–17. doi: 10.1016/j.bse.2017.10.001.
- Batır, D. (2019). Eskişehir’de Yetiştirilen Bazı Yenilebilir Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikimi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu
- Bilici Başkan, M. & Atalay, N. (2014). İçme ve sulama sularında bor kirliliği ve bor giderme yöntemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 (3), 78-84.

- Bolat, İ. & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 218-228. doi: 10.24011/barofd.251313.
- Borak, J. & Hosgood, H. D. (2007). Seafood arsenic: implications for human risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 47 (2), 204–212. doi: 10.1016/j.yrtph.2006.09.005.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Savaşçı, S. & Pashı, N. (2001). Ekoloji – II (Toprak). Ankara: Başkent Klişe Matbaacılık.
- Bozkurt, S. & Koç, M. (2022). Gıdalarda sodyum azaltımı. *GIDA*, 47 (2), 231-251 doi: 10.15237/gida.GD21023.
- Brady, N. C. & Weil, R. R. (1999). The Nature and Properties of Soils by Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- Buluttekin, M.B. (2008). Bor maden ekonomisi: Türkiye'nin dünya bor piyasasındaki yeri, 2. *Ulusal İktisat Kongresi*, İzmir, 1-36.
- Campbell, A. (2002). The potential role of aluminium in Alzheimer's disease, *Nephrology Dialysis Transplantation*, 17 (2), 17–20.
- Campos, J. M. S. D. & Viccini, L. F. (2003). Cytotoxicity of aluminum on meristematic cells of Zea mays and Allium cepa. *Caryologia*, 56 (1), 65–73. doi: 10.1080/00087114.2003.10589309
- Cao, H., Jiang, Y., Chen, J., Zhang, H., Huang, W., Li, L. & Zhang, W. (2009). Arsenic accumulation in scutellaria baicalensis Georgi and its effects on plant growth and pharmaceutical components. *Journal of Hazardous Materials*, 171 (1), 508–513. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.06.022.
- Castagnetto, J. M., Hennessy, S. W., Roberts, V. A., Getzoff, E. D., Tainer, J. A. & Pique, M. E. (2002). MDB: the metalloprotein database and browser at the Scripps research institute, *Nucleic Acids Research*, 30 (1), 379–382. doi: 10.1093/nar/30.1.379.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti, O. B. M., Aljama A. M. O., Jawed, A. A., Cetin, M., Sevik, H. & Ozel, H. B. (2021). The usability of Cupressus arizonica annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28 (27), 35642-35648. doi: 10.1007/s11356-021-13166-4.
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Cetin, I. Z. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434.
- Chen, W. T., Ho, S. B. & Lee, D. Y. (2009). Effect of pH on boron adsorption-desorption hysteresis of soils. *Soil Science*, 174 (6), 330-338. doi: 10.1097/SS.0b013e3181a7e72e.

- Chen, Z., Muhammed, I., Zhong, Y., Hu, W., Lu, Q., Wong, W., Huang, B. & Hao, M. (2021). Transfer of heavy metals in fruits and vegetables grown in greenhouse cultivation systems and their health risk in Northwest China. *Science of the Total Environment*, 766. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142663.
- Cicek, N., Cengil, B. & Yücedağ, C. (2022). Bitki besin elementlerinin önemi ve orman fidanlıklarında gübrelemenin rolü. *Theoretical and Applied Forestry*, 2 (1), 26-32. doi: 10.53463/tafor.2022vol2iss1pp26-32.
- Clayton, B. (1989). Water Pollution at Lowermoor North Cornwall. Report of the Lowermoor Incident Health Advisory Group.
- Clijsters, H. & Van Assche, F. (1985). Inhibition of photosynthesis by heavy metals, *Photosynthesis Research*, 7 (1), 31–40. doi: 10.1007/BF00032920.
- Cobanoglu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do Annual Rings Really Reveal Cd, Ni, and Zn Pollution in the Air Related to Traffic Density? An Example of the Cedar Tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234 (2), 65.
- Correia, S., Queirós, F., Ferreira, H. F., Morais, M. C., Afonso, S., Silva, A. P. & Gonçalves, B., (2020). Foliar application of calcium and growth regulators modulate sweet cherry (*Prunus avium* L.) tree performance. *Plants*, 9 (4), 410. doi: 10.3390/plants9040410.
- Costa, M. (1997). Toxicity and carcinogenicity of Cr (VI) in animal models and humans. *Critical Reviews in Toxicology*, 27 (5), 431–442. doi: 10.3109/10408449709078442.
- Cowan, N., Blair, D., Malcolm, H. & Graham, M. (2021). A survey of heavy metal contents of rural and urban roadside dusts: comparisons at low, medium and high traffic sites in Central Scotland. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (6), 7365-7378. doi: 10.1007/s11356-020-11081-8.
- Crisosto, C. H., Crisosto, G. M. & Metheney, P. (2003). Consumer acceptance of ‘Brooks’ and ‘Bing’ cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin colour. *Postharvest Biology and Technology*, 28 (1), 159–167. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00173-4.
- Cunningham, W. P. (2004). Principles of Environmental Science: Inquiry and Applications. McGraw Hill Publishers, New York.
- Członkowska, A., Litwin, T., Dusek, P., Ferenci, P., Lutsenko, S., Medici, V., Rybakowski, J. K., Weiss, K. H. & Schilsky, M. L. (2018). Wilson disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 4 (1), 21. doi: 10.1038/s41572-018-0018-3.
- Çepel, N. (1988). Orman topraklarının karakteristikleri, toprakların oluşumu, özellikleri ve ekolojik bakımdan değerlendirilmesi. Toprak İlmi Ders Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Çepel, N. (1996). Toprak ilmi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438.

