T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ BAZI BİTKİLERDE TÜR, ORGANEL VE TRAFİK YOĞUNLUĞUNA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Tamer ERDEM

Danışman	**Doç. Dr. Hakan ŞEVİK**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Kerim GÜNEY**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2018

TEZ ONAYI

Tamer ERDEM tarafından hazırlanan "**Ağır Metal Konsantrasyonlarının Bazı Bitkilerde Tür, Organel ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç.Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR Karabük Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç.Dr. Burak ARICAK Kastamonu Üniversitesi	.....

18../05/2018

Enstitü Müdür V. Doç. Dr. Mehmet Altan KURNAZ .....

TAAHHÜTNAME

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



Tamer ERDEM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ BAZI BİTKİLERDE TÜR, ORGANEL VE TRAFİK YOĞUNLUĞUNA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Tamer ERDEM
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan ŞEVİK

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde hızlı kentleşme ve enerji tüketiminin artışı ile birlikte kirlilik düzeyi insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmıştır. Dünya genelinde her yıl milyonlarca insan hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybetmektedir. Ağır metaller doğada uzun süre bozulmadan kalabilmeleri, biyobirikme yapmaları ve bazılarının düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen olmaları sebebiyle özellikle insan sağlığı açısından kirleticiler içerisinde ayrı bir öneme sahiptir. Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi son derece önemlidir. Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerin başında biyomonitorler gelmektedir. Ancak hangi metalin izlenmesi için hangi bitkinin ve organelin kullanılmasının daha uygun olduğunun belirlenmesi, izlemelerin sağlıklı yapılabilmesi açısından elzemdir.

Bu çalışmada Ankara'da trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve olmadığı alanlarda yetişen *Ailanthus altissima, Biota orientalis, Platanus orientalis* ve *Pyracantha coccinea* yaprak, tohum ve dallarında Ni, Pb, Cd, Ba, Cu, Ca, Fe ve K elementlerinin konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Ni, Pb, Cd ve Cu konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Ni kirliliğinin belirlenmesi için en uygun tür ve organellerin *Biota orientalis* tohum ve dalları olduğu belirlenmiştir. Pb, Cd ve Cu kirliliğinin izlenmesi için ise *Ailanthus altissima* yaprakları oldukça uygundur.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, biyomonitor, trafik yoğunluğu

2018, 59 sayfa
Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

CHANGES IN HEAVY METAL CONCENTRATIONS DUE TO SPECIES, ORGANELLE AND TRAFFIC DENSITY IN SOME PLANTS

Tamer ERDEM
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan SEVIK

The level of pollution has reached the dimensions that threaten human health, with the rapid urbanization and the increase of energy consumption especially in developing countries. Every year in the world, millions of people lose their lives because of air pollution. Heavy metals have a separate precaution in pollutants, especially in terms of human health, because they can remain intact in nature for long periods of time, they tend to bioaccumulate and some are toxic or carcinogenic even at low concentrations. Therefore, monitoring of heavy metal pollution and determination of risky areas is very important. Biomonitors are the most commonly used methods for monitoring heavy metal pollution. However, determining which plants and organelles are more suitable for monitoring the metal is essential in order to ensure that the monitoring is reliable.

In this study, it was aimed to determine the variations of the concentration of Ni, Pb, Cd, Ba, Cu, Ca, Fe and K elements depending on the traffic density in leaves, seeds and branches of *Ailanthus altissima*, *Biota orientalis*, *Platanus orientalis* and *Pyracantha coccinea* which are grown in areas with heavy, low dense and non traffic areas. As a result of the study, it was determined that concentrations of Ni, Pb, Cd and Cu increased depending on traffic density. According to the results obtained, it was determined that seeds and branches of *Biota orientalis* were the most suitable species and organelles to determine Ni pollution. The leaves of *Ailanthus altissima* are very suitable for monitoring the pollution of Pb, Cd and Cu.

Key Words: Heavy metal, biomonitor, traffic density

2018, 59 pages
Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

"Ağır Metal Konsantrasyonlarının Bazı Bitkilerde Tür, Organel Ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi" isimli bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Lisansüstü Programı kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmam boyunca danışmanlığımı yapan, bilgi birikimiyle çalışmama ışık tutan çok değerli hocam Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e şükranlarımı sunarım. Tez jürime katılan saygıdeğer hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR ve Dr. Öğr. Üyesi Kerim GÜNEY'e teşekkür ederim. Çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme teşekkür ederim. Yaptığım tez çalışmasının, bilim dünyasına yararlı olmasını temenni ederim.

Tamer ERDEM
Kastamonu, Mayıs, 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ x
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
TABLOLAR DİZİNİ xii
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 5
2.1. Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitor Olarak Bitkiler 5
2.2. Çalışmaya Konu Bitkilerin Genel Özellikleri 7
2.2.1. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Kokarağaç, Cennet Ağacı) 7
2.2.2. *Biota orientalis* (Syn: *Thuja orientalis*) 9
2.2.3. *Platanus orientalis* (Doğu Çınarı)… 11
2.2.4. *Pyracantha coccinea* (Ateş dikeni). 12
3. MATERYAL VE YÖNTEM 14
3.1. Örneklerin Toplanması ve Ağaç Türleri 14
3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi 15
3.3. İstatistiki Analizler 18
4. BULGULAR 19
4.1. Metal Konsantrasyonlarının Türe Bağlı Değişimi 19
4.2. Metal Konsantrasyonlarının Organele Bağlı Değişimi. 20
4.3. Metal Konsantrasyonlarının Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. 22
4.4. Metallerin Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 24
4.4.1. Ni Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. 24

4.4.2. Pb Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi.. 26
4.4.3 Cd Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 29
4.4.4. Ba Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 31
4.4.5. Cu Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. 33
4.4.6. Ca Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. 36
4.4.7. Fe Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. 38
4.4.8. K Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. 40
5. SONUÇ VE TARTIŞMA 42
6. ÖNERİLER 46
KAYNAKLAR 49
ÖZGEÇMİŞ 59

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

As	Arsenik
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Cr	Krom
Fe	Demir
Hg	Civa
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
V	Vanadyum
Zn	Çinko
CO^2	Korbondioksit
O^2	Oksijen
°C	Santigrat Derece
F	F değeri
m	metre
cm	santimetre
mm	milimetre
mL	mililitre
g	gram
kg	kilogram
µm	milimikron
ppb	milyarda bir
ppm	milyonda bir
$\mu g g^{-1}$	mikrogram / gram

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 2.1. *Ailanthus altissima* Yaprakları	8
Fotoğraf 2.2. *Ailanthus altissima* Meyveleri	9
Fotoğraf 2.3. *Biota orientalis'* in Yeşil Kozalakları	10
Fotoğraf 2.4. Bozkurt Beldeğirmeni Tabiat Anıtı	11
Fotoğraf 2.5. *Platanus orientalis* Meyveleri	12
Fotoğraf 2.6. *Pyracantha coccinea* Roem. Meyveleri	13
Fotoğraf 3.1. Etüvde Kurutulan Örnekler	16
Fotoğraf 3.2. Analize Hazır Çözeltiler	17
Fotoğraf 3.3. Ağır Metal Snalizlerinin Yapıldığı ICP-OES Cihazı	17

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Örneklerin toplandığı bölge 14
Şekil 4.1. Ni Konsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 26
Şekil 4.2. Pb Konsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 28
Şekil 4.3. Cd Konsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 31
Şekil 4.4. Ba Konsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 33
Şekil 4.5. CuKonsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 35
Şekil 4.6. Ca Konsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 37
Şekil 4.7. Fe Konsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 39
Şekil 4.8. K Konsantrasyonunun Tür Ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 41

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1. Tür Bazında Varyans Analizi Sonuçları 19
Tablo 4.2. Tür Bazında Ortalama Değerler Ve Duncan Testi Sonuçları 20
Tablo 4.3. Mikromorfolojik Karakterlerin İklim Tipine Bağlı Olarak Değişimi 21
Tablo 4.4. Organel Bazında Ortalama Değerler Ve Duncan Testi Sonuçları 22
Tablo 4.5. Trafik Yoğunluğu Bazında Varyans Analizi Sonuçları 22
Tablo 4.6. Trafik Yoğunluğu Bazında Ortalama Değerler Ve Duncan Testi Sonuçları 23
Tablo 4.7. Ni Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 24
Tablo 4.8. Pb Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 27
Tablo 4.9. Cd Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 29
Tablo 4.10. Ba Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 32
Tablo 4.11. Cu Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 34
Tablo 4.12. Ca Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 36
Tablo 4.13. Fe Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 38
Tablo 4.14. K Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi 40

1. GİRİŞ

Günümüzde teknoloji alanındaki gelişmeler ve endüstrileşme enerji ihtiyacını artırmış, bunun sonucunda, petrolün işlenmesi ve kullanımı, petrokimya tesisleri ve çeşitli kimyasal maddelerin üretimi ve kullanımına bağlı olarak birçok zararlı kimyasal maddenin atmosferdeki düzeyi artmış ve artmaya da devam etmektedir. Hava kirliliği, dünya genelinde özellikle yerleşimler birimlerinde ısınma için kullanılan yakıtlar, endüstri, enerji sağlama ve ulaşım araçlarına bağlı olarak artmakta ve Dünya'da hava kirletici emisyonlarında 2030 yılına kadar beş katlık bir artış olacağı tahmin edilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde hızlı kentleşme ve enerji tüketiminin artışı ile birlikte kirlilik miktarı insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaşmıştır. Dünya genelinde yılda yaklaşık 6,5 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmektedir (Bayram vd., 2006; Aslanhan, 2012; Shahid vd., 2017).

Mineral kaynakların önemi, mineralin çıkarılması ve farklı endüstriyel işlemlerde kullanılması, özellikle çevresel kirlilik açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kimyasal maddeler, çevreye bulaştığı noktada sabit kalmaz, aktif ve pasif hareketler ile hava, su, toprak ve canlı sistem içerisinde taşınır ve dağılırlar. Canlılardaki dağılım, söz konusu canlıların hayatı ve bu canlıların habitat ve ekosistemleri ile yakından ilişkilidir (Aslanhan, 2012; Li vd., 2014; Goix vd., 2015; Shahid vd., 2017).

Kirleticiler içerisinde ağır metaller özellikle insan sağlığı açısından ayrı bir öneme sahiptir. Bunun sebebi ağır metallerin doğada uzun süre bozulmadan kalabilmeleri, biyobirikme yapmaları ve bazılarının düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen olmalarıdır (Turkyilmaz vd., 2018a,b; Leveque vd., 2014; Uzu vd., 2011). Havaya yayılan ağır metaller, süreç içerisinde karasal ortama ve buradan da bitkilere, bitkilerden de besin zinciri yoluyla hayvan ve insanlara ulaşırlarlar. Aynı zamanda insan ve hayvanlar tarafından havadan aeresol olarak veya toz halinde solunarak da canlı bünyelerine girebilmektedirler (Aslanhan, 2012).

Ağır metal, genel olarak yoğunluğu 5 g/cm³' den daha yüksek olan veya atom ağırlığı 50 ve üzeri olan elementlere denilmektedir. Ağır metallerin toksik özellikleri üzerine 20-25 yıldır yoğun bir şekilde çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçlarına göre hemen hemen bütün metallerin belirli bir miktarın üzerinde alındığında toksik etki oluşturduğu, hatta metallerin büyük bir kısmının, çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki oluşturdukları tespit edilmiştir (Aydın, 2017). Özellikle potansiyel toksisiteleri bakımından As (arsenik), Cd (kadmiyum), Pb (kurşun), Cr (krom) ve Hg (civa) en toksik ağır metaller arasındadır. As (arsenik), Cr (krom), Pb (kurşun), Ni (nikel), Zn Çinko), Cd (kadmiyum) ve V (vanadyum) gibi endüstriyel kaynaklardan salınan ağır metaller kanserojendir (Shahid vd., 2015; 2017). Bitkiler dahil yaşayan organizmalar için manganez (Mn), çinko (Zn), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe) ve nikel (Ni) gibi mikrobesinlerin gerekli olmasına rağmen bunlar yüksek seviyelerde zararlı etkiler oluşturabilir (Niazi vd., 2011; Shahid vd., 2015; Harguinteguy vd., 2016).

Ağır metal kirliliğinin artmasında taşıtların önemli miktarda payı olduğu bilinmektedir. Ağır metal yayılımının en önemli kaynaklarının endüstriyel ve trafik faaliyetleri olduğu belirtilmektedir (Uzu vd., 2011; Martley vd., 2004). Yapılan pek çok çalışmada da trafik yoğunluğu ile ağır metal kirliliği arasında önemli düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir. Özellikle bitki yapraklarındaki Pb, Zn, Ba ve Mn konsantrasyonları ile trafik kaynağına olan mesafe arasında bariz bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (Gratani vd., 2008; Turkyilmaz vd., 2018a,b). Otoyol kenarlarındaki topraklarda ağır metal kirliliğinin de yüksek düzeyde olduğu, bu topraklarda özellikle Cd, Pb ve Ni kirliliğinin önemli düzeyde arttığı belirtilmektedir (Hakerler vd., 1995; Bayram vd., 2006).

İnsan ve çevre sağlığı açısından öneminden dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonunun değişimini gösteren en önemli belirteçler biyoindikatörlerdir. Bitkiler toprak veya havadaki ağır metallerin bir kısmını bünyelerine alarak biriktirmekte, bu birikim düzeyinin belirlenmesi ile toprak ve havadaki ağır metal kirliliği konusunda bilgi edinilebilmektedir (Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a).

Bitkilerde ağır metallerin alımı ve birikimi ile ilgili çalışmaların çoğunda, sadece kök sistemi ile olan metal birikimi incelenmiştir (Niazi ve Burton, 2016). Bunun başlıca nedeni ağır metallerin büyük kısmının toprakta birikmesi ve bitkilerin kök sistemi tarafından emilmesidir. Bitki köklerine ilaveten, bitkilerin yaprakları, meyveleri ve çiçekleri gibi havadaki organları da ağır metalleri absorbe edebilmektedir (Bondada vd., 2004). Bundan dolayı yüksek yapılı bitkilerin yaprakları (Monaci vd., 2000; Gratani vd., 2008; Anicic vd., 2011), gövde kabukları (Fujiware vd., 2011; Sawidis vd., 2011), odunları (Gao vd., 2015) yanı sıra likenler (Conti ve Cecchetti, 2001), yosunlar (Ceburnis ve Steinnes, 2000) biyomonitor olarak kullanılmaktadır (Ugolini vd., 2013).

Bitkilerin havadaki organları, köklere benzer şekilde ağır metal tutma mekanizmaları ile donatılmış etkili absorbe edici yapılardır (Xiong vd., 2014; Schreck vd., 2012). Bundan dolayı endüstriyel bölgelerin ve kent merkezlerinin yakınında büyüyen bitkiler yapraklarında yüksek konsantrasyonlarda ağır metal bulunmaktadır (Shahid vd., 2013; Xiong vd., 2014; Schreck vd., 2013). Bu nedenle ağır metallerin endüstriyel bölgelerin veya yolların yakınındaki konsantrasyonlarının belirlenmesinde bitkiler yoğun olarak kullanılmaktadır (Shahid vd., 2017).

Hava kirliliğinin biomonitorü olarak *Aesculus hippocastanum* (Pb ve Cu) (Tomasevic ve Anicic, 2010; Anicic vd., 2011), *Betula pendula* (Cd, Cr ve Zn) (Petrova vd., 2014), *Elaeagnus angustifolia* (Pb, Cd ve Zn) (Aksoy ve Şahin, 1999), *Fraxinus excelsior* (Pb, Cu, Ni, Zn, Cr) (Aksoy ve Demirezen, 2006), *Pinus pinea* (Cr, Cu ve Pb) (Rossini Oliva ve Mingorance, 2006), *Robinia pseudoacacia* (ağır metaller) (Celik vd., 2005), *Tilia* sp. (Pb ve Cu) (Tomasevic ve Anicic, 2010); (Cr, Ni ve Pb) (Piczak vd., 2003), *Quercus ilex* (Zn) (Gratani vd., 2008) çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Ancak farklı ağır metaller bitki türü ve organellerinde farklı seviyelerde birikebilmektedir. Bundan dolayı her bir ağır metalin hangi bitkinin hangi organelinde ne düzeyde biriktiğinin belirlenerek o bitkilerin ve organellerinin biyomonitor olarak kullanılması, çalışmaların daha sağlıklı sonuçlar vermesi açısından son derece önemlidir.

Bu çalışmada, Kastamonu ili kent merkezinde yetiştirilen bazı peyzaj bitkilerinde ağır metal birikiminin bitki türü, bitki organeli ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitor Olarak Bitkiler

Bitkiler, uzun yıllardır ağır metal birikiminin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılmaktadır. Endüstri tesisler, enerji santralleri, taşıtlar, tarım ve endüstriyel işletmelerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin takip edilmesinde uzun yıllar boyunca en çok kullanılan türlerin başında likenler gelmektedir (Loppi ve Pirintsos, 2003; Salemaa vd., 2004; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Yemets vd., 2015).

Likenlerin dışında yosunlar da ağır metal kirliliğinin izlenmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Schilling ve Lehman, 2002; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Zechmeister vd., 2003; Harmens vd., 2004; Basile vd., 2008; Harmens vd., 2010; Ares vd., 2015; Maxhuni vd., 2016). Briyofitler, özellikle yosunlar ekosistemin inatçı organik kirleticiler, eser metaller ve azot fazlalığı gibi bazı kirleticilere maruziyetini takip etmek için uzun yıllardan bu yana kullanılmaktadır. Yosunların biyolojik kütlesinin fazla olması, çeşitli ekosistemlerde ve tüm dünyada her yerde bulunmaları onları uygun bir biyoindikatör yapmaktadır. Yosunlar yüksek miktarlarda ağır metal biriktirebilme kapasitesine sahip olup bu yağmur suyu veya havaya göre element konsantrasyonlarının daha yüksek olmasına yol açmaktadır (Shahid vd., 2017). Bu özelliklerinden dolayı Avrupa'da, atmosferik metal kirliliğinin biyoindikatörü olarak kara yosunlarının kullanımı 1960'ların sonundan itibaren başlamış ve yosunlar pek çok bilimsel araştırmaya konu olmuşlardır (Giordano vd., 2013; Nickel vd., 2014; Meyer vd., 2015; Shahid vd., 2017; Hoa ve Thom, 2017).