- Çetin, M. & Çobanoğlu, O. (2019). Mavi ladin (*Picea Pungens* Engelm)'in yapraklarındaki son Mn birikiminin ölçülmesiyle biyomonitor olarak kullanılma olasılıkları. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Bilim Dergisi*, 5 (1), 43–50.
- Çetin, M. (2017). Bazı iç mekân süs bitkilerinde klorofil miktarının değişimi. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Bilim Dergisi*, 3 (1), 11–19.
- Çetin, M., & Jawed, A. A. (2022). Variation of Ba concentrations in some plants grown in Pakistan depending on traffic density. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-7. doi: 10.1007/s13399-022-02334-2.
- Çetin, M., Adıgüzel, F., Güngör, S., Kaya, E. & Sancar, M. C. (2019b). Burdur ili için kentsel yönetim ve planlamada termal iklim bölgesi alanlarının yapı yoğunluğu açısından değerlendirilmesi. *Hava Kalitesi Atmosferi ve Sağlık*, 12 (9), 1103–1112.
- Çetin, M., Onaç, A. K., Sevik, H. & Sen, B. (2019a). Bursa'da bazı hava kirliliği parametrelerinin zamansal ve bölgesel değişimi. *Hava Kalitesi, Atmosfer ve Sağlık*, 12 (3), 311–316.
- Çetin, M., Sevik, H. & Cobanoğlu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (17), 21816-21825. doi: 10.1007/s11356-020-08687-3.
- Çetin, M., Sevik, H. & Yiğit, N. (2018a). Bazı peyzaj bitkilerinin yaprak mikromorfolojik karakterlerinde iklim tipine bağlı değişiklikler. *Çevresel İzleme ve Değerlendirme*, 190 (7), 404.
- Çetin, M., Sevik, H., Yiğit, N., Özel, H. B., Arıca, B. & Varol, T. (2018b). Bazı peyzaj bitkilerinde farklı iklim koşullarında yetişen yaprak mikromorfolojik karakterlerinin değişkenliği. *Fresenius Çevre Bülteni*, 27 (5), 3206–3211.
- Çobanoğlu, H., Cantürk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., & Sevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist*, 73 (3), 247-256.
- Çulha, Ş. & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11 (2), 11-34.
- D'Mello, J. P. F. (2003). Food safety: Contamination and Toxins. CABI Publishing, Cambridge, (pp. 480).
- Davis, P. H. (1972). Flora of Turkey and East Aegean Islands. Volume IV. Edinburgh University Press.
- Dazy, M., Béraud, E., Cotel, S., Meux, E., Masfaraud, J. F. & Ferard, J. F. (2008). Antioxidant enzyme activities as affected by trivalent and hexavalent chromium species in *Fontinalis antipyretica* Hedw. *Chemosphere*, 73 (3), 281-290. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.06.044.

- Demirtaş, A. (2005). Bitkide bor ve etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (2), 217-225.
- Dheebakaran, G. & Jagannathan, R. (2009). Estimation of total leaf area by non-destructive methods in horse-eye bean (*Mucuna pruriens*). *Madras Agriculture Journal*, 96 (1-6), 113-115.
- Divrikli, U., Horzum, N., Soylak, M. & Elci, L. (2006). Trace heavy metal contents of some spices and herbal plants from western Anatolia, Turkey. *International Journal of Food Science Technology*, 41 (6), 712- 716.
- Dobson, A.W., Erikson, K. M. & Aschner, M. (2004) Manganese Neurotoxicity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1012, 115-129.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., & Cetin, M. (2023). Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 30 (11), 29180-29189.
- Dolekoglu, C. Ö. & Yurdakul, O. (2004). Determination of nutritional levels and effective factors of households in Adana by logit analysis. *Akdeniz University Faculty of Economics & Administrative Sciences Faculty Journal*, 3 (8), 62-87.
- Dotaniya, M. L., Rajendiran, S., Meena, V. D., Saha, J. K., Coumar, V., Kundu, S. & Patra, A. K. (2017). Influence of chromium contamination on carbon mineralization and enzymatic activities in vertisol. *Agricultural Research*, 6 (1), 91-96. doi: 10.1007/s40003-016-0242-6.
- Duda-Chodak, A. & Blaszczyk, U. (2008). The impact of nickel on human health. *Journal of Elementology*, 13 (4), 685–693.
- El-Nekeety, A. A., El-Kady, A. A., Soliman, M. S., Hassan, N. S. & Abdel- Wahhab, M. A. (2009). Protective effect of *Aquilegia vulgaris* (L.) against lead acetate-induced oxidative stress in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 47 (9), 2209–2215. doi: 10.1016/j.fct.2009.06.019.
- Elsunousi, A. A. M., Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B. & Uzun Ozel, H. (2021). Periodical and regional change of particulate matter and CO2 concentration in Misurata. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193 (11) 707. doi: 10.1007/s10661-021-09478-0.
- Emurotu, J. E. & Onianwa, P. C. (2017). Bioaccumulation of heavy metals in soil and selected food crops cultivated in Kogi State, north central Nigeria. *Environmental Systems Research*, 6 (1), 21. doi: 10.1186/s40068-017-0098-1.
- Ercal, N., Gurer-Orhan, H. & Aykin-Burns, N. (2001). Toxic metals and oxidative stress part I: mechanisms involved in metal-induced oxidative damage. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 1 (6), 529–539. doi: 10.2174/1568026013394831.

- Ercilla-Montserrat, M., Munoz, P., Montero, J. I., Gabarrell, X., & Rieradevall, J. (2018). A study on air quality and heavy metals content of urban food produced in a Mediterranean city (Barcelona). *Journal of Cleaner Production*, 195, 385–395. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.183.
- Erdem, R., Arıcak, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023a). change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73 (3), 257-263.
- Erdem, R., Çetin, M., Arıcak, B., & Sevik, H. (2023b). The change of the concentrations of boron and sodium in some forest soils depending on plant species. *Forestist*, 73 (2).
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of magnesium, one of the macronutrients, in some trees based on organs and species. *Forestist* 74 (1): 84-93
- Erdem, T. (2018). Bazı bitkilerde ağır metal konsantrasyonlarının tür, organel ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimleri. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Essien, O. E. & Hanson, R. O. (2014). Heavy metal pollution of in-situ and surrounding soils profiles at municipal solid waste dumpsite. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4 (8), 1198–1214. doi: 10.9734/BJAST/2014/4500.
- Fang, T., Jiang, T., Yang, K., Li, J., Liang, Y., Zhao, X., Gao, N., Li, H., Cui, W. & Cui, K. (2021). Biomonitoring of heavy metal contamination with roadside trees from metropolitan area of Hefei, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193 (3), 1-14. doi: 10.1007/s10661-021-08926-1.
- Flora, S. J. S. (2015). Arsenic: Chemistry, Occurrence, and Exposure, in Handbook of Arsenic Toxicology, Academic Press: Oxford, 1-49.
- Fulekar, M., Singh, A. & Bhaduri, A. M. (2009). Genetic engineering strategies for enhancing phytoremediation of heavy metals. *African Journal of Biotechnology*, 8 (4), 529–535.
- Führs, H., Götze, S., Specht, A., Erban, A., Gallien, S., Heintz, D., Dorselaer, A. V., Kopka, J., Braun, H. P. & Horst, W. J. (2009). Characterization of leaf apoplastic peroxidases and metabolites in *Vigna unguiculata* in response to toxic manganese supply and silicon. *Journal of Experimental Botany*, 60 (6), 1663–1678. doi: 10.1093/jxb/erp034.
- Ganesh, K. S., Baskaran, L., Rajasekaran, S., Sumathi, K., Chidambaram, A. L. A. & Sundaramoorthy, P. (2008). Chromium stress induced alterations in biochemical and enzyme metabolism in aquatic and terrestrial plants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 63 (2), 159-163. doi: 10.1016/j.colsurfb.2007.11.016.

- Garcia, S. J., Gellein, K., Syversen, T. & Aschner, M. (2006). Iron deficient and manganese supplemented diets alter metals and transporters in the developing rat brain. *Toxicological Sciences*, 95 (1), 205–214. doi:10.1093/toxsci/kfl139.
- Gardiner, D. T. & Miller, R. W. (2008). *Soils in Our Environment*. 11th Edition, New Jersey, USA: Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill.
- Garfinkle, M. A. (2017). Salt and essential hypertension: pathophysiology and implications for treatment. *Journal of the American Society of Hypertension*, 11 (6), 385-391. doi: 10.1016/j.jash.2017.04.006.
- Gebeyehu, H. R. & Bayissa, L. D. (2020). Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in Mojo area, Ethiopia. *PloS One*, 15 (1).
- Ghani, A. (2011). Effect of chromium toxicity on growth, chlorophyll and some mineral nutrients of Brassica juncea L., Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. *Botany*, 2 (1), 9–15. doi: 10.21608/EAJBSH.2011.17007.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality Atmosphere & Health*. 15 (2), 415-424. doi: 10.1007/s11869-021-01146-z.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Gillette, B., (2008). Nickel named ‘allergen of the year’. ACDS adds to list of substances warranting more attention. *Dermatology Times*, 4, 15–16.
- Gjorgieva Ackova, D. (2018). Heavy metals and their general toxicity on plants. *Plant Science Today*, 5 (1), 15-19.
- Günes, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H. & Çakmak, İ. (2017). Bor elementinin bitkiler için önemi. *BORON Dergisi*, 2 (3), 168-174.
- Güneş, A., Alpaslan, M. & İnal, A. (2007). Bitki besleme ve gübreleme. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Güneş, Ö. N. (2014). HELLP sendromlu hastalarda serum çinko ve bakır düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*. Erzurum.
- Hambach, R., Lison, D., D’Haese, P. C., Weyler, J., Graef, E., Schryver, A., Lamberts, L. V. & Sprundel, M. (2013). Co-exposure to lead increases the renal response to low levels of cadmium in metallurgy workers. *Toxicology Letters*, 222 (2), 233–238. doi: 10.1016/j.toxlet.2013.06.218.
- Hawkins, J. S. (1997). Heavy metals concentration in fruits and vegetables. *Journal of Chemistry Education*, 74 (11), 1374-1384.

- Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H. & Maskan, M. (2017). Effects of hybrid (microwave-convectional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. *Food Chemistry*, 230, 295–305. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.03.046.
- Hossain, Z., Hajika, M. & Komatsu, S. (2012). Comparative proteome analysis of high and low cadmium accumulating soybeans under cadmium stress. *Amino Acids* 43, 2393–2416. doi: 10.1007/s00726-012-1319-6.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., & Gömöry, D. (2023). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *European Journal of Forest Research*, 1-14.
- Isinkaralar, K. (2022a). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Romanian Biotechnological Letters*, 27 (1), 3227-3236. doi: 10.25083/rbl/27.7/3227-3236.
- Isinkaralar, K. (2022b). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 3, 341-350. doi: 10.1007/s11355-022-00503-z.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12.
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H., & Küçük, Ö. (2024). Spatial modeling the climate change risk of river basins via climate classification: a scenario-based prediction approach for Türkiye. *Natural Hazards*, 1-18.
- Islam, S., Rahman, M. M., Rahman, M. A. & Naidu, R. (2017). Inorganic arsenic in rice and rice-based diets: Health risk assessment. *Food Control*, 82, 196-202.
- Istanbullu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110 (4), 78.
- Ivey, M. & Elmen, G. (1986). Nutritional Supplements, Mineral and Vitamin Production in Handbook of Nonprescription Drugs. American Pharmaceutical Association, The National Professional Society of Pharmacists, Washington DC.
- İbret, B. Ü. & Aydınözü, D. (2009). A Sample For The Effect Of The Wrong Settelement Choice In urbanization On Air Pollution: The Center Of Kastamonu. 0 (18), 71-88.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B. & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7 (2), 60–72. doi: 10.2478/intox-2014-0009.