Son yıllarda ise yüksek yapılı bitkiler ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde daha sık kullanılmaya başlamıştır. Havadaki ağır metaller partikül maddeler üzerinde birikmekte, partikül maddelerin yaprak yüzeylerinde çökelmesinin ardından yaprak transferi yoluyla bitki yapraklarında birikebilmektedir (Schreck vd., 2012). Yapılan çalışmalar ağır metal kirliliğinin yüksek olduğu endüstri tesisleri yakınında büyüyen bitkilerin yapraklarında yüksek seviyelerde ağır metal birikimi olduğunu göstermiştir (Martín vd., 2015; Simon vd., 2016; Hurley vd., 2017; Shahid vd., 2017). Bundan dolayı bitkilerin yapraklarında ağır metal seviyeleri sıklıkla çalışmalara konu

olmaktadır (Aksoy vd., 2005; Zheljazkov vd., 2008; Sud vd., 2008; Stafilou vd., 2010).

Yaprak yüzeylerinden ağır metallerin bitki bünyesine alımı stomata, kütiküler çatlaklar, kovuklar, ektodesmata ve porlar yoluyla olmaktadır (Shahid vd., 2017). Yapraklar dışında bitki kök, meyve ve çiçekleri de ağır metalleri absorbe edebilmektedirler (Bondada vd., 2004). Madencilik faaliyetlerinin yapıldığı alanlar, endüstriyel alanlar ve trafik yoğunluğunun olduğu alanların yakınında büyüyen bitkilerin kök, yaprak, meyve, dal, kabuk, odun gibi organlarında yüksek konsantrasyonlarda ağır metaller bulunduğu belirtilmektedir (Sud vd., 2008; Schreck vd., 2013; Dogan vd., 2014; Xiong vd., 2014; Mallampati vd., 2015; Tošić vd., 2016).

Bundan dolayı ağır metal konsantrasyonlarını belirleyebilmek amacıyla endüstriyel bölgelerin veya yolların yakınlarında biyolojik takip çalışmaları ve bitkilerin biyomonitor olarak kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda; *Robinia pseudoacacia* (Celik vd., 2005; Serbula vd., 2012; Yang vd., 2015; Fan vd., 2018), *Pinus sylvestris, Pinus nigra, Picea pungens, Abies bornmulleriana* (Turkyilmaz vd., 2018a), *Prunus persica* (Dimitrijević vd., 2016; Alagić vd., 2017), *Prunus triloba* (Li-qiang vd., 2004), *Aesculus hippocastanum* (Yilmaz vd., 2006; Baycu vd., 2006; Tomasevic ve Anicic, 2010), *Sophora japonica* (Li vd., 2007), *Clethra barbinervis* (Yamaji vd., 2016), *Quercus ilex* (Gratani vd., 2008), *Betula pendula* (Petrova vd., 2014), *Acer rubrum, Populus tremuloides* (Kalubi vd., 2016), *Fraxinus excelsior* (Aksoy ve Demirezen, 2006), *Pistacia lentiscus* (Concas vd., 2015), *Elaeagnus angustifolia* (Aksoy ve Şahin, 1999), *Pinus pinea* (Rossini Oliva ve Mingorance, 2006) *Populus deltoides* (Xu vd., 2016) türlerinde ağır metal birikimi araştırılmıştır. Bu alanda yapılmış çalışmalara daha pek çok örnek verilebilir.

Ağır metal birikimi konusundaki çalışmalarda yüksek yapılı bitkilerin kullanılmasının bazı avantajları vardır. Özellikle peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan bu bitkiler bulundukları alanda çok uzun yıllar kalabilirler ve bundan dolayı farklı araştırmalara olanak verirler. Yaprak döken bitkilerin yapraklarında

yapılacak çalışmalar ile sadece bir vejetasyon dönemi içerisindeki ağır metal kirliliği konusunda veriler elde edilebilirken *Pinus* türlerinde 2-3 yıl, *Picea* ve *Abies* türlerinde 6-7 yıllık verilere ulaşılabilir (Turkyilmaz vd., 2018a,b). Bunun dışında ağaçların yıllık halkalarında yapılacak incelemeler ile yüzlerce yıllık veriler elde edilebilir (Baross vd., 2014; Panyushkina vd., 2016). Bunlara ek olarak yüksek yapılı bitkiler liken ve yosunların tersine farklı yapılardaki organellerden oluşur ve her organelin ağır metal biriktirme potansiyeli farklı olabilir (Norouzi vd., 2016). Bundan dolayı bu bitkilerin yaprakları yanında dal, odun, kabuk, meyve, tohum ve kök gibi organelleri de ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılabilmektedir (Clemens ve Ma, 2016; Ugulu vd., 2016).

2.2. Çalışmaya Konu Bitkilerin Genel Özellikleri

Peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan dört adet bitki türü üzerinde yürütülmüştür. Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde bir türün biomonitor olarak kullanılabilmesi için bazı temel kriterlerin bulunduğu belirtilmektedir. Bu kriterler, toplama alanında geniş sayılarda temsil edilmesi, geniş bir coğrafik alanda yayılış göstermesi, örneklemenin kolay yapılabilmesi ve kimlik probleminin olmaması şeklinde sıralanmaktadır (Çavuşoğlu vd., 2016). Bu çalışmaya konu edilen türler toplanmalarının kolay olması, örnekleme alanlarında çok sayıda bireyinin bulunması ve ülkemizin pek çok bölgesinde peyzaj çalışmalarında kullanılmasından dolayı tercih edilmiş ve çalışma *Ailanthus altissima, Biota orientalis, Platanus orientalis ve Pyracantha coccinea* bitki türleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya konu bitki türlerinin genel özellikleri şu şekildedir.

2.2.1. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Kokarağaç, Cennet Ağacı)

Ailanthus altissima anavatanı Çin olmasına rağmen ülkemizin bir çok yerinde yetiştirilmektedir. Kirli hava koşullarına dayanıklı olmasından dolayı park ve bahçelerde soliter veya grup halinde kullanılmaktadır. İyi bir arı konukçusudur. Dalları gevrek olduğundan kuvvetli rüzgarlardan zarar görür (Güngör vd., 2002).

Yaprak ve sürgünleri kötü kokuludur. Buna rağmen, olumsuz şartlara karşı dayanıklı olmasından dolayı süs bitkisi olarak yetiştirilen Ailanthus altissima 20-25 m

boylanabilen, geniş tepeli, kışın yaprağını döken bir ağaçtır. Tek bileşik yaprak 40-50 cm boyunda olup 15-35 adet mızrak biçiminde yaprakçık taşır. Yaprakçıklar mızrak şeklinde, kenarları düz, dip kısma doğru birkaç adet yağ bezesi bulunan kaba dişler vardır (Fotoğraf 2.1). Yaprakçıkların üst yüzü canlı yeşil, alt yüzü açık yeşildir (Kaya, 2014).



Fotoğraf 2.1. *Ailanthus altissima* yaprakları

Çiçekler terminal durumlu, bileşik salkım şeklinde kurul halinde ve sarımsı beyaz renklidir. Çanak ve taç yaprak 5'er parçalı, etamin ise 10 adettir. Meyve kanatlıdır (Fotoğraf 2.2). Çok hızlı büyümesine rağmen kısa ömürlü bir türdür. Kuvvetli kök ve kütük sürgünü vererek hızla çoğalır (Mamıkoğlu, 2012).



Fotoğraf 2.2. *Ailanthus altissima* meyveleri

Ailanthus altissima özellikle peyzaj çalışmalarında, bunun yanında kent ağaçlandırmalarında, yol, bulvar ve refüj ağaçlandırmalarında, mezarlıklarda, konut bahçelerinde, madencilik faaliyetleri sonrası onarım çalışmalarında toprak erozyonu kontrolünde, hidrolojik ağaçlandırmalarda sıklıkla kullanılabilen türlerden birisidir (Kaya, 2014; Aklıbaşında ve Erdoğan, 2016; Askan ve Yılmaz, 2016).

2.2.2. *Biota orientalis* (Syn: *Thuja orientalis*)

Ana vatanı Kore, Mançurya, Kuzey ve Doğu Çin'dir. Ancak, Avrupa'nın pek çok ülkesinde ve ülkemizde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Güngör vd., 2002; Zencirkıran, 2013; Yazıcı vd., 2014) Doğal yayılış alanında 20-25 m kadar boylanabilmesine rağmen ülkemiz ve Avrupa iklim şartlarında 5-10 m kadar boylanabilmektedir (Zencirkıran, 2013). Derin, gevşek ve balçıklı topraklarda iyi gelişir. Ağır ve killi toprakları sevmez. Rutubetli, iyi drenajlı ve fakir topraklarda da yetişebilir. Donlara, kurak ve soğuk iklim şartlarına dayanıklıdır. Yavaş büyür, saçak

kök sistemi geliştirir. Işık-yarı gölge ağacıdır ancak gölgeye de dayanıklıdır (Güngör vd., 2002). Oval ve geniş piramidal gelişme ve bol dallanma gösterir.

Budanarak şekil vermeye uygundur. Park ve bahçelerde çok güzel canlı çit oluşturulabilir (Anşin ve Özkan, 1997; Güngör vd., 2002). Kozalaklar 1-2 cm boyunda küreye yakın biçimde, tazeyken mavi-yeşil dumanlı ve etlidirler (Fotoğraf 2.3). Olgunlaştıklarında kahverengi odunumsu bir hal alırlar. Her bir kozalakta 6-8 pul bulunur. Pulların ucu sivri ve geriye doğru kıvrıktır. Tohumlar, kozalakların olgunlaşıp açılması ile dökülürler. Her bir pulun altında, kanatsız olan 2-3 tohum bulunmaktadır (Mamıkoğlu, 2007).



Fotoğraf 2.3. *Biota orientalis'* in yeşil kozalakları

Güneş ve ışıklı ortamları seven bir tür olmasına rağmen soğuk hava şartlarına da oldukça dayanıklıdır. *Biota* türleri düzenli, yatay uzanmış dallar üzerinde yine yatay olarak dizili bulunan yapraklara sahiptir (Mamıkoğlu, 2007). Dallanması dipten başlayarak kısa ve sık dallıdır. Yapraklı olan dalları kitap sayfası gibi birbirine paralel şekilde dizilmiştir. Gövde kabuğu kızıl kahverengi ile açık gri

kahverengindedir. Kabukları incedir uzunlamasına soyularak dökülür. (Akkemik, 2011).

2.2.3. *Platanus orientalis* (Doğu Çınarı)

Platanus, Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Asya olmak üzere, kuzey yarımkürede dağılım gösteren yerli büyük ağaç türlerinin bir cinsidir. *Platanus* türleri Türkiye ve Güney-Batı Asya da dahil olmak üzere Güney-doğu Avrupa'yı kapsayan bölgelerde doğal olarak dağılım göstermektedir. Doğal yaşam alanları vadiler ve sulak alanlar olmakla birlikte ayrıca ılıman bölgelerde yaygın olarak parklara ve bahçelere dikilmektedir (Mujtaba, 2016).

Doğu çınarı; 20-30 m boylarında, 5-6 m çap yapan ve yüzlerce yıl yaşayabilen ulu ağaçlardandır (İmecik, 2012). Ülkemizin pek çok yerinde anıt ağaç veya Tabiat anıtı özelliğinde olan bireyleri mevcuttur. Kastamonu'da yer alan "Bozkurt Beldeğirmeni Tabiat Anıtı" bunlardan birisidir (Fotoğraf 2.4).



Fotoğraf 2.4. Bozkurt Beldeğirmeni tabiat anıtı

Gövde kabuğu küçük pullar halinde çatlar ve dökülür. Açık yeşil renkli yapraklar 5-7 loblu, loblar derin, çoğu kez orta damara değin ilerler. Loblar sivri uçlu, tali lobları da vardır. Kenarları düzensiz kaba dişli ya da düzdür. Alt yüzü gelişmiş yapraklar hemen hemen çıplaktır. Yapraklar 10-20 cm dir. Sapı uzun 3-8 cm. arasında değişir. Meyveler uzun bir sap üzerinde 2-6 adettir. Küremsi meyvelerin çapları küçük, sayıları çoktur (Fotoğraf 2.5). Bu özellik Doğu çınarı için karakteristiktir (İmecik, 2012).



Fotoğraf 2.5. *Platanus orientalis* meyveleri

2.2.4. *Pyracantha coccinea* (Ateş dikeni)

Pyracantha coccinea doğal türlerimizden birisi olup, soğuk iklime ve hava kirliliğine oldukça dayanıklı, bunun yanında su isteği de oldukça azdır (Öztürk vd., 2006; Karaca ve Kuşvuran, 2012). Görsel yönden estetik, beyaz renkli çiçeklere ve dikkat çekici kırmızı meyvelere sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı özellikle peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Özdemir, 2007; Bekçi vd, 2013).

Pyracantha coccinea'nın koyu kırmızı, kırmızı turuncu ve sarı renkli, üzüm salkımı şeklinde olan meyveleri (Fotoğraf 4.6) oldukça tatlıdır. İnsan sağlığına, özellikle de

yüksek tansiyona olumlu etkisi vardır. Bahçelere tek başına ya da gruplar halinde dikilebilir. Ayrıca çit oluşturmak için de kullanılır. Soğuğa ve kuraklığa dayanıklı olmalarından dolayı kışın dahi üzerindeki meyveler dökülmeyerek dekoratif bir görüntü oluştururlar ve doğada yaşayan birçok canlı türleri için besin kaynağıdır. Aynı zamanda ateş dikenlerinin meyvelerini yiyen kuşlar, ateş dikeninin meyvelerini yemeye gelen ve bitkilere zarar veren böcekleri de yiyerek kimyasal mücadeleye gerek kalmadan biyolojik yöntemlerle doğaya katkıda bulunurlar. Ateş dikenleri dekoratif olmalarının yanısıra dikenli bir bitki olması özelliği ile de canlı çit görevi görürler. (Kaya, 2014).

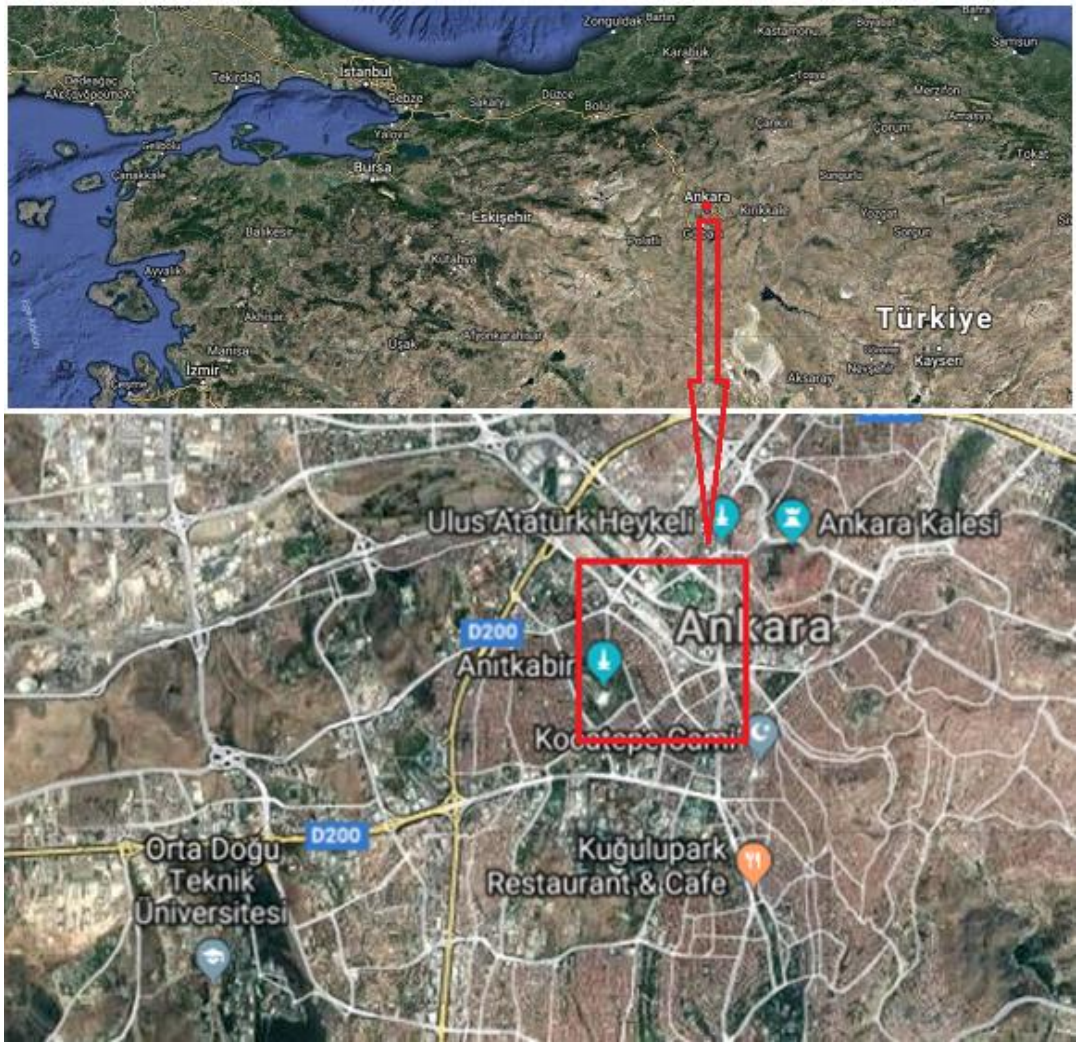


Fotoğraf 2.6. *Pyracantha coccinea* Roem. meyveleri

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin Toplanması ve Ağaç Türleri

Çalışma Ankara ili kent merkezinden toplanan materyaller üzerinde yürütülmüştür. Ankara, Türkiye'nin başkenti olup 2016 yılı nüfus verilerine göre nüfusu 5.346.518 dir (URL-1,2018). Ankara nüfus olarak Türkiye'nin en büyük ilerinden birisidir. Çalışma kapsamında bitki örnekleri kent merkezi olan Ulus-Kızılay bölgesinden toplanmıştır. Örneklerin toplandığı bölgenin harita üzerindeki konumu Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Örneklerin toplandığı bölge

Çalışma kapsamında örnekler trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve olmadığı alanlardan toplanmıştır. Trafiğin yoğun olduğu alanlar Kızılay, Ulus güzergâhı olup, bu bölge her yönde 4 şerit olmak üzere 8 şeritli bir otoyolun geçtiği ve yüksek trafik yoğunluğuna sahip bir bölgedir. Bu bölgede örnekler mümkün olduğunca orta refüjden toplanmıştır. Trafiğin az yoğun olduğu alanlar, anayola bağlantı yolları olup, bu bölgede iki şeritli bir yol bulunmaktadır. Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda sabah ve akşam saatlerinde trafik yoğunlaşmakta, gün içerisinde ise genellikle akıcı bir trafik bulunmaktadır. Trafiğin olmadığı alanlar ise en az 50 m. mesafede araç girişinin olmadığı alanlardır. Bu alanlar Ulus-Kızılay bölgesindeki büyük parkların iç kısımlarıdır.

Çalışmaya kapsamında, peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan; *Ailanthus altissima* (kokarağaç, cennet ağacı), *Biota orientalis* (Doğu mazısı), *Platanus orientalis* (Doğu çınarı) ve *Pyracantha coccinea* (ateş dikeni) türlerinden yaklaşık 1 kg yaprak örneği toplanmıştır. Yaprak örnekleri 2017 yılı vejetasyon mevsimi sonunda toplanmış ve poşetlenip etiketlenerek laboratuara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerden *Ailanthus altissima;* Aa, *Biota orientalis;* Bo, *Platanus orientalis;* Po ve *Pyracantha coccinea;* Pc şeklinde kodlanmış ve sonraki bütün işlemlerde çalışmaya konu türler bu kodlar ile anılmıştır.

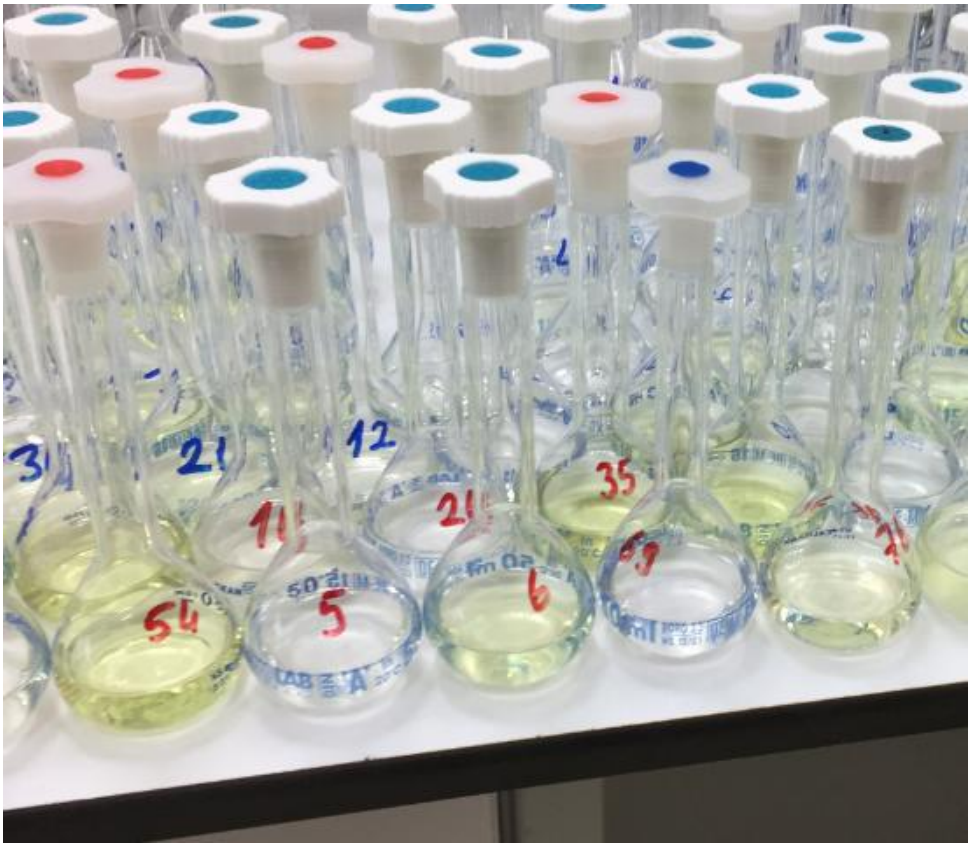
3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Laboratuvara getirilen örnekler öncelikle dal, yaprak ve tohum kısımlarına ayrılarak etiketlenmiştir. Daha sonra 15 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen numuneler, cam kaplara alınarak etüvde 50^{o}C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur (Fotoğraf 3.1). Kurutulan örnekler hava almayacak şekilde poşetlenip etiketlenerek ağır metal analizleri için Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'na gönderilmiştir.



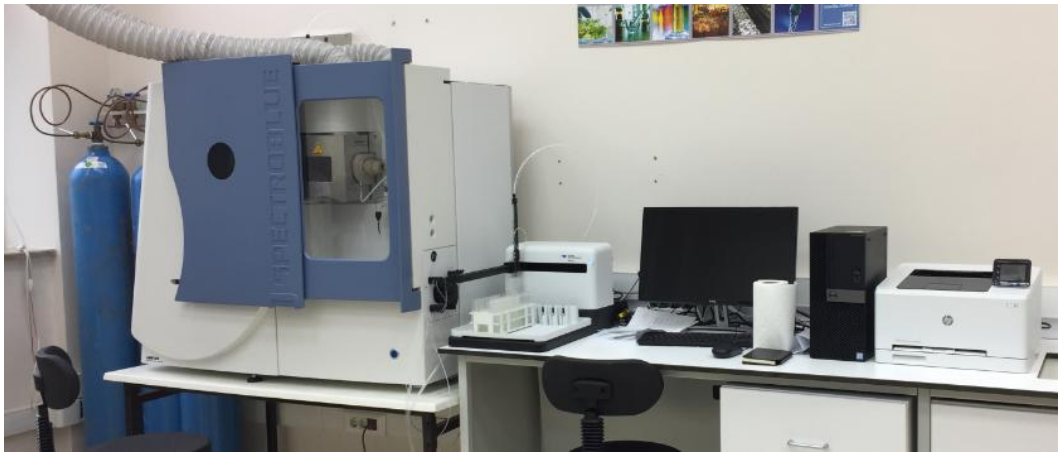
Fotoğraf 3.1. Etüvde kurutulan örnekler

Kurutulan örnekler laboratuarda çelik blender vasıtasıyla toz haline getirilmiştir. Toz hale gelen numunelerden 2'şer g tartılarak 10 ml derişik HNO_3 içinde oda sıcaklığında, çekerocak içerisinde 1 gün bekletilmiş, daha sonra 1 saat 180 °C'de kaynatılmıştır. Hazırlanan çözeltiler üzerine 20 ml distile su eklenmiş ve çözelti 45 µm'lik fitre kâğıdından süzülmüştür. Hazırlanan çözeltiler karışmaması için numaralandırılarak analizler için hazır hale getirilmiştir. Analize hazır çözeltilerin genel görünümü Fotoğraf 3.2'de verilmiştir.



Fotoğraf 3.2. Analize hazır çözeltiler

Süzüntüden elde edilen çözeltilerde; Ni, Pb, Cd, Ba, Cu, Ca, Fe ve K analizleri GBC Integra XL –SDS-270 ICP-OES cihazı ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında ağır metal analizlerinin yapıldığı ICP-OES cihazının görüntüsü Fotoğraf 3.3'de verilmiştir.



Fotoğraf 3.3. Ağır metal analizlerinin yapıldığı ICP-OES cihazı

3.3. İstatistiki Analizler

Elde edilen veriler düzenlenerek Excell taploları oluşturulmuştur. Daha sonra SPSS paket programı yardımıyla veriler değerlendirilmiş, verilere varyans analizi uygulanmış, istatistiki olarak en az % 95 güven düzeyinde farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır. Çalışma kapsamında gerekli görülen verilerin algılanmasını kolaylaştırmak amacıyla Excel programı yardımıyla grafikler oluşturulmuştur.

4. BULGULAR

4.1. Metal Konsantrasyonlarının Türe Bağlı Değişimi

Çalışma sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının tür bazında istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılaşıp farklılaşmadığını belirleyebilmek amacıyla verilere varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. *Tür bazında varyans analizi sonuçları*

		Kareler	SD	Kareler	F	Hata
Ni (ppb)	Gruplar arası	1,495E7	3	4984297,547	1,940	,128
	Gruplar içi	2,672E8	104	2569427,334		
	Total	2,822E8	107			
Pb (ppb)	Gruplar arası	1,550E7	3	5166162,140	2,671	,051
	Gruplar içi	2,012E8	104	1934199,466		
	Total	2,167E8	107			
Cd (ppb)	Gruplar arası	63057,857	3	21019,286	16,908	,000
	Gruplar içi	129291,372	104	1243,186		
	Total	192349,229	107			
Ba (ppm)	Gruplar arası	21241,957	3	7080,652	24,910	,000
	Gruplar içi	29562,413	104	284,254		
	Total	50804,370	107			
Cu (ppm)	Gruplar arası	496,154	3	165,385	4,745	,004
	Gruplar içi	3624,995	104	34,856		
	Total	4121,149	107			
Ca (ppm)	Gruplar arası	2,872E7	3	9574498,207	3,003	,034
	Gruplar içi	3,316E8	104	3188324,164		
	Total	3,603E8	107			
Fe (ppm)	Gruplar arası	272324,630	3	90774,877	3,578	,016
	Gruplar içi	2638176,889	104	25367,085		
	Total	2910501,519	107			
K (ppm)	Gruplar arası	2,084E9	3	6,948E8	8,759	,000
	Gruplar içi	8,250E9	104	7,932E7		
	Total	1,033E10	107			

Tablo sonuçları incelendiğinde çalışmaya konu ağır metallerden sadece Ni ve Pb'un tür bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, bunun dışındaki elementlerin tamamının tür bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Bu farklılık Ca ve Fe bakımından %95, Cu bakımından %99, Cd, Ba ve K bakımından ise %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır.

Çalışmaya konu ağır metallerin, tür bazında nasıl gruplaştığını belirleyebilmek amacıyla verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. *Tür bazında ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları*

Tür	Ni	Pb	Cd	Ba	Cu	Ca	Fe	K
Aa	1765	1503	29,94 a	7,50 a	9,14 b	3404 a	182,0 b	22259 b
Bo	754	850	75,41 b	14,96 a	4,71 a	4764 b	214,2 b	13760 a
Po	1359	442	29,78 a	6,42 a	8,58 b	3777 ab	82,5 a	12944 a
Pc	1513	889	80,67 b	41,11 b	4,47 a	4303 ab	130,0 ab	10667 a

Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar ve ortalama değerler incelendiğinde türlerin Cd, Ba, Cu, Ca, Fe ve K bakımından ikişer homojen grup oluşturdukları görülmektedir. En düşük değerler Cd, Ba ve Fe'de Po, Cu ve K'da Pc, Ca'da ise Aa'da elde edilmiştir. En yüksek değerler ise Cd ve Ba'da Pc, Cu ve K'da Aa, Ca ve Fe'de ise Bo'da elde edilmiştir. Ni ve Pb'da türler arasındaki farklılık istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığından değerlendirme yapılmamıştır.

4.2. Metal Konsantrasyonlarının Organele Bağlı Değişimi

Çalışma kapsamında bitkilerin yaprak, kozalak ve dalları materyal olarak kullanılmıştır. Organeller arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılık bulunup bulunmadığını belirleyebilmek amacıyla verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. *Mikromorfolojik karakterlerin iklim tipine bağlı olarak değişimi*

		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Hata
Ni (ppb)	Gruplar arası	5,573E7	2	2,787E7	12,921	,000
	Gruplar içi	2,264E8	105	2156589,682		
	Total	2,822E8	107			
Pb (ppb)	Gruplar arası	3,395E7	2	1,698E7	9,757	,000
	Gruplar içi	1,827E8	105	1740014,831		
	Total	2,167E8	107			
Cd (ppb)	Gruplar arası	24808,216	2	12404,108	7,774	,001
	Gruplar içi	167541,014	105	1595,629		
	Total	192349,229	107			
Ba (ppm)	Gruplar arası	6069,804	2	3034,902	7,123	,001
	Gruplar içi	44734,566	105	426,043		
	Total	50804,370	107			
Cu (ppm)	Gruplar arası	38,507	2	19,253	,495	,611
	Gruplar içi	4082,643	105	38,882		
	Total	4121,149	107			
Ca (ppm)	Gruplar arası	8,403E7	2	4,201E7	15,967	,000
	Gruplar içi	2,763E8	105	2631260,107		
	Total	3,603E8	107			
Fe (ppm)	Gruplar arası	838259,463	2	419129,731	21,237	,000
	Gruplar içi	2072242,056	105	19735,639		
	Total	2910501,519	107			
K (ppm)	Gruplar arası	4,508E9	2	2,254E9	40,617	,000
	Gruplar içi	5,826E9	105	5,549E7		
	Total	1,033E10	107			

Varyans analizi sonuçlarına göre Cu'da organel bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, diğer elementlerin tamamında ise organel bazındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Bu farklılık Cd ve Ba bakımından %99, diğer elementler bakımından ise %99 güven düzeyinde anlamlıdır. Çalışmaya konu ağır metallerin, organel bazında nasıl gruplaştığını belirleyebilmek amacıyla verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4. *Organel bazında ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları*

Organel	Ni	Pb	Cd	Ba	Cu	Ca	Fe	K
Yaprak	1185 a	1704 b	70,30 b	28,10 b	6,97	3359 a	267,8 c	11206 a
Tohum	2298 b	419 a	33,77 a	11,98 a	7,30	3521 a	134,5 b	23992 b
Dal	561 a	641 a	57,78 b	12,41 a	5,90	5306 b	54,2 a	9524 a

Duncan testi sonuçlarına göre organellerin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde farklılık bulunduğu belirlenen elementlerden Fe bakımından üç, diğer elementler bakımından ise iki homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. En düşük değerler Ni, Fe ve K'da dallarda, Pb, Cd ve Ba'da tohumda, Ca'da ise yapraklarda tespit edilmiştir. En yüksek değerler ise Ni ve K'da tohumda, Pb, Cd, Ba ve Fe'de yapraklarda, Ca'da ise dallarda tespit edilmiştir.

4.3. Metal Konsantrasyonlarının Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Çalışma kapsamında trafik yoğunlukları arasında istatsitiki olarak anlamlı düzeyde farklılık bulunup bulunmadığını belirlemek amacıyla verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5. *Trafik yoğunluğu bazında varyans analizi sonuçları*

		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Hata
Ni (ppb)	Gruplar arası	8,322E7	2	4,161E7	21,961	,000
	Gruplar içi	1,990E8	105	1894766,483		
	Total	2,822E8	107			
Pb (ppb)	Gruplar arası	4,155E7	2	2,078E7	12,458	,000
	Gruplar içi	1,751E8	105	1667652,153		
	Total	2,167E8	107			
Cd (ppb)	Gruplar arası	38304,071	2	19152,035	13,054	,000
	Gruplar içi	154045,159	105	1467,097		
	Total	192349,229	107			
Ba (ppm)	Gruplar arası	2408,687	2	1204,344	2,613	,078
	Gruplar içi	48395,683	105	460,911		
	Total	50804,370	107			

Tablo 4.5'in devamı

Cu (ppm)	Gruplar arası	1655,612	2	827,806	35,254	,000
	Gruplar içi	2465,538	105	23,481		
	Total	4121,149	107			
Ca (ppm)	Gruplar arası	742873,352	2	371436,676	,108	,897
	Gruplar içi	3,596E8	105	3424441,279		
	Total	3,603E8	107			
Fe (ppm)	Gruplar arası	255306,019	2	127653,009	5,048	,008
	Gruplar içi	2655195,500	105	25287,576		
	Total	2910501,519	107			
K (ppm)	Gruplar arası	3,026E8	2	1,513E8	1,584	,210
	Gruplar içi	1,003E10	105	9,554E7		
	Total	1,033E10	107			

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak element miktarlarının değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde K, Ca ve Ba'nın trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir. Bunun dışındaki elementlerden Fe'in trafik yoğunluğuna bağlı değişimi istatistiki olarak %99, diğer elementlerin yoğunluğuna bağlı değişimi ise istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Elementlerin trafik yoğunluğuna göre ortalama değerleri ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. *Trafik yoğunluğu bazında ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları*

Trafik Yoğunluğu	Ni	Pb	Cd	Ba	Cu	Ca	Fe	K
Yok	529 a	346 a	33,40 a	24,13	2,47 a	3945	95,4 a	12614
Az	949 a	635 a	49,55 a	13,48	5,78 b	4127	214,1 b	15546
Çok	2565 b	1782 b	78,90 b	14,88	11,92 c	4115	146,9 ab	16562

Tablo sonuçlarına göre Ni, Pb, Cd ve Cu'nun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Bu elementlerden Ni, Pb ve Cd'da veriler iki homojen grupta toplanmış, trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu alanlar ilk homojen grubu oluştururken trafiğin yoğun olduğu alanlar ikinci homojen grubu oluşturmuştur. Cu'da ise veriler üç homojen grup oluşturmuş ve her bir trafik yoğunluğu ayrı bir

grupta yer almıştır. Fe'de ise en düşük değer trafiğin olmadığı alanda elde edilirken en yüksek değer trafiğin az yoğun olduğu alanda elde edilmiş, trafiğin yoğun olduğu alan ise her iki homojen grupta birden yer almıştır.