- Jamali, M. K., Kazi, T. G., Arin, M. B., Afridi, H. I., Jalbani, N. & Memom, A. R. (2007). Heavy metal contents of vegetables grown in soil, irrigated with a mixture of wastes water, sewage, and sewage sludge in Pakistan, using ultrasonic-assisted Pseudo-digestion. *Journal of Agronomy and crop science*, 193 (3), 218-228.
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metals contamination. *British Medical Bulletin*, 68 (1), 167–182.
- Jha, A. & Dubey, R. S. (2004). Arsenic exposure alters activity behaviour of key nitrogen assimilatory enzymes in growing rice plants. *Plant Growth Regulation*, 43 (3), 259–268. doi: 10.1023/B:GROW.0000045995.49365.df.
- Jiang, Y. & Zheng, W. (2005). Cardiovascular toxicities upon managanese exposure. *Cardiovascular Toxicology*, 5 (4), 345–354. doi: 10.1385/CT:5:4:345.
- Jo, J., Jo, B., Kim, J., Kim, S. & Han, W. (2020). Development of an iot-based indoor air quality monitoring platform. *Journal of Sensors*. doi: 10.1155/2020/8749764.
- Joubert, E. & Muller, M. (2013). Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of South African plums (*Prunus salicina lindl.*). Master of Science in Food Science.
- Kacar, B. & Katkat, A. V. (2010). Bitki besleme. 5. Baskı, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti.
- Kacar, B. & Katkat, A. V. (2015). Bitki besleme. 6. Baskı, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kacar, B. (2012). Temel bitki besleme. 2. Basım Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kafkasyalı, D. (2021). Bakır toksisitesinin bitkilerde fizyolojik, morfolojik, biyokimyasal ve transkripsiyonel düzeydeki etkileri. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 47 (1), 16-34. doi: 10.35238sufefd.857192.
- Kaftanoğlu, E. (2013). Taze ve ticari vişne sularının (*Prunus cerasus*) toplam antosiyanin, toplam fenolik ve şeker miktarlarının tayini ve karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Kantarcı, M. D. (2000). Toprak ilmi. İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18 (3), 75-83. doi: 10.1007/s11355-021-00483-6.

- Kasprzak, K. S., Sunderman, F. W. & Salnikow, K. (2003). Nickel carcinogenesis. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 533 (1), 67–97. doi: 10.1016/j.mrfmmm.2003.08.021.
- Kaya, E., Agca, M., Adiguzel, F. & Cetin, M. (2019). Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25 (6), 1521–1530.
- Kaya, L. G. (2009). Assessing forests and lands with carbon storage and sequestration amount by trees in the state of Delaware, USA. *Scientific Research and Essays*, 4 (10), 1100–1108.
- Kent, K., Charlton, K. E., Jenner, A. & Roodenrys, S. (2016). Acute reduction in blood pressure following consumption of anthocyanin-rich cherry juice may be dose-interval dependant: A pilot cross-over study. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 67 (1), 47–52.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45 (10), 120.
- Khalid, S., Shahid, M., Natasha, Bibi, I., Sarwar, T., Shah, A. H. & Niazi, N. K. (2018). A review of environmental contamination and health risk assessment of wastewater use for crop irrigation with a focus on low and high-income countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (5), 895. doi: 10.3390/ijerph15050895.
- Khan, Z. I., Ugulu, I., Zafar, A., Mehmood, N., Bashir, H., Ahmad, K. & Sana, M. (2021b). Biomonitoring of heavy metals accumulation in wild plants growing at soon valley, Khushab, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 53 (1), 247-252. doi: 10.30848/PJB2021-1(14).
- Kim, D. O., Jeong, S. W. & Lee, C. Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81 (3), 321–326. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00423-5.
- Koc, I., Cobanoglu, H., Canturk, U., Key, K., Kulac, S., & Sevik, H. (2023). Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-12.
- Koç, İ. (2021). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (27), 35880–35886. doi: 10.1007/s11356-021-13272-3.
- Kovalchuk, O., Titov, V., Hohn, B. & Kovalchuk, I. (2001). A sensitive transgenic plant system to detect toxic inorganic compounds in the environment. *Nature Biotechnology*, 19 (6), 568–572. doi: 10.1038/89327.

- Krewski, D., Yokel, R. A., Nieboer, E., Borchelt, D., Cohen, J., Harry, J., Kacew, S., Lindsay, J., Mahfouz, A. M. & Rondeau, V. (2007). Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 10 (1), 1–269. doi: 10.1080/10937400701597766.
- Kumar, S., Prasad, S., Yadav, K. K., Shrivastava, M., Gupta, N., Nagar, S., Bach, Q., Kamyab, H., Khan, S. A., Yadav, S., & Malav, L. C. (2019). Hazardous heavy metals contamination of vegetables and food chain: role of sustainable remediation approaches- A review. *Environmental Research*, 179.
- Kumari, B., Kumar, V., Sinha, A. K., Ahsan, J., Ghosh, A., Wang, H. & De Boeck, G. (2017). Toxicology of arsenic in fish and aquatic systems. *Environmental Chemistry Letters*, 15 (1), 43-64. doi: 10.1007/s10311-016-0588-9.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., ... & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density. *BioResources*, 18(1), 792.
- Li, X., Li, Z., Lin, C. J., Bi, X., Liu, J., Feng, X., Zhang, H., Chen, J. & Wu, T. (2018). Health risks of heavy metal exposure through vegetable consumption near a largescale Pb/Zn smelter in central China. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 161 (3), 99–110.
- Lillo, F., Ginocchio, R., Ulriksen, C., Dovletyarova, E. A. & Neaman, A. (2019). Evaluation of connected clonal growth of *Solidago chilensis* as an avoidance mechanism in copperpolluted soils. *Chemosphere*, 230, 303–307.
- Madel G. (1977). Vergiftungen von Hummeln durch den Nektar der Silberlinde *Tilia tomentosa* Moench. *Bonner zoologische Beiträge*: Herausgeber: Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn 28, 149–154.
- Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernandez, J. & Diez, S. (2017). Assessment of heavy metal pollution, spatial distribution and origin in agricultural soils along the Sinu River Basin, Colombia. *Environmental Research* 154, 380–388. doi: 10.1016/j.envres.2017.01.02.
- McCauley, A., Jones, C. & Jacobsen, J. (2009). Nutrient Management. Nutrient management module 9 Montana State University Extension Service. Publication.
- Michailidis, M., Polychroniadou, C., Kosmidou, M. A., Petraki-Katsoulaki, D., Karagiannis, E., Molassiotis, A. & Tanou, G. (2021). An early calcium loading during cherry tree dormancy improves fruit quality features at harvest. *Horticulturae*, 7 (6), 135. doi: 10.3390/horticulturae7060135.

- Michalke, B. & Fernsebner, K. (2014). New insights into manganese toxicity and speciation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28 (2), 106–116. doi: 10.1016/j.jtemb.2013.08.005.
- Mombo, S., Foucault, Y., Deola, F., Gaillard, I., Goix, S., Shahid, M., Schreck, E., Pierart, A. & Dumat, C. (2015). Management of human health risk in the context of kitchen gardens polluted by lead and cadmium near a lead recycling company. *Journal of Soils and Sediments*, 16 (4), 1–11.
- Mossi, M. M. M. (2018). Bazı peyzaj bitkilerinde çalı formlarına yönelik ağır metal birikiminin belirlenmesi. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Muñoz, I., Guàrdia, M. D., Arnau, J., Dalgaard, P., Bover, S., Fernandes, J. O., Monteiro, C., Cunha, S. C., Gonçalves, A., Nunes, M. L. & Oliveira, H. (2020). Effect of the sodium reduction and smoking system on quality and safety of smoked salmon (*Salmo salar*). *Food and Chemical Toxicology*, 143 (7), 111554, doi: 10.1016/j.fct.2020.111554.
- Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 8, 199-216.
- Nampoothiri, M., John, J., Kumar, N., Mudgal, J., Nampurath G. K. & Chamallamudi, M. R. (2015). Modulatory role of simvastatin against aluminium chloride-induced behavioural and biochemical changes in rats. *Behavioural Neurology*. doi: 10.1155/2015/210169.
- Nawirska-Olszańska, A., Kolniak-Ostek, J., Oziembłowski, M., Ticha, A., Hyšpler, R., Zadak, Z., Zidova, P. & Paprstein, F. (2017). Comparison of old cherry cultivars grown in Czech Republic by chemical composition and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 228, 136–142. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.01.154.
- Nazir, F., Hussain, A. & Fariduddin, Q. (2019). Hydrogen peroxide modulate photosynthesis and antioxidant systems in tomato (*Solanum lycopersicum L.*) plants under copper stress. *Chemosphere*, 230, 544–558.
- Nowak, D. J., Walton, J. T., Dwyer, J. F., Kaya, L. G. & Myeong, S. (2005). The increasing influence of urban environments on US forest management. *Journal of Forestry*, 103 (8), 377–382.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M, & Pehlivan, M. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 17 (2), 14-26.
- Okudan, M. (2009). Kobalt ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (HDS) Katalizör Atıklarına Asidik ve Alkali Liç Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.
- Okur, N. (2020). Toprak bilimi ve bitki besleme. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Ozel, S. (2019). Bazı meyve ağacı organellerinde ağır metal birikiminin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. & Kaptan, H. (2001). Toprak Bilimi. 5. Baskı, Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 73, Ders Kitapları Yayın No A-16.
- Özbek, S. (1978). Özel meyvecilik (kışın yaprağını döken meyve türleri). Ankara: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Özbolat G. & Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25 (4), 502-521. doi: 10.17827/aktd.253562.
- Paiva, L. B., Oliveira, J. G., Azevedo, R. A., Ribeiro, D. R., Silva, M. G. & Vitória, A. P. (2009). Ecophysiological responses of water hyacinth exposed to Cr³⁺ and Cr⁶⁺. *Environmental and Experimental Botany*, 65 (2-3), 403-409. doi: 10.1016/j.envexpbot.2008.11.012.
- Pandey, N. & Sharma, C. P. (2002). Effect of heavy metals Co²⁺, Ni²⁺ and Cd²⁺ on growth and metabolism of cabbage. *Plant Science*, 163 (4), 753-758. doi: 10.1016/S0168-9452(02)00210-8
- Peng, Q., Bakulski, K. M., Nan, B. & Park, S. K. (2017). Cadmium and Alzheimer's disease mortality in US adults: updated evidence with a urinary biomarker and extended follow-up time. *Environmental Research*, 157, 44-51. doi: 10.1016/j.envres.2017.05.011.
- Pınar, B. (2019). Bazı peyzaj bitkilerinde ağır metal birikiminin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Pigott D. (2012). Lime-trees and basswoods: a biological monograph of the genus *Tilia*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. doi: 10.1017/CBO9781139033275.
- Plaster, E. J. (1992). Soil Science and Management. 2nd Edition, New York: Delmar Publishers Inc., Albany.
- Priyanka, V., Kumar, R., Dhaliwal, I. & Kaushik, P. (2021). Germplasm conservation: Instrumental in agricultural biodiversity: A Review. *Sustainability*, 13 (12), 6743. doi: 10.3390/su13126743.
- Putkaradze, J., Diasamidze, M., Vanidze, M. & Kalandia, A. (2021). Antioxidant Activity of *Prunus cerasifera* products. *International Journal of Life Sciences*, 10 (3), 52-54.
- Radwan, M. A. & Salama, A. K. (2006). Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 44 (8), 1273-1278.