4.4. Metallerin Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

4.4.1. Ni Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Ni'in her bir türün yaprak, tohum ve dallarındaki değişimi trafik yoğunluğuna bağlı olarak ayrı ayrı incelenmiş, elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, önem düzeyi, ortalama sonuçlar ile Duncan testi oluşan gruplaşmalar özetlenerek Tablo 4.7'de verilmiştir.

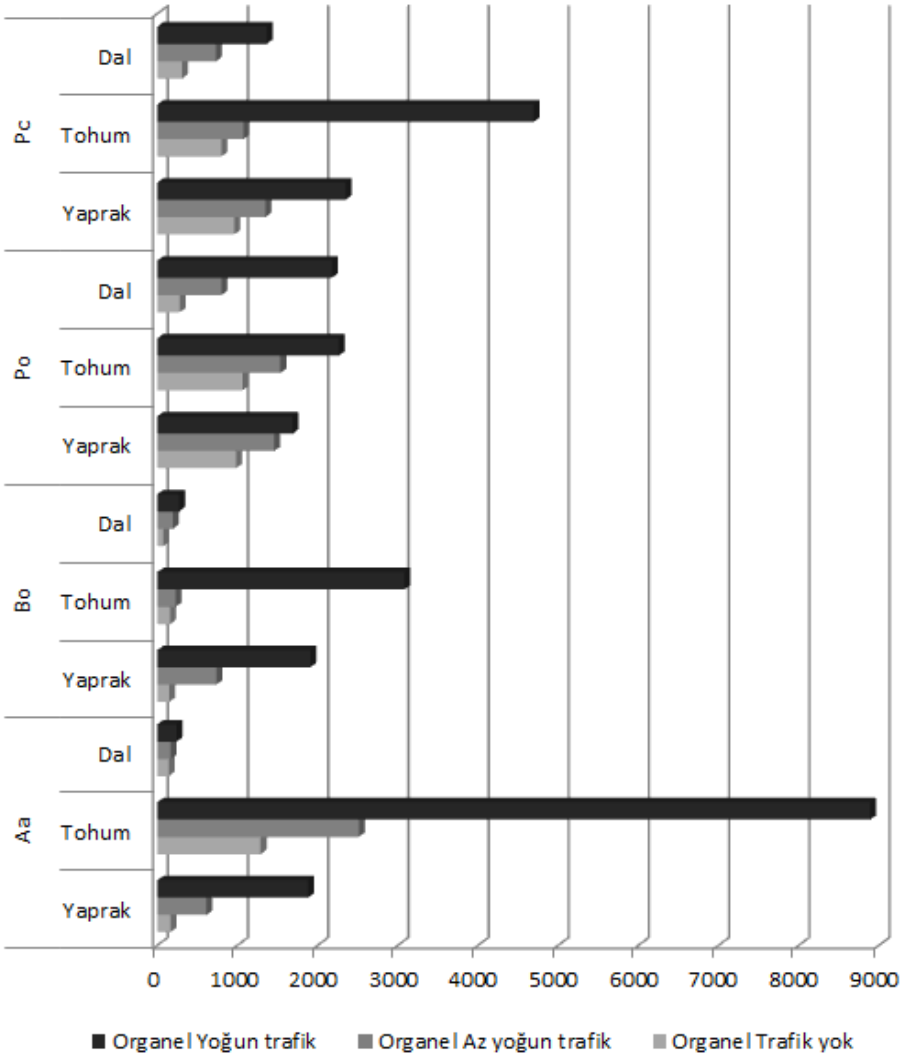
Tablo 4.7. *Ni konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

Tür	**Organel**	Trafik Yoğunluğu			F Değeri
		Yok	Az	Yoğun	
Aa	Yaprak	165 a	612 b	1878 c	9753,324***
	Tohum	1287 a	2512 b	8887 c	5203,430***
	Dal	139	165	238	1,248 ns
Bo	Yaprak	145 a	734 b	1906 c	882,357***
	Tohum	159 a	229 b	3079 c	31223,581***
	Dal	73 a	193 b	270 c	27,494***
Po	Yaprak	982 a	1458 b	1686 c	533,950***
	Tohum	1061 a	1533 b	2264 c	1524,475***
	Dal	278 a	797 b	2175 c	2377,505***
Pc	Yaprak	959 a	1348 b	2347 c	773,236***
	Tohum	796 a	1073 b	4693 c	18315,193***
	Dal	309 a	730 b	1363 c	35,192***

Tablo sonuçları incelendiğinde Aa dalları dışındaki bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak Ni konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama sonuçlara göre en düşük konsantrasyon trafiğin olmadığı alanlardaki Bo dallarında (73 ppb) elde edilirken en yüksek konsantrasyon trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Aa tohumlarında (8887 ppb) elde edilmiştir. Duncan testi sonucunda, istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde

anlamlı fark çıkmayan Aa dalları dışındaki bütün değerlerin üç homojen grup oluşturduğu, trafiğin olmadığı alanlarda elde edilen değerler birinci, trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler ikinci ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin ise üçüncü homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

Trafiğin olmadığı alanlardan toplanan numunelerdeki ortalama Ni konsantrasyonu ile trafiğin az yoğun olduğu veya yoğun olduğu alanlar arasındaki fark incelendiğinde Bo'daki değişim dikkat çekmektedir. Bo tohumlarında trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonunun yaklaşık 1,44 katı iken trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonunun yaklaşık 19,36 katı olarak hesaplanmıştır. Bo yapraklarında da trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonunun, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonunun yaklaşık 5,06 katı olduğu, trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonunun ise trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Ni konsantrasyonunun yaklaşık 13,14 katı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Ni kirliliğinin belirlenmesi için en uygun türün Bo, en uygun organellerin ise Bo tohum ve dalları olduğu söylenebilir. Ni konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir grafik Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Ni konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

4.4.2 Pb Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Pb konsantrasyonunun çalışmaya konu dört türün organellerinde trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ile önem düzeyi Tablo'da verilmiştir. Varyans analizi sonucunda bütün organellerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların çıkması üzerine verilere Duncan testi uygulanmış ve ortalama değerler ile Duncan testi oluşan homojen gruplar da Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. *Pb konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

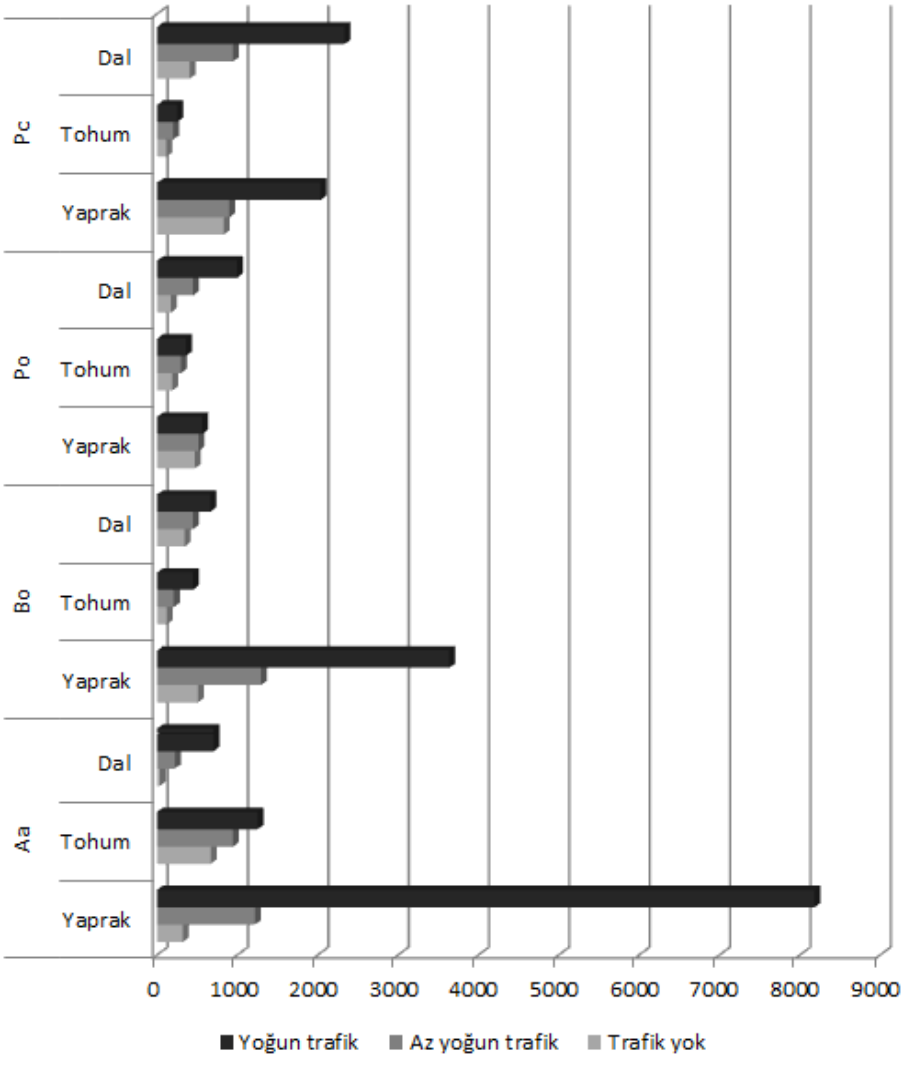
Pb					
		Yok	Az	Yoğun	F
Aa	Yaprak	321 a	1217 b	8181 c	2488,784***
	Tohum	666 a	944 b	1248 c	159,771***
	Dal	32 a	220 b	700 c	56,300***
Bo	Yaprak	505 a	1290 b	3635 c	275,089***
	Tohum	117 a	207 b	443 c	103,863***
	Dal	343 a	447 a	661 b	5,966***
Po	Yaprak	465 a	512 b	559 c	13,757**
	Tohum	187 a	293 b	357 c	24,516**
	Dal	170 a	447 b	991 c	40,534***
Pc	Yaprak	827 a	898 b	2034 c	1990,010***
	Tohum	115 a	201 b	248 c	29,006**

Tablo sonuçları incelendiğinde Pb konsantrasyonunun bütün türlerin bütün organellerinde trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Pb konsantrasyonunun trfaik yoğunluğuna bağlı değişimi Pc tohumları ile Po yaprak ve tohumlarındaki değişimi istatistiki olarak %99, diğer organellerdeki değişimi ise %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır.

Duncan testi sonucunda Bo dalları dışındaki bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak üç homojen grup oluştuğu, trafiğin olmadığı alanlarda elde edilen değerler birinci, trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler ikinci ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin ise üçüncü homojen grupta yer aldığı görülmektedir. Bo dallarında ise iki homojen grup oluşmuş, trafiğin olmadığı alanlar ile trafiğin az yoğun olduğu alanlar birinci, trafiğin yoğun olduğu alanlar ise ikinci homojen grupta yer almıştır.

Ortalama değerler göre en düşük konsantrasyon 32 ppb ile trafiğin olmadığı alanlardaki Aa dallarında elde edilirken en yüksek değer 8181 ppb ile trafiğin yoğun olduğu alanlardan elde edilen Aa yapraklarında elde edilmiştir. En yüksek oransal değerler de yine Aa yapraklarında elde edilmiştir. Aa yapraklarında trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Pb konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Pb konsantrasyonunun yaklaşık 3,79 katı iken trafiğin yoğun olduğu alanlarda

belirlenen Pb konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Pb konsantrasyonunun yaklaşık 25,49 katı olarak hesaplanmıştır. Aa dallarında da trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Pb konsantrasyonunun, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Pb konsantrasyonunun yaklaşık 6,87 katı olduğu, trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Pb konsantrasyonunun ise trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Pb konsantrasyonunun yaklaşık 21,87 katı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Pb kirliliğinin belirlenmesi için en uygun türün Aa, en uygun organellerin ise Aa yaprak ve dalları olduğu söylenebilir. Pb konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir grafik Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Pb konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

4.4.3. Cd Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Çalışmaya konu türlerin organellerinde Cd konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı (en az %95 güven düzeyinde) olup olmadığını belirlemek amacıyla verilere uygulanan varyans analizi sonucu elde edilen F değeri, önem düzeyi, ortalama değerler ile Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. *Cd konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

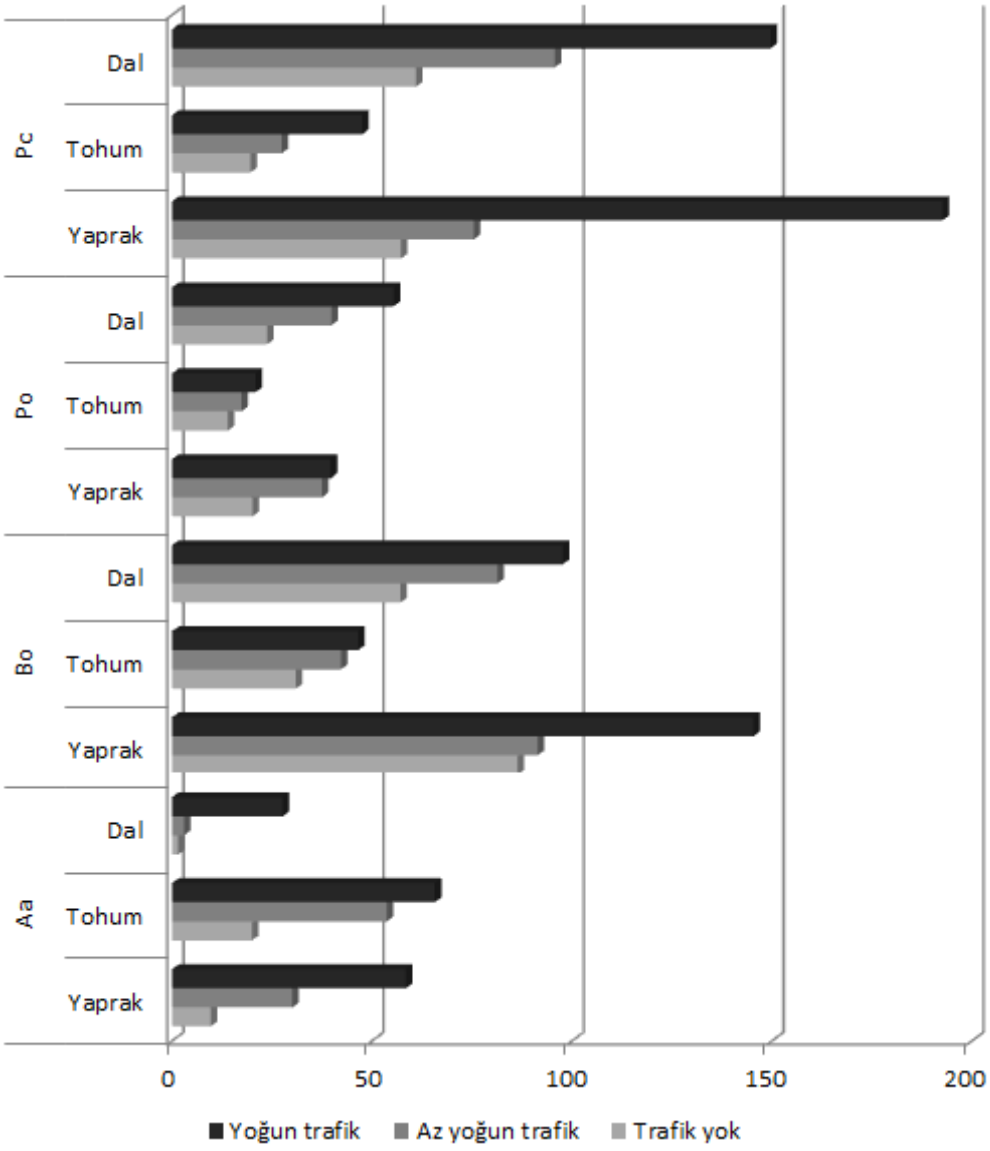
Cd					
		Yok	Az	Yoğun	F
Aa	Yaprak	9,60 a	30,06 b	58,40 c	1174,074***
	Tohum	19,93 a	53,66 b	65,66 c	167,335***
	Dal	1,50 a	2,96 b	27,66 c	150,263***
Bo	Yaprak	86,33 a	91,40 a	145,33 b	256,232***
	Tohum	30,93 a	42,17 b	46,47 c	64,831***
	Dal	57,10 a	81,33 b	97,67 c	78,877***
Po	Yaprak	20,03 a	37,46 b	39,63 b	241,666***
	Tohum	13,96 a	17,33 ab	20,80 b	9,511*
	Dal	23,67	39,77	55,37	4,182 ns
Pc	Yaprak	57,23 a	75,46 b	192,66 c	319,988***
	Tohum	19,53 a	27,37 b	47,47 c	118,257***
	Dal	61,00 a	95,67 b	149,67 c	191,843***

Varyans analizi sonucunda Cd konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin sadece Po dallarında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde önemli olmadığı belirlenmiştir. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak Cd konsantrasyonunun değişimi Po tohumlarında %95, diğer organellerdeki değişimi ise %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır.

Cd konsantrasyonu bakımından en düşük değerler 1,5 ppb ile trafiğin olmadığı alanlardaki Aa dallarında elde edilirken en yüksek değer trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Pc yapraklarında elde edilmiştir. Ortalama olarak da en düşük değerler 10,71 ppb ile Aa dallarında elde edilirken en yüksek değer 108,45 ppb ile Pc yapraklarında elde edilmiştir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak Cd konsantrasyonunun değişimi oransal olarak incelendiğinde en yüksek artışın Aa dallarında olduğu görülmektedir. Aa dallarında trafiğin olmadığı alanlarda 1,5 ppb olan Cd konsantrasyonu trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 2,96 ppb, trafiğin yoğun olduğu alanlarda ise 27,66 ppb düzeyine yükselmiştir. Dolayısıyla Aa dallarında trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonunun yaklaşık 1,97 katı iken trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonunun yaklaşık 18,44 katı olarak hesaplanmıştır. Ancak trafiğin olmadığı alanlardaki Cd konsantrasyonunun çok düşük olması sebebiyle bu oranların yanıltıcı olabileceği düşünülmektedir.