- Rağbetli, C. (2009). İçme sularındaki tehlike: Arsenik. İklim Değişikliği ve Çevre, 2, 6-12.
- Rai, P. K., Leeb, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F. & Kim, K. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, 125, 365–385.
- Rajaganapathy, V., Xavier, F., Sreekumar, D. & Mandal, P. K. (2011). Heavy Metal Contamination in Soil, Water and Fodder and their presence in Livestock and Products: A Review. *Journal of Environmental Science and Technology*, 4 (3), 234-249.
- Ravindran, G., Chakrabarty, D. & Sarkar, A. (2017). Cell specific stress responses of cadmium-induced cytotoxicity. *Animal Cells and Systems*, 21 (1), 23–30. doi: 10.1080/19768354.2016.1267041.
- Rehman, A. U., Nazir, S., Irshad, R., Tahir, K., Rehman, K. U., Islam, R. U. & Wahab, Z. (2020). Toxicity of heavy metals in plant and animals and their uptake by magnetic iron oxide nanoparticles. *Journal of Molecular Liquids*, 321. doi: 10.1016/j.molliq.2020.114455.
- Reid, R. & Fitzpatrick, K. (2009). Influence of leaf tolerance mechanisms and rain on boron toxicity in barley and wheat. *Plant Physiology*, 151 (1), 413-420. doi: 10.1104/pp.109.141069.
- Russell, K. (2003). EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for wild cherry (*Prunus avium*), International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Salas-Moreno, M. & Marrugo-Negrete, J. (2020). Phytoremediation potential of Cd and Pb contaminated soils by *Paspalum fasciculatum* Willd. ex Flugge. *International Journal of Phytoremediation*, 22 (1), 87–97. doi: 10.1080/15226514.2019.1644291.
- Saleh, E. A. A. (2018). Determination of heavy metal accumulation in some landscape plants.
- Salih, E. A. (2018). Bazı peyzaj bitkilerinde ağır metal birikiminin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Salt, D. E., Blaylock, M., Kumar, N. P., Dushenkov, V., Ensley, B. D., Chet, I. & Raskin, I. (1995). Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Nature Biotechnology*, 13 (5), 468–474. doi: 10.1038/nbt0595-468.
- Salt, D. E., Kato, N., Krämer, U., Smith, R. D. & Raskin, I. (2020). The role of root exudates in nickel hyperaccumulation and tolerance in accumulator and nonaccumulator, *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*, 189-200. doi: 10.1201/9780367803148-10.

- Samantaray, S., Rout, G. R. & Das, P. (1998). Role of chromium on plant growth and metabolism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 20 (2), 201–212. doi: 10.1007/s11738-998-0015-3.
- Sarı, E. N. & Soysal, Y. (2021). Bor Elementi ve Biyolojik Sistemlere Etkisi. *Tıp Fakültesi Klinikleri Dergisi*, 4 (2), 57-65.
- Sarwar, N., Imran, M., Shaheen, M. R., Ishaque, W., Kamran, M. A., Matloob, A., Rehim, A. & Hussain, S. (2017). Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives. *Chemosphere*, 171, 710–721. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.12.116.
- Sasidharan, S. M., Vega, M., Defoe, P. P., Kibria, M. G., Ford, S., Telfeyan, K., Neal, A. W., Mohajerin, T. J., Hettiarachchi, G. M., Barua S., Hobson, C., Johannesson, K. H. & Datta, S. (2014). Elevated arsenic and manganese in groundwaters of Murshidabad, West Bengal, India. *The Science of The Total Environment*, 488 (1), 570–579. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.077.
- Satarug, S., Garrett, S. C., Sens, M. & Sens, D. (2010). Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Environ Health Perspect*, 118 (1), 182–190, doi: 10.1289/ehp.0901234.
- Savas, D. S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28 (39), 55446-55453. doi: 10.1007/s11356-021-14826-1.
- Schobinger, U. (1988). Meyve ve Sebze Üretim Teknolojisi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Schreck, E., Foucault, Y., Sarret, G., Sobanska, S., Cécillon, L., Rouelle, M., Uzu, G. & Dumat, C. (2012). Metal and metalloid foliar uptake by various plant species exposed to atmospheric industrial fallout: Mechanisms involved for lead, *The Science of The Total Environment*, 253–262.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N. & Ocak, S. (2018). Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1 (2), 91-103.
- Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Ozel, H. U. & Erdem, T. (2019). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (2), 189-195.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalida, S., Schreck, E., Xiong, T. & Nabeel N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36-58.
- Sharif, K., Amital, H. & Shoenfeld, Y. (2018). The role of dietary sodium in autoimmune diseases: The salty truth. *Autoimmunity Reviews* 17 (11), 1069-1073. doi: 10.1016/j.autrev.2018.05.007.