Aa yapraklarında trafiğin olmadığı alanlarda 9,6 ppb olan Cd konsantrasyonu trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 30,06 ppb, trafiğin yoğun olduğu alanlarda ise 58,4 ppb düzeyine yükselmiştir. Dolayısıyla Aa yapraklarında trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonunun yaklaşık 3,13 katı iken trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cd konsantrasyonunun yaklaşık 6,08 katı olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre Cd konsantrasyonundaki değişimin belirlenmesi için en uygun tür ve organelin Aa yaprakları olduğu söylenebilir. Cd konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir grafik Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Cd konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

4.4.4. Ba Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

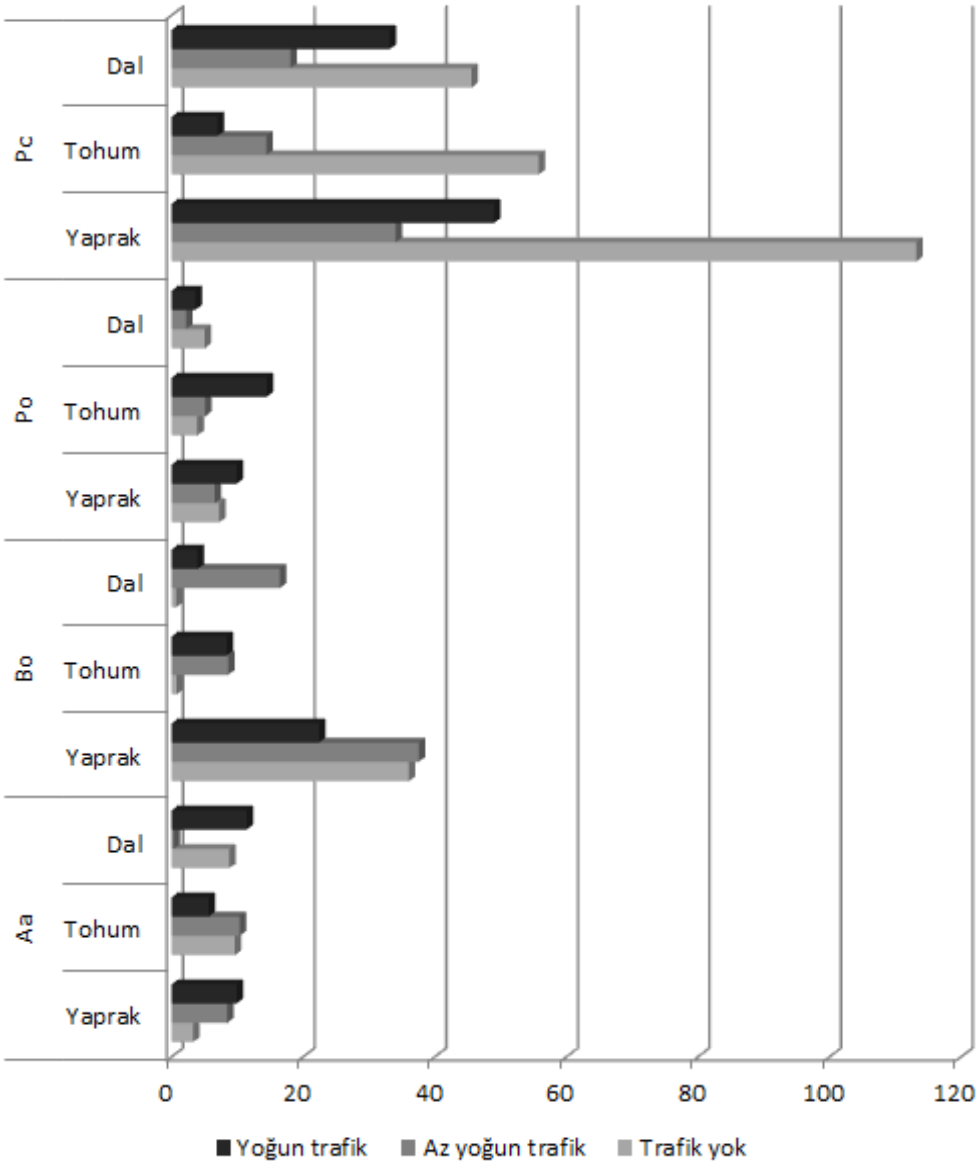
Çalışmaya konu elementlerden Ba'nın her bir türün yaprak, tohum ve dallarındaki değişimi trafik yoğunluğuna bağlı olarak ayrı ayrı incelenmiş, elde edilen verilere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonucunda elde edilen F değeri, önem düzeyi, ortalama sonuçlar ile Duncan testi oluşan gruplaşmalar özetlenerek Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. *Ba konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

Ba					
		Yok	Az	Yoğun	F
Aa	Yaprak	3,23 a	8,43 b	9,86 c	10964,333***
	Tohum	9,60 b	10,33 c	5,63 a	8631,500***
	Dal	8,73 b	0,30 a	11,40 c	90649,000***
Bo	Yaprak	36,00 b	37,53 c	22,37 a	2767,809***
	Tohum	0,76 a	8,56 c	8,36 b	17796,000***
	Dal	0,66 a	16,43 c	3,96 b	31117,167***
Po	Yaprak	7,20 b	6,53 a	9,86 c	4200,000***
	Tohum	3,90 a	5,10 b	14,43 c	89776,000***
	Dal	5,00 c	2,17 a	3,60 b	1354,750***
Pc	Yaprak	113,13 c	34,03 a	49,00 b	21571,281***
	Tohum	55,76 c	14,36 b	6,96 a	28296,545***

Varyans analizi sonuçlarına göre çalışmaya konu türlerin tamamının bütün organellerindeki Ba konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre ise bütün karakterlerde üç homojen grup oluşmuştur. Ancak, ortalama değerler ve Duncan testi oluşan homojen gruplar incelendiğinde, trafik yoğunluğuna bağlı değişimin anlamsız olduğu görülmektedir. Aa'da yaprak ve Po'da tohumdaki Ba konsantrasyonları trafik yoğunluğuna bağlı olarak artmakta, Pc'de tohumdaki Ba konsantrasyonu ise trafik yoğunluğuna bağlı olarak azalmaktadır. Bo'da bütün organellerde ve Aa tohumlarında en yüksek değerler trafiğin az yoğun olduğu ortamlardan toplanan örneklerde elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Ba konsantrasyonunun değişiminin trafik yoğunluğuna bağlı olmadığı söylenebilir.

Çalışma sonucunda Ba konsantrasyonunun 0,3 ppm (trafiğin az yoğun olduğu alanlardan toplanan Aa dallarında) ile 113,13 ppm (trafiğin olmadığı alanlardan toplanan Pc yapraklarında) arasında değiştiği belirlenmiştir. Ba konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin algılanmasını kolaylaştırmak amacıyla hazırlanan grafik Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Ba konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

4.4.5. Cu Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Çalışmaya konu türlerin organellerinde Cu konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla verilere uygulanan varyans analizi sonucu elde edilen F değeri, önem düzeyi, ortalama değerler ile Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar Tablo 4.11'de verilmiştir.

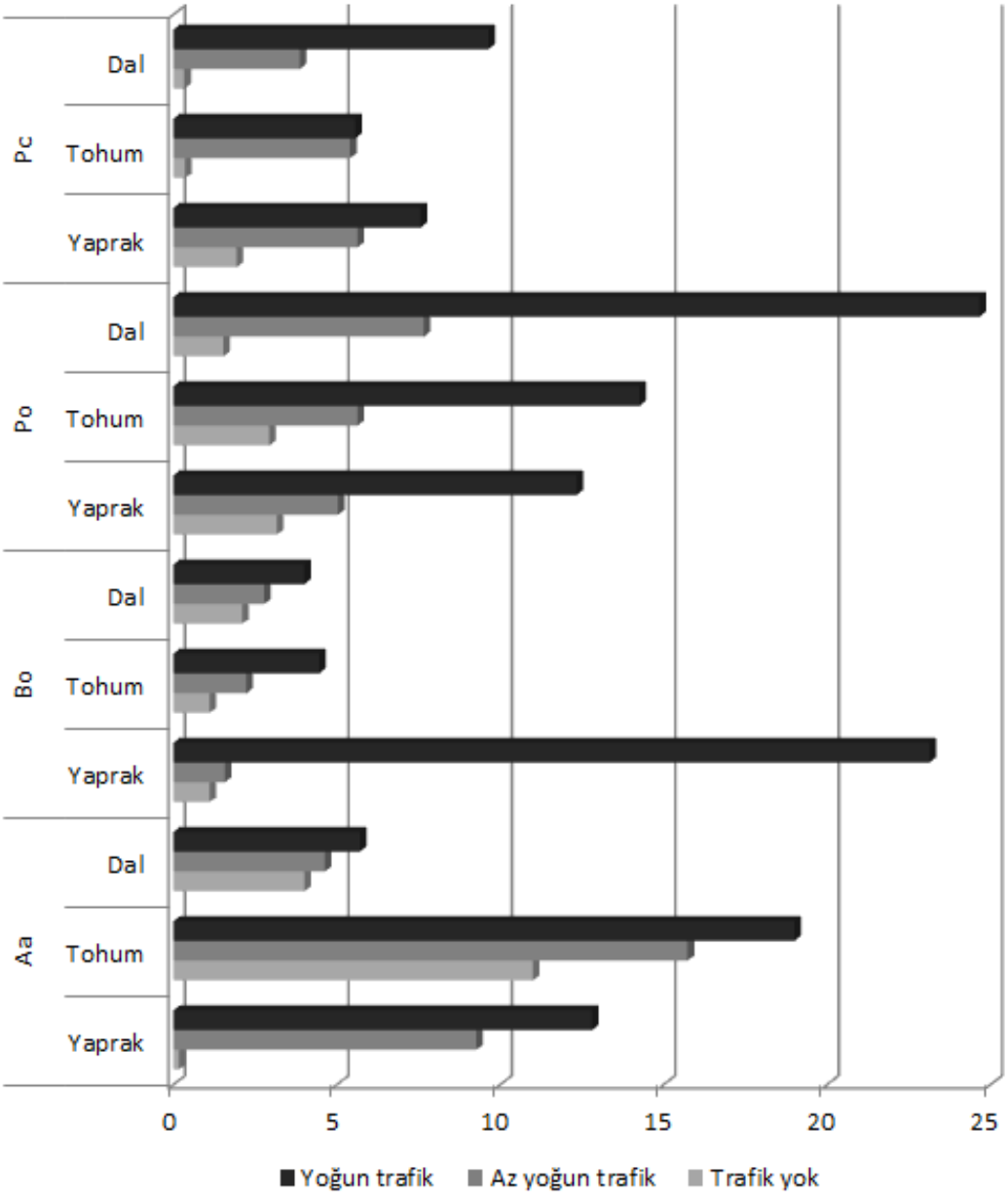
Tablo 4.11. *Cu konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

Cu					
		Yok	Az	Yoğun	F
Aa	Yaprak	0,16 a	9,26 b	12,80 c	22940,600***
	Tohum	11,00 a	15,73 b	19,00 c	753,172***
	Dal	4,00 a	4,63 b	5,70 c	71,179***
Bo	Yaprak	1,10 a	1,57 b	23,13 c	38896,636***
	Tohum	1,10 a	2,23 b	4,46 c	990,375***
	Dal	2,10 a	2,77 b	4,00 c	67,811***
Po	Yaprak	3,16 a	5,03 b	12,33 c	21120,333***
	Tohum	2,93 a	5,63 b	14,26 c	15770,167***
	Dal	1,53 a	7,66 b	24,66 c	18466,476***
Pc	Yaprak	1,93 a	5,63 b	7,56 c	1053,476***
	Tohum	0,36 a	5,40 b	5,56 c	4716,200***
	Dal	0,33 a	3,86 b	9,63 c	6611,444***

Tablo sonuçları incelendiğinde organellerin tamamında Cu konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda ise bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak üç homojen grup oluştuğu, trafiğin olmadığı alanlarda elde edilen değerlerin birinci, trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin ikinci ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin ise üçüncü homojen grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Ortalama değerlere göre en düşük konsantrasyon 0,16 ppm ile trafiğin olmadığı alanlardaki Aa yapraklarında elde edilirken en yüksek değer 24,66 ppm ppm ile trafiğin yoğun olduğu alanlardan elde edilen Po dallarında elde edilmiştir. En yüksek oransal değerler de yine Aa yapraklarında elde edilmiştir. Aa yapraklarında trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun yaklaşık 57,87 katı iken trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonu, trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun yaklaşık 80 katı olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değerler yanıltıcı olabilir. Bunun sebebi trafiğin olmadığı alanlarda Aa yapraklarında ölçülen Cu konsantrasyonunun ortalama değerlerin çok altında olmasıdır. Aa yaprakları dışında en çok değişen oransal değer Pc dallarında elde edilmiştir. Pc dallarında da trafiğin az yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun, trafiğin

olmadığı alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun yaklaşık 11,7 katı olduğu, trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun ise trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun yaklaşık 29,18 katı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Cu kirliliğinin belirlenmesi için en uygun tür ve organellerinin Aa yaprakları ve Pc dalları olduğu söylenebilir. Cu konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir grafik Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Cu konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

4.4.6. Ca Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Çalışmaya konu türlerin organellerinde Ca konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı (en az %95 güven düzeyinde) olup olmadığını belirlemek amacıyla verilere uygulanan varyans analizi sonucu elde edilen F değeri, önem düzeyi, ortalama değerler ile Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. *Ca konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

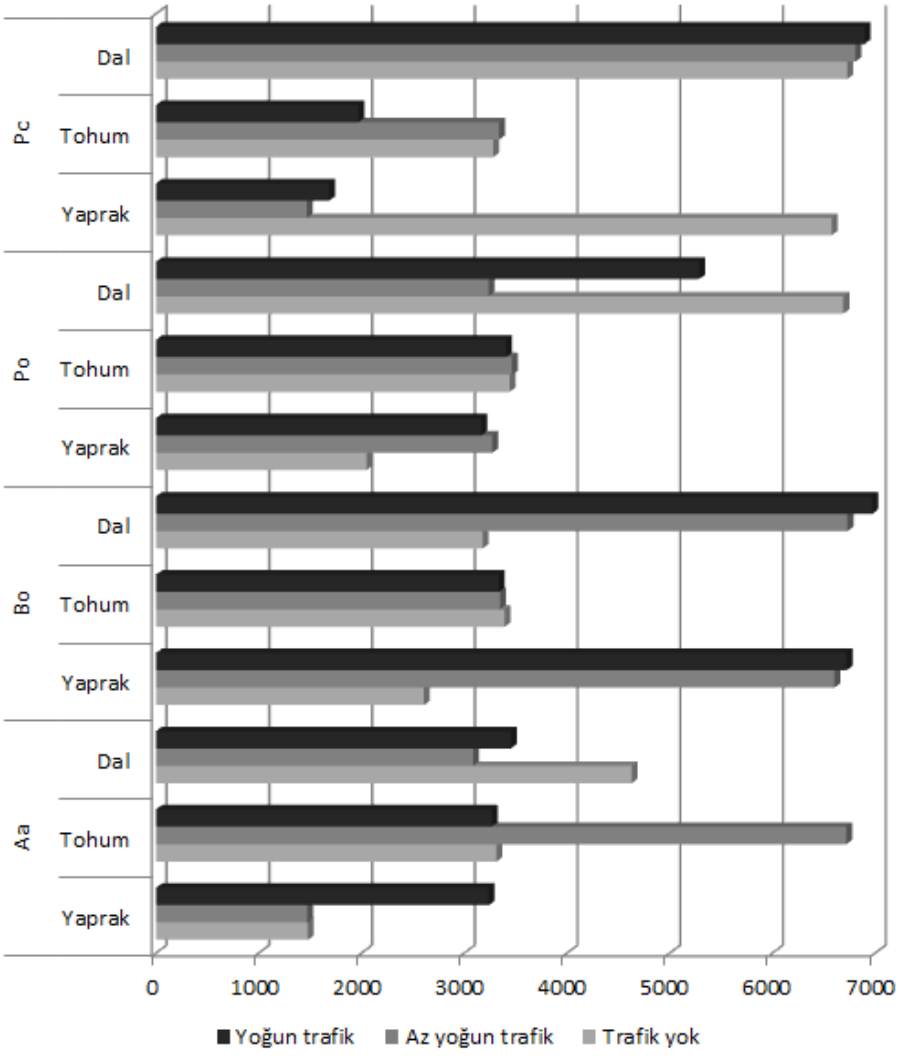
Ca					
		Yok	Az	Yoğun	F
Aa	Yaprak	1476 b	1470 a	3237 c	904086,419***
	Tohum	3313 b	6716 c	3266 a	1258376,083***
	Dal	4627 c	3083 a	3452 b	4177,728***
Bo	Yaprak	2606 a	6601 b	6719 b	3697,472***
	Tohum	3391 c	3345 b	3335 a	733,121***
	Dal	3176 a	6728 b	6971 c	801434,447***
Po	Yaprak	2047 a	3271 c	3163 b	6888,709***
	Tohum	3438 b	3464 c	3405 a	174,336***
	Dal	6688 c	3236 a	5286 b	49582,739***
Pc	Yaprak	6574 c	1465 a	1684 b	68503,721***
	Tohum	3279 b	3336 b	1968 a	703,316***

Varyans analizi sonuçlarına göre Ca konsantrasyonunun da trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin bütün organellerde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonucunda ise Bo yaprakları ve Pc tohumları dışındaki bütün organellerde üç homojen grup oluşmuş, Bo yaprakları ve Pc tohumlarında ise iki homojen grup oluşmuştur. Bo yapraklarında trafiğin olmadığı, Pc tohumlarında ise trafiğin yoğun olduğu alanlardan toplanan numuneler ilk homojen grupta yer alırken diğer değerler ikinci homojen grubu oluşturmuştur.

Ortalama değerler incelendiğinde en düşük Ca konsantrasyonunun 1465 ppm olduğu ve trafiğin az yoğun olduğu alanlardan toplanan Pc yapraklarında elde edildiği, en yüksek değerin ise 6971 ppm olduğu ve trafiğin yoğun olduğu alanlardan toplanan

Bo dallarında elde edildiği görülmektedir. Elde edilen en düşük ve en yüksek değer arasındaki farkın sadece 4,76 kat olması dikkat çekicidir.

Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar incelendiğinde ise toplam 12 numunede en düşük değerlerin dörder adedinin trafiğin olmadığı, az yoğun olduğu ve yoğun olduğu alanlarda elde edildiği, en yüksek değerlerin de aynı şekilde dörder adedinin trafiğin olmadığı, az yoğun olduğu ve yoğun olduğu alanlarda elde edildiği görülmektedir. Ancak değerler incelendiğinde Ca konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin anlamsız olduğu söylenebilir. Ca konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir grafik Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Ca konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

4.4.7. Fe Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Fe'in her bir türün yaprak, tohum ve dallarındaki değişimi trafik yoğunluğuna bağlı olarak ayrı ayrı incelenmiş, elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, önem düzeyi, ortalama sonuçlar ile Duncan testi oluşan gruplaşmalar özetlenerek Tablo 4.13'de verilmiştir.

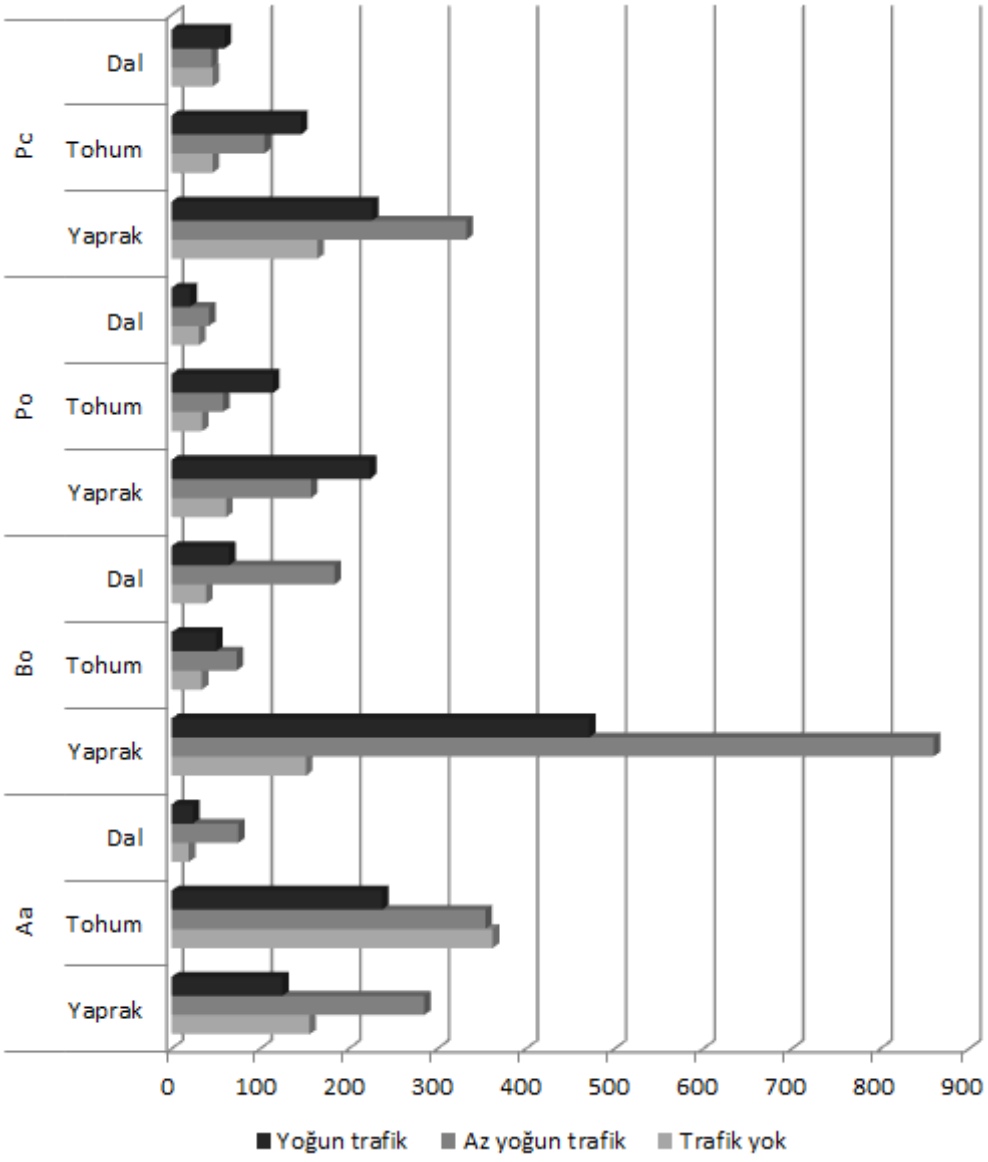
Tablo 4.13. *Fe konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

Fe					
		Yok	Az	Yoğun	F
Aa	Yaprak	155,6 b	285,0 c	125,0 a	48676,000***
	Tohum	362,3 c	354,0 b	237,3 a	6593,750***
	Dal	19,3 a	75,3 c	24,0 b	2369,818***
Bo	Yaprak	151,6 a	860,0 c	471,3 b	20343,898***
	Tohum	34,0 a	73,3 c	50,3 b	5271,500***
	Dal	39,0 a	183,6 c	65,0 b	160588,000***
Po	Yaprak	61,3 a	157,0 b	223,6 c	16342,636***
	Tohum	34,3 a	58,0 b	114,3 c	9120,200***
	Dal	31,0 b	42,0 c	21,0 a	993,000***
Pc	Yaprak	164,6 a	332,6 c	226,3 b	16250,083***
	Tohum	46,0 a	104,3 b	145,6 c	33850,500***
	Dal	46,0 b	45,0 a	59,6 c	1813,000***

Tablo sonuçları incelendiğinde Fe konsantrasyonunun bütün türlerin bütün organellerinde trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda da bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak üç homojen grup oluştuğu, trafiğin olmadığı, trafiğin az yoğun olduğu ve trafiğin yoğun olduğu alanların her birirnin ayrı bir homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir.

Ortalama değerler göre en düşük konsantrasyon 19,3 ppm ile trafiğin olmadığı alanlardaki Aa dallarında elde edilirken en yüksek değer 860 ppm ile trafiğin az yoğun olduğu alanlardan elde edilen Bo yapraklarında elde edilmiştir. En yüksek değer ile en düşük değer arasında yaklaşık 44,5 kat fark bulunmaktadır.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucundaoluşan homojen gruplar incelendiğinde, Fe konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişimin anlamsız olduğu görülmektedir. Fe konsantrasyonu Po yaprak ve tohumları gibi bazı organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak artmakta, Aa tohumlarında ise trafik yoğunluğuna bağlı olarak azalmaktadır. Bo'da bütün organellerde en yüksek değerler trafiğin az yoğun olduğu ortamlardan toplanan örneklerde elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Fe konsantrasyonunun değişiminin trafik yoğunluğuna değil başka faktörlere bağlı olduğu söylenebilir. Fe konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir grafik Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Fe konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

4.4.8. K Konsantrasyonunun Tür ve Organel Bazında Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

K konsantrasyonunun çalışmaya konu dört türün organellerinde trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ile önem düzeyi Tablo'da verilmiştir. Varyans analizi sonucunda bütün organellerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların çıkması üzerine verilere Duncan testi uygulanmış ve ortalama değerler ile Duncan testi oluşan homojen gruplar da Tablo 4.14'de verilmiştir.

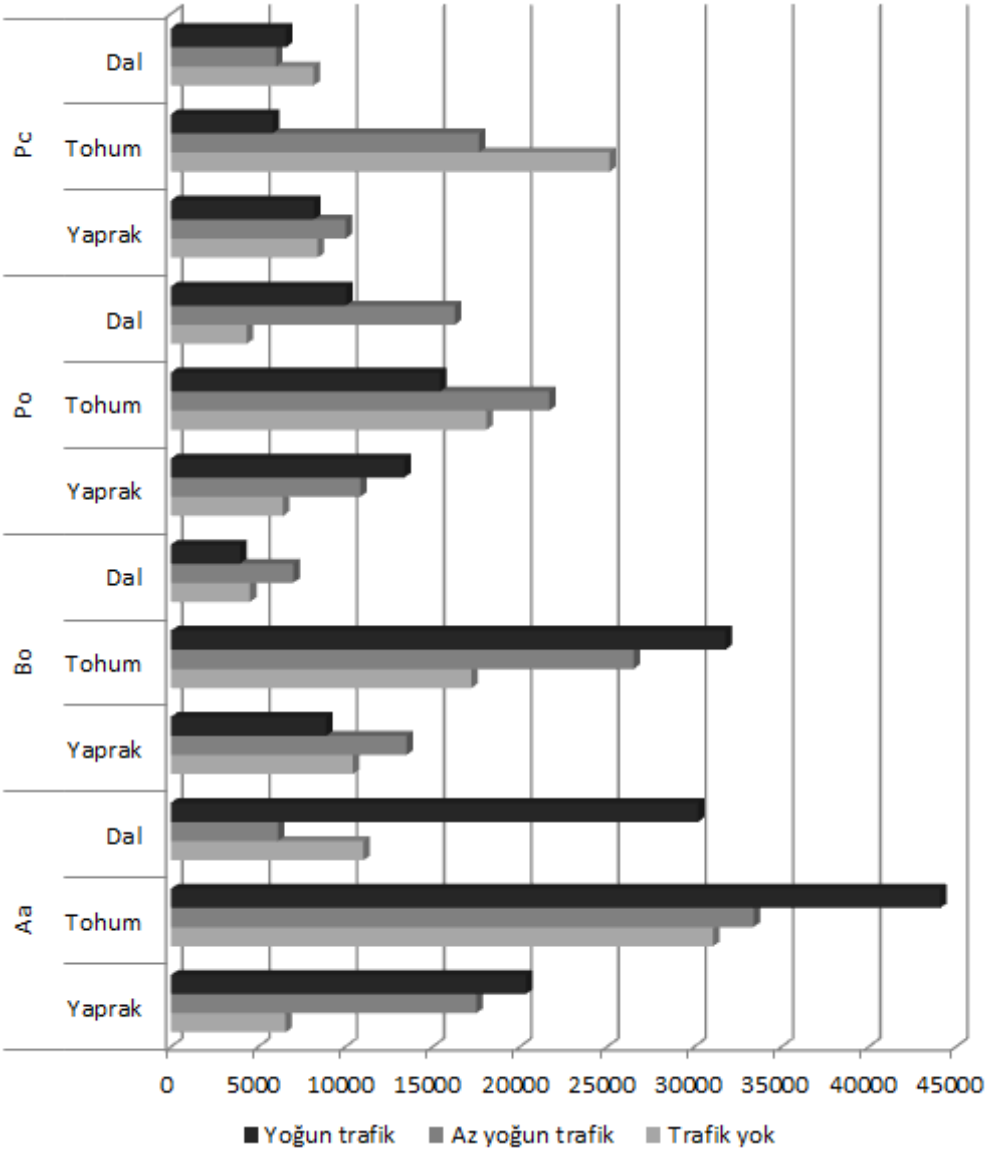
Tablo 4.14. *K konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi*

K					
		Yok	Az	Yoğun	F
Aa	Yaprak	6557 a	17498 b	20348 c	48615,254***
	Tohum	31069 a	33400 b	44091 c	10323,177***
	Dal	11027 b	6128 a	30216 c	17781,817***
Bo	Yaprak	10424 b	13503 c	8903 a	11730,966***
	Tohum	17223 a	26518 b	31780 c	9781,554***
	Dal	4526 b	7008 c	3954 a	12261,594***
Po	Yaprak	6414 a	10849 b	13373 c	4164,712***
	Tohum	18090 b	21685 c	15439 a	2600,890***
	Dal	4342 a	16273 c	10035 b	14801,990***
Pc	Yaprak	8403 b	10014 c	8193 a	4314,571***
	Tohum	25132 c	17655 b	5827 a	58586,898***
	Dal	8167 c	6022 a	6592 b	3596,719***

Varyans analizi sonuçlarına göre çalışmaya konu türlerin tamamının bütün organellerindeki K konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre ise bütün karakterlerde üç homojen grup oluşmuştur. Ancak, ortalama değerler ve Duncan testi oluşan homojen gruplar incelendiğinde, K konsantrasyonundaki değişimin trafik yoğunluğuna bağlı olduğu kanaatine varmak oldukça güçtür. Zira bazı organellerde trafik yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artarken bazı organellerde trafik tyoğunluğuyla ters orantılı olarak azalmakta, bazı organellerde çan eğrisi bazı organellerde ise ters çan eğrisi çizmektedir. Bu sonuçlara

göre K konsantrasyonunun değişiminin trafik yoğunluğundan ziyade başka faktörlere bağlı olduğu söylenebilir.

Çalışma sonucunda K konsantrasyonunun 3954 ppm ile 44091 ppm arasında değiştiği, en yüksek değerin en düşük değerin yaklaşık 11,15 katı olduğu belirlenmiştir. K konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin algılanmasını kolaylaştırmak amacıyla hazırlanan grafik Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. K konsantrasyonunun tür ve organel bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda çalışmaya konu ağır metallerden Ni ve Pb'un tür, Cu'ın organel, K, Ca ve Ba'nın ise trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, bunun dışındaki elementlerin tamamının tür, organel ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı belirlenmiştir.

Bu güne kadar yapılan pek çok çalışmada da benzer sonuçlar alınmıştır. Yapılan çalışmalarda genellikle en önemli farklılıkların tür bakımından olduğu ortaya konulmaktadır. Farklı ağır metallerin farklı bitkiler tarafından daha yoğun tutulduğunu belirleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Ozturk ve Bozdogan; 2015; Turkyilmaz 2018a,b). Bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyellerinin bitki anatomik yapısı ile yakından ilişkili olduğu, yapraklardan ağır metal alımının büyük ölçüde kütikül ve metallerin fiziko-kimyasal özellikleri, bitki yapraklarının morfolojisi ve yüzey alanı, tutunan metalin kimyasal ve fiziksel formları, yaprakların yüzey dokusu, stoma sayısı ve büyüklüğü, bitki habitusu, maruz kalma süresi, çevresel koşulları ve gaz değişimi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Beckett vd., 2000; Pearce vd., 2006; Galmés vd., 2007; Xu ve Zhou, 2008; Xiong vd., 2014; Shahid, 2017; Turkyilmaz vd., 2018a,b).

Çalışma sonucunda en düşük değerler Ni, Fe ve K'da dallarda, Pb, Cd ve Ba'da tohumda, Ca'da ise yapraklarda tespit edilirken, en yüksek değerler Ni ve K'da tohumda, Pb, Cd, Ba ve Fe'de yapraklarda, Ca'da ise dallarda tespit edilmiştir. Bunun yanında ağır metal konsantrasyonlarının farklı bitkilerin organelleri bazında da değişebildiği belirlenmiştir. Örneğin trafiğin yoğun olduğu alanlarda Pb konsantrasyonu Bo'da en düşük tohumlarda, en yüksek ise dallarda belirlenirken Aa'da en düşük dallarda, en yüksek tohumlarda belirlenmiştir. Bu durum da yine literatür ile genel olarak uyumludur. Ağır metal birikiminin bitki organeline bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiği yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Emamverdian vd., 2015; Dimitrijević vd., 2016; Tošić vd., 2016; Shahid, 2017).

Çalışma sonuçları K, Ca ve Ba'nın trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını, Ni, Pb, Cd ve Cu'nun ise trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığını ortaya koymaktadır. Ağır metal kirliliğinin en önemli kaynakları olarak endüstriyel ve trafik faaliyetleri gösterilmektedir (Uzu vd., 2011; Martley vd., 2004). Ayrıca, bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği belirtilmektedir (Assirey vd., 2015; Lei vd., 2015; Galal vd., 2015).

Bitkilerdeki ağır metallerin derişimi, çalışmaya konu olan tür, organel ve trafik yoğunluğu dışındaki faktörlere bağlı olarak da değişiklik gösterebilir. Örneğin, bitkilerdeki kurşun seviyeleri sonbahar ve kış mevsimlerinde bir artış göstermektedir. Buna neden olarak kışın bitkisel maddelerin kaybı, yaşlı yaprakların genç yapraklardan daha kolaylıkla kurşun aerosolünü almaları, aerosollerin depolanması için daha elverişli durum olan rüzgar hızının azalması ve mevsim ile değişen yağışın miktarı ve şiddeti gibi bir çok sebep gösterilmektedir. Topraktaki ağır metallerin derişimleri de bitkilerdeki ağır metal derişimlerini etkilemektedir. Bütün ağır metallerin topraktaki seviyeleri arttıkça, bitkilerdeki derişimlerinde de artış görülmüştür (Fergusson, 1990).

Çalışma kapsamında Ni, Pb, Cd ve Cu'nun ise trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı ancak, K, Ca ve Ba'nın trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişmediği belirlenmiştir. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değişmeyen elementlerden Ca bitki büyümesi ve gelişmesi için mutlak gerekli bir elementtir. Hücre büyüme ve gelişiminde, membran geçirgenliğinin ayarlanmasında, dokuların stablizasyonunda ve bitkilerin kalitesinde önemli rollere sahiptir (Tuna ve Özer, 2002). K ise bitkilerde hayati öneme sahip metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere sahiptir. K, bitkilerin büyümesinde etken olan en az 60 enzimin aktivitesini artırmaktadır. Bunların yanında fotosentezi artırır, gıda oluşumunu etkiler, nişasta sentezini ve tohumlardaki nişasta miktarını artırır, suyun ve bitki besin elementlerinin, fotosentez ürünlerinin taşınmasına ve depoedilmesine yardımcı olur, turgoru düzenler, bitkilerde su kaybını ve solmayı engeller, kök gelişmesini ve büyümesini olumlu yönde etkiler,soğuğa dayanıklılığı artırır, olgunlaşmayı hızlandırır, azotun etkinliğini artırır, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı artırır ve sonuç olarak bitkilerde ürün

miktarını ve kalitesii artırır (Kacar, 2005). Dolayısıyla Ca ve K bitkiler için çok önemli besin elementleridir. Ba ise toprakta, fındık ve fıstık gibi besinlerde deniz yosunu ve bazı bitkilerde yüksek konsantrasyonlarda bulunan ancak, doğada doğal olarak bulunma seviyesi oldukça düşük olan bir elementtir. Asıl risk baryum endüstrisinde çalışan kişilerde görülür ve genellikle solunum yoluyla sağlık riski oluşturur (URL-2,2018). Dolayısıyla Ca, K ve Ba'un trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişmemesi normal karşılanabilir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenen Ni, Pb, Cd ve Cu ise insan sağlığı açısından oldukça zararlı elementlerdir. Pb metal veya bileşik olarak atmosfere yayılan ve her durumda toksik özellik taşıyan bir ağır metaldir. Pb insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en çok zarar veren ağır metallerdendir (Okcu vd., 1999). Bundan dolayı Pb'un trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Lei vd., 2015; Galal vd., 2015; Assirey vd., 2015).

Ni, memeliler ve diğer hayvanlar için olası kanserojen bir elementtir (Okçu vd., 2009; Shahid vd., 2015). Cu, bitki türlerinin farklı miktarlarda ihtiyaç göstermelerine karşın, oldukça zehirli bir metaldir. Bakır zehirlenmesinin bazı etkilerini doku hasarı, köklerde bozulma ve bitki renginde koyulaşma olarak sayılabilir. Diğer etkiler ise, membran geçirimliliğinde bozulma sonucunda kök hücrelerinde iyon kaybı, DNA' nın hasar görmesi sonucu fotosentez işleminin bozulmasıdır (Okcu vd., 2009).

Cd ise hem insan ve hayvanlar, hem de bitkiler için toksik etkili olan bir elementtir (Asri ve Sönmez, 2006; Boğa, 2007). Bitki bünyesinde azot ve karbonhidrat metabolizmalarını değiştirerek birçok fizyolojik değişikliğe sebep olur. Bitki bünyesinde enzimleri inaktive eder, fotosentezi engeller, stomaların kapanmasına ve böylece transpirasyon ile su kaybının engellenmesine ve klorofil biyosentezinin bozulmasına sebep olur (Asri ve Sönmez, 2006).

Dolayısıyla insan sağlığı açısından son derece zararlı, toksik veya kanserojen olan Ni, Pb, Cd ve Cu'nun havadaki konsantrasyonunun takip edilmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi son derece önemlidir. Bunun için de hangi metalin, hangi bitkilerin hangi organellerinde daha yoğun olarak biriktiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Ağır

metaller bitki dokularında homojen şekilde dağılmazlar. Genellikle, vejetatif kısımlara göre tohum veya danelerin metal içerikleri daha düşüktür. Çeşitli vejetatif dokulardaki dağılımın ise ksilem taşınımının bir özelliği olduğu ve özgün bir dokuda (gövdeler hariç) bir elementin son derişiminin transpirasyonla su kaybına ve bu işlemin sürecine bağlı olduğu belirlenmiştir (Aydın, 2017).

Bu çalışma *Ailanthus altissima, Biota orientalis, Platanus orientalis ve Pyracantha coccinea* bitki türleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde bir türün biomonitor olarak kullanılabilmesi için bazı temel kriterleri karşılaması gerekmektedir. Bu kriterler, toplama alanında geniş sayılarda temsil edilmesi, geniş bir coğrafik alanda yayılış göstermesi, örneklemenin kolay yapılabilmesi ve kimlik probleminin olmamasıdır (Çavuşoğlu vd., 2016). Çalışmaya konu edilen türler toplanmalarının kolay olması, örnekleme alanlarında çok sayıda bireyinin bulunması ve ülkemizin pek çok bölgesinde peyzaj çalışmalarında kullanılmasından dolayı tercih edilmiştir.

Bu güne kadar ağır metal kirliliğinin izlenmesinde çok sayıda tür kullanılmış özellikle likenler ve yosunlar üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Oysa, yüksek yapılı bitkilerin ağır metal kirliliğinin azaltılmasında yosun ve likenlere göre daha etkili olabildiği belirtilmektedir. Yüksek yapılı bitkiler yosun ve likenlere göre daha fazla alan kaplarlar ve ayrıca yetiştikleri alanda ağır metal kirliliğine ek olarak hava kirliliğinin her türlüsünü azaltırlar (Cetin vd., 2018). Bunlara ek olarak da gürültüyü azaltmak, psikolojik olarak olumlu yönde etki yapmak, ekonomik kaynak olmak, erozyonu önlemek, rüzgarın hızını azaltmak, erozyonu önlemek, yaban hayvanlarına besin ve barınak sağlamak gibi pek çok ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonu da yerine getiriler (Cetin ve Sevik, 2016; Sevik vd., 2016). Bundan dolayı farklı yapıdaki yüksek yapılı bitkiler, farklı alanlarda yetiştirilir ve bu bitkiler üzerinde yapılacak çalışmalar, ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve önlenmesi açısından çok değerli bilgileri sağlayabilir.

6. ÖNERİLER

Çalışma sonucunda ağır metallerden Ni, Pb, Cd ve Cu'nun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı ancak, K, Ca ve Ba'nın trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli düzeyde değişmediği belirlenmiştir. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değişmeyen metallerden K ve Ca genellikle bitki besin elementleri olarak tanımlanmakta, Ba ise genellikle trafik kaynaklı bir kirletici olarak görülmektedir. Oysa trafik yoğunluğuna bağı olarak arttığı belirlenen Ni, Pb, Cd ve Cu elementleri insan sağlığı açısından son derece tehlikeli elementlerdir ve bu elementlerin konsantrasyonlarındaki değişimin takip edilerek riskli bölgelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Çalışma sonucunda Ni kirliliğinin belirlenmesi için en uygun tür ve organellerin Bo tohum ve dalları olduğu, Pb kirliliğinin belirlenmesi için en uygun tür ve organellerin Aa yaprak ve dalları olduğu, Cd kirliliğinin belirlenmesi için en uygun tür ve organelin Aa yaprakları olduğu ve Cu kirliliğinin belirlenmesi için ise en uygun tür ve organellerinin Aa yaprakları ve Pc dalları olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre özellikle Aa yaprakları Pb, Cd ve Cu kirliliğinin izlenmesi için son derece uygundur.

Bitkiler, hava kirliliğini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Fakat farklı kirlilik etmenleri üzerinde farklı türlerin etkileri de değişik düzeylerde olmaktadır. Bu çalışmada ağır metal birikiminin en fazla olduğu türlerin, havadan ağır metallerin uzaklaştırılması konusunda diğer türlere göre daha etkili olduğu söylenebilir. Dolayısıyla özellikle sanayi bölgeleri ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda bu türlerin kullanılması, havadan ağır metallerin uzaklaştırılması konusunda, daha etkili sonuç alınmasına yardımcı olabilir.

Bu çalışma kapsamında dört adet bitki türü değerlendirilmiştir. Benzer çalışmalarda da çok sayıda bitki türü çalışmalara konu edilmiş olmasına rağmen daha pek çok bitki türünün, ağır metalleri biriktirme potansiyelleri hakkında bilgi bulunmamaktadır. Oysa yapılan çalışmalarda bitki türlerinin ağır metal biriktirme potansiyelleri arasında çok büyük farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı, çalışmalara konu edilmeyen türlerin de benzer çalışmalarda kullanılması ve ağır

metal kirliliğinin izlenmesi ve azaltılması konusunda daha etkili olabilecek bitkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu konuda çalışmaların özellikle likenler, yosunlar ve odunsu taksonlar üzerinde yoğunlaştığı, çalımsı türler, yer örtücüler, mevsimlik çiçekler vb. bitkiler hakkında ise az sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Bundan dolayı benzer çalışmaların çeşitlendirilerek devam ettirilmesi önerilebilir.

Çalışma kapsamında bitkilerin organelleri doğrudan toplanarak analizleri yapılmıştır. Oysa yapılan çalışmalarda havadaki partikül maddelerin ağır metalleri biriktirdiği belirlenmiştir. Bu partikül maddeler bitki organelleri ile birlikte analiz edildiklerinden ağır metallerin ne kadarının bitki bünyesinde, ne kadarının ise organeller üzerindeki partikül maddelerde bulunduğu belirlenememiştir. Bu durum çalışmanın önemli eksikliklerinden birisidir. Bundan sonraki çalışmalarda bu durumun göz önüne alınması ve organellerde yıkama işlemi de uygulanarak, ağır metal konsantrasyonunun ne kadarının organel içerisinde ne kadarının ise organel üzerindeki partikül maddelerde olduğunun belirlenmesi, daha sağlıklı değerlendirme yapılmasını sağlayabilir.

Çalışma kapsamında sadece belirli türlerin yaprak, tohum ve dalları üzerinde ölçümler yapılmıştır. Oysa yapılan çalışmalar, bazı türlerin odun, kök, meyve vb. organellerindeki ağır metal konsantrasyonlarının daha fazla olabildiğini göstermektedir. Bundan dolayı bir bitkinin yaprak, tohum veya dallarında belirli ağır metal kosantrasyonlarının düşük olması, o bitkinin ağır metal birikimi yapmadığı anlamına gelmeyebilir. Benzer sonuçlar bu çalışmada da elde edilmiştir. Örneğin trafiğin yoğun olduğu alanlarda Pb konsantrasyonu Bo'da en düşük tohumlarda, en yüksek ise dallarda belirlenirken Aa'da en düşük dallarda, en yüksek tohumlarda belirlenmiştir. Dolayısıyla aynı bitki başka bir organelinde yoğun miktarda ağır metal birikimi gerçekleştiriyor olabilir. Bundan dolayı bu alanda yapılacak çalışmalara bitkilerin diğer organellerinin de dahil edilmesi önemli sonuçların alınmasını sağlayabilir.

Çalışma sonucunda özellikle insan sağlığı açısından son derece zararlı olan bazı ağır metallerin trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Bitki bünyesinde biriken ağır metaller havadan uzaklaşmakta ve insan sağlığı

açısından risk oluşturmamaktadır. Oysa özellikle trafiğin yoğun olduğu alanlarda yetişen bazı bitkilerin çeşitli organellerinin gıda olarak tüketilmesi, bitki bünyesindeki bu ağır metallerin doğrudan insan vücuduna alınmasına sebep olmaktadır. Örneğin şehir merkezlerinde yetiştirilen elma, erik, dut gibi ağaçların meyveleri yanı sıra adaçayı, kekik, lahana gibi bitkilerin de çeşitli organelleri gıda olarak kullanılmaktadır. Oysa, trafiğin yoğun olduğu alanlarda yetiştirilen bu bitkilerin gıda olarak kullanılan organellerindeki ağır metal birikimi konusunda yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır ve bu bitkilerin gıda olarak tüketilmesi önemli sorunlara yol açabilir. Bundan dolayı, bu konuda çalışmalar yapılarak, risklerin belirlenmesi oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

Akkemik, Ü. (2011). *Türkiye'nin Doğal-Ezotik Ağaç ve Çalıları-II*, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, ISBN: 978-605-4610-49-5, Ankara.

Aklıbaşında, M., & Erdoğan, A. (2016). Nevşehir kentiçi yol bitkilendirmelerinin estetik-fonksiyonel yönden değerlendirilmesi ve kullanılan bitki türlerinin tespiti. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, *18*(1), 57-71.

Aksoy, A. & Sahin, U. (1999). *Elaeagnus angustifolia* L. as a biomonitor of heavy metal pollution. *Turkish Journal of Botany*, 23, 83-87.

Aksoy, A., Demirezen, D., & Duman, F. (2005). Bioaccumulation, detection and analyses of heavy metal pollution in Sultan Marsh and its environment. *Water, air, and soil pollution*, *164*(1-4), 241-255.

Aksoy, A. & Demirezen, D. (2006). *Fraxinus excelsior* as a biomonitor of heavy metal pollution. *Polish Journal of Envi-ronmental Studies*, 15, 27-33.

Alagić, S. Č., Tošić, S. B., Dimitrijević, M. D., Petrović, J. V., & Medić, D. V. (2017). Chemometric evaluation of trace metals in Prunus persica L. Batech and Malus domestica from Minićevo (Serbia). *Food chemistry*, *217*, 568-575.

Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S., & Tasic, M. (2011). Trace Elements Accumulation and Temporal Trends in Leaves of Urban Deciduous Trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia* ssp.). *Ecological Indicators*, 11, 824-830.

Anşin, R., & Özkan, Z. C. (1997). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi.

Ares, A., Aboal, J., Carballeira, A., & Fernández, J. A. (2015). Do moss bags containing devitalized Sphagnum denticulatum reflect heavy metal concentrations in bulk deposition?. *Ecological indicators*, *50*, 90-98.

Askan, G., & Yılmaz, H. (2016). Erzincan Kenti Açık-Yeşil Alanlarında Kullanılan Bitkisel Materyalin Belirlenmesi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, *9*(1), 57-74.

Aslanhan, E. (2012). Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler. Yüksek Lisans Tezi, *Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kırşehir.

Asri, F.Ö. ve Sönmez, S. (2006). Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi*, *23*(2): 36- 45.

Assirey, E., Al-Qodah, Z., Al-Ahmadi, M., (2015). Impact of traffic density on roadside pollution by some heavy metal ions in Madinah city, Kingdom of Saudi Arabia. *27(*10), 3770-3776.

Aydın, Ş. D. (2017). Yol Kenarı Bahçelerinde Yetiştirilen Zivzik Narında (*Punica Granatum* L.) Ağır Metal Durumunun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Siirt.

Baross, N., Jordán, G., Albert, J., Abdaal, A., & Anton, A. (2014). Eco-monitoring of highly contaminated areas: historic heavy metal contamination in tree ring records. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 16).

Basile, A., Sorbo, S., Aprile, G., Conte, B., & Cobianchi, R. C. (2008). Comparison of the heavy metal bioaccumulation capacity of an epiphytic moss and an epiphytic lichen. *Environmental pollution*, *151*(2), 401-407.

Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., & Günebakan, S. (2006). Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. *Environmental pollution*, *143*(3), 545-554.

Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, F. E., Kargın, M., & Bülbül, B. (2006). "Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu" Paneli Ardından. *Tıp Dergisi*, *33*, 105-12.

Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., & Taylor, G. (2000). The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites. *Arboricultural Journal*, *24*(2-3), 209-230.

Bekçi, B., Var, M. & Taşkan, G. (2013). Bitkilendirme tasarım kriterleri bağlamında doğal türlerin kentsel boşluk alanlarında değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14*(1), 113-125.

Boğa, A., (2007). Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları. *Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı,* Adana. 16: 218.

Bondada, B.R., Tu, S. & Ma, L.Q., (2004),Absorption of foliar-applied arsenic by the arsenic hyperaccumulating fern (Pteris vittata L.), Sci. Toplam Environ. 332, 61–70.

Čeburnis, D., & Steinnes, E. (2000). Conifer needles as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: comparison with mosses and precipitation, role of the canopy. *Atmospheric Environment*, *34*(25), 4265-4271.

Celik, A., Kartal, A.A., & Kaska, Y. (2005) Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Ro-binia pseudo-acacia* L. *Environment International*, 31, 105-112.

Cetin, M. & Sevik, H. (2016). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO2 Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies*, *25*(3), 973-979.

Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel, H.B., Aricak, B. & Varol, T. (2018). The variable of leaf micromorphogical characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin, 27*(5),3206-3211.

Clemens, S., & Ma, J. F. (2016). Toxic heavy metal and metalloid accumulation in crop plants and foods. *Annual review of plant biology*, *67*, 489-512.

Concas, S., Lattanzi, P., Bacchetta, G., Barbafieri, M., & Vacca, A. (2015). Zn, Pb and Hg contents of Pistacia lentiscus L. grown on heavy metal-rich soils: implications for phytostabilization. *Water, Air, & Soil Pollution*, *226*(10), 340.

Conti, M.E. & Cecchetti, G. (2001). Biological monitoring: lichens as bioindicators of airpollution assessment—a review. *Environ. Pollut*. 114,471–492.

Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Arıcı, Ş. Ç., & Kırındı, T. (2016). Mytilus sp (midye), gammarus sp (nehir tırnağı) ve cladophora sp (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(1), 52-60.

Dimitrijević, M. D., Nujkić, M. M., Alagić, S. Č., Milić, S. M., & Tošić, S. B. (2016). Heavy metal contamination of topsoil and parts of peach-tree growing at different distances from a smelting complex. *International journal of environmental science and technology*, *13*(2), 615-630.

Dogan, Y., Unver, M. C., Ugulu, I., Calis, M., & Durkan, N. (2014). Heavy metal accumulation in the bark and leaves of Juglans regia planted in Artvin City, Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, *28*(4), 643-649.

Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F., & Xie, Y. (2015). Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. *The Scientific World Journal*, Article ID 756120, 18 pages.

Fan, M., Xiao, X., Guo, Y., Zhang, J., Wang, E., Chen, W., Wei, G. (2018). Enhanced phytoremdiation of Robinia pseudoacacia in heavy metal-contaminated soils with rhizobia and the associated bacterial community structure and function. *Chemosphere*, *197*, 729-740.

Fergusson, J., (1990). *The heavy elements: Chemistry, Environmental Impact and Health effects. Reader in Chemistry*. University of Canterbury. Pergamon Pres. New Zeland.

Fujiwara, F. G., Gómez, D. R., Dawidowski, L., Perelman, P., & Faggi, A. (2011). Metals associated with airborne particulate matter in road dust and tree bark collected in a megacity (Buenos Aires, Argentina). *Ecological Indicators*, *11*(2), 240-247.

Galal, T. M., & Shehata, H. S. (2015). Bioaccumulation and translocation of heavy metals by Plantago major L. grown in contaminated soils under the effect of traffic pollution. *Ecological Indicators*, *48*, 244-251.

Galmés, J., Flexas, J., Savé, R. & Medrano, H. (2007). Water Relations and Stomatal Characteristics of Mediterranean Plants with Different Growth Forms and Leaf Habits: Responses to Water Stress and Recovery. *Plant and Soil, 290*(1), 139-155.