- Shimada, H., Yasutake, A., Hirashima, T., Takamure, Y., Kitano, T., Waalkes, M. P. & Imamura, Y. (2008). Strain difference of cadmium accumulation by liver slices of inbred Wistar-Kyoto and Fischer 344 rats. *Toxicology in Vitro*, 22 (2), 338–343. doi: 10.1016/j.tiv.2007.09.013.
- Singh, S., Tripathi, R. D., Dwivedi, S., Kumar, A., Trivedi, P. K. & Chakrabarty, D. (2010). Lead bioaccumulation potential of an aquatic macrophyte *Najas indica* are related to antioxidant system. *Bioresource Technology*, 101 (9), 3025–3032. doi: 10.1016/j.biortech.2009.12.031.
- Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N. K. & Kaya, H. (2006). Toprakta Yapılan Bakır Uygulamalarının Toprak Pb'sı ve Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 151-158.
- Steenland, K. & Boffeta, P. (2000). Lead and cancer in humans: where are we now?. *American Journal Of Industrial Medicine*, 38 (3) 295–299. doi: 10.1002/1097-0274.
- Stylianou, M., Gavriel, I., Vogiatzakis, I.N., Zorpas, A. & Agapiou, A. (2020). Native plants for the remediation in Cyprus: A preliminary assessment. *Journal of Environmental Management*, 274. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110531.
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 25 (5), 4365-4384.
- Šumic, Z., Tepic, A., Vidovic, S., Jokic, S. & Malbaša, R. (2013). Optimization of frozen sour cherries vacuum drying process. *Food Chemistry*, 136 (1), 55–63. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.102.
- Swartjes, F. A., Breemen, D., Otte, S., Beelen, P., Rikken, M. G. J., Tuinstra, J., Spijker, J. & Lijzen, J. (2007). Human Health Risks Due to Consumption of Vegetables from Contaminated Sites. RIVM.
- Szczepaniak, E. & Prokop, J. (2004). Wyprysk kontaktowy. *Postepy Dermatologii Alergologii*, 21 (4), 205–210.
- Şahin, M. (2021). İnsan vücudu için önemli mineraller ve bor; temel fonksiyonları, temin yöntemleri ve beslenme önerileri. <https://www.drocta.com.tr/images/faydalibilgiler/200.pdf>, Erişim tarihi: 06/12/2023.
- Şahin, S. (2018). Geçmiş, günümüz ve gelecekte nüfus gerçeği. 4. Baskı, Ankara: Pegem Akademi.
- Tamás, L., Huttová, J., Mistrík, I., Simonovicova, M. & Siroka, B. (2006). Aluminium-induced drought and oxidative stress in barley roots. *Journal of Plant Physiology*, 163 (7), 781–784. doi: 10.1016/j.jplph.2005.08.012
- Tamtürk, P. (2013). Farklı kurutma yöntemlerinin ıhlamur çiçeği (*Tilia Tomentosa* Moelch.) uçucu bileşiklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.

- Tandogan, M., Özel, H. B., Gözet, F. T., & Şevik, H. (2023). Determining the Taxol Contents of Yew Tree Populations in Western Black Sea and Marmara Regions and Analyzing Some Forest Stand Characteristics. *BioResources*, 18 (2).
- Thomas, D. J. (2007). Molecular processes in cellular arsenic metabolism. *Toxicology Applied Pharmacology*, 222 (3), 365–373. doi: 10.1016/j.taap.2007.02.007.
- Türkyılmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K. & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22 (3), 2385-2398.
- Türkyılmaz, A., Çetin, M., Sevik, H., Işınkaralar, K. & Saleh, E. A. A. (2018a). Bazı peyzaj bitkilerinde ağır metal birikiminin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişmesi. *Çevre, Kalkınma ve Sürdürülebilirlik*, 1–14.
- Türkyılmaz, A., Sevik, H. & Çetin, M. (2018b). Son zamanlarda biriken ağır metaller için çok yıllık iğnelerin biyomonitör olarak kullanılması. *Peyzaj ve Ekoloji Mühendisliği*, 14 (1), 115–120.
- Türkyılmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K. & Cetin, M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (5), 5122-5130. doi: 10.1007/s11356-018-3962-2.
- Türkyılmaz, A., Sevik, H., Işınkaralar, K. & Çetin, M. (2018c). Havada biriken ağır metal miktarını izlemek için Acer platanoides yıllık halkalarının kullanılması. *Çevresel İzleme ve Değerlendirme*, 190, 578.
- Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M. & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (34), 42495-42512. doi: 10.1007/s11356-020-10156-w.
- URL-1. (2023). Kiraz eriği, https://tr.wikipedia.org/wiki/Kiraz_eri%C4%9Fi, Erişim tarihi: 15/11/2023.
- URL-2. (2023). Vişne (Prunus Cerasus), <https://vitamingrup.com/visne-prunus-cerasus/>, Erişim Tarihi: 13/11/2023.
- URL-3. (2023). Prunus cerasus, https://en.wikipedia.org/wiki/Prunus_cerasus, Erişim tarihi: 15/11/2023.
- URL-4. (2023). Prunus Avium, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kiraz>, Erişim Tarihi: 13/11/2023.
- URL-5. (2023). Prunus avium, https://en.wikipedia.org/wiki/Prunus_avium, Erişim tarihi: 15/11/2023.
- URL-6. (2023). Tilia tomentosa, https://species.wikimedia.org/wiki/Tilia_tomentosa#, Erişim tarihi: 15/11/2023.