Gao, W., Jiang, W., Xiong, T., Sun, S., & Gao, R. (2015, June). The sources apportionment of heavy metal pollution base on tree ring in Jinan. In *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2015 8th International Conference on* (pp. 1040-1043). IEEE.

Giordano, S., Adamo, P., Spagnuolo, V., Tretiach, M., Bargagli, R., (2013). Accumulation of airborne trace elements in mosses, lichens and synthetic materials exposed at urban monitoring stations: towards a harmonisation of the moss-bag technique. *Chemosphere,* 90, 292–299.

Goix, S., Mombo, S., Schreck, E., Pierart, A., Lévêque, T., Deola, F. & Dumat, C. (2015). Fieldisotopic study of lead fate and compartmentalization inearthworm-soil-metal particle systems for highly polluted soil near Pbrecycling factory. *Chemosphere* 138,10–17.

Gratani, L., Crescente, M.F., & Varone, L. (2008) Long-term monitoring of metal pollution by urban trees. *Atmos-pheric Environment,* 42, 8273-8277.

Güngör, İ., Atatoprak, A., Özer, F., Akdağ, N. & Kandemir, N. İ. (2002). *Bitkilerin dünyası*. Ankara: Laser Ofset.

Hakerlerler, H., Anaç, D., Okur, B. & Saatçi, N., (1994). Gümüldür ve Balçova'daki Satsuma mandarin bahçelerinde ağır metal kirliliğinin araştırılması. *E.Ü. Araştırma Fonu* Proje No: 92-ZRF-47, Bornova-İzmir.

Harguinteguy, C.A., Cofré, M.N., Fernández-Cirelli, A., Pignata, M.L., (2016). The macrophytes Potamogeton pusillus L. and Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdc. as potential bioindicators of a river contaminated by heavy metals. *Microchem. J.* 124 ,228–234.

Harmens, H., Buse, A., Büker, P., Norris, D., Mills,G., Williams, B., Reynolds,B., Ashenden, T.W., Rühling Å. & Steinnes E., (2004). Heavy metal concentrations in european mosses: 2000/2001 survey. *J. Atmos. Chem.* 49 *425–436.*

Harmens, H., Norris, D., Steinnes, E., Kubin, E., Piispane, J., Alber R., Aleksiayenak, Y., Blum, O., Cos, K.M, & Dam, M., (2010). Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Pollut.* 158, 3144–3156.

Hoa, B. T., & Thom, N. T. (2017). Preliminary Results of PIXE Analysis of Mosses for Air Pollution Monitoring in Hanoi Using Pelletron Accelerator. *VNU Journal of Science: Mathematics-Physics*, *33*(2).

Hurley, R. R., Rothwell, J. J., & Woodward, J. C. (2017). Metal contamination of bed sediments in the Irwell and Upper Mersey catchments, northwest

England: exploring the legacy of industry and urban growth. *Journal of Soils and Sediments*, *17*(11), 2648-2665.

İmecik, Z. (2012) *Platanus orientalis* L. biyokütlesi kullanılarak safranin ve metilen mavisi' nin biyosorpsiyonu. Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü.*

Kacar, B., (2005). Potasyumun Bitkilerde İşlevleri ve Kalite Üzerine Etkileri, Tarımda potasyumun yeri ve önemi çalıştayı, Ege üniveritesi 50. Yıl kampus dışı etkinlikleri, 3-4 ekim 2005, Eskişehir. 20-30.

Kalubi, K. N., Mehes-Smith, M., & Omri, A. (2016). Comparative analysis of metal translocation in red maple (Acer rubrum) and trembling aspen (Populus tremuloides) populations from stressed ecosystems contaminated with metals. *Chemistry and Ecology*, *32*(4), 312-323.

Karaca, E., & Kuşvuran, A. (2012). Çankırı Kenti Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Bazı Bitkilerin Kurakçıl Peyzaj Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, *5*(2),19-24.

Kaya, N. (2014). Kuraklık Stresinin Bazı Ağaç Türlerinde Çimlenme Yüzdeleri Üzerine Etkisi. Kastamonu, Türkiye.

Lei, J., Hasi, E., & Sun, Y. (2015). Assessing the influence of different road traffic on heavy metal accumulation in rural roadside surface soils of the eastern ordos plateau grassland in China. *Water Resources and Environment; CRC Press: Boca Raton, FL, USA*, 247-252.

Li, F. R., Kang, L. F., Gao, X. Q., Hua, W., Yang, F. W., & Hei, W. L. (2007). Traffic-related heavy metal accumulation in soils and plants in Northwest China. *Soil & Sediment Contamination*, *16*(5), 473-484.

Li, S. N., Kong, L. W., Lu, S. W., Chen, B., Gao, C., & Shi, Y. (2014). Beijing common green tree leaves' accumulation capacity for heavy metals. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue*, *35*(5), 1891-1900.

Li-qiang, M., Hai-yan, S., & Ning, Z. (2004). Absorption capacity of major urban afforestation species in northeastern China to heavy metal pollutants in the atmosphere. *Journal of Forestry Research*, *15*(1), 73-76.

Leveque, T., Capowiez, Y., Schreck, E., Xiong, T., Foucault, Y., Dumat, C., (2014). Earthworm bioturbation influences the phytoavailability of metals released by particles in cultivated soils, Environ. Pollut. 191, 199–206.

Loppi, S., & Pirintsos, S. A. (2003). Epiphytic lichens as sentinels for heavy metal pollution at forest ecosystems (central Italy). *Environmental Pollution*, *121*(3), 327-332.

Mallampati, R., Xuanjun, L., Adin, A., & Valiyaveettil, S. (2015). Fruit peels as efficient renewable adsorbents for removal of dissolved heavy metals and dyes from water. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *3*(6), 1117-1124.

Mamıkoglu, N .G. (2012) Türkiye'nin agaçları ve çalıları (Turkey's trees and shrubs). 5. Edition, *NTV yayınları*, Istanbul, 326-327.

Martín, J. R., De Arana, C., Ramos-Miras, J. J., Gil, C., & Boluda, R. (2015). Impact of 70 years urban growth associated with heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, *196*, 156-163.

Martley, E., Gulson, B., Pfeifer & H. R. (2004). Metal concentrations in soils around the copper smelter and surrounding industrial complex of Port Kembla, NSW. *Australia, Sci. Toplam Environ. 325*,113–127.

Maxhuni, A., Lazo, P., Kane, S., Qarri, F., Marku, E., & Harmens, H. (2016). First survey of atmospheric heavy metal deposition in Kosovo using moss biomonitoring. *Environmental science and pollution research*, *23*(1), 744-755.

Meyer, M., Schröder, W., Pesch, R., Steinnes, E., & Uggerud, H. T. (2015). Multivariate association of regional factors with heavy metal concentrations in moss and natural surface soil sampled across Norway between 1990 and 2010. *Journal of soils and sediments*, *15*(2), 410-422.

Monaci, F., Moni, F., Lonciotti, E., Grechi, D., and Bargagli, R. (2000) Biomonitoring of airborne metals in urban envi-ronments: new tracers of vehicle emission, in place of lead. Environmental Pollution, 107, p. 321-327.

Mujtaba, M. (2016) Çınar ağacı (Platanus orientalis) poleninden elde edilen mikro kapsüllere parasetamol yüklenmesi ve salınım özelliklerinin araştırılması. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji ve Moleküler Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 37s.

Niazi, N. K., & Burton, E. D. (2016). Arsenic sorption to nanoparticulate mackinawite (FeS): an examination of phosphate competition. *Environmental pollution*, *218*, 111-117.

Nickel, S., Hertel, A., Pesch, R., Schröder, W., Steinnes, E., & Uggerud, H. T. (2014). Modelling and mapping spatio-temporal trends of heavy metal accumulation in moss and natural surface soil monitored 1990–2010 throughout Norway by multivariate generalized linear models and geostatistics. *Atmospheric environment*, *99*, 85-93.

Norouzi, S., Khademi, H., Cano, A.F., Acosta, J.A. (2016). Biomagnetic monitoring of heavy metals contamination in deposited atmospheric dust, a case study from Isfahan Iran, J. Environ. Manage. 173, 55–64.

Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. & Pehluvan, M. (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alınteri Dergisi,* 17,14-26.

Ozturk, S. & Bozdogan, E. (2015). The Contribution of Urban Road Trees on Improving The Air Quality in an Urban Area. *Fresenius Environmental Bulletin, 24*(5): 1-9.

Özdemir, G. (2007). Karkamış-Gaziantep Kentsel Gelişiminde Yeşil Alanlarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Adana.

Öztürk, S., Demircioğlu, N. & Ayan, S. (2006). Kastamonu kenti açık ve yeşil alanları için ekolojik bir yaklaşım. *V. ulusal ekoloji ve çevre kongresi, doğa ve çevre,* (s. 577–584). Bolu.

Panyushkina, I. P., Shishov, V. V., Grachev, A. M., Knorre, A. A., Kirdyanov, A. V., Leavitt, S. W., Vaganov, E.A., Chebykin E.P., Zhuchenko, N.A. & Hughes, M. K. (2016). Trends in elemental concentrations of tree rings from the Siberian Arctic. *Tree-ring research*, *72*(2), 67-77.

Pearce, D. W., Millard, S., Bray, D. F., & Rood, S. B. (2006). Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Physiology*, *26*(2), 211-218.

Petrova, S., Yurukova, L., & Velcheva, I. (2014). Possibilities of using deciduous tree species in trace element biomonitoring in an urban area (Plovdiv, Bulgaria). *Atmospheric Pollution Research*, *5*(2), 196-202.

Piczak, K., Leśniewicz, A. & Żyrnicki, W. (2003). *Metal Concentrations in Deciduous Tree Leaves from Urban Areas in Poland*, Environmental Monitoring and Assessment.

Rossini Oliva, S. & Mingorance, M.D. (2006). Assessment of airborne heavy metal pollution by aboveground plant parts. *Chemosphere*, 65, p. 177-182.

Salemaa, M., Derome, J., Helmisaari, H. S., Nieminen, T., & Vanha-Majamaa, I. (2004). Element accumulation in boreal bryophytes, lichens and vascular plants exposed to heavy metal and sulfur deposition in Finland. *Science of the Total Environment*, *324*(1-3), 141-160.

Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P. &Tsigaridas, K. (2011). Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental Pollution, 159, 3560-3570.*

Schilling, J. S., & Lehman, M. E. (2002). Bioindication of atmospheric heavy metal deposition in the Southeastern US using the moss Thuidium delicatulum. *Atmospheric Environment*, *36*(10), 1611-1618.

Schreck, E., Foucault, Y., Sarret, G., Sobanska, S., Cécillon, L., Castrec R. M. & Uzu Dumat C. (2012). Metal and metalloid foliar uptake by various plant species exposed to atmospheric industrial fallout: mechanisms involved for lead. *Sci. Toplam Environ*. 427–428, 253–262.

Schreck, E., Laplanche, C., Guédard, L.M., Bessoule, J.J., Austruy, A., Xiong, T., Foucault, Y. & Dumat, C. (2013).Influence of fine process particles

enriched with metals and metalloids on Lactuca sativa L. leaf fatty acid composition following air and/or soil-plant field exposure. *Environ. Pollut.* 179, 42–249.

Serbula, M. S., Miljkovic, D.D., Kovacevic, M.R., Ilic, A.A.(2012). Assessment of airborne heavy metal pollution using plant parts and topsoil, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76 , 209–214.

Sevik, H., Cetin, M. & Kapucu, O. (2016). Effect of Light on Young Structures of Turkish Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications, 39* (1-II), 485-492.

Shahid, M., Xiong, T., Castrec, R. M., Leveque, T. & Dumat, C,. (2013) .Water extraction kinetics of metals, arsenic and dissolved organic carbon from industrial contaminated poplar leaves. *J. Environ. Sci. (China) 25* ,2451–2459.

Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., Aslam, M., Dumat C. (2015). Heavy metal stress and crop productivity, in: K.R. Hakeem (Ed.), Crop Production and Global Environmental Issues SE − 1, Springer International Publishing, 1–25.

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.*

Simon, E., Harangi, S., Baranyai, E., Fábián, I., & Tóthmérész, B. (2016). Influence of past industry and urbanization on elemental concentrations in deposited dust and tree leaf tissue. *Urban Forestry & Urban Greening, 20*, 12-19.

Stafilov, T., Šajn, R., Pančevski, Z., Boev, B., Frontasyeva, M. V., & Strelkova, L. P. (2010). Heavy metal contamination of topsoils around a lead and zinc smelter in the Republic of Macedonia. *Journal of Hazardous Materials*, *175*(1-3), 896-914.

Sud, D., Mahajan, G., & Kaur, M. P. (2008). Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions–A review. *Bioresource technology*, *99*(14), 6017-6027.

Szczepaniak, K. & Biziuk, M. (2003). Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution, *Environ. Res.* 93 221–230.

Tomasevic, M., Anicic, M. (2010) Trace element content in urban tree leaves and SEM-EDAX characterization of deposit-ed particles. Physics, Chemistry and Technology, 8; 1-13.

Tošić, S., Alagić, S., Dimitrijević, M., Pavlović, A., & Nujkić, M. (2016). Plant parts of the apple tree (Malus spp.) as possible indicators of heavy metal pollution. *Ambio*, *45*(4), 501-512.

Tuna, L.A. & Özer, Ö. (2005). Effect of Different Calcium Compounds on the Fruit Yield, Nutrition and Some Quality Properties of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Plant, Ege Üniv. *Ziraat Fak. Dergisi*, *42*(1):203-212.

Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. Saleh, E.A.A. (2018a) Changing of Heavy Metal Accumulation Dependent on Traffic Density in Some Landscape Plants, Polish Journal of Environmental Studies (InPress).

Turkyilmaz, A, Sevik H, Cetin M (2018b) The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. Landscape and Ecological Engineering, (in press) DOI: 10.1007/s11355-017-0335-9.

Ugolini, F., Tognetti, R., Raschi, A. & Bacci, L. (2013). Quercus ilex L. as bioaccumulatorfor heavy metals in urban areas: effectiveness of leaf washing with distilledwater and considerations on the trees distance from traffic. *Urban For.Urban Greening*, 12,576–584.

Ugulu, I., Unver, M. C., & Dogan, Y. (2016). Determination and comparison of heavy metal accumulation level of Ficus carica bark and leaf samples in Artvin, Turkey. *Oxidation Communications*, *39*(1-II), 765-775.

URL-1. 21/04/2018 tarihinde http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist adresinden alınmıştır.

URL-2. 21/04/2018 tarihinde http://www.doktorix.com/agir-metal-zehirlenmesi-testleri-2/ adresinden alınmıştır.

Uzu, G., Sauvain, J.J., Baeza-Squiban, A., Riediker, M., Hohl, M.S.S., Val, S., Tack, K., Denys, S., Pradère, P., Dumat, C.(2011). In vitro assessment of the pulmonary toxicity and gastric availability of lead-rich particles from a lead recycling plant, Environ. Sci. Technol. 45, 7888–7895.

Xiong, T.T. Leveque, T. Austruy, A. Goix, S. Schreck, E. Dappe, V. Sobanska, S. Foucault, Y. Dumat, C. (2014). Foliar uptake and metal(loid) bioaccessibility invegetables exposed to particulate matter, Environ. Geochem. Health 36; 897–909.

Xu, Z., Chen, L., Tang, S., Zhuang, L., Yang, W., Tu, L., Tan, B., Zhang, L. (2016). Sex-specific responses to Pb stress in Populus deltoides: root architecture and Pb translocation. *Trees*, *30*(6), 2019-2027.

Xu, Z., & Zhou, G. (2008). Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of experimental botany*, *59*(12), 3317-3325.

Yamaji, K., Watanabe, Y., Masuya, H., Shigeto, A., Yui, H., & Haruma, T. (2016). Root fungal endophytes enhance heavy-metal stress tolerance of Clethra barbinervis growing naturally at mining sites via growth enhancement, promotion of nutrient uptake and decrease of heavy-metal concentration. *PloS one*, *11*(12), e0169089.

Yang, Y., Song, Y., Scheller, H. V., Ghosh, A., Ban, Y., Chen, H., & Tang, M. (2015). Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi associated with Robinia pseudoacacia in uncontaminated and heavy metal contaminated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *86*, 146-158.

Yazıcı, N., Dönmez, Ş., & Şahin, C. K. (2014). Isparta Kenti Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Bazı Bitkilerin Kurakçıl Peyzaj Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, *14*(2).

Yemets, O., Gauslaa, Y., & Solhaug, K. A. (2015). Monitoring with lichens–Conductivity methods assess salt and heavy metal damage more efficiently than chlorophyll fluorescence. *Ecological indicators*, *55*, 59-64.

Yilmaz, R., Sakcali, S., Yarci, C., Aksoy, A., & Ozturk, M. (2006). Use of Aesculus hippocastanum L. as a biomonitor of heavy metal pollution. *Pak. J. Bot*, *38*(5), 1519-1527.

Zechmeister, H. G., Hohenwallner, D., Riss, A., & Hanus-Illnar, A. (2003). Variations in heavy metal concentrations in the moss species Abietinella abietina (Hedw.) Fleisch. according to sampling time, within site variability and increase in biomass. *Science of the Total Environment*, *301*(1-3), 55-65.

Zencirkıran, M. (2013) *Peyzaj Bitkileri 1 (Açık tohumlu bitkiler – Gymnospermae).* Bursa: Nobel.

Zheljazkov, V. D., Jeliazkova, E. A., Kovacheva, N., & Dzhurmanski, A. (2008). Metal uptake by medicinal plant species grown in soils contaminated by a smelter. *Environmental and experimental botany*, *64*(3), 207-216.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Tamer ERDEM
Doğum Yeri ve Yılı : Safranbolu - 01/03/1985
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : tamerdem@msn.com
tamererdem@ogm.gov.tr

Eğitim Durumu

Lise : Safranbolu Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi/Karabük
Lisans : Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü /KASTAMONU

Mesleki Bilgiler

2013 yılında Orman Genel Müdürlüğü Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karabük Orman İşletme Müdürlüğüne açıktan atama, 2015 yılından itibaren Karabük Orman İşletme Müdürlüğü Dikmen İşletme Şefliği bünyesinde mühendis olarak çalışmaktadır.