- URL-7. (2023). Public Health Statement for Cadmium, July 1999, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs5.html>, Erişim tarihi: 16/11/2023.
- URL-8. (2023). Toxicological Profile for Manganese, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Public Health Service, <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>, Erişim tarihi: 17/11/2023.
- URL-9. (2023). IARC Working Group, Chromium and chromium compounds, IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man, <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono49.pdf>, Erişim tarihi: 18/11/2023.
- Uzu, G., Sabanska, S., Sarret, G., Munoz, M. & Dumat, C. (2010). Foliar lead uptake by lettuce exposed to atmospheric fallouts. *Environmental Science and Technology*, 44 (3), 1036–1042. doi: 10.1021/es902190u.
- Vahter, M. (2009). Effects of arsenic on maternal and fetal health. *Annual Review of Nutrition*, 29 (1), 381–399. doi: 10.1146/annurev-nutr-080508-141102.
- Vajpayee, P., Tripathi, R. D., Rai, U. N., Ali, M. B. & Singh, S. N. (2000). Chromium (VI) accumulation reduces chlorophyll biosynthesis, nitrate reductase activity and protein content in *Nymphaea alba* L., *Chemosphere*, 41 (7), 1075–1082. doi: 10.1016/s0045-6535(99)00426-9.
- Valko, M., Morris, H. & Cronin, M. T. D. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Current Medicinal Chemistry*, 12 (10), 1161–1208. doi: 10.2174/0929867053764635.
- Varalakshmi, L. R. & Ganeshamurthy, A. N. (2012). Heavy metal contamination of water bodies, soils and vegetables in peri-urban areas: A case study in Bangalore. *Journal of Horticultural Science*, 7 (1), 62–67. doi: 10.24154/jhs.v7i1.392.
- Wang, X., Sato, T., Xing, B. & Tao, S. (2005). Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment*, 350 (1-3), 28–37.
- Wang, Y., Chen, X., Zhang, Y. & Chen, X. (2012). Antioxidant activities and major anthocyanins of myrobalan plum (*Prunus cerasifera* Ehrhart). *Journal of Food Science*, 77 (4), 388–393.
- Wei, Z., Van Le, Q., Peng, W., Yang, Y., Yang, H., Gu, H., Lam, S. S. & Sonne, C. (2020). A review on phytoremediation of contaminants in air, water and soil. *Journal of Hazardous Materials*, 403. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.123658.
- Wirth, J. J. & Mijal, R. S. (2010). Adverse effects of low level heavy metal exposure on male reproductive function. *Systems Biology Reproductive Medicine*, 56 (2), 147–167. doi: 10.3109/19396360903582216.
- Wu, T., Tang, Q., Yu, Z., Gao, Z., Hu, H., Chen, W., Zheng, X. & Yu, T. (2014). Inhibitory effects of sweet cherry anthocyanins on the obesity development in

- C57BL/6 mice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65 (3), 351–359. doi: 10.3109/09637486.2013.854749.
- Yan, J.Y., Huang, C. C., Lung, S. C. C., Wang, W. C., Suo, G. L., Lin, Y. J., Lai, C. H. & Lin, C. H. (2017). ROCK inhibitor Y-27632 attenuated early endothelial dysfunction caused by occupational environmental concentrations of carbon black nanoparticles. *Environmental Science Nano*, 5 (5), 1525–1533. doi: 10.1039/C8EN90016G.
- Yang, Y., Chang, A. C., Wang, M., Chen, W. & Peng, C. (2018). Assessing cadmium exposure risks of vegetables with plant uptake factor and soil property. *Environmental Pollution*, 238, 263–269. doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.059.
- Yapıcı, G., Can, G. & Şahin, Ü. (2002). Çocuklarda asemptomatik kurşun zehirlenmesi. *Cerrahpaşa Medical Journal*, 33 (3), 197-204.
- Yerkin, D. & Temizel, K. E. (2018). Farklı Sodyum Seviyelerindeki Sulama Sularının Fasulye Bitkisi Yaprak Alanına Etkisi ve Yaprak Alanı Tahmini. *Black Sea Journal of Agriculture*, 1 (3), 70-75.
- Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü. & Tüfenkçi, Ş. (2020). Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9, 103-114. doi: 10.46810/tdfd.
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H., Özel, H. B., Ramadan Kshkush, F. E., & Işık, B. (2023). Clonal Variation Based on Some Morphological and Micromorphological Characteristics in the Boyabat (Sinop/Turkey) Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Seed Orchard. *BioResources*, 18 (3).
- Zeng, F., Qiu, B., Wu, X., Niu, S., Wu, F. & Zhang, G. (2012). Glutathione-mediated alleviation of chromium toxicity in rice plants. *Biological Trace Element Research*, 148 (2), 255–263. doi: 10.1007/s12011-012-9362-4
- Zeng, X.-B., Li, L.-F. & Mei, X.-R. (2008). Heavy metal content in Chinese vegetable plantation land soils and related source analysis. *Agricultural Sciences in China*, 7 (9), 1115–1126. doi: 10.1016/S1671-2927(08)60154-6.
- Zengin, F. K. & Munzuroglu, Ö. (2006). Toxic effects of cadmium (Cd⁺⁺) on metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56 (3), 224–229.
- Zeren Cetin, I., Varol, T., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2023). The effects of climate on land use/cover: a case study in Turkey by using remote sensing data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30 (3), 5688-5699.
- Zhang, D., Li, X., Ma, J., Yang, H., Zhang, W. & Li, C. (2019a). Genotypic differences and glutathione metabolism response in wheat exposed to copper. *Environmental and Experimental Botany* 157, 250–259.

- Zhang, Q., Yu, R., Fu, S., Wu, Z., Chen, H.Y.H. & Liu, H. (2019). Spatial heterogeneity of heavy metal contamination in soils and plants in Hefei, China. *Scientific Reports*, 9 (1), 1049. doi: 10.1038/s41598-018-36582-y.
- Zhou, H., Yang, W., Zhou, X., Liu, L., Gu, J., Wang, W., Zou, J., Tian, T., Peng, P. & Liao, B. (2016). Accumulation of heavy metals in vegetable species planted in contaminated soils and the health risk assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13 (3), 289. doi: 10.3390/ijerph13030289.